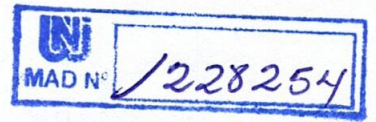




UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Creada por Ley N° 29304
COMISIÓN ORGANIZADORA



RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA
N° 060-2026-CCO-UNJ

Jaén, 22 de enero de 2026

VISTOS:

La Resolución de Consejo de Comisión Organizadora N° 347-2025-CCO-UNJ, de fecha 23 de mayo de 2025; el Oficio N° 003-2025-UNJ/FI/DAIC/ZNGC, de fecha 04 de diciembre de 2025, emitido por la Coordinadora del Proyecto RSU; el Oficio N° 279-2025-UNJ/VPA/DRSU, de fecha 04 de diciembre de 2025, suscrito por la Directora de Responsabilidad Social Universitaria, el Oficio N° 1547-2025-UNJ-P/VPACAD, de fecha 10 de diciembre de 2025, suscrito por la Vicepresidenta Académica; el Oficio N° 004-2025-UNJ/FI/DAIC/ZNGC, de fecha 15 de diciembre de 2025, emitido por la Coordinadora del Proyecto RSU; el Oficio N° 281-2025-UNJ/VPA/DRSU, de fecha 19 de diciembre de 2025, emitido por la Directora de Responsabilidad Social Universitaria; el Oficio N° 1624-2025-UNJ/VPACAD, de fecha 29 de diciembre de 2025, suscrito por la Vicepresidenta Académica; el Acuerdo N.º 58-2026-SO-CCO-UNJ, adoptado en Sesión Ordinaria N.º 003-2026-SO-CCO-UNJ, de fecha 22 de enero de 2026; y,

CONSIDERANDO:

Que, conforme al Cuarto párrafo del Artículo 18° de la Constitución Política del Estado, concordante con el Artículo 8° de la Ley N° 30220 Ley Universitaria, así como con el Artículo 6° del Estatuto de la Universidad Nacional de Jaén, el Estado reconoce la autonomía Universitaria en su régimen normativo, de gobierno, académico, investigación, administrativo y económico;

Que, el Artículo 29° de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que la Comisión Organizadora tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno, de acuerdo a la citada Ley;

Que, el numeral 5.2 de la Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021, modificado por Resolución Viceministerial N° 055-2022-MINEDU, y la Resolución Viceministerial N° 053-2023-MINEDU, establece que, la Comisión Organizadora tiene a su cargo la aprobación del estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica y administrativa de la universidad, formulados en los instrumentos de planeamiento; así como, la conducción y dirección de la universidad hasta la constitución de los órganos de gobierno;

Que, mediante Ley 27658, Ley Marco de la Modernización de la Gestión del Estado, se faculta a las entidades, regular sus procesos para la obtención de mayores niveles de eficiencia a fin de brindar una mejor atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de recursos públicos;

Que, por su parte, el artículo 48 de la Ley Universitaria, establece que: *"La investigación constituye una función esencial y obligatoria de la universidad, que la fomenta y realiza, respondiendo a través de la producción de conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la sociedad, con especial énfasis en la realidad nacional. Los docentes, estudiantes y graduados participan en la actividad investigadora en su propia institución o en redes de investigación nacional o internacional"*;

Que, asimismo el Artículo 124° de la norma citada, señala que: *"La responsabilidad social universitaria es la gestión ética y eficaz del impacto generado por la universidad en la sociedad debido al ejercicio de sus funciones: académica, de investigación y de servicio de extensión y participación en el desarrollo nacional en sus diferentes niveles y dimensiones; incluye la gestión del impacto producido por las relaciones entre los miembros de la comunidad universitaria sobre el ambiente, y sobre otras organizaciones públicas y privadas que se constituyen en partes interesadas. La responsabilidad social universitaria es fundamento de la vida universitaria, contribuye al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad. Comprende a toda la comunidad universitaria"*;



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Creada por Ley N° 29304
COMISIÓN ORGANIZADORA



N° 060-2026-CCO-UNJ

22-ENERO-2026

Que, mediante literal 1.1 del numeral 1 del artículo IV del Título Preliminar del Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, que aprueba el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, referente al Principio de Legalidad, establece que: “Las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la Constitución, a la Ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas”;

Que, mediante numeral 73.3 del artículo 73 del Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, establece que: “Cada Entidad es competente para realizar tareas materiales necesarias para el eficiente cumplimiento de su misión y objetivos”;

Que, de acuerdo con el artículo 64° del Estatuto de la Universidad Nacional de Jaén, aprobado mediante Resolución N° 304-2020-CO-UNJ, de fecha 29 de Septiembre de 2020, establece que: “La Dirección de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica es el órgano de línea dependiente del Vicerrectorado de Investigación; responsable de dirigir, coordinar y monitorear la producción científica de los docentes, para su permanencia como investigador; en el marco de los estándares del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (SINACYT). Asimismo, transfiere tecnología y comunica conocimiento para la competitividad de los sectores productivos y sociales a nivel regional y nacional. Se encarga de revisar las acciones vinculadas al Fondo Editorial Universitario”;

Que, en el marco de las funciones de investigación y responsabilidad social universitaria, la Universidad Nacional de Jaén desarrolla proyectos orientados al impacto social y ambiental;

Que, mediante Artículo 498° del Reglamento General de la Universidad Nacional de Jaén, aprobado con Resolución N° 75-2016-CO-UNJ, de fecha 10 de marzo de 2016, señala que: “La responsabilidad social universitaria es la gestión ética y eficaz de la prevención y mitigación de impactos que genera la Universidad en la sociedad debido al ejercicio de sus funciones académicas, de investigación, servicios de extensión, participación en el desarrollo regional y nacional; incluye las relaciones entre los miembros de la comunidad universitaria, con otras organizaciones públicas y privadas y el ambiente”;

Que, la Resolución N° 028-2022-CO-UNJ, de fecha 27 de enero de 2022, aprueba el Reglamento de Responsabilidad Social Universitaria de la Universidad Nacional de Jaén, regulando en su Capítulo XI: Del Procedimiento para la Presentación de Propuestas, Proyectos y/o iniciativas de RSU, prescribe:

“Artículo 79°: Todo Proyecto de RSU debe ser aprobado por la DRSU y concluye con la presentación del Informe Final de ejecución según esquema del Anexo 3. Dicho Informe es revisado y aprobado por la DRSU”

Que, mediante Resolución de Consejo de Comisión Organizadora N° 167-2025-CCO-UNJ, de fecha 21 de marzo de 2025, emitido por la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Jaén, se resuelve, APROBAR las Áreas y Líneas de Investigación de la Universidad Nacional de Jaén;

Que, con Resolución de Consejo de Comisión Organizadora N° 347-2025-CCO-UNJ, de fecha 23 de mayo de 2025, se resuelve APROBAR el Proyecto de Responsabilidad Social Universitaria Autofinanciado 2025, denominado “ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS RURALES”;

Que, a través del Oficio N° 003-2025-UNJ/FI/DAIC/ZNGC, de fecha 04 de diciembre de 2025, la Coordinadora del Proyecto RSU. Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña, alcanza a la Directora de Responsabilidad Social Universitaria el Informe Final de Proyecto Autofinanciado RSU: “ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Creada por Ley N° 29304
COMISIÓN ORGANIZADORA



N° 060-2026-CCO-UNJ

22-ENERO-2026

INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS RURALES”;

Que, mediante el Oficio N° 279-2025-UNJ/VPA/DRSU, de fecha 04 de diciembre de 2025, la Directora de Responsabilidad Social Universitaria alcanza a la Vicepresidenta Académica el Informe Final de Proyecto Autofinanciado RSU: “ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS RURALES”, reconociendo el compromiso y esfuerzo realizado por los docentes y estudiantes que integraron el quipo ejecutor del proyecto y con la finalidad que se apruebe mediante acto resolutivo;

Que, con Oficio N° 1547-2025-UNJ-P/VPACAD, de fecha 10 de diciembre de 2025, la Vicepresidenta Académica solicita a la Directora de Responsabilidad Social Universitaria se precise la inclusión de integrantes en el Informe Final de Proyecto de RSU Autofinanciado 2025;

Que, mediante el Oficio N° 004-2025-UNJ/FI/DAIC/ZNGC, de fecha 15 de diciembre de 2025, la Coordinadora del Proyecto RSU. Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña, alcanza a la Directora de Responsabilidad Social Universitaria, la precisión y sustento de inclusión de integrantes en el Proyecto de RSU;

Que, en ese sentido, con Oficio N° 281-2025-UNJ/VPA/DRSU, de fecha 19 de diciembre de 2025, la Directora de Responsabilidad Social Universitaria, remite a la Vicepresidenta Académica, el Informe Final y sustento de la participación de integrantes en el Proyecto Autofinanciado de RSU 2025: “ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS RURALES”;

Que, con Oficio N° 1624-2025-UNJ/VPACAD, de fecha 29 de diciembre de 2025, la Vicepresidenta Académica remite el expediente para ser tratado en sesión de la Comisión Organizadora al Presidente de la Comisión Organizadora;

Que, el pleno de la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Jaén, en Sesión Ordinaria N° 003-2026-SO-CCO-UNJ, de fecha 22 de enero de 2026, emite el Acuerdo N° 58-2026-SO-CCO-UNJ, a través del cual acuerda, por **UNANIMIDAD, APROBAR** el Informe Final del Proyecto de Responsabilidad Social Universitaria Autofinanciado 2025, denominado: “**ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS Y RURALES**”, **RECONOCER** y **FELICITAR** a Nombre de la Universidad Nacional de Jaén, al autor y estudiantes integrantes del Proyecto Responsabilidad Social Universitaria Autofinanciado 2025, denominado: “**ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS Y RURALES**”, por haber cumplido con su ejecución, de conformidad con los lineamientos institucionales de la Dirección de Responsabilidad Social Universitaria de esta Casa Superior de Estudios y **NOTIFICAR** a las instancias correspondientes para su conocimiento y fines;

En uso de las facultades y atribuciones conferidas por el Artículo 18°, de la Constitución Política del Perú, la Ley N° 30220-Ley Universitaria, “Disposiciones para la Constitución y Funcionamiento de las Comisiones Organizadoras de las Universidades Públicas en Proceso de Constitución”, aprobada mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, modificada con Resolución Viceministerial N° 055-2022-MINEDU y Resolución Viceministerial N° 053-2023-MINEDU, el Estatuto de la Universidad Nacional de Jaén, aprobado mediante Resolución N° 304-2020-CO-UNJ,



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Creada por Ley N° 29304
COMISIÓN ORGANIZADORA



N° 060-2026-CCO-UNJ

22-ENERO-2026

de fecha 29 de setiembre de 2020, y; conforme a las atribuciones conferidas mediante Resolución Viceministerial N° 119-2024-MINEDU, de fecha 25 de octubre de 2024;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR el Informe Final de Proyecto Responsabilidad Social Universitaria Autofinanciado 2025, denominado: **“ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS Y RURALES”**, el mismo que como anexo forma parte de la presente Resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER y FELICITAR a nombre de la Universidad Nacional de Jaén, al autor y estudiantes integrantes del Proyecto Responsabilidad Social Universitaria Autofinanciado 2025, denominado: **“ELABORACIÓN DE UN ARTÍCULO CIENTÍFICO SOBRE SOLUCIONES DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN COMUNIDADES URBANAS Y RURALES”**, por haber cumplido con su ejecución, de conformidad con los lineamientos institucionales de la Dirección de Responsabilidad Social Universitaria de esta Casa Superior de Estudios, según la relación que se detalla a continuación:

DOCENTES:

AUTORES	DEPARTAMENTO ACADÉMICO	DNI N°
Dra. Zadith Nancy Garrido Campaña	Ingeniería Civil	43235341

*Docente responsable

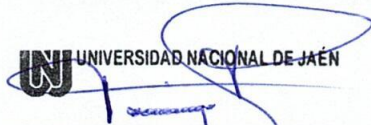
ESTUDIANTES:

APELLIDOS Y NOMBRES	ESCUELA PROFESIONAL	DNI
Domínguez Rondoy Brayan Yhair	Ingeniería Civil	71619933
Florián Mego Jhair Alexander	Ingeniería Civil	71980181
Vásquez Pérez Donny Aly	Ingeniería Civil	71654151
Saucedo Segovia Kleiner Smit	Ingeniería Civil	77064739
Alarcón Lima Jimi Paul	Ingeniería Civil	77793353
Llatas Ramírez Erick Wilmer	Ingeniería Civil	73811357
Jimenez Rivera Jose Antonio	Ingeniería Civil	71005486
Nuñez Traviezo Manuel Andres	Ingeniería Civil	75730297
Rojas Fernández Rony Aldair	Ingeniería Civil	71224839

ARTÍCULO TERCERO.- NOTIFICAR a las instancias correspondientes para su conocimiento y fines.

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER LA PUBLICACIÓN en el Portal Web Institucional de la Universidad Nacional de Jaén www.unj.edu.pe

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE;


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Mg. Eveling Tatiana Noriega Trujillo
SECRETARÍA GENERAL


UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
COMISIÓN ORGANIZADORA
Dr. Severino Apolinar Risco Zapata
PRESIDENTE

**Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-Sunedu/Cd
VICEPRESIDENCIA ACADEMICA
Dirección de Responsabilidad Social Universitaria
"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"**

INFORME FINAL DE PROYECTO DE RSU:

***"Elaboración de un Artículo Científico sobre Soluciones de
Ingeniería para el Desarrollo Sostenible en Comunidades
Urbanas y Rurales"***

Autores del Proyecto:

Dra. Ing. Zadith Nancy Garrido Campaña
Domínguez Rondoy Brayan
Jahir Alexander Florián Mego

Jaén, 2025





INFORME FINAL DEL PROYECTO DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Título del Proyecto: *"Elaboración de un Artículo Científico sobre Soluciones de Ingeniería para el Desarrollo Sostenible en Comunidades Urbanas y Rurales"*

Resumen

Este proyecto tuvo como finalidad la investigación, análisis y propuesta de soluciones sostenibles en el ámbito de la ingeniería civil, orientadas a resolver problemáticas en comunidades urbanas y rurales, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se seleccionaron temas relacionados con infraestructura, gestión del agua, movilidad y planificación urbana, culminando en la elaboración de un artículo científico publicado en una revista académica. El proceso involucró la recopilación de datos, análisis crítico, y la aplicación de metodologías innovadoras para contribuir al desarrollo sostenible de la región Cajamarca y el país.

1. PROBLEMA

El proyecto se centró en identificar problemáticas relevantes en comunidades urbanas y rurales, como la gestión del agua, la señalización vial, el deterioro de pavimentos y la vulnerabilidad ante eventos climáticos. Los objetivos específicos fueron cumplir con la elaboración de un artículo científico que propusiera soluciones sostenibles, en línea con los ODS 4, 9 y 11. La problemática detectada apunta a la necesidad de implementar soluciones innovadoras y responsables que mejoren la calidad de vida y promuevan el desarrollo sostenible en dichas comunidades.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se realizó en varias fases:

- **Selección del tema:** Se eligieron problemáticas actuales y relevantes, como el deterioro de pavimentos urbanos y la gestión del agua pluvial.
- **Recopilación de información:** Se utilizaron instrumentos como revisiones bibliográficas, encuestas y análisis de datos existentes.
- **Análisis y propuesta:** Se aplicaron metodologías de investigación y diseño de soluciones sostenibles, incluyendo el uso de tecnologías como BIM y materiales reciclados.
- **Elaboración del artículo:** Se redactó y corrigió un artículo científico conforme a las normas APA, con el objetivo de su publicación en revistas académicas.
- **Tiempos:** El proyecto se realizó en un período de aproximadamente un año, desde la planificación hasta la publicación del artículo.
- **Materiales utilizados:** Software de modelado BIM, bases de datos, artículos científicos, materiales de laboratorio, entre otros.
- **ODS y líneas de investigación:** El proyecto se enmarca en los ODS 4, 9 y 11, promoviendo la educación, innovación y ciudades sostenibles.



3. ACCIONES REALIZADAS

3.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se emplearon encuestas, entrevistas a expertos y revisión bibliográfica de artículos científicos y normativas. Estos instrumentos fueron elaborados en formatos digitales, ajustados a los objetivos del estudio, siguiendo criterios de validez y confiabilidad.

3.2. EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Jaén, Cajamarca, en instituciones educativas y comunidades rurales. La participación incluyó estudiantes, docentes y miembros de la comunidad, beneficiando a aproximadamente 50 actores directos e indirectos. Las actividades principales fueron talleres de investigación, recolección de datos y redacción del artículo científico.

Evidencias: Fotografías, revisiones de artículos, borradores del artículo (avance).

3.3. MATRIZ DE RESULTADOS

A continuación, se presenta la matriz con los resultados del grupo de estudiantes, los artículos realizados, y el estado actual de cada uno:

Nº	Estudiante(s)	Título del artículo	Estado actual / Publicación	Comentarios / Observaciones
1	García Guerrero Fernando / Aguilar Brian Snaider	Implementación de la Metodología BIM en Universidades Peruanas	Reduciendo el % IA, para presentar a la revista Pakamuros	En proceso de corrección y revisión final
2	Esgardo Huaman Cordova	Captación de agua pluvial como estrategia para la construcción sostenible en Huarango – San Ignacio	Levantando observaciones para eliminar porcentaje de similitud en Turnitin	En proceso de corrección y revisión final
3	Donny Aly Vásquez Pérez / Kleiner Esmit Saucedo Segovia	Evaluación del daño y recuperación de la capacidad portante del concreto tras exposición al fuego	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
4	Rojas Cubas Paolo Rosas / Ventura Becerra Junior Alexis	Aplicación de la Metodología BIM en Proyectos de Infraestructura Pública en Jaén, Cajamarca	Levantando observaciones para eliminar porcentaje de similitud en Turnitin	En proceso de revisión y corrección
5	Núñez Traviezo Manuel / Rojas Fernández Rony Aldair	Análisis cualitativo de gases odoríferos en la Laguna de Oxidación	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
6	Elian Marina Peña Roman / Roly Zuta Leon	Carreteras sustentables con residuos plásticos reciclados	Por presentar	En proceso de preparación para envío
7	Domínguez Rondoy Brayan / Ramos Guerrero Christian	Evaluación de señalización vial urbana en Jaén	Por presentar	En proceso de revisión de borradores



Nº	Estudiante(s)	Título del artículo	Estado actual / Publicación	Comentarios / Observaciones
8	José Antonio Jiménez Rivera / Jahir Alexander Florián Mego	Deterioro de pavimentos urbanos en calle Huamantanga, Jaén	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
9	Pardo Lozano Abner / Rivera Julca Héctor	Uso de cáscara de huevo en concreto en climas cálidos	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
10	Román Yiner Osmer / Bautista Sánchez Yhan Marco	Desarrollo urbano responsable en viviendas en Jaén	Por presentar	En fase de finalización
11	Nuñez Calle Nolberto / Altamirano Barrantes Jorge	Evaluación de congestión vehicular en Jaén	En segunda revisión	En proceso de revisión en la revista
12	Johan Kevin Vásquez Goicochea / Yaker Everlin Wisum Bakuants	Importancia de parques y jardines urbanos	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
13	Saldaña Delgado Yan Jeson / Vilchez Martinez Andy	Diagnóstico del puente Pakamuros	En revisión para publicación	En proceso de revisión final
14	Fernández Vásquez Kevin Paul	Espacios públicos en lotizaciones urbanas de Jaén	Terminado	En revisión final y esperando publicación
15	Tania Marllory Barrantes Fernández / Lenning José Pérez	Optimización de redes hidráulicas en edificios	Presentado a la revista Pakamuros	En revisión por la revista
16	Alarcón Lima Jimmy / Llatas Ramírez Erick	From the classroom to the cloud – Quality, gamification and ethics in the academic and professional training of final year civil engineering students of the National University of Jaén	Presentado a simposio Internacional ICACIT	En revista SCOPUS
17	Mejía Sánchez Osmer Soyly	APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO DE MATERIALES INTELIGENTES PARA LA INGENIERÍA CIVIL	Presentado	En Revista Pakamuros

3.4. PROCESAMIENTO DE DATOS

Los datos recopilados fueron analizados mediante métodos estadísticos y análisis cualitativos, permitiendo fundamentar las propuestas de soluciones sostenibles y su viabilidad técnica y social.

3.5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se elaboró un artículo científico que presenta las problemáticas, análisis y propuestas, con resultados que muestran el potencial de soluciones innovadoras en infraestructura y urbanismo, alineadas con los ODS.



3.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Los resultados fueron interpretados en función de su impacto social y ambiental, resaltando la contribución a los ODS 4, 9 y 11, y su potencial de aplicación en comunidades rurales y urbanas.

3.7. HALLAZGOS Y/O PRODUCTOS

- Artículo científico publicado en la revista "Pakamuros".
- Diversas propuestas de soluciones sostenibles en infraestructura, movilidad y gestión de recursos.
- Presentaciones en eventos académicos y publicaciones en línea.

3.8. EJECUCIÓN PRESUPUESTAL

El proyecto fue autofinanciado por los integrantes, destinando recursos en materiales, impresión y publicación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto logró elaborar y presentar artículos científicos relevantes, contribuyendo a la difusión del conocimiento y a la propuesta de soluciones sostenibles en ingeniería civil. Se recomienda fortalecer alianzas con instituciones públicas y privadas para la implementación de las propuestas, y continuar promoviendo la cultura investigativa en la comunidad académica.

5. REFERENCIAS

BIM en universidades y proyectos públicos

- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd ed.). Wiley.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357–375. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Guía de implementación BIM Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones>

Captación de agua pluvial y sostenibilidad

- Domènech, L., & Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain). *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 598–608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.010>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2020). *Nature-based solutions for water*. <https://www.unep.org/resources/nature-based-solutions-water>

Concreto tras exposición al fuego

- Hertz, K. D. (2003). Limits of spalling of fire-exposed concrete. *Fire Safety Journal*, 38(2), 103–116. [https://doi.org/10.1016/S0379-7112\(02\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0379-7112(02)00053-8)
- Mindeguia, J. C. (2010). *Experimental and numerical study of concrete spalling in fire conditions* [Tesis doctoral, École Nationale Supérieure des Mines].

Pavimentos, señalización y plásticos reciclados

- Yadav, A. K., & Tiwari, D. (2021). Use of waste plastic in flexible pavements: A review. *Construction and Building Materials*, 278, 122407. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122407>
- Vargas, F., & Sánchez, J. (2020). Evaluación de señalización vial en vías urbanas. *Revista de Ingeniería Civil*, 14(2), 112–118.

Gases odoríferos en lagunas de oxidación

- Metcalf & Eddy, Inc. (2013). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). (2011). *Odor control in wastewater treatment plants: A technical review*. <https://www.epa.gov>

Concreto con materiales alternativos (cáscara de huevo)

- Ali, M., & Said, A. (2019). Mechanical properties of concrete using eggshell powder as partial replacement of cement. *Case Studies in Construction Materials*, 10, e00218. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00218>

Desarrollo urbano y espacios públicos

- Gehl, J. (2011). *Cities for People*. Island Press.
- Lynch, K. (1981). *A Theory of Good City Form*. MIT Press.
- ONU-Hábitat. (2020). *Guía de diseño urbano sostenible*. <https://unhabitat.org/es>

Congestión vehicular urbana

- Vasconcellos, E. A. (2014). *Urban Transport, Environment and Equity: The Case for Developing Countries*. Routledge.

Puentes e infraestructura estructural

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2018). *Manual for Bridge Evaluation* (2nd ed.).
- Federal Highway Administration. (2012). *Bridge Inspector's Reference Manual*.

Redes hidráulicas en edificios

- Mays, L. W. (2000). *Water Distribution Systems Handbook*. McGraw-Hill.





- Pérez, R., & García, P. (2021). Diseño óptimo de redes hidráulicas usando EPANET. *Revista Ingeniería del Agua*, 25(1), 15–28. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.15325>

6. ANEXOS

FOTOGRAFÍAS





PRESENTACIÓN EN SIGAWEB

Trabajos

[Regresar](#)

Sede:	JAEN	Semestre:	202501
Escuela:	INGENIERÍA CIVIL	Curricula:	03
Curso:	(03) IC-57 SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA I	Sección:	A
Semana:	11		
Docente:	GARRIDO CAMPAÑA ZADITH NANCY		

Nro.	Contenido	Observacion	Trabajo	
1	EVALUACIÓN AVANCE DEL PROYECTO DE TESIS	09/06/2025 11:20 al 09/06/2025 13:00	+	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	ARTÍCULO AVANCE	13/06/2025 09:30 al 13/06/2025 13:00	+	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Trabajos

[Regresar](#)

Sede:	JAEN	Semestre:	202501
Escuela:	INGENIERÍA CIVIL	Curricula:	03
Curso:	(03) IC-57 SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA I	Sección:	A
Semana:	16		
Docente:	GARRIDO CAMPAÑA ZADITH NANCY		

Nro.	Contenido	Observacion	Trabajo	
1	ARTICULO ACADÉMICO RSU	15/07/2025 00:00 al 21/07/2025 13:00	+	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2	PROYECTO DE TESIS Y OTROS	15/07/2025 00:00 al 21/07/2025 13:00	+	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>



EVIDENCIAS DE PRESENTACIÓN EN REVISTAS

¡El envío ha sido guardado!

Presentación 21

Título	Del aula a la nube - Calidad, gamificación y ética en la formación académica y profesional del alumnado de último curso de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén
Papel	(26 de junio, 14:55)
Palabras clave del autor	Gamificación Ética Profesional Impacto Ambiental Aula Virtual
Abstracto	La transición a entornos de aprendizaje digitales ha transformado significativamente la formación académica del alumnado universitario. Este estudio analiza el impacto de la era educativa digital en términos de calidad, gamificación y ética profesional, centrándose en el alumnado de último año de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén. Entre los beneficios destacados se incluyen el acceso continuo a contenido grabado, el fortalecimiento del aprendizaje autónomo y colaborativo, y la reducción del impacto ambiental al eliminar el uso excesivo de materiales físicos como papel, cartón y plástico. Mediante un enfoque cuantitativo-descriptivo, este estudio examina cómo estas herramientas impactan en la responsabilidad profesional y ambiental de los futuros ingenieros civiles.
Enviado	26 de junio, 14:55
Última actualización	

Autores

Nombre de pila	Apellido	Correo electrónico	País	Afiliación	Página web	¿Correspondiente?
Zadith Nancy	Garrido Campaña	zadith.garrido@unj.edu.pe	Perú	Universidad Nacional de Jaén _ Facultad de Ingeniería _ Escuela Profesional de Ingeniería Civil		✓
Jimi Pablo	Alarcón Lima	jimi.alarcon@est.unj.edu.pe	Perú	Universidad Nacional de Jaén _ Facultad de Ingeniería _ Escuela Profesional de Ingeniería Civil		✓
Erick Wilmer	Llatas Ramirez	erick.llatas@est.unj.edu.pe	Perú	Universidad Nacional de Jaén _ Facultad de Ingeniería _ Escuela Profesional de Ingeniería Civil		✓

15725_1628

15725_1628 | Evaluación del Daño y Recuperación de la Capacidad Portante del Concreto Tras la Exposición al Fuego: Una revisión sistemática de la literatura | Revista Científica Pakamirus

Revista Científica Pakamirus

— Volumen 4 Envíos

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío Revisión Edición Producción

Archivos de envío

[Q. Buscar](#)

- 4947 artículo_-_Evaluación_de_Daño_y_Recuperación_de_la_Capacidad_Portante_del_Concreto_Tras_la_Exposición (1)(1).docx July 15, 2025 [Ver](#) [Texta del artículo](#)
- 4946 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA, ORIGINALIDAD Y RESPONSABILIDADES ÉTICAS DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 [Ver](#)
- 4945 CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 [Ver](#)
- 4943 CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE REVISIÓN, EDICIÓN Y PUBLICACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 [Ver](#)

[Descargar todos los archivos](#)

Discusiones previas a la revisión

[Añadir discusión](#)

Nombre: _____ De: _____ Última respuesta: _____ Respuestas: _____ Cerrado: _____
No hay artículos



10/7/25, 15:16 ROJAS FERNANDEZ | Análisis Cualitativo de la Emisión de Gases Oloríferos Provenientes de la Laguna de Oxidación en la Uni...

Revista Científica Pakamuros



← Volver a Envíos

745 / ROJAS FERNANDEZ / Análisis Cualitativo de la Emisión de Gases Odor

Biblioteca de envío

Flujo de trabajo

Publicación

Envío

Revisión

Edición

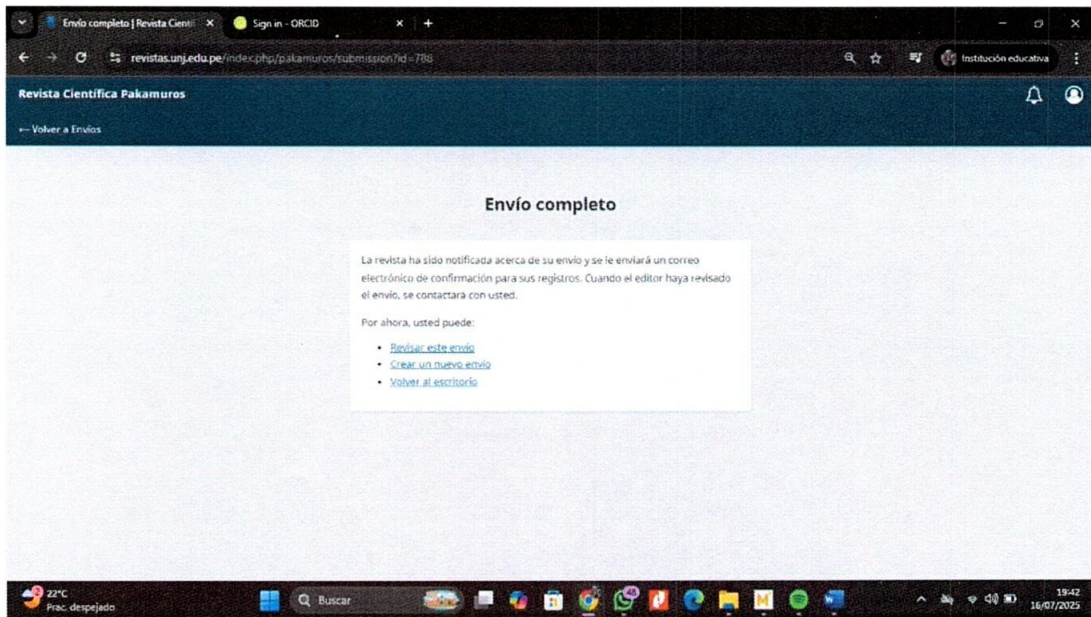
Producción

Archivos de envío

Buscar

▶	4858	CARTA DE CESION DE DERECHOS DE REVISION, EDICION Y PUBLICACION D.pdf	July 10, 2025	Otro
▶	4859	Articulo-Análisis Cualitativo de la Emisión de Gases Oloríferos Provenientes de la Laguna de Oxidación en la Universidad Nacional de Jaén-2025.docx	July 10, 2025	Texto del artículo
▶	4860	CARTA DE PRESENTACION DEL ARTICULO CIENTIFICO.pdf	July 10, 2025	Otro
▶	4861	DECLARACION JURADA DE AUTORIA, ORIGINALIDAD Y RESPONSABILIDAD ET.pdf	July 10, 2025	Otro

Descargar todos los archivos





Revista Científica Pakamuros

655 / WISUM BAKUANTS / La importancia de parques y jardines públicos urbanos comprendiendo la relación entre sociedad

Registro de actividad Biblioteca de envío

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío Revisión Edición Producción 🔗 Ayuda

Archivos de envío 🔍 Buscar Salir archivo Enviar a revisión
Aceptar y omitir la revisión
No publicable

4821	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA, ORIGINALIDAD Y RESPONSABILIDADES Y FIRMAS DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf	July 18, 2025	Otro
5322	CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf	July 18, 2025	Otro
5433	CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE REVISIÓN, EDICIÓN Y PUBLICACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf	July 18, 2025	Otro
5434	artículo científico WISUM Jaenun-Varquez.docx	July 18, 2025	Texto del artículo

[Descargar todos los archivos](#)

Discusiones previas a la revisión ➕ Añadir discusión

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Comentarios
No hay artículos				

Participantes Asignar

Autor/a

- WAKER EVER IN WISUM BAKUANTS

Flujo de trabajo **Publicación**

Envío **Revisión** Edición Producción

Archivos de envío 🔍 Buscar

▶	4851	DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA.pdf	July 8, 2025	Otro
▶	4852	CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf	July 8, 2025	Otro
▶	4849	Artículo Científico.docx	July 8, 2025	Texto del artículo
▶	4850	CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE REVISIÓN.pdf	July 8, 2025	Otro

[Descargar todos los archivos](#)



Artículos realizados

Nº	Estudiante(s)	Título del artículo
1	García Guerrero Fernando Aguilar Brian Snaider	Implementación de la Metodología BIM en Universidades Peruanas
2	Esgardo Huaman Cordova	Captación de agua pluvial como estrategia para la construcción sostenible en Huarango – San Ignacio
3	Donny Aly Vásquez Pérez / Kleiner Esmil Saucedo Segovia	Evaluación del daño y recuperación de la capacidad portante del concreto tras exposición al fuego
4	Rojas Cubas Paolo Rosas / Ventura Becerra Junior Alexis	Aplicación de la Metodología BIM en Proyectos de Infraestructura Pública en Jaén, Cajamarca
5	Nuñez Traviezo Manuel / Rojas Fernández Rony Aldair	Análisis cualitativo de gases odoríferos en la Laguna de Oxidación
6	Elian Marina Peña Roman / Roly Zuta Leon	Carreteras sustentables con residuos plásticos reciclados
7	Domínguez Rondoy Brayán / Ramos Guerrero Christian	Evaluación de señalización vial urbana en Jaén
8	José Antonio Jiménez Rivera / Jahir Alexander Florián Mego	Deterioro de pavimentos urbanos en calle Huamantanga, Jaén
9	Pardo Lozano Abner / Rivera Julca Héctor	Uso de cáscara de huevo en concreto en climas cálidos
10	Román Yiner Osmer / Bautista Sánchez Yhan Marco	Desarrollo urbano responsable en viviendas en Jaén
11	Nuñez Calle Nolberto / Altamirano Barrantes Jorge	Evaluación de congestión vehicular en Jaén



Nº	Estudiante(s)	Título del artículo
12	Johan Kevin Vásquez Goicochea Yaker Everlin Wisum Bakuants	Importancia de parques y jardines urbanos
13	Saldaña Delgado Yan Jeson / Vilchez Martinez Andy	Diagnóstico del puente Pakamuros
14	Fernández Vásquez Kevin Paul	Espacios públicos en lotizaciones urbanas de Jaén
15	Tania Marllory Barrantes Fernández / Lenning José Pérez	Optimización de redes hidráulicas en edificios
16	Alarcón Lima Jimmy / Llatas Ramírez Erick	From the classroom to the cloud – Quality, gamification and ethics in the academic and professional training of final year civil engineering students of the National University of Jaén
17	Mejía Sánchez Osmer Soylyly	Aplicación de la inteligencia artificial en el diseño de materiales inteligentes para la ingeniería civil.

Asesora y Coautora: Zadith Nancy Garrido Campaña



ARTÍCULOS

From the classroom to the cloud – Quality, gamification and ethics in the academic and professional training of final year civil engineering students of the National University of Jaén

Zadith Garrido
*Professional School of Civil
Engineering*
National University of Jaén
Jaén, Peru
zadith.garrido@unj.edu.pe
ORCID: 0009-0002-6922-4865

Jimi Alarcon
*Professional School of Civil
Engineering*
National University of Jaén
Jaén, Peru
Jimi.alarcon@est.unj.edu.pe
ORCID: 0009-0006-5863-1608

Erick Llatas
*Professional School of Civil
Engineering*
National University of Jaén
Jaén, Peru
erick.llatas@est.unj.edu.pe
ORCID: 0009-0007-7388-5419

ABSTRACT — The transition to digital learning environments has significantly transformed the academic training of university students. This study analyzes the impact of the digital educational era in terms of quality, gamification, and professional ethics, focusing on final-year Civil Engineering students at the National University of Jaén. Highlighted benefits include continuous access to recorded content, the strengthening of autonomous and collaborative learning, and the reduction of environmental impact by eliminating the excessive use of physical materials such as paper, cardboard, and plastics. Using a quantitative-descriptive approach, this study examines how these tools impact the professional and environmental responsibility of future civil engineers.

Keywords — Gamification, Professional Ethics, Environmental Impact, Virtual Classroom

I. INTRODUCTION

The evolution of digital technologies has generated a radical transformation in university teaching, where it is observed that virtual classrooms and interactive teaching platforms have been established as key tools in academic and professional training. From this perspective, the research focuses specifically on final-year Civil Engineering students at the National University of Jaén, analyzing the teaching quality, the important role ethics plays, and the environmental consequences of instruction with fewer practical elements.

The objective of this study is to analyze the professional ethical knowledge of students in the use of technologies, based on the Technological Knowledge model to measure the proper use of technologies in the classroom, a methodological design study has been carried out which was a questionnaire through a digital platform ⁽¹⁾. This questionnaire has been applied to a sample of 81 students in training. These revealed the lack of professional ethical knowledge and the need to deepen and face the current context of digital education and the importance of including a correct implementation of ethics along with digital resources in the classroom.

In such a way that the way in which technologies are perceived and how ethical options are created can be integrated, taking into account the potential benefits for both individuals and human groups ⁽²⁾. On the other hand, the

gamification represents an innovative pedagogical strategy that integrates game mechanics into educational contexts to foster student motivation ⁽³⁾. In this way, learning can be regulated through the educational platform that facilitates student improvement, allowing for progressive student monitoring.

The aim is to analyze how these tools not only optimize the learning process but also enhance ethical and ecological awareness. Gamification is also examined as a motivational incentive that reinforces students' interpersonal and technical skills.

II. MATERIALS Y METHODOLOGY

The framework within which this research was conducted is a non-experimental, descriptive design. Its objective was to observe and describe, in a natural manner and without manipulating variables, students' perceptions and experiences regarding their academic training in digital environments. This design used descriptive statistical tools, which allowed for an objective and structured analysis of the data obtained.

A. Population and sample

The research population consisted of all the students enrolled in the Professional School of Civil Engineering of the National University of Jaén in the 2025-I academic year. The total number of students was 461, distributed among the different cycles of the Professional School of Civil Engineering.

The sample was collected using a non-probability purposive sampling method, selecting final-year Civil Engineering students (ninth and tenth cycles), as they are the most closely associated with professional practice. The sample consisted of a total of 67 students.

TABLE I. DISTRIBUTION OF THE POPULATION AND SAMPLE

Academic level	Total number of students	Percentage over population	Selected for the sample
1° al 8° cycle	380	82.43 %	0
9° y 10° cycle	81	17.57 %	67 (82.72% of the last year)
Total	461	100%	67

B. Data collection instrument.

A structured survey was developed, in which students responded according to their perceptions of digital academic training, the use of gamification, the development of professional ethics, and environmental awareness, taking into account their university experience. This survey was administered digitally and consisted of 26 questions, grouped into six key components.

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeCXM0aPmKgp8fBPclr61TavO5HXqOe0N8LHEzvzLxsKnFcpQ/vie wform?usp=header>

TABLE II. STRUCTURE OF THE APPLIED DIGITAL SURVEY

Evaluated dimension	N° of questions	Response type
General information	2	Closed (cycle y gender)
Access and use of virtual classrooms	5	Likert scale
Rating of recorded classes	5	Escala Likert
Participation in gamified activities	5	1 dichotomous + 4 in Likert scale
Professional ethics in digital environments	5	Likert scale
Environmental awareness in digital education	4	Likert scale
Total questions	26	---

C. Procedure

Data collection took place between June 2 and 13, 2025, using a digital survey. Google Forms was chosen as an efficient and easy-to-use platform, ensuring access for all. The survey facilitated the participation of students invited to voluntarily complete the survey. The purpose of the study was explained in detail and their consent was requested, ensuring complete confidentiality and anonymity of their responses.

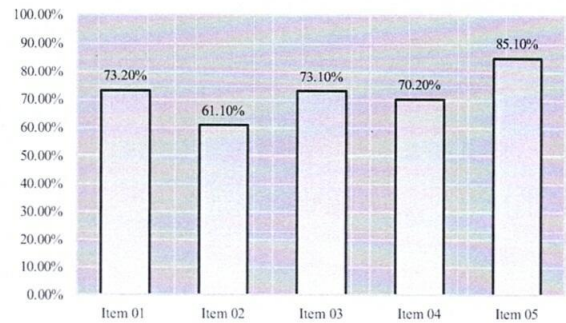
D. Data analysis

The results were analyzed using descriptive statistics, which considered the use of averages, percentages, and frequency distributions, in order to extract meaningful interpretations that represent the assessments and experiences expressed by the students who participated in the survey and were part of the sample.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Access and use of virtual classrooms.

GRAPH I. Access and use of virtual classrooms



Item 01. Continuous access to the virtual platform of the university.

Item 02. Well-structured and organized virtual classrooms.

Item 03. The use of virtual platforms facilitates academic learning.

Item 04. Interaction with teachers in virtual environments is effective.

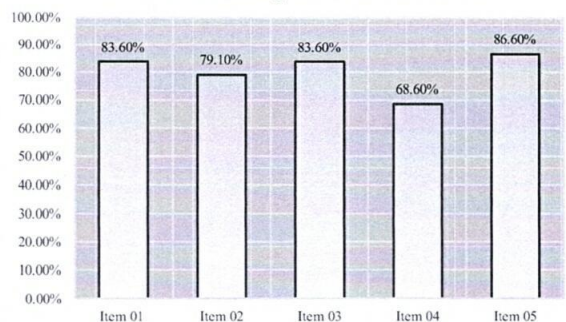
Item 05. Students competent in the use of digital tools to study.

The results showed that 73.2% of students reported having continuous access to the university's virtual platform, 61.1% considered that these classrooms are well structured and organized, 73.1% expressed that the use of virtual platforms facilitates their academic learning, 70.2% mentioned that interaction with teachers in virtual environments is effective, and 85.1% considered themselves competent using digital tools to study.

This level of acceptance reflects a successful adaptation process to the digital environment and students' recognition of its value for independent learning, where platforms are seen as tools that not only enable academic continuity but also optimize time and resource management.

B. Rating of recorded classes

GRAPH II. Rating of recorded classes



Item 01. Recorded classes allow you to study at your own pace.

Item 02. Videos are usually reviewed before assessments or assignments.

Item 03. Recorded classes adequately complement face-to-face classes.

Item 04. Academic performance has improved with access to recorded classes.

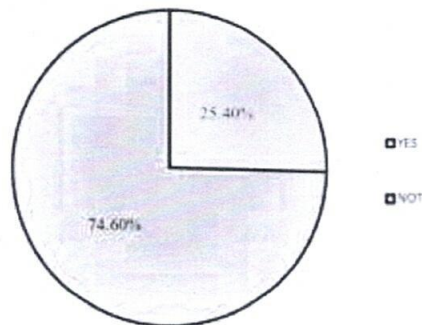
Item 05. Recorded classes should be maintained in all courses.

The results showed that recorded classes are highly valued by students, since 83.6% indicated that these classes allow them to study at their own pace, 79.1% mentioned that they usually review the videos before evaluations or assignments, 83.6% stated that recorded classes adequately complement face-to-face classes, 68.6% indicated that their academic performance has improved with access to recorded classes and finally 86.6% considered that recorded classes should be maintained in all courses.

These results demonstrated the great importance of this digital resource in autonomous learning, flexible scheduling, and the progressive understanding of academic content.

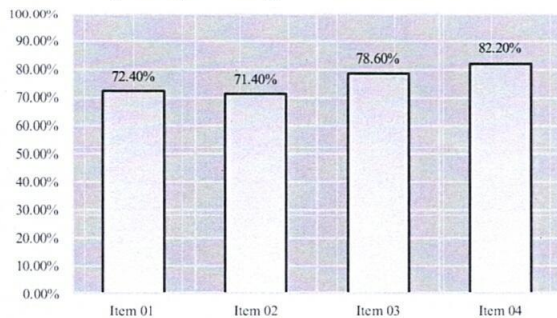
C. Participation in gamified activities.

GRAPH III. Participation in gamified activities.



Note: 74.6% of the sample has NOT participated in gamified activities, while 25.4% has.

GRAPH IV. Expressions from students who HAVE participated in gamified activities.



Item 01. Gamified activities help to better consolidate the content.

Item 02. Gamified classes are more motivating and interactive.

Item 03. The student puts more effort when there are playful or competitive elements.

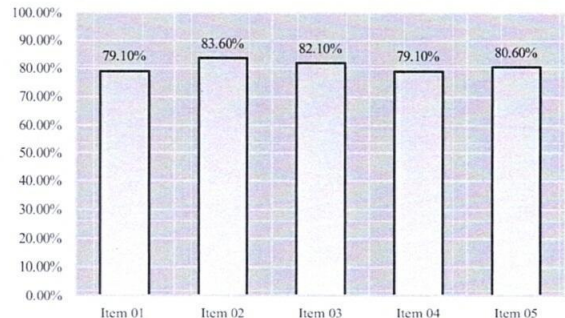
Item 04. The student considers it valuable to implement more gamification in the courses.

According to the respondents' experiences regarding participation in gamified activities, 74.6% stated that they had not participated in any of these activities, while 25.4% mentioned that they had participated, where 72.4% indicated that these activities have helped them better consolidate the content, 71.4% expressed that these gamified classes are motivating and interactive, 78.6% stated that they put more effort into them when there are playful or competitive elements, and 82.2% considered it valuable to implement more gamification in the courses.

While nearly 75% of the sample has not participated in gamified activities, the opinions of those who have are highly positive, highlighting the need to promote the implementation of gamification in classrooms, as the results suggest that it not only increases participation but also enhances crucial skills such as critical thinking and collaborative work.

D. Professional ethics in digital environments.

GRAPH V. Professional ethics in digital environments.



Item 01. The virtual modality has strengthened academic responsibility.

Item 02. The student always meets the deadlines for submitting activities in virtual courses.

Item 03. The student respects copyright in his digital works.

Item 04. The student avoids copying or plagiarizing content in virtual environments.

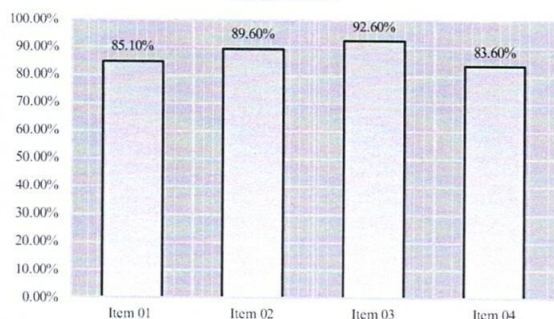
Item 05. Digital education prepares students to be ethical in their professional lives.

It is known that ethics plays a very important role in professional training and this is evidenced in the expression provided by the surveyed students, where 79.1% stated that the virtual modality has strengthened their academic responsibility, 83.6% indicated that they always meet the deadlines for submitting activities in virtual classrooms, 82.1% stated that they respect copyright in their digital works, 79.1% stated that they avoid copying or plagiarizing content in virtual environments and 80.6% considered that digital education prepares them to be ethical in their professional lives.

This finding is significant because it contradicts the prejudice that the digital environment facilitates dishonest behaviour. On the contrary, it reveals that virtual education can be an effective space for cultivating professional values.

E. Environmental awareness in digital education.

GRÁFICO VI. Environmental awareness in digital education.



Item 01. Thanks to virtuality, the use of paper and physical materials has been reduced.

Item 02. Submitting work in digital format contributes to environmental protection.

Item 03. The student is in favour of eliminating unnecessary printed work.

Item 04. Virtual education has made students more aware of the environmental impact.

Environmental impact is an increasingly important component of higher education. Survey results reflect students' ecological awareness, fostered by digitalization. 85.1% reported that virtualization has reduced their use of paper and physical materials. 89.6% stated that submitting work in digital format contributes to environmental protection. 92.6% stated they favour eliminating unnecessary printed work. 83.6% indicated that digital education has made them more aware of environmental impact.

It's exciting to see how technology, far from being an environmental issue, is becoming an ally of sustainability at our University.

IV. CONCLUSIONS

The results show that digital educational programs in higher education have benefited final-year civil engineering students at the National University of Jaén. Virtual platforms and recorded sections were shown to improve self-study, encourage more adaptable scheduling, and provide support for achieving the best grades.

It was also found that, although participation in gamified activities is not yet widespread, implementing them leads to positive results in motivation, dedication, and understanding of the material, so it is recommended to encourage their use as an educational method in all courses.

Finally, it is evident that the digital approach has supported the improvement of students' professional ethics,

where respect for academic rules, authorship, and responsibility are observed.

Finally, a strong environmental awareness was observed, with digitalization emerging as a practical and appreciated option for reducing dependence on harmful physical substances, thus strengthening ecological commitment within education.

V. ACKNOWLEDGMENT

The authors express their gratitude to the final-year students of the Professional School of Civil Engineering at the National University of Jaén for their valuable participation in this research. This work would not have been possible without the willingness and commitment of all those involved, who contributed significantly to the development and validation of this research.

VI. REFERENCES

- [1]. Gómez-Trigueros IM, Ortega-Sánchez D. Professional ethical knowledge of teachers and its influence on the inclusion of technologies in the current educational context. *Educatec. Electronic Journal of Educational Technology*. June 2022;(80).
- [2]. Fierro-Evans C, Fortoul-Ollivier B. "Improving Coexistence." *An Analytical Reinterpretation of Innovative Experiences in Latin American Schools*. *Mexican Journal of Educational Research*. January-March 2022; 27(92).
- [3]. AP ZÁ, MA LZ, KE LA, AT. LZ. Gamification: Innovative Tools to Promote Self-Regulated Learning. *Sun. Cien*. 2020 September; 6(3).

CAPTURA DE LA PUBLICACIÓN DE ARTICULO

My Submissions for 2025 ICACIT Symposium



Using the submission author environment you can view your submissions to 2025 ICACIT Symposium. New submissions or updates of your existing submissions are disabled.

To **view a submission** click on the corresponding "view" icon.

Additional information about submission to 2025 ICACIT Symposium can be found at the [2025 ICACIT Symposium web page](#).

Questions about submissions can be sent to the conference contact email(s) jimmy.tullume@icacit.org.pe.

Please note that if you do nothing (not even click on the menu) for more than two hours, your session will expire and you will have to log in again.

#	Authors	Title	View	paper
21	Zadith Nancy Garrido Campana, Jimi Paul Alarcón Lima and Erick Wilmer Llatas Ramirez	From the classroom to the cloud - Quality, gamification and ethics in the academic and professional training of final year civil engineering students of the National University of Jaén		



DOI:

1 ARTÍCULO ORIGINAL

2
3 **Implementación de la Metodología BIM en Universidades Peruanas.**

4 Zadith Garrido 1¹ , Fernando Garcia 2²  y Brian Gonzales 3³ 

5
6 **RESUMEN**

7 La implementación del Modelado de Información de Construcción (BIM) en la industria de la
8 construcción peruana ha crecido en la última década, aunque su adopción varía entre universidades.

9 Este estudio analiza la integración de BIM en los planes de estudio de las cinco principales
10 universidades de Ingeniería Civil en Perú. Se encontró que, aunque algunas instituciones han empezado
11 a incluir asignaturas de BIM, existe una falta de uniformidad que limita la preparación de los
12 graduados. La colaboración entre el sector educativo y la industria es esencial para mejorar la formación
13 en BIM, proporcionando a los estudiantes experiencias prácticas. Además, la adopción de herramientas
14 tecnológicas avanzadas es crucial para enriquecer la educación y facilitar la transición al mercado
15 laboral. En conclusión, es fundamental que las universidades peruanas adopten un enfoque integral
16 hacia la educación en BIM, beneficiando tanto a los estudiantes como al desarrollo del sector de la
17 construcción en un contexto de transformación digital.

18 **Palabras clave:** Metodología BIM; formación BIM; educación superior; innovación curricular

19
20
21

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: autor1@unj.edu.pe

² Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: fernando.garcia@est.unj.edu.pe

³ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: brian.gonzales@est.unj.edu.pe

22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41

ABSTRACT

The implementation of Building Information Modeling (BIM) in the Peruvian construction industry has grown over the past decade, although its adoption varies among universities. This study analyzes the integration of BIM into the curricula of the five leading Civil Engineering universities in Peru. It was found that, although some institutions have begun to include BIM-related courses, there is a lack of uniformity that limits graduates' preparation. Collaboration between the educational sector and the industry is essential to improve BIM training, providing students with practical experiences. Additionally, the adoption of advanced technological tools is crucial to enrich education and facilitate the transition to the job market. In conclusion, it is essential for Peruvian universities to adopt a comprehensive approach to BIM education, benefiting both students and the development of the construction sector in a context of digital transformation.



42 **INTRODUCCIÓN**

43 En referencia a Murguía(2019), la implementación del Modelado de Información de
44 Construcción (BIM) en la industria de la construcción peruana ha ganado fuerza durante la última
45 década, impulsada en gran medida por la demanda de prácticas modernizadas en un sector en rápida
46 evolución.

47 Según Cabrera (2018), la integración de BIM en grandes proyectos de América Latina presenta
48 variaciones significativas y gran disparidad, países como Chile, Colombia y Perú, su uso ya es una
49 realidad consolidada, esta se emplea en grandes obras públicas y privadas para lo que es necesario
50 contar con una alta contratación de profesionales especializados en BIM. De manera contraria, hay
51 países como el Perú donde esta implementación no se desarrolla al mismo ritmo en toda la región, y es
52 evidente que, en la mayoría de los países hispanohablantes, la transición hacia BIM se lleva a cabo de
53 manera muy lenta y está en un puto inicial.

54 De acuerdo con Chuquihuanga et al.(2025) la integración de BIM en los planes académicos no
55 solo mejora la empleabilidad de los estudiantes, sino que impulsa nuevas trayectorias profesionales,
56 como ingenieros, coordinadores y gerentes BIM, roles nuevos y con gran demanda. Es importante
57 incorporar esta tecnología, respaldada por la gran demanda del mercado, que requiere profesionales
58 capacitados en BIM y sus normativas.

59 Tal como indica Vavetek.AI (2024), la actualidad refleja una tendencia global hacia la
60 incorporación de una educación BIM empleada desde etapas tempranas, donde las instituciones
61 educativas se centran en el desarrollo de programas y planes de estudio que implementen esta
62 metodología. Implementar BIM permite también generar habilidades que incluyen el modelado, la
63 gestión de proyectos y competencias relacionadas con la gestión del cambio y el trabajo colaborativo.
64 Con el avance de tecnologías del sector de la construcción, es vital que los programas académicos se
65 ajusten para preparar a los estudiantes ante los retos del futuro, garantizando que cuenten con las
66 herramientas necesarias para destacar en un entorno laboral en transformación.



67 Como señala MEF (2021), se promovió el Plan BIM Perú, donde reflejan la importancia de
68 adaptarse y acoger metodologías BIM en las inversiones en infraestructura pública. La implementación
69 de manera escalonada de esta metodología en el Perú plantea un esfuerzo conjunto del sector público,
70 privado e universidades. Esta adopción no solo provocará un cambio significativo en el Ciclo de
71 Inversión del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, sino que
72 también transformará la gestión de la información y los métodos de trabajo que han prevalecido en las
73 últimas décadas, facilitando mayor eficiencia y transparencia en los procesos.

74

75 Con base en lo expuesto, el propósito del estudio es analizar el estado actual de la implementación de la
76 metodología BIM en las universidades del Perú, además identificar sus ventajas y proponer
77 recomendaciones que contribuyan a mejorar su adopción y aplicación en el ámbito universitario.

78

79 **MATERIALES Y MÉTODOS**

80

81 De acuerdo con Marín et al (2021), la ventaja de la metodología BIM es que proporcionó
82 nuevas herramientas para el modelado arquitectónico, el diseño de elementos estructurales y el análisis
83 de incompatibilidades en proyectos de infraestructura. Sin embargo, su principal desventaja es la
84 complejidad de los componentes que debían manejarse, lo que exigió que los profesionales estuvieran
85 adecuadamente entrenados para utilizarlos de manera correcta y eficiente.

86 BIM permite que los equipos de trabajo multidisciplinarios pueden acceder a la información
87 más reciente del modelo en tiempo real. Esto significa que, si se realizan modificaciones en el proyecto
88 arquitectónico, todos los miembros del equipo son alertados de inmediato sobre los cambios
89 efectuados, lo que promueve la colaboración y optimiza la comunicación entre todos (Suárez et al,
90 2019).

91



92 Según Flores (2023), las barreras de adoptar BIM en proyectos de ingeniería. Las barreras se
93 relacionan a cambios de procesos y adopción de nuevas tecnologías, requiriendo paciencia pues
94 regiones con mayor adopción llevan una década en este proceso. El costo de implementar BIM se
95 amortiza con ahorros de tiempo, dinero y atracción de nuevos clientes que demandan esta metodología,
96 como en megaproyectos u obras públicas, dado que es posible monetizar el valor de BIM y el mercado
97 es global. Se identificaron desafíos como falta de recursos locales calificados, desconocimiento de
98 beneficios BIM, resistencia al cambio y reprocesos de CAD a BIM, los cuales pueden abordarse con
99 reformas gubernamentales que impulsen su adopción y generen estándares locales, aunque en
100 Latinoamérica la iniciativa privada y academia son factores clave

101

102 Según Maritza (2021), los diferentes niveles BIM representan la evolución hacia una mayor
103 colaboración e integración digital en la industria de la construcción. El Nivel 0 se caracteriza por el uso
104 de documentos electrónicos no interoperables, sin intercambio de modelos de datos. El Nivel 1
105 introduce el uso de un Common Data Environment (CDE) para la transición de datos CAD 2D a 3D,
106 aunque sin distribución de modelos entre agentes. El Nivel 2 se enfoca en el trabajo colaborativo a
107 través de archivos comunes como IFC, permitiendo la integración de las dimensiones 4D y 5D.
108 Finalmente, el Nivel 3 busca la plena integración (iBIM) en un entorno en la nube, con un modelo
109 compartido común accesible y modificable por todos los participantes, logrando el control en tiempo
110 real de todo el ciclo de vida del proyecto.

111

112 En referencia a Vázquez et al (, 2023), se opto por un análisis descriptivo, dado que su finalidad
113 es reunir datos y examinarlos con el fin de presentar una descripción detallada sobre la situación
114 investigada. Permitiendo entender mejor los contextos y las relaciones involucradas, brindando así una
115 visión clara sobre la situación o fenómeno.

116



117 El presente estudio es de tipo descriptivo, con un enfoque cualitativo, y tiene como objetivo
118 analizar el estado actual de la implementación de la metodología BIM en las cinco universidades mejor
119 posicionadas del Perú que contemplen la carrera de Ingeniería Civil. Estas instituciones son: Pontificia
120 Universidad Católica del Perú (PUCP), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM),
121 Universidad Científica del Sur, Universidad Nacional de Ingeniería y Universidad Peruana de Ciencia
122 Aplicadas (Universities, 2025). El proceso contempló, en primer lugar, la identificación de las
123 universidades mencionadas, seguido de una revisión documental exhaustiva mediante el análisis de
124 planes de estudio, sílabos de asignaturas y documentos institucionales que evidencien la incorporación
125 del enfoque BIM en la formación académica. La información se recolecto de los sitios web oficiales
126 de cada universidad correspondiente.

127

128

129

130

131

132

133

134

135

136

137

138

139

140



141 **RESULTADOS**

142

143 De acuerdo con Arraz (2025), actualmente se cuenta en Perú con un total de 114, este número
 144 incluye tanto universidades públicas como privadas, así como escuelas e institutos de rango
 145 universitario y extensiones de universidades extranjeras en el territorio nacional.

146 Con el propósito de fortalecer estas capacidades, el MEF (2025), mediante la DGPMI, creó una
 147 propuesta de malla curricular orientada a BIM. Esta propuesta, basada en los principios y conceptos
 148 promovidos por el Estado peruano, brinda a los institutos de educación superior y a las universidades
 149 públicas del país un modelo de referencia que pueden adaptar a su contexto específico. Así, se
 150 contribuye a la formación de los futuros profesionales de la industria

151

152 A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume la presencia de asignaturas
 153 vinculadas a BIM en los planes curriculares analizados.

154

UNIVERSIDAD	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ		
	ASIGNATURA	SEMESTRE	CREDITOS
	Dibujo en ingeniería	II	4.5
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ	Procedimientos y Procesos de Construcción en Edificaciones	II	3.5
	Planeamiento de Proyectos De Edificación	VIII	3.5
	Proyecto Integrador en Ingeniería Civil	IX	5

Idea principal del trabajo de investigación

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ			
UNIVERSIDAD	ASIGNATURA	SEMESTRE	CREDITOS
	Modelación de Información para la Construcción	X-Electivo	3
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS	Dibujo asistido por computadora	IV	2
UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL SUR	Dibujo y Diseño Técnico BIM en Proyectos de Construcción	II IX	- -
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	DIBUJO DE INGENIERÍA II	II	4
	Dibujo asistido por el computador	I	4
UPC	Topografía	II	3
	Modelación de edificaciones	VI	2

155

156 **DISCUSIÓN**

157

158

159

160

161

162

163

En Perú, según Del Savio (2021), la enseñanza del Modelado de Información para Construcción (BIM) como una parte importante de la educación universitaria está en su primer fase; solo el 1% de las universidades tiene BIM en su formación para alumnos. También, un 5% de los lugares ha puesto clases sobre este sistema en áreas específicas de su plan, mientras otro 5% tiene cursos de BIM que se centran en herramientas técnicas particulares del espacio.

164 La incorporación de la metodología BIM en las universidades públicas o privadas del Perú,
165 mostró variaciones realmente notables entre las diferentes instituciones. Estas diferencias se debieron a
166 factores como el modelo educativo que cada una implementaba, la disponibilidad de recursos y el nivel
167 de conexión que tenían con el sector profesional. El estudio de las cinco principales universidades del
168 país pone en evidencia los diversos y escasos planes en la formación académica relacionada con BIM.

169 La revisión subraya la urgente necesidad de añadir la metodología BIM de manera
170 estandarizada en la formación universitaria. Debido a la integración escasa de BIM en los planes
171 académicos, se restringe la preparación de los graduados para ocupar puestos en la industria, que
172 requiere habilidades digitales colaborativas.

173 De acuerdo con Murguía(2019), adoptar de manera temprana herramientas tecnológicas en las
174 prácticas educativas es un aspecto importante para los universitarios, debido a que les otorga ventajas
175 en el mundo laboral. Las universidades que se adaptan a tecnologías y plataformas innovadoras, como
176 Autodesk y BIM360, tienen mejores experiencias de aprendizaje y para ello en simultaneo beben
177 emplear nuevos métodos de enseñanza y enfoques pedagógicos.

178

179

180

181

182

183

184

185

186



187 **CONCLUSIONES**

188

189 Enseñar BIM en las universidades del Perú, es un desafío por factores como el modelo
190 educativo, la disponibilidad de recursos y el grado de implicación de las autoridades respectivas. Este
191 proceso se presenta en su etapa inicial, aunque su adopción entre las universidades es deficiente, la gran
192 demanda por profesionales capacitados en BIM en el sector a generado que las instituciones educativas
193 busquen adaptarse a esta realidad.

194 Además, la colaboración entre el sector educativo y la industria es fundamental para mejorar la
195 calidad de la formación en BIM. Las universidades que establecen vínculos cercanos con empresas del
196 sector de la construcción pueden ofrecer a sus estudiantes experiencias prácticas y oportunidades de
197 aprendizaje que son críticas para su desarrollo profesional.

198 La integración de herramientas tecnológicas en la enseñanza es otra área clave que necesita
199 atención, a comparación del mundo estamos realmente en un punto de partida. Las universidades que
200 han empezado a emplear plataformas avanzadas, como Autodesk y BIM360, no solo mejoran la
201 experiencia de aprendizaje, sino que también facilitan la transición de los estudiantes al entorno laboral.
202 Esto nos demuestra la importancia de la inversión en recursos educativos y formación de los docentes
203 para garantizar que los estudiantes estén bien preparados.

204 Finalmente, es fundamental que las universidades peruanas conozcan la importancia de tener un
205 enfoque innovador en la educación BIM. Esto permitirá no solo beneficiar a los estudiantes al
206 proporcionarles habilidades que significan una ventaja en el sector, sino que también contribuirá al
207 desarrollo del sector de la construcción en el Perú, promoviendo prácticas más eficientes y sostenibles
208 en un contexto de transformación digital.



209 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 210 Arraz, E. (28 de Febrero de 2025). *¿Cuántas universidades públicas y privadas hay en el Perú?*
211 <https://www.rankia.pe/blog/mejores-universidades-escuelas-peru/4169587-cuantas->
212 [universidades-publicas-privadas-hay-peru](https://www.rankia.pe/blog/mejores-universidades-escuelas-peru/4169587-cuantas-universidades-publicas-privadas-hay-peru)
- 213 Cabrera, C. (22 de 02 de 2018). *EDITECA*. EDITECA: [https://editeca.com/bim-en-](https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bgs%2FKzaWcSO2UKojV8z5%2BJw%3D%3D#BIM_en_Peru)
214 [latinoamerica/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bgs%2FKzaWcSO2UKojV8z](https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bgs%2FKzaWcSO2UKojV8z5%2BJw%3D%3D#BIM_en_Peru)
215 [5%2BJw%3D%3D#BIM_en_Peru](https://editeca.com/bim-en-latinoamerica/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_feed%3Bgs%2FKzaWcSO2UKojV8z5%2BJw%3D%3D#BIM_en_Peru)
- 216 Chuquihuanga, J. A., Espinoza, C. B., Prieto, C. J., & La Rosa, B. (2025). Implementación de la
217 tecnología BIM en la currícula de las escuelas de arquitectura en universidades peruanas: una
218 revisión sistemática de las razones, beneficios y estrategias. *Educación y Vida Sostenible*.
- 219 Del Savio, A. (2021). La academia y la carrera profesional vinculada a BIM en el Perú.
220 <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13490>
- 221 Flores, B. (2023). Beneficios y barreras de la implementación de la metodología BIM en proyectos de
222 ingeniería. 156. <https://doi.org/https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/5435>
- 223 Marín, N., Correa, L., & Ruth, M. (Abril-Junio de 2021). Implementación de la metodología BIM en el
224 Perú: Una revisión. *Revista Pakamuros*, 9(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.37787/0b391g12>
- 225 Maritza. (2021). *BimManagemet*. [https://bimanagement.co/2021/05/13/de-0-a-3-que-son-los-niveles-](https://bimanagement.co/2021/05/13/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/)
226 [de-madurez-bim/](https://bimanagement.co/2021/05/13/de-0-a-3-que-son-los-niveles-de-madurez-bim/)
- 227 MEF. (2021). *PLAN DE IMPLEMENTACIÓN Y HOJA DE RUTA DEL PLAN BIM PERÚ*.
- 228 MEF. (2025). [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7742800/6546018-](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7742800/6546018-rd004_2025ef6301_anexo_malla_curricular_bim.pdf?v=1741399310)
229 [rd004_2025ef6301_anexo_malla_curricular_bim.pdf?v=1741399310](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7742800/6546018-rd004_2025ef6301_anexo_malla_curricular_bim.pdf?v=1741399310)
- 230 Murguía, D. (2019). *MACRO BIM ADOPTION STUDY IN PERU*. School of Engineering, Pontifical
231 Catholic University of Peru, Lima.
- 232 Murguía, D. (2019). *MACRO BIM ADOPTION STUDY IN PERU*. Macro BIM Adoption Study in
233 Peru. School of Engineering, Pontifical Catholic University of Peru, Lima.





- 234 Suárez, I., Vidal, L., & Leyva, C. (2019). Ventajas de la implementación de la metodología BIM
235 utilizando Revit en el desarrollo de proyectos de edificaciones. *12*(10).
236 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590213>
- 237 Universities, T. (19 de Junio de 2025). [https://www.topuniversities.com/world-university-](https://www.topuniversities.com/world-university-rankings?countries=pe)
238 [rankings?countries=pe](https://www.topuniversities.com/world-university-rankings?countries=pe)
- 239 Vázquez, A., Guanuchi, L., Cahuana, R., Vera, R., & Holgado, J. (2023). *MÉTODOS DE*
240 *INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.094>
- 241 Vavetek.AI. (20 de Agosto de 2024). *Vavetek.AI*. Vavetek.AI: [https://vavetek.ai/blog/importance-bim-](https://vavetek.ai/blog/importance-bim-in-the-education-curriculum/)
242 [in-the-education-curriculum/](https://vavetek.ai/blog/importance-bim-in-the-education-curriculum/)
- 243
- 244



ARTÍCULO ORIGINAL

“Evaluación del PCI en la calle Huamantanga, Jaén: Causas y soluciones sostenibles relacionadas con ODS 9 y 11”

“Assessment of the PCI in Huamantanga Street, Jaen: Causes and sustainable solutions related to SDG 9 and 11”

José Jimenez¹ * - Jhair Florian¹  - Zadith Garrido¹ .

RESUMEN

En la ciudad de Jaén (región Cajamarca), se ha evidenciado un deterioro progresivo de los pavimentos urbanos, principalmente por la aparición de baches, fisuras y deformaciones que dificultan la circulación vehicular y peatonal. Esta investigación tiene como objetivo analizar los principales deterioros que afectan la integridad de las vías, para plantear soluciones sostenibles alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 9 y 11. Se realizó una inspección visual en tramos representativos de la calle Cajamarca, vía altamente transitada, y se aplicaron encuestas a la población. Los resultados arrojaron índices PCI de 1.49, 2.88 y 0.49, todos dentro de la categoría “fallado”. Las fallas más frecuentes fueron grietas de esquina, losas divididas, parches y fisuras, atribuidas a deficiencias en el diseño estructural, falta de mantenimiento, baja calidad de materiales y condiciones climáticas adversas. También se identificó una escasa regulación del tránsito pesado y limitaciones técnicas de las entidades locales. Como propuesta, se plantea implementar un plan de mantenimiento preventivo, optimizar los diseños estructurales, usar materiales reciclados e innovadores y fomentar la participación ciudadana, contribuyendo a infraestructuras más resilientes y comunidades urbanas sostenibles.

Palabras clave: Evaluación PCI; deterioro de pavimentos; diseño estructural; fallas estructurales.

ABSTRACT

In the city of Jaén (Cajamarca region), there has been a progressive deterioration of urban pavements, mainly due to the appearance of potholes, cracks, and deformations that hinder vehicular and pedestrian traffic. This research aims to analyze the main types of deterioration affecting the integrity of the roads in order to propose sustainable solutions aligned with Sustainable Development Goals (SDGs) 9 and 11. A visual inspection was carried out on representative sections of Cajamarca Street, a highly trafficked road, and surveys were conducted among the population. The results yielded PCI indices of 1.49, 2.88, and 0.49, all within the “failed” category. The most frequent failures were corner cracks, split slabs, patches, and fissures, attributed to deficiencies in structural design, lack of maintenance, low-quality materials, and adverse weather conditions. Poor regulation of heavy traffic and technical limitations of local authorities were also identified. As a proposal, it is suggested to implement a preventive maintenance plan, optimize structural designs, use recycled and innovative materials, and encourage citizen participation, contributing to more resilient infrastructure and sustainable urban communities.

Keywords: PCI evaluation; pavement deterioration; structural design; structural failure.

*Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email.: joseantonio.jimenez@est.unj.edu.pe, jhair.florian@est.unj.edu.pe, zadith.garrido@unj.edu.pe



INTRODUCCIÓN

Durante el periodo de los últimos años, la ciudad de Jaén ha experimentado un crecimiento poblacional y urbano significativo, lo que ha generado una mayor transitabilidad provocando de este modo que la presión sobre su infraestructura vial aumente dificultando el desplazamiento de vehículos y peatones. Sin embargo, este crecimiento no ha sido correctamente ordenado por falta de una planificación adecuada ni por estrategias o técnicas de mantenimiento oportunas. El pavimento urbano cumple un papel fundamental en el desarrollo local basado en la movilidad, la seguridad de los usuarios y el impulso económico social. Jaén es una zona climática, donde se registran lluvias intensas y temperaturas elevadas, el desgaste de las vías se vuelve más notorio si no se consideran diseños estructurales adecuados ni se aplican medidas de conservación preventiva. El presente artículo realiza un análisis del estado actual de las vías pavimentadas en la calle Cajamarca, identificando las principales fallas que presentan. Frente a este panorama, se hace necesario analizar de manera puntual las causas que originan estas fallas y proponer alternativas de solución que respondan a la realidad local tanto desde el aspecto técnico como desde la gestión pública.

MÉTODOS Y MATERIALES

Inspección visual de campo:

Se seleccionaron 3 tramos viales urbanos representativos en zonas residenciales, comerciales y de alto tránsito. Se aplicó la metodología del *Pavement Condition Index* (PCI), evaluando tipos y severidad de fallas.

Encuestas:

Se aplicaron 70 encuestas a conductores, peatones y comerciantes.



RESULTADOS

Según la Normativa del Reglamento Nacional de Edificaciones, componentes del diseño urbano, G.H.020:

Según lo indicado en el artículo N° 10 la calle Huamantanga se considera una Vía Local Secundaria, cuya función principal es brindar acceso directo a las propiedades colindantes y a los usos situados en sus márgenes (2 veredas). De acuerdo a los estipulado en el artículo anteriormente mencionado.

Tabla 1. Artículos de la Norma GH 020 del RNE

ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
Artículo N° 10:	Las Vías Locales Secundarias tendrán como mínimo, dos módulos de veredas en cada frente que habilite lotes, uno o dos módulos de calzada.	Si cumple 2 módulos de veredas, 1 o 2 calzadas como mínimo de 6 y 3 m. respectivamente

1. Cálculos para determinar el PCI:

- ✓ **Determinación del total de Unidades de Medida (UM), factor mínimo requerido y el intervalo correspondiente entre ellas:**


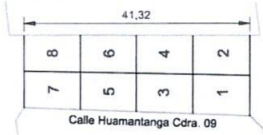
Número de paños=24 ambos lados.

Por conveniencia de los investigadores hemos planteado evaluar 3 cuadras de la calle Huamantanga (09, 10 y 11), considerando 8 paños por cuadra, teniendo de esta manera un total de 24 paños para la evaluación de PCI.

✓ **Análisis del estado del pavimento:**

a) Unidad de Muestra 01:

Tabla 2. Hoja de registro y cálculo de PCI para Unidad de Muestra: UM. -01

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN										
		INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO										
		PAVIMENTOS CON SUPERFICIE DE CONCRETO RÍGIDO										
		HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTREO										
Nombre de la vía:	Calle: Huamantanga				Esquema:	1						
Evaluado por:	Estudiantes: Jimenez Rivera José Antonio y Florian Mego Jhair Alex											
Progresiva inicial:	0 + 0.000		Tramo: 1									
Progresiva final:	0 + 41.32		Paños	8								
Ubicación	Jaén - Jaén, Cajamarca											
Fecha:	04/07/2025											
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND)												
	21.- BLOWUP - BUCKLING			31.- PULIMIENTOS DE AGREGADOS								
	22.- GRIETA DE ESQUINA			32.- POPOUTS								
	23.- LOSA DIVIDIDA			33.- BOMBEO								
	24.- GRIETA DE DURABILIDAD "D"			34.- PUNZONAMIENTO								
	25.- ESCALA			35.- CRUC. CRUCE DE VÍA FÉRREA								
	26.- DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA			36.- DESCONCHAMIENTO, CRAQUELEAD								
	27.- DESNIVEL CARRIL / BERMA			37.- GRIETA DE RETRACCION								
	28.- GRIETAS LINEALES			38.- DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA								
	29.- PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 m2)			39.- DESCASCARAMIENTO DE JUNTA								
	30.- PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 m2)											
SEVERIDAD		LEVE (L)		MODERADA (M)		GRAVE (G)						
PROGRESIVA	INICIAL:	0 + 000		CÓDIGO DEL TIPO DE FALLA		NIVEL DE SEVERIDAD DE LA FALLA						
	FINAL:	0 + 047.48										
		LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO					
PAÑOS	1	2	22,23,29,37		22,28,37		M,M,H,M	M,H,M				
	3	4	23,28,37		22,37		M,H,M	M,M				
	5	6	28,29,37		23		H,H,M	M				
	7	8	22,28,37		23		M,H,M	M				
FALLAS EXISTENTES												
Codigo de falla	Severidad	Cantidades parciales por progresiva (Sección A + B)								total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)
		1	2	3	4	5	6	7	8			
22	M	1	1		1				1	4	50	52.3
23	M	1		1			1		1	3	37.5	56.8
28	H		1	1		1			1	4	50	45.2
29	H	1				1				2	25	35.4
37	M	1	1	1	1	1			1	6	75	3.5
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i)$		Número de deducidos:			5			Total VD =		193.2		
		Valor deducido mas alto:			56.8							
		Nº máx. admisible de deducidos (mi):			4.967347							
		Máx. Valor deducido corregido (CDV):			98.51							
CÁLCULO DEL PCI												
Nº	Valores Deducidos						Total	q	CDV			
1	52.3	56.8	45.2	35.4	3.5		193.2	5	90.96			
2	52.3	56.8	45.2	35.4	2		191.7	4	98.51			
3	52.3	56.8	45.2	2	2		158.3	3	92.22			
4	52.3	56.8	2	2	2		115.1	2	78.31			
5	52.3	2	2	2	2		60.3	1	60.30			
PCI=	100 - Max CDV						Máx. CDV=		98.51			
PCI=	1.49		CLASIFICACION:		FALLADO							

Nota. En la tabla 2 se presentan las fallas que se encuentran en los paños evaluados, junto a su severidad, con un resultado 1 de PCI= 1.49, lo cual es un pavimento clasificado como fallado.




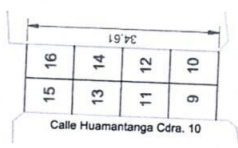
Tabla 3. Detalle de Cálculos UM-01

CÁLCULO DE DENSIDADES DE CADA TIPO DE FALLA										
$D = \frac{\text{num. total de falla}}{\text{número de paños}} \times 100$				Grietas de Esquina (22)		D1= 50%				
				Losa Dividida (23)		D2= 50%				
				Grietas Laterales (28)		D3= 50%				
				Parche Grande (29)		D4= 25%				
				Grietas de retracción (37)		D5= 75%				
VALORES DEDUCIDOS DE CADA TIPO DE FALLA										
Grietas de Esquina (22) - M				Losa Dividida (23) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
50	37.5	52.3	67.3	50	41.2	56.8	74			
Grietas Laterales (28) - H				Parche Grande (29) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
50	18.9	27.5	45.2	25	9.4	16.9	35.4			
				Grietas de retracción (37)						
				Densidad	Leve					
				75	3.5					
NÚMERO ADMISIBLE MÁXIMO DE DEDUCIDOS (mi)										
$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$				52.3	56.8	45.2	16.9	3.5		
				Valor deducido más alto (HDVi)=						56.8
				Número admisible de deducidos (mi)=						4.97
MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										
Valores deducidos					Total	q	CDV			
52.3	56.8	45.2	16.9	3.5	174.7	5	90.96			
52.3	56.8	45.2	16.9	2	173.2	4	98.51			
52.3	56.8	45.2	2	2	158.3	3	92.22			
52.3	56.8	2	2	2	115.1	2	78.31			
52.3	2	2	2	2	60.3	1	60.30			
Máximo CDV:							98.51			
CÁLCULO Y CLASIFICACION DE PCI										
RANGO	CLASIFICACIÓN	$PCI_1 = 100 - \text{Máx. CDV}$								
100 - 85	Excelente									
85 - 70	Muy Bueno									
70 - 55	Bueno									
55 - 40	Regular									
40 - 25	Malo									
25 - 10	Muy Malo	$PCI - UM.01 = 1.49$								
10 - 0	Fallado	CLASIFICACION: FALLADO								

Nota. En la tabla 3 se visualizan los cálculos detallados para la Unidad de Medida UM - 01.

b) Unidad de Muestra 02:

Tabla 4. Hoja de registro y cálculo de PCI para Unidad de Muestra: UM. -02

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN										
		INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO										
		PAVIMENTOS CON SUPERFICIE DE CONCRETO RÍGIDO										
		HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTREO										
Nombre de la vía:	Calle: Huamantanga					Esquema:	2					
Evaluado por:	Estudiantes: Jimenez Rivera José Antonio y Florian Mego Jhair Alex											
Progresiva inicial:	0 + 41.32		Tramo: 2									
Progresiva final:	0 + 75.93		Paños	8								
Ubicación	Jaén - Jaén, Cajamarca											
Fecha:	04/07/2025											
												
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND)												
	21.- BLOWUP - BUCKLING					31.- PULIMIENTOS DE AGREGADOS						
	22.- GRIETA DE ESQUINA					32.- POPOUTS						
	23.- LOSA DIVIDIDA					33.- BOMBEO						
	24.- GRIETA DE DURABILIDAD "D"					34.- PUNZONAMIENTO						
	25.- ESCALA					35.- CRUC. CRUCE DE VÍA FÉRREA						
	26.- DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA					36.- DESCONCHAMIENTO, CRAQUELEAD						
	27.- DESNIVEL CARRIL / BERMA					37.- GRIETA DE RETRACCION						
	28.- GRIETAS LINEALES					38.- DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA						
	29.- PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 m2)					39.- DESCASCARAMIENTO DE JUNTA						
	30.- PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 m2)											
SEVERIDAD		LEVE (L)			MODERADA (M)			GRAVE (G)				
PROGRESIVA	INICIAL:	0 + 41.32										
	FINAL:	0 + 75.93										
		CÓDIGO DEL TIPO DE FALLA										
PAÑOS	LADO IZQUIERDO	LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO		
	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO		LADO DERECHO		
	1	2	22,23,29,37			23,37			M,M,H,M		M,M	
	3	4	22,29			23,28			M,H		M,H	
	5	6	29,37			23,28,37			H,M		M,H,M	
	7	8	28			28,29			H,M		H,H	
FALLAS EXISTENTES												
Codigo de falla	Severidad	Cantidades parciales por progresiva (Sección A + B)								total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)
		1	2	3	4	5	6	7	8			
22	M	1		1						2	25	34.4
23	M	1	1		1		1			4	50	56.8
28	H				1		1		1	4	50	42.2
29	H	1		1		1			1	4	50	52.4
37	M	1	1			1	1			4	50	2.4
$m_i = 1.00 + \frac{9}{8} (100 - HDV_i)$		Número de deducidos:			5			Total VD =		188.2		
		Valor deducido mas alto:			56.8							
		Nº máx. admisible de deducidos (mi):			4.967347							
		Máx. Valor deducido corregido (CDV):			97.12							
CÁLCULO DEL PCI												
Nº	Valores Deducidos						Total	q	CDV			
1	34.4	56.8	42.2	52.4	2.4		188.2	5	91.08			
2	34.4	56.8	42.2	52.4	2		187.8	4	97.12			
3	34.4	56.8	42.2	2	2		137.4	3	82.67			
4	34.4	56.8	2	2	2		97.2	2	69.30			
5	34.4	2	2	2	2		42.4	1	42.40			
PCI=	100 - Max CDV						Máx. CDV=		97.12			
PCI=	2.88						CLASIFICACION:		FALLADO			

Nota. En la tabla 4 se presentan las fallas que se encuentran en los paños evaluados, junto a su severidad, con un resultado de PCI= 2.88, lo cual es un pavimento clasificado como fallado.




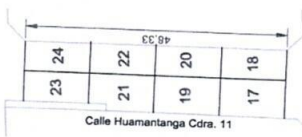
Tabla 5. Detalle de Cálculos UM-02

CÁLCULO DE DENSIDADES DE CADA TIPO DE FALLA										
$D = \frac{\text{num. total de falla}}{\text{número de paños}} \times 100$				Grietas de Esquina (22)	D1= 25%					
				Losa Dividida (23)	D2= 50%					
				Grietas Laterales (28)	D3= 50%					
				Parche Grande (29)	D4= 50%					
				Grietas de retracción (37)	D5= 50%					
VALORES DEDUCIDOS DE CADA TIPO DE FALLA										
Grietas de Esquina (22) - M				Losa Dividida (23) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
25	20.2	34.4	47.3	50	41.2	56.8	74			
Grietas Laterales (28) - H				Parche Grande (29) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
50	18.9	27.5	45.2	50	19	33	52.4			
				Grietas de retracción (37)						
				Densidad	Leve					
				50	2.4					
NÚMERO ADMISIBLE MÁXIMO DE DEDUCIDOS (mi)										
$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$				34.4	56.8	45.2	33	2.4		
				Valor deducido más alto (HDVi)=						56.8
				Número admisible de deducidos (mi)=						4.97
MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										
Valores deducidos					Total	q	CDV			
34.4	56.8	45.2	33	2.4	171.8	5	91.08			
34.4	56.8	45.2	33	2	171.4	4	97.12			
34.4	56.8	45.2	2	2	140.4	3	82.67			
34.4	56.8	2	2	2	97.2	2	69.30			
34.4	2	2	2	2	42.4	1	42.40			
						Máximo CDV:	97.12			
CÁLCULO Y CLASIFICACION DE PCI										
RANGO	CLASIFICACIÓN	$PCI_1 = 100 - \text{Máx. CDV}$ $PCI - UM.02 = 2.88$								
100 - 85	Excelente									
85 - 70	Muy Bueno									
70 - 55	Bueno									
55 - 40	Regular									
40 - 25	Malo									
25 - 10	Muy Malo	CLASIFICACION:		FALLADO						
10 - 0	Fallado									

Nota. En la tabla 5 se visualizan los cálculos detallados para la Unidad de Medida UM – 02.

c) Unidad de Muestra 03:

Tabla 6. Hoja de registro y cálculo de PCI para Unidad de Muestra: UM. -03

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN											
		INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO											
		PAVIMENTOS CON SUPERFICIE DE CONCRETO RÍGIDO											
		HOJA DE REGISTRO POR UNIDAD DE MUESTREO											
Nombre de la vía:	Calle: Huamantanga					Esquema:	3						
Evaluated por:	Estudiantes: Jimenez Rivera José Antonio y Florian Mego Jhair Alex												
Progresiva inicial:	0 + 75.93		Tramo: 3										
Progresiva final:	0 + 124.26		Paños		8								
Ubicación	Jaén - Jaén, Cajamarca												
Fecha:	04/07/2025												
													
TIPOS DE FALLAS (SEGÚN MANUAL DE DAÑOS EN VÍAS CON SUPERFICIE EN CONCRETO DE CEMENTO PÓRTLAND)													
		21.- BLOWUP - BUCKLING					31.- PULIMIENTOS DE AGREGADOS						
		22.- GRIETA DE ESQUINA					32.- POPOUTS						
		23.- LOSA DIVIDIDA					33.- BOMBEO						
		24.- GRIETA DE DURABILIDAD "D"					34.- PUNZONAMIENTO						
		25.- ESCALA					35.- CRUC. CRUCE DE VÍA FÉRREA						
		26.- DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA					36.- DESCONCHAMIENTO, CRAQUELEAD						
		27.- DESNIVEL CARRIL / BERMA					37.- GRIETA DE RETRACCION						
		28.- GRIETAS LINEALES					38.- DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA						
		29.- PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 m2)					39.- DESCASCARAMIENTO DE JUNTA						
		30.- PARCHE PEQUEÑO (MENOR DE 0.45 m2)											
SEVERIDAD		LEVE (L)			MODERADA (M)			GRAVE (G)					
PROGRESIVA	VA	INICIAL:		0 + 75.93		CÓDIGO DEL TIPO DE FALLA				NIVEL DE SEVERIDAD DE LA FALLA			
		FINAL:		0 + 124.26									
PAÑOS	VA	LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO			LADO DERECHO			LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO		
		DO	HO							LADO IZQUIERDO	LADO DERECHO		
1	2	1	2	22,23,37			22,29,37			M,M,M	M,H,M		
		3	4	29,37			28,37			H,M	H,M		
		5	6	22,23,29,37			22,28,37			M,M,H,M	M,H,M		
		7	8	23			23,29			M	M,H		
FALLAS EXISTENTES													
Codigo de falla	Severidad	Cantidades parciales por progresiva (Sección A + B)								total	Densidad (%)	Valor Deducido (VD)	
		1	2	3	4	5	6	7	8				
22	M	1	1			1	1			4	50	52.3	
23	M	1				1		1	1	4	50	56.8	
28	H				1		1			2	25	31.6	
29	H		1	1		1			1	4	50	52.4	
37	M	1	1	1	1	1	1			6	75	3.5	
		Número de deducidos:					5		Total VD =				196.6
		Valor deducido mas alto:					56.8						
		Nº máx. admisible de deducidos (mi):					4.967347						
		Máx. Valor deducido corregido (CDV):					99.51						
CÁLCULO DEL PCI													
Nº	Valores Deducidos					Total	q	CDV					
1	52.3	56.8	31.6	52.4	3.5	196.6	5	91.98					
2	52.3	56.8	31.6	52.4	2	195.1	4	99.51					
3	52.3	56.8	31.6	2	2	144.7	3	86.07					
4	52.3	56.8	2	2	2	115.1	2	78.31					
5	52.3	2	2	2	2	60.3	1	60.30					
PCI=		100 - Max CDV					Máx. CDV=		99.51				
PCI=		0.49					CLASIFICACION:		FALLADO				

Nota. En la tabla 6 se presentan las fallas que se encuentran en los paños evaluados, junto a su severidad, con un resultado de PCI= 0.49, lo cual es un pavimento clasificado como fallado.



Tabla 7. Detalle de Cálculos UM-03

CÁLCULO DE DENSIDADES DE CADA TIPO DE FALLA										
$D = \frac{\text{num. total de falla}}{\text{número de paños}} \times 100$				Grietas de Esquina (22)	D1= 50%					
				Losa Dividida (23)	D2= 50%					
				Grietas Laterales (28)	D3= 25%					
				Parche Grande (29)	D4= 50%					
				Grietas de retracción (37)	D5= 75%					
VALORES DEDUCIDOS DE CADA TIPO DE FALLA										
Grietas de Esquina (22) - M				Losa Dividida (23) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
50	37.5	52.3	67.3	50	41.2	56.8	74			
Grietas Laterales (28) - H				Parche Grande (29) - M						
Densidad	Leve	Mediana	Alta	Densidad	Leve	Mediana	Alta			
25	12.8	17.6	31.6	50	19	33	52.4			
				Grietas de retracción (37)						
				Densidad	Leve					
				75	3.5					
NÚMERO ADMISIBLE MÁXIMO DE DEDUCIDOS (mi)										
$m_i = 1 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$				52.3	56.8	31.6	33	3.5		
				Valor deducido más alto (HDVi)=						56.8
				Número admisible de deducidos (mi)=						4.97
MÁXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO (CDV)										
Valores deducidos					Total	q	CDV			
52.3	56.8	31.6	33	3.5	177.2	5	91.98			
52.3	56.8	31.6	33	2	175.7	4	99.51			
52.3	56.8	31.6	2	2	144.7	3	86.07			
52.3	56.8	2	2	2	115.1	2	78.31			
52.3	2	2	2	2	60.3	1	60.30			
						Máximo CDV:	99.51			
CÁLCULO Y CLASIFICACION DE PCI										
RANGO	CLASIFICACIÓN	$PCI_1 = 100 - \text{Máx. CDV}$ $PCI - UM.03 = 0.49$								
100 - 85	Excelente									
85 - 70	Muy Bueno									
70 - 55	Bueno									
55 - 40	Regular									
40 - 25	Malo	CLASIFICACION: FALLADO								
25 - 10	Muy Malo									
10 - 0	Fallado									

Nota. En la tabla 7 se visualizan los cálculos detallados para la Unidad de Medida UM – 03.

2. Encuestas:

Según Pardinas (1991), la encuesta constituye un método basado en preguntas orientado a recopilar información relevante para una investigación. Además, se considera una herramienta complementaria de gran utilidad en el proceso de observación científica. Esta técnica uniformiza la técnica de la observación, también permite aislar ciertos problemas que nos interesan (Tecla 1974).

Figura 1. Gráfico de Encuesta- Pregunta 01

1. ¿Con qué frecuencia transita por las vías urbanas de Jaén?
70 respuestas

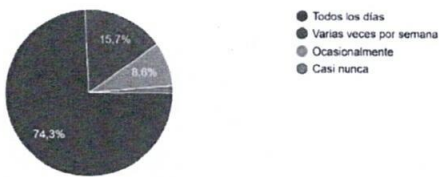


Figura 2. Gráfico de Encuesta - Pregunta 02

2. ¿Qué tipo de fallas ha notado con mayor frecuencia en las vías? (Marque las tres más comunes)
70 respuestas



Figura 3. Gráfico de Encuesta - Pregunta 03

3. ¿Cuál considera que es la principal causa del deterioro de las vías?
70 respuestas



Figura 4. Gráfico de Encuesta - Pregunta 04

4. ¿Cómo calificaría el estado general de los pavimentos en su zona?
69 respuestas

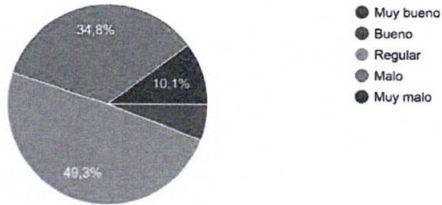


Figura 5. Gráfico de Encuesta - Pregunta 05

5. ¿Cree que el gobierno local realiza un adecuado mantenimiento de las vías?
70 respuestas

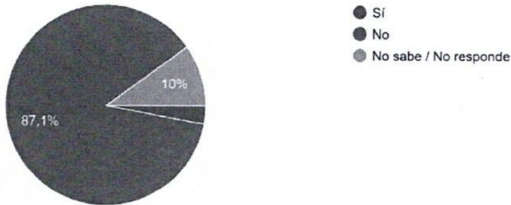
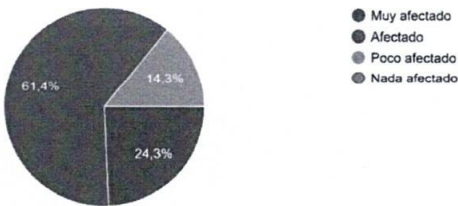


Figura 6. Gráfico de Encuesta - Pregunta 06

6. ¿Qué tan afectado se siente por el mal estado de las vías en sus actividades diarias?
70 respuestas



3. Conclusiones

- Se evidenció, mediante los resultados del PCI, que los pavimentos urbanos evaluados en la calle Huamantanga, cuadras 09, 10 y 11, se encuentran en condiciones estructurales críticas, calificados como “Fallado”, lo cual expone la urgente necesidad de mejorar la calidad y resiliencia de la infraestructura urbana.
- Se concluyó que las fallas más frecuentes son: grietas de esquina, losa dividida, grietas lineales, grietas de retracción y parches grandes, comprometen directamente la movilidad urbana segura, inclusiva y sostenible, objetivos clave del ODS 11.
- Se concluyó, mediante las encuestas realizadas, que la población local tiene una fuerte insatisfacción con respecto al estado de las vías, lo que señala la necesidad de priorizar entornos urbanos que sean seguros y accesibles como base del desarrollo urbano sostenible.

4. Recomendaciones

- Se recomienda rediseñar las estructuras del pavimento considerando parámetros actualizados como la carga vehicular real y condiciones climáticas. Debiéndose aplicar tecnologías y materiales innovadores para garantizar durabilidad.
- Es recomendable establecer un sistema de mantenimiento preventivo basado en indicadores de deterioro, priorización de tramos críticos y participación ciudadana. Reduciendo de esta manera fallas graves y promoviendo ciudades más seguras y habitables.
- Se recomienda la creación de canales digitales y comunitarios donde los ciudadanos puedan reportar daños viales. Esto empodera a la población y promueve una gobernanza urbana transparente y participativa.

5. Referencias bibliográficas

Navarro Hudiel, S. J. (2008). *Manual para la aplicación del Índice de Condición del Pavimento (PCI)*. <https://sjnavarro.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/08/manual-pci1.pdf>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). *Norma GH.020: Componentes de Diseño Urbano*. En Reglamento Nacional de Edificaciones. Perú. <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619672-norma-gh-020-componentes-de-diseno-urbano-ds-n-006-2011>



Envío completo

La revista ha sido notificada acerca de su envío y se le enviará un correo electrónico de confirmación para sus registros. Cuando el editor haya revisado el envío, se contactará con usted.

Por ahora, usted puede:

- [Revisar este envío](#)
- [Crear un nuevo envío](#)
- [Volver al escritorio](#)

1 **ARTÍCULO ORIGINAL**

2
3 **Análisis Cualitativo de la Emisión de Gases Odoríferos Provenientes de la Laguna de Oxidación**
4 **en la Universidad Nacional de Jaén-2025**

5 **Qualitative Analysis of Odorous Gas Emissions from the Oxidation Lagoon at the National**
6 **University of Jaén-2025**

7 Zadith Nancy Garrido Campana¹, Manuel Andrés Nuñez Traviezo¹ y Rony Aldair Rojas Fernández¹

8
9 **RESUMEN**

10 El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional de Jaén con el objetivo de analizar cualitativamente la
11 percepción de los gases odoríferos emitidos por la laguna de oxidación ubicada frente al campus. Se aplicó una
12 encuesta estructurada a 132 participantes entre estudiantes, docentes y personal administrativo, evaluando el
13 impacto percibido por horarios y estaciones del año. Los resultados muestran que el 100% de los encuestados
14 percibe olores desagradables, descritos principalmente como similares a aguas residuales, con una intensidad
15 moderada a fuerte, especialmente durante las mañanas y tardes. Aproximadamente el 40% manifestó que estas
16 emisiones afectan su concentración o desempeño académico, y se reportaron síntomas como dolores de cabeza y
17 náuseas. Aunque la mayoría considera que la laguna representa un problema ambiental, pocos han reportado
18 formalmente la situación. No obstante, una amplia mayoría expresó su disposición a participar en actividades de
19 concientización ambiental. Se concluye que los olores provenientes de la laguna representan no solo una molestia
20 ambiental, sino también un posible riesgo para la salud y el rendimiento académico, lo que evidencia la necesidad
21 de atención institucional y estrategias participativas.

22
23 **Palabras clave:** análisis cualitativo, contaminación, laguna de oxidación, odorífera, población.

24
25 **ABSTRACT**

26
27 This study was conducted at Universidad Nacional de Jaén with the objective of qualitatively analyzing the
28 perception of odorous gases emitted by the oxidation pond located in front of the campus. A structured survey was
29 applied to 132 participants including students, teachers and administrative personnel, evaluating the perceived
30 impact by time of day and season of the year. The results show that 100% of the surveyed perceive unpleasant
31 odors, described mainly as similar to sewage, with a moderate to strong intensity, especially during the mornings
32 and afternoons. Approximately 40% stated that these emissions affect their concentration or academic
33 performance, and reported symptoms such as headaches and nausea. Although most consider the lagoon to be an
34 environmental problem, few have formally reported the situation. Nevertheless, a large majority expressed their
35 willingness to participate in environmental awareness activities. It is concluded that the odors coming from the
36 lagoon represent not only an environmental nuisance, but also a potential health risk and a potential risk to
37 academic performance, which evidences the need for institutional attention and participatory strategies.

38 **Keywords:** qualitative analysis, contamination, oxidation pond, odoriferous, population.

39
40
41
42
43
44
45 *Autor para correspondencia

46

¹ Escuela Profesional de Ingeniería Civil I, Perú. Email: Zadith.garrido@unj.edu.pe manuel.nunez@est.unj.edu.pe
rony.rojas@est.unj.edu.pe

47 **INTRODUCCIÓN**

48 La vida del ser humano depende en cada una de sus acciones de la presencia de sus sentidos (la vista, el
49 tacto, la audición, el gusto y el olfato), cada uno de ellos cumpliendo una labor específica es por ello
50 importante mantenerlos de la mejor forma posible, a través de la historia los sentidos fueron parte esencial
51 para la supervivencia dentro de ellos el sentido del olfato tuvo un papel crucial para identificar los
52 alimentos, lo agradable, lo desagradable y el peligro (Bonadeo, 2005). A través del olfato identificamos
53 olores agradables que contribuyen con nuestra felicidad, pero al mismo tiempo existen olores
54 desagradables que producen el sentimiento contrario, esta noción siempre ha estado presente en la vida
55 del ser humano (Goleman, 2022).

56 La historia nos muestra que los pobladores al no sentir a gusto con olores desagradables buscaban nuevos
57 lugares para poder vivir, esta realidad ha cambiado con el tiempo pues en la actualidad el ser humano no
58 pareciera tener opción de alejarse de estos malos olores y termina aceptando y acostumbrándose a ellos
59 (Kukso, 2019).

60 En la actualidad las aguas residuales que se generan en la provincia de Jaén no cumplen con un proceso
61 adecuado y son vertidas a cuerpos receptores (sequias, quebrada), sin embargo, estas aguas son
62 consumidas y aprovechadas por la biodiversidad acuática y las distintas actividades humanas
63 (agricultura) causando enfermedades y daños ambientales. Según Condori (2023), las lagunas de
64 oxidación facultativas presentan variaciones en su eficiencia dependiendo del manejo de la carga
65 orgánica, lo cual puede influir en la generación de gases odoríferos perceptibles por las poblaciones
66 cercanas. Al mismo tiempo Rodríguez et al. (2021) demostraron que un diseño y mantenimiento
67 deficiente de las lagunas de oxidación puede provocar la emisión de gases como H₂S y amoníaco,
68 incrementando los riesgos ambientales y sociales en las comunidades cercanas. Según Llaja (2020), en
69 la provincia de Lambayeque, la percepción ciudadana sobre los malos olores generados por lagunas de
70 oxidación mostró un impacto negativo en la calidad de vida de los habitantes y generó demandas sociales
71 por mejoras en la gestión ambiental. Finalmente Reyes y García (2018) realizaron un diagnóstico
72 socioambiental en la laguna de oxidación "El Indio" (Castilla, Piura), identificando impactos sociales y
73 ambientales negativos, especialmente por olores ofensivos, y concluyendo que es necesario fortalecer la
74 gestión ambiental y el tratamiento de lodos para mejorar la calidad de vida de la población cercana.

75 La presente investigación busca desarrollar y proponer una alternativa ambiental para solucionar el
76 problema; descontaminando de una manera más eficiente las aguas residuales en nuestra provincia de
77 Jaén y de resultar benéfico, se podría aprovechar en ámbitos de mayor o menor amplitud; asimismo
78 también se contribuiría con las entidades públicas y particulares que se encargan del tratamiento de las
79 aguas residuales para el mejoramiento de su calidad fisicoquímica de la misma, mediante un experimento



80 demostrativo que se puede hacer en diferentes ámbitos que no cuenten con un sistema de tratamiento
 81 adecuado, esta investigación se centrará en determinar el análisis cualitativo de la emisión de gases
 82 odoríferos provenientes de la laguna de oxidación en la Universidad Nacional de Jaén-2025.

83 MATERIALES Y MÉTODOS

84 **Tipo de estudio:** Se realizó mediante el tipo de investigación descriptivo, diseño no experimental;
 85 método deductivo y cualitativo.

Comentado [RR1]: Tiempo pasado

86 **Participantes:** Se realizó un muestreo de 59 pobladores de forma aleatoria que pertenecen a la
 87 Universidad Nacional de Jaén. Los participantes pertenecen a diversas escuelas profesionales, Ingeniería
 88 de Industrias Alimentarias, Ingeniería Civil, Ingeniería Forestal y Ambiental, tecnología Médica e
 89 Ingeniería Mecánica y Eléctrica. En su mayoría, los encuestados se encuentran en los ciclos (I al X) y
 90 permanecen en el campus universitario más de cuatro horas diarias, de lunes a viernes.

91 **Materiales e instrumentos:** Los materiales que se utilizarán serán cuestionarios que han sido revisados
 92 por expertos.

93 **Encuesta:** La encuesta con 09 preguntas organizadas para el cumplimiento de los objetivos de la
 94 investigación, con ello se busca recopilar la percepción de la población que pertenece a la Universidad
 95 Nacional de Jaén.

96 **Procedimiento:** Primero diseñar el cuestionario, luego seleccionar la muestra, aplicar la encuesta,
 97 registrar y organizar la información y finalmente analizar los resultados.

98 **Tabla 1.**

99 Preguntas del cuestionario

Numero de pregunta	Pregunta realizada
Pregunta 1	¿Ha percibido olores desagradables dentro del campus universitario?
Pregunta 2	¿En qué momentos del día percibe más intensamente los olores?
Pregunta 3	¿Cómo describiría el tipo de olor que percibe?
Pregunta 4	¿Cómo calificaría la intensidad del olor?
Pregunta 5	¿Considera que la emisión de estos olores afecta su concentración académica?
Pregunta 6	¿Ha experimentado alguno de los siguientes síntomas relacionados con los olores?
Pregunta 7	¿Considera que la laguna de oxidación representa un problema ambiental dentro del campus universitario?
Pregunta 8	¿Ha reportado o conoce si alguien ha reportado este problema a las autoridades universitarias?
Pregunta 9	¿Estaría dispuesto a participar en actividades de concientización o propuestas ambientales dentro de la universidad?

100 *Nota.* Se elaboraron preguntas claves respecto al tema para tener una estimación.

101

102 **RESULTADOS**

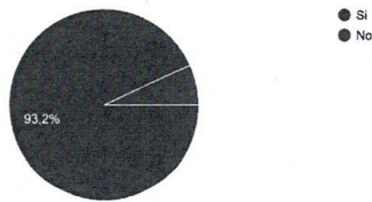
103 El presente estudio tuvo como objetivo analizar la percepción de los estudiantes de la Universidad
104 Nacional de Jaén respecto a la emisión de gases odoríferos provenientes de la laguna de oxidación
105 ubicada dentro del campus universitario. Se aplicó una encuesta estructurada a una muestra
106 representativa de estudiantes de diferentes escuelas profesionales, ciclos académicos y horarios de
107 permanencia.

108 **Percepción de olores odoríferos**

109 El 100% de los encuestados afirmó haber percibido olores desagradables dentro del campus. En cuanto
110 a la frecuencia, un 93.2% indicó que los percibe ocasionalmente, mientras que un 6.8% los nota varias
111 veces por semana. Respecto al momento del día, el 45.8% señaló que los olores son más intensos en la
112 mañana, un 66.1% en la tarde y un 6.8% mencionó todo el día.

113 **Figura 1.**

114 *Percepción de olores desagradables dentro del campo universitario*



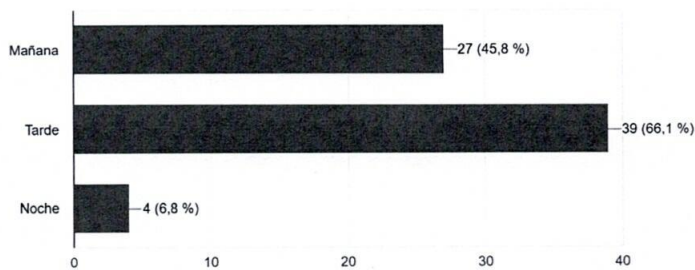
115

116 *Nota.* Representa a la primera pregunta del cuestionario.

117

118 **Figura 2.**

119 *Momento del día en el que se percibe los olores*



120

121 *Nota.* Representa a la segunda pregunta del cuestionario.

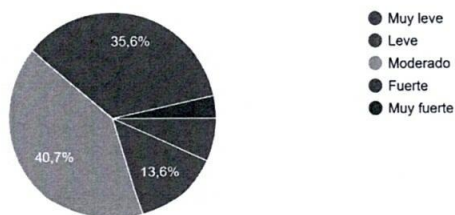
122 En relación con la intensidad, un 3.4% lo percibió como muy fuerte, el 35.6% consideró que el olor es
 123 fuerte, el 40.7% lo calificó como moderado, el 13.6% lo calificó como leve, el 6.8% lo calificó como
 124 muy leve. El tipo de olor fue descrito mayoritariamente como “olor a aguas residuales”, lo que coincide
 125 con la cercanía de la laguna de oxidación.

126 **Figura 3.**
 127 *Descripción del tipo de olor que se percibe*



128
 129 *Nota.* Representa a la tercera pregunta del cuestionario.

130
 131 **Figura 4.**
 132 *Calificación de intensidad del olor*



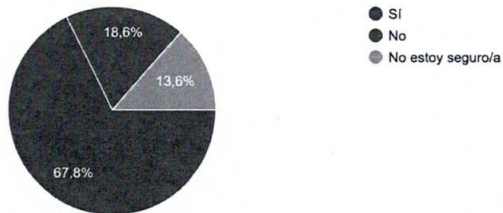
133
 134 *Nota.* Representa a la cuarta pregunta del cuestionario.

135 **Impacto percibido en la salud y el desempeño**

136 Respecto a los efectos en el desempeño académico o laboral, el 67.8% de los encuestados manifestó que
 137 estos olores sí afectan su concentración, el 13.6% indicó que no está seguro y el 18.6% restante señaló
 138 que no afecta. Entre los síntomas reportados asociados a la exposición a estos olores se encontraron:
 139 dolores de cabeza (25.4%), náuseas (42.4%), mareos (8.5%), irritación en ojos (10.2%) y ninguno
 140 (40.7%).

141 **Figura 5.**

142 *Consideración de la emisión de olores afecta la concentración académica*

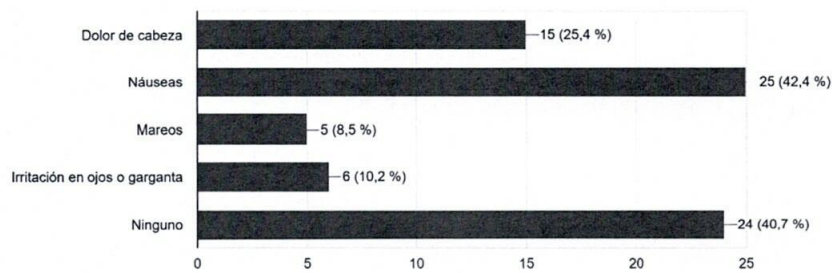


143

144 *Nota.* Representa a la quinta pregunta del cuestionario.

145 **Figura 6.**

146 *Experimentación de algunos síntomas relacionados a los olores*



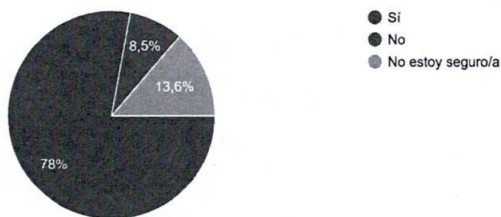
147

148 *Nota.* Representa a la sexta pregunta del cuestionario.

149 **Percepción ambiental y respuesta institucional**

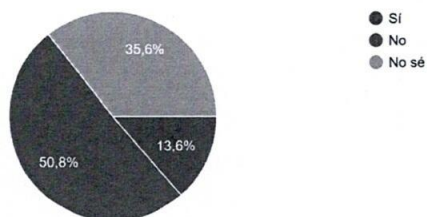
150 El 78% de los encuestados considera que la laguna de oxidación representa un problema ambiental dentro
151 del campus, el 13.6% no tiene certeza y un 8.5% piensa que no representa tal amenaza. Asimismo, un
152 50.8% indicó no haber reportado ni conocer reportes del problema a las autoridades, lo que evidencia
153 una posible falta de canales de comunicación o desconfianza institucional.

154 **Figura 7.**
155 *Consideración si la laguna de oxidación representa un problema ambiental en el campus universitario*



156
157 *Nota. Representa a la séptima pregunta del cuestionario.*

158 **Figura 8.**
159 *Conoce si alguien ha reportado este problema a las autoridades universitarias*

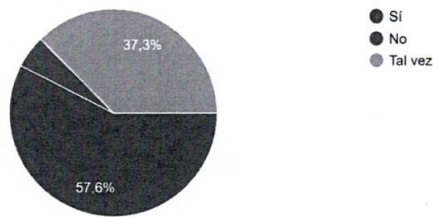


160
161 *Nota. Representa a la octava pregunta del cuestionario.*

162 Finalmente, el 57,6% de los encuestados señaló estar dispuesto a participar en actividades de
163 concientización o propuestas ambientales, mientras que un 37,3% dijo tal vez y solo un 5,1% no
164 participaría.

165

166 **Figura 9.**
167 *Disposición a participar en actividades de concientización o propuestas ambientales dentro de la*
168 *universidad*



169
170 Nota. Representa a la novena pregunta del cuestionario.

171 **DISCUSIÓN**

172 Los resultados obtenidos en esta investigación indican que la percepción de olores desagradables
173 provenientes de la laguna de oxidación ubicada frente al campus universitario es un fenómeno
174 generalizado entre los encuestados. Esta percepción colectiva concuerda con estudios realizados en
175 contextos similares, tanto en el Perú como en otros países, donde las lagunas de tratamiento de aguas
176 residuales han generado molestias por emisión de gases odoríferos.

177 En esta investigación, el 100 % de los participantes manifestó haber percibido olores molestos, lo cual
178 coincide con lo reportado por Maquera (2022), quien identificó una percepción similar en zonas aledañas
179 a una laguna de oxidación en Puno. De manera paralela, Ormeño (2024) halló que el 82,3 % de la
180 población del distrito de Alto Larán percibía olores fétidos, afectando su bienestar y calidad de vida.

181 La influencia de las condiciones climáticas en la intensidad y alcance del olor fue evidente en los
182 testimonios recolectados, con mayor percepción durante las tardes y noches. Este patrón es coherente
183 con lo señalado por Maquera (2022), quien identificó una correlación positiva entre temperatura,
184 velocidad del viento y percepción de olores. Hernandez (2005) corroboró esta dinámica, afirmando que
185 las condiciones atmosféricas, especialmente la velocidad del viento y las temperaturas más altas,
186 incrementan la volatilización y dispersión de gases como el sulfuro de hidrógeno (H₂S).

187 Lucernoni et al. (2016, 2017) destacan que las lagunas de oxidación presentan fluctuaciones diarias en
188 sus emisiones olorosas, y que la modelación ambiental es clave para predecir el alcance del impacto
189 olfativo. Esto concuerda con los hallazgos del presente estudio, donde los encuestados más cercanos a la
190 laguna indicaron mayor incomodidad en horarios específicos.

191 En Puno, Flores (2022) documentó que los malos olores de la laguna de Espinar generaban descontento
192 social, así como una sensación de abandono institucional entre los pobladores afectados.

193 Además, la dimensión simbólica del olor está relacionada con el estigma ambiental: según Apaza &
194 Quenaya (2017) reportaron que los habitantes de zonas cercanas a fuentes de malos olores tienden a
195 desarrollar una percepción de "zona degradada", lo cual afecta su valoración del entorno y propicia
196 conflictos sociales.

197 Aunque el presente estudio se centró en la percepción ciudadana, es importante considerar la dimensión
198 técnica. Mamani (2024) encontró que los efluentes de una laguna de oxidación alteraban las condiciones
199 microbiológicas de los suelos, aunque no sus propiedades físico-químicas. Por su parte, Rodríguez et al.
200 (2021) destacan que, si bien las lagunas de oxidación cumplen funciones importantes en el tratamiento
201 de aguas residuales, su diseño y mantenimiento inadecuado pueden generar emisiones de compuestos
202 malolientes como H₂S, amoníaco (NH₃) y compuestos orgánicos volátiles (COV), especialmente en
203 climas cálidos y sistemas con baja aireación.

204 La literatura sugiere la implementación de medidas correctivas y de mitigación. Según Báez & Pincay
205 (2022) proponen el uso de biofiltros, cubiertas flotantes y sistemas de aireación para reducir la emisión
206 de gases odoríferos. Asimismo, Lucernoni et al. (2017) recomiendan la instalación de sistemas de
207 monitoreo olfativo y el desarrollo de mapas de dispersión de olores para una gestión más eficiente.
208 Además, Ormeño Magallanes (2024) y Flores (2022) enfatizan la necesidad de involucrar a la población
209 en estrategias de vigilancia ambiental participativa, lo cual podría replicarse en el ámbito universitario
210 mediante campañas de educación ambiental y redes de monitoreo ciudadano.

211 CONCLUSIONES

212 Existe una percepción generalizada entre los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén sobre la
213 presencia de olores desagradables atribuibles a la laguna de oxidación ubicada en el campus.

214 Los olores se perciben mayoritariamente como fuertes y similares a aguas residuales, especialmente
215 durante la mañana y la tarde, afectando la experiencia diaria de los estudiantes.

216 Un segmento significativo de los encuestados reporta efectos en su concentración y síntomas leves, lo
217 que podría estar relacionado con la exposición constante a estos olores.

218 Aunque la mayoría reconoce el problema ambiental, pocos han realizado o conocen reportes
219 institucionales, evidenciando una brecha en la gestión ambiental y comunicacional.

220 Existe una actitud positiva hacia la participación estudiantil en iniciativas ambientales, lo que puede ser
221 aprovechado para promover campañas de concientización, mitigación de impactos y vigilancia
222 participativa.



- 223 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**
- 224 Apaza, W., & Quenaya, S. (2017). Cartografía de emisiones de malos olores por la laguna de oxidación,
225 Puno. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional de la
226 Universidad Nacional del Altiplano. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5931>
- 227 Báez, C., & Pincay, M. (2022). Emisión de olores de las lagunas de oxidación del cantón Manta y el
228 bienestar psicosocial de los habitantes del sector Los Gavilanes. [Tesis de pregrado, Escuela
229 Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio institucional de
230 la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
231 <https://repositorio.espm.edu.ec/handle/42000/1924>
- 232 Bonadeo, M. J. (2005). Odotipo: Historia Natural del Olfato y su función en la identidad de marca
233 [Thesis, Universidad Austral. Facultad de Comunicación.].
234 <https://rii.austral.edu.ar/handle/123456789/311>
- 235 Condori, M. (2023). Eficiencia del tratamiento de las aguas residuales de las lagunas de oxidación
236 facultativa del centro poblado de Sallaconi – 2022. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional
237 del Altiplano]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano.
238 <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20048>
- 239 Flores, M. (2022). Contaminación de la laguna de oxidación Espinar y su influencia en la calidad
240 ambiental de los habitantes aledaños de la ciudad de Puno. Revista Ambiental.
241 <https://doi.org/10.56212/rae.v2i1.45>
- 242 Goleman, D. (2022). La inteligencia emocional: Por qué es más importante que el cociente intelectual.
243 Penguin Random House Grupo Editorial México.
- 244 Hernandez, D. (2005). Inventario de emisiones biogénicas de compuestos orgánicos volátiles de la
245 vegetación en Cundinamarca y Bogotá. [Tesis de pregrado, Universidad De Los Andes].
246 Repositorio institucional de la Universidad De Los Andes. <https://hdl.handle.net/1992/21964>
- 247 Kukso, F. (2019). Odorama: Historia cultural del olor. Penguin Random House Grupo Editorial
248 Argentina.
- 249 Llaja, C. (2020). Percepción social de la contaminación odorífera generada por las lagunas de oxidación
250 del distrito de Lambayeque – 2019. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz
251 Gallo]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
252 <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/7137>
- 253 Lucernoni, F., Tapparo, F., Capelli, L., & Sironi, S. (2016). Evaluation of an Odour Emission Factor
254 (OEF) to estimate odour emissions from landfill surfaces. Atmospheric Environment (Oxford,
255 England: 1994), 144, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.08.064>



- 256 Mamani, K. (2024). Influencia de la laguna de oxidación espinar en las condiciones fisicoquímicas y
257 microbiológicas de los suelos de la bahía interior de Puno. [Tesis de pregrado, Universidad
258 Nacional Del Altiplano]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional Del Altiplano.
259 <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21181>
- 260 Maquera, Y. (2022). Relación entre la percepción de olores molestos y las condiciones meteorológicas
261 en la zona aledaña a la laguna de oxidación de Puno-2022. [Tesis de pregrado, Universidad
262 Privada San Carlos]. Repositorio institucional de la Universidad Privada San Carlos.
263 <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/504>
- 264 Ormeño, E. (2024). Relación de la percepción poblacional sobre contaminación odorífera y la calidad
265 del agua de las pozas de oxidación del distrito de Alto Larán, Ica-Perú. [Tesis de pregrado,
266 Universidad Científica del Sur]. Repositorio institucional de la Universidad Científica del Sur.
267 <https://hdl.handle.net/20.500.12805/3777>
- 268 Reyes, P., & García, de R. (2018). Diagnóstico socioambiental de la laguna de oxidación “El Indio” del
269 distrito de Castilla, provincia de Piura. [Tesis de licenciatura, Universidad Alas Peruanas].
270 Repositorio Institucional de la Universidad Alas Peruanas.
271 <https://hdl.handle.net/20.500.12990/8512>
- 272 Rodríguez, I., Zamalloa, V. E., Taco, P., Calvo, J., & Aguilar, M. A. (2021). Eficiencia de la laguna de
273 oxidación para el tratamiento de aguas residuales domésticas, localidad de Huaro – Cusco.
274 Cantua, 16(1), 7–25. <https://doi.org/10.51343/cantu.v16i0.629>



“APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO DE MATERIALES INTELIGENTES PARA LA INGENIERÍA CIVIL”
“APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DESIGN OF INTELLIGENT MATERIALS FOR CIVIL ENGINEERING”

OSMER MEJIA ¹, ZADITH GARRIDO ¹

RESUMEN

El artículo presenta los esfuerzos del uso de la inteligencia artificial en el diseño de materiales inteligentes para la ingeniería civil. se empleó una metodología con enfoque cualitativo descriptivo, basada en una revisión literaria de artículos científicos y casos de estudio. Se analizaron técnicas como el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo y modelos híbridos, logrando que modelos de Deep Learning, como YOLO, obtuvieron un 93.2% de exactitud en la clasificación de agregados para el concreto. sin embargo, modelos de ML, lograron obtener cementos bajos en emisiones de CO₂, generando 100 recetas viables. Modelos predictivos, como Cat Boost, Regression, obtuvieron un coeficiente de determinación superior para estimar la resistencia a la compresión del concreto. Los modelos de algoritmos evolutivos y redes neuronales, predijeron las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. En conclusión, la inteligencia artificial, especialmente modelos como ML, lograron desarrollar materiales sostenibles, reduciendo costos y tiempo, además, de la dependencia de ensayos. Sin embargo, aún existen desafíos, como la escasez de datos de alta calidad y la necesidad de modelos interpretativos, por lo que se planteó colaborar de forma interdisciplinaria y contar con una base de datos estandarizadas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial; IA; Materiales Inteligentes; Aprendizaje Automático.

ABSTRACT

The article presents the efforts of the use of artificial intelligence in the design of intelligent materials for civil engineering. a methodology with a descriptive qualitative approach was used, based on a literature review of scientific articles and case studies. Techniques such as machine learning, deep learning and hybrid models were analysed, achieving that Deep Learning models, such as YOLO, obtained 93.2% accuracy in the classification of aggregates for concrete. however, ML models, managed to obtain cements low in CO₂ emissions, generating 100 viable recipes. Predictive models, such as Cat Boost, Regression, obtained a superior coefficient of determination for estimating concrete compressive strength. Evolutionary algorithms and neural network models predicted the properties of fresh and hardened concrete. In conclusion, artificial intelligence, especially models such as ML, succeeded in developing sustainable materials, reducing cost and time, as well as dependence on testing. However, challenges remain, such as the scarcity of high quality data and the need for interpretative models, so interdisciplinary collaboration and a standardised database were proposed.

Key words: Artificial Intelligence; AI; Intelligent Materials; Machine Learning.

*Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Escuela Profesional e Ingeniería Civil, Perú. Email.: osmers.mejia@est.unj.edu.pe

²Universidad Nacional de Jaén, Escuela Profesional e Ingeniería Civil, Perú. Email.: zadith.garrido@unj.edu.pe



INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial ofrece métodos innovadores para descubrir alternativas bajas en carbono, optimizando el uso de materiales y diseñando estructuras. Además, permite un análisis eficiente de conjuntos de datos complejos, acelerando la identificación de materiales de bajo impacto.

Los diseños tradicionales de mezclas se basan en ensayos de laboratorio; sin embargo, estos toman demasiado tiempo. Por ejemplo, el hormigón nano-modificado ha tenido una gran acogida debido a la mejora de sus propiedades mecánicas. Sin embargo, el ensayo de nano-concreto es costoso y complejo, requiere el control de muchos factores, como el contenido y la dispersión de las nanopartículas. Por lo tanto, el aprendizaje automático (ML), ofrece una forma de predecir la resistencia a la compresión de forma más eficiente (Fan y otros, 2025).

Proponemos utilizar el aprendizaje automático (ML) para «embotellar» dicha intuición operativa en descriptores cuantificables utilizando datos basados en mediciones. (Liu y otros, 2023). El elevado coste de los ensayos mecánicos y la falta de modelos de predictivos confiables para hormigón nano-modificado representa un desafío crítico en la ciencia de los materiales de construcción (Fan y otros, 2025)

MÉTODOS Y MATERIALES

La revisión realizada sobre la aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) aplicada en la ingeniería civil, se empleó un enfoque cualitativo con un diseño descriptivo. El proceso se basó en una revisión literaria de artículos científicos, permitiendo obtener información importante y actual a la fecha sobre el uso de la IA en el desarrollo de nuevos materiales y su influencia. (Espinoza Freire, 2020).

El objetivo principal consistió en averiguar avances del uso de la Inteligencia Artificial en el campo de la ingeniería, y su incorporación, y como está a permitido, o ayuda metodológicamente en la búsqueda de nuevos materiales, la creación de estos mismos, ahorrando tiempo en la realización de ensayos en laboratorio, solamente educando a la IA a través de diferentes aprendizajes, y ver logros que se han obtenido y si es posible el uso de una IA como asistente de laboratorio.

DESARROLLO

La inteligencia Artificial

La Inteligencia Artificial es una rama de las ciencias computacionales, que estudia modelos de cómputo capaces de realizar actividades humanas basadas en dos de características primordiales: el razonamiento y la conducta. (López Takeyas, 2007)

La IA a sido definida de muchas formas, entre ellas:

“La tarea de lograr que la computadora piense, máquinas con mente.” (Haugeland, 1985)

“La automatización de actividades relacionados con el pensamiento humano, actividades como la toma de decisiones, la solución de problemas, aprendizaje” (Bellman, 1978)

La IA ha venido transformado profundamente la educación, renovando los métodos de enseñanza y aprendizaje, demostrando ser una herramienta revolucionaria, en el sector educativo, sin embargo, su implementación conlleva desafíos éticos, esta misma automatiza tareas, reduciendo costos y optimizando el uso de datos, sin embargo, el cómo lo hace o ejecuta la tarea es un problema, la toma de decisiones desafiando la comprensión humana. (Quinde-Moncerrate y otros, 2025).

APRENDIZAJES DE LA IA

Machine Learning

El aprendizaje automático optimiza el rendimiento de los materiales y reduce la huella de carbono (Zheng y otros, 2025).

En el enfoque del aprendizaje automático ML, el profesional debe seleccionar un algoritmo o técnica adecuados del conjunto con el que está familiarizado y, a continuación, utilizar el software existente o escribir su propia implementación (Bishop, 2013)

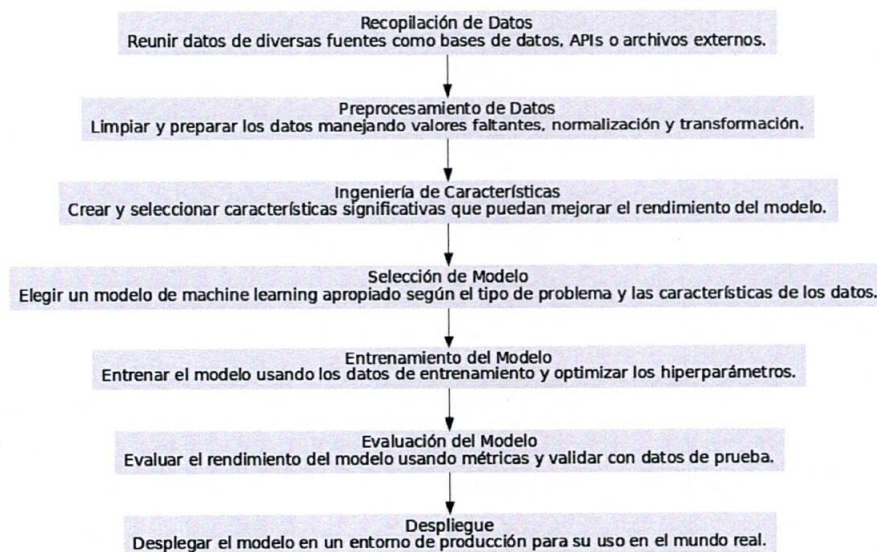
Un enfoque clave, incluye la capacidad de crear una amplia gama de modelos, ajustándose a los requisitos individuales de la aplicación correcta, y una transparencia de funcionalidad.

Al enfocarnos en el entrenamiento de modelos de IA, ayudaría a mejorar los materiales de construcción sostenibles ajustando propiedades como la resistencia, la durabilidad, el rendimiento térmico y el impacto medioambiental. permitiendo desarrollar materiales que satisfacen tanto las necesidades de rendimiento de los edificios como los objetivos de sostenibilidad.

¿Cómo aprende el ML?

Tienen un enfoque Bayesiano, significan que las variables desconocidas se describen mediante distribuciones de probabilidad, y la observación de los datos permitirá actualizar estas distribuciones mediante el teorema de Bayes. (Bishop, 2013)

Figura 1 Aprendizaje ML



Deep Learning

El aprendizaje profundo o Deep Learning, es un aprendizaje automático que permite al ordenador aprender de la experiencia y comprender el mundo en términos de jerarquía de conceptos. Dado que el ordenador aprende recopilando información a partir de la experiencia, permite al ordenador aprender conceptos complejos a partir de unos sencillos, un gráfico de estas jerarquías tendría muchas capas de profundidad, no es necesario que el ser humano le brinde todos los conocimientos que necesita el ordenador. (Goodfellow y otros, 2016).

Descubrimiento Acelerado

Los nuevos descriptores apuntan a la hipervalencia como característica química crítica para predecir la TSM en compuestos de red cuadrada. Cabe destacar que los descriptores aprendidos por ME-AI reproducen de forma independiente la intuición de los expertos y la amplían. Este resultado revela la importancia subestimada de la hipervalencia para la TSM (Liu y otros, 2023).

Generative AI

La IA generativa, es una técnica computacional capaz de generar contenido aparentemente nuevo, como texto, imágenes o audio, a partir de datos de entrenamiento. Esta aplicación incluye servicios de asistencia, donde la IA generativa presta apoyo en tareas de trabajo intelectual y necesidades cotidianas. (Feuerriegel y otros, 2024).

Se puede en modelos unimodales y multimodales, significa que su entrenamiento varía mucho de otros modelos de IA generativa, por ejemplo, las redes generativas adversarias (GAN) se entrenan a través de dos objetivos contrapuestos, por el contrario, sistemas como los modelos conversacionales basados en Chat GPT utilizan el aprendizaje por refuerzo a partir de la retroalimentación humana (RLHF). (Feuerriegel y otros, 2024)

CASOS DE ESTUDIO

Caso 1: Análisis granulométrico de agregado para el concreto a través de un algoritmo basado en redes neuronales (Deep Learning)

El objetivo principal de esta investigación fue aplicar técnicas de Deep learning para evaluar la calidad del agregado de una cantera, y determinar si cumple con las especificaciones técnicas para su uso en concreto, de acuerdo con las normativas vigentes. Consistió en recopilar 20 imágenes por muestra, la obtención del análisis de granulometría, 2 canteras del departamento de Junín Satipo y 1 cantera del departamento de Cusco (Vicho) fueron consideradas, con un total de 13 muestras, realizando un tipo de investigación experimental con un enfoque cuantitativo. Como resultado se obtuvieron a través de la ejecución del algoritmo Yolo, con la detección de imágenes, obteniendo el 93.20%, según la norma técnica peruana (NTP 400.12, 2001), con una desviación típica de 0.96%. Llegando a la conclusión de que el uso del algoritmo en el análisis de los datos ha permitido reducir significativamente el tiempo requerido para llevar a cabo la evaluación física y ha mejorado el estudio del agregado de manera efectiva. (Gutierrez Layme y otros, 2023)

Caso 2: Machine learning-accelerated discovery of green cement recipes

Esta investigación desarrolló una metodología para optimizar las composiciones del cemento, usando técnicas avanzadas de modelado, aprendizaje automático y optimización multiobjetivo, contribuyendo al objetivo de emisiones Net-Zero.

Se utilizó el software de modelización termodinámica GEMS para obtener la composición de fase de la pasta de cemento totalmente hidratada para las composiciones iniciales dadas de las recetas de cemento, y el esquema auto consistente para la homogeneización de los módulos elásticos. Se empleó un método clásico de aprendizaje automático (ANN) para desarrollar un modelo sustitutivo predictivo fiable para las propiedades mecánicas del cemento. Al establecer dos objetivos de optimización, minimizar las emisiones

de CO₂ y maximizar el módulo de compresibilidad, y varias restricciones adicionales, se buscó determinar la composición óptima del cemento.

Se utilizó NSGA-II, se obtuvieron 100 recetas de cemento óptimas según Pareto a partir de la resolución del problema de optimización. Estas recetas tenían valores K que oscilaban entre 14,61 y 23,63 GPa y emisiones de CO₂ de 0,39 a 0,76 kg de CO₂ equivalente por kg de cemento. La incorporación de altas cantidades de GGBFS puede ser beneficiosa para el desarrollo de cementos ecológicos.

Con esta metodología, se pueden descubrir recetas optimizadas que permiten reducir las emisiones de CO₂ y, al mismo tiempo, mantener o mejorar el módulo de compresibilidad en comparación con las recetas de cemento estándar. (Boiger y otros, 2025)

Caso 3: Development of a Hybrid Evolutionary Model of Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks for Metal Fiber and Reinforced Concrete Mixture Dosage.

Este estudio busca desarrollar un modelo evolutivo híbrido (AG + RNA), con el objetivo de dosificar concretos reforzados con fibras metálicas, mejorando la resistencia a la compresión. El enfoque aplicado combinó un sistema de dosificación, basada en algoritmos genéticos, con un sistema de estimación de propiedades a través de redes neuronales artificiales, validado con 611 diseños experimentales.

Los resultados revelaron similitud en parámetros como contenido cementante, relación agua/cemento, y reemplazo de minerales. concluyendo que el modelo genera dosificaciones viables, clasificadas por su ajuste a la resistencia, y que puede adaptarse para criterios múltiples. (González Salcedo y otros, 2015).

Caso 4: Análisis Predictivo Y Optimización De La Resistencia A Compresión Del Concreto Mediante Métodos Avanzados De Modelado Estadístico.

La siguiente investigación analizó la resistencia a la compresión de un concreto mediante el uso de técnicas de machine learning, identificando variables como el cemento, la edad, y el aditivo superplastificante. Comparó el desempeño en diferentes modelos de regresión, realizó un análisis exploratorio, como una matriz de correlación, gráficos de dispersión para poder identificar las variables claves.

Implementó 8 modelos de regresión usando Python, scikit-learn y Pycaret, y una evaluación a través de métricas como MAE, MSE, RMSE y R², para poder comparar el rendimiento. Se obtuvo que las variables más influyentes son el cemento con una correlación de +0.48, la edad con +0.52, superplastificante con +0.40 y escoria de alto +0.14. sin embargo, el agua mostró una correlación negativa -0.37. de los modelados realizados, el más eficiente fue CatBoost Regression, destacando su coeficiente de determinación R² superior a 0.90, mostrando que la IA como modelo predictivo puede ofrecer resultados confiables. (Rojas Minotta, 2024)

Caso 5: Artificial Intelligence In Concrete Mixture Design: A State Of The Art Report

Exploró técnicas de Inteligencia Artificial para predecir propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, optimizando diseños de mezcla. Organizó los trabajos en categorías que reflejan las aplicaciones de la IA en el diseño de mezclas de concreto, esto incluye; predicción de las propiedades, optimización de la dosificación de componentes, control de calidad, en donde se usaron técnicas de IA como, Redes Neuronales Artificiales, Algoritmos Evolutivos, y modelos híbridos

Las técnicas de predicción de propiedades que destacan son:



- Modelos basados en RNA y algoritmos evolutivos que estiman el asentamiento del ensayo como de Abrams, viscosidad y flujo.
- La predicción de resistencia destaca modelos RNA, modelos híbridos y lógica difusa.
- Modelo RNA predijo propiedades de durabilidad.

Se destaca, que la IA, especialmente los modelos RNA y Algoritmos Evolutivos, son eficaces para predecir propiedades y optimizar diseño de mezcla, sin embargo, se requiere de más investigaciones. (González-Salcedo y otros, 2012)

DESAFÍOS

Uno de los problemas es la falta de conjuntos de datos de alta calidad, especialmente para nanomateriales nuevos o poco comunes. La escasez de datos da lugar a predicciones poco fiables.

Se necesitan recursos informáticos de alto rendimiento para las simulaciones y el entrenamiento de los modelos de ML, lo que incrementa los gastos del proyecto.

La integración eficaz de la IA requiere la colaboración entre informáticos e ingenieros de materiales. Planteando principalmente evitar la escasez de datos y resistencia del sector, así mismo el desarrollo de bases de datos compartidas y estandarizadas, generando la formación y asociaciones interdisciplinarias.

a) Escasez de datos en dominios especializados:

La IA suele trabajar con datos muy especializados a los que no se puede acceder fácilmente. La escasez de datos también es consecuencia de las costosas simulaciones computacionales, los escenarios del mundo real o la necesaria participación humana.

La cuantificación de la calidad del diseño puede implicar la modelización y simulación de gemelos digitales, lo que puede requerir importantes recursos informáticos (Ahmed y otros, 2025).

b) Costos computacionales y calidad de datos:

La captura de este rendimiento funcional puede ser costosa e intensiva desde el punto de vista computacional, a menudo limitada por las capacidades y la precisión de los modelos computacionales utilizados, como la resolución y la fidelidad de la simulación, o puede requerir una gran aportación humana.

Las simulaciones informáticas, como los gemelos digitales utilizados en el diseño de ingeniería y el desarrollo de productos, desempeñan un papel fundamental en la toma de decisiones a través de amplios análisis hipotéticos y optimizaciones. A medida que aumentan la fidelidad y la potencia computacional de estos modelos, es crucial mantener una verificación rigurosa de sus parámetros para garantizar que representan con exactitud las condiciones del mundo real. Los errores más comunes en los datos de simulación a los que hay que prestar atención incluyen condiciones de contorno poco realistas, imprecisiones numéricas, suposiciones simplificadas en exceso (Ahmed y otros, 2025).

c) Brecha simulación-realidad:

Los errores pueden dar lugar a discrepancias significativas entre los resultados simulados y el rendimiento real, lo que puede llevar a conclusiones erróneas.



d) Barreras prácticas:

La calidad y disponibilidad de los datos, que la IA ejecuta principalmente, si los datos son inexactos o incompletos, las aplicaciones de IA harán predicciones y tomarán decisiones erróneas, por lo que estarán expuestas a altos niveles de riesgo (Munim et al., 2025).

Las tecnologías de IA utilizadas en ingeniería civil implican su integración en los procesos existentes, lo que requiere altas capacidades y habilidades computacionales, por lo que su implantación supone un reto para muchas organizaciones.

Las aplicaciones de las tecnologías de IA tienen como consecuencia la mitigación de las funciones humanas relacionadas con los diseños, la supervisión y el mantenimiento al proporcionar procesos automatizados eficientes, lo que puede causar desempleo. Además, el hecho de que la IA en Ingeniería Civil no cuente con una regulación y unas leyes estables también supone una amenaza para los especialistas que la utilizan.

e) Soluciones institucionales:

La gestión generalizada y eficaz de los datos es una condición previa importante y reforzar su disponibilidad es una necesidad crítica. Las metodologías de preprocesamiento también podrían resolver los problemas derivados de la mala calidad de los datos. Es necesaria la cooperación entre los participantes de la industria, el gobierno y las instituciones académicas para crear un sistema regulador complejo.

Los programas de educación y formación de la mano de obra pueden ayudar a mitigar el efecto de la pérdida de puestos de trabajo, ya que también pueden capacitar a la mano de obra para el nuevo entorno.

f) Disponibilidad y calidad de datos

La recopilación de datos de alta calidad y en tiempo real sigue siendo cara y la naturaleza intensiva en recursos de los modelos DL limita su aplicación a gran escala. Los proyectos de ingeniería civil generan abundantes cantidades de datos que, en su mayoría, son incompletos, incoherentes o problemáticos de normalizar. La obtención de datos de alta calidad, completos y actualizados por el momento vienen siendo costosa y exhaustiva.

g) Complejidad computacional:

El entrenamiento y la inferencia de modelos de IA, ML y DL, especialmente los algoritmos de DL, requieren una potencia computacional considerable. Los modelos profundos, como las CNN y las RNN, consumen muchos recursos computacionales. Normalmente, la única opción viable es recurrir a una GPU o a servicios basados en la nube.

h) Interpretabilidad del modelo ("Caja negra")

La naturaleza de la "caja negra" de estos modelos plantea problemas éticos y normativos, especialmente en las decisiones relacionadas con la seguridad. Se documentan situaciones en las que estos modelos sean fantásticamente precisos en sus predicciones, pero no revelen claramente cómo han llegado a la decisión (Jain y otros, 2025).



OPORTUNIDADES

1. IA Explicable (XAI) para transparencia

Técnicas de computación en la nube y de borde, pueden aprovecharse para permitir la disponibilidad y aplicación de grandes modelos escalados en la nube, para disponer de análisis en tiempo real a través de la transmisión de datos directamente a los dispositivos de computación en nube.

Su integración en futuros usos de la IA, el ML y la DL en ingeniería civil será importante. Ofrecerá un acceso escalable a los recursos informáticos, procesará grandes datos complejos y ayudará a desplegar modelos en tiempo real en un amplio abanico de aplicaciones. Esto contribuirá a la integración y el intercambio de datos y reducirá costos.

La transparencia en la IA, o XAI, se está convirtiendo en un objetivo para hacer más transparentes los modelos de IA. El desarrollo de modelos más comprensibles mediante capas interpretables o enfoques híbridos que combinen el ML con sistemas basados en reglas más tradicionales puede ayudar a que estos modelos sean más aceptables para las aplicaciones de ingeniería civil. Las técnicas de explicabilidad a posteriori, como SHAP (SHapley Additive exPlanations) y LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations), podrían aplicarse a la ingeniería civil.

La IA explicable proporcionará explicaciones transparentes, lo que permitirá a los ingenieros tener más confianza y creer en las decisiones de los sistemas de IA, especialmente para aplicaciones críticas.

Directrices estándar y marcos normativos sobre el uso de la IA en la ingeniería civil. Las directrices también deben abordar cuestiones de responsabilidad, transparencia y ética en la toma de decisiones.

Marcos normativos que crea el uso de la IA en la ingeniería civil, así como las preocupaciones por la privacidad de los datos y las cuestiones de seguridad (Jain y otros, 2025).

2. Bases de datos colaborativas

Los conjuntos de datos sintéticos pueden representar condiciones complejas del mundo real que a menudo resultan costosas o poco prácticas de captar directamente. Al emplear grandes modelos de cimentación multimodales, herramientas de simulación avanzadas y diversos métodos de muestreo, los datos sintéticos pueden abarcar amplias variaciones de diseño, si validamos con datos empíricos se garantiza que las simulaciones proporcionen información fiable y práctica.

La adopción de prácticas de acceso abierto y la colaboración entre ámbitos de investigación para superar la escasez de datos apoyan plataformas similares permitiendo un acceso más amplio a los datos.

El cumplimiento de los principios de localización, accesibilidad, interoperabilidad y reutilización es esencial para los conjuntos de datos, como se subraya en varios estudios. Es fundamental mantener formatos de archivo coherentes y metadatos claramente definidos (Ahmed y otros, 2025).

RESULTADOS

Los casos de estudio demuestran la capacidad de la Inteligencia Artificial (IA) para la creación de materiales inteligentes para la ingeniería civil, no obstante, existen desafíos técnicos que requieren atención.

El primer caso, corrobora que el uso de algoritmos Deep Learning, como YOLO, posibilitó la automatización del análisis granulométrico de agregados con una exactitud del 93.20%, con una desviación típica de 0.96%, acorde con la normativa peruana. Lo que indica que la IA puede facilitar y acelerar procesos de control de calidad.

En cuanto al segundo caso, los modelos de Machine Learning (ML), como la red neuronal artificial, es posible optimizar la composición de cementos ecológicos. Al integrar los objetivos mencionados anteriormente se obtienen 100 recetas óptimas con un valor de K entre 14.61 y 23.63 GPa y emisiones que varían de 0.39 a 0.76 kg de cemento. Estos resultados confirman que la IA puede acelerar la transición de los materiales convencionales a aquellos con un bajo impacto ambiental, especialmente si se utilizan subproductos industriales como el GGBFS.

El caso 3 evidencia que la combinación de algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales en modelos evolutivos híbridos, mejora la dosificación del concreto reforzado con fibras metálicas. Los resultados mostraron similitud en parámetros clave como el contenido cementante, relación agua/cemento, al validar 611 diseños experimentales, lo que confirmó la viabilidad de estos sistemas para generar dosificaciones adaptadas a múltiples criterios.

El cuarto caso, muestra que modelos predictivos como CatBoot, Regression, alcanzaron un coeficiente de determinación superior al analizar la resistencia a la compresión del concreto. mientras que variables como el cemento, la edad y el superplastificante fueron las más influyentes, a diferencia del agua que mostró una correlación negativa.

El último caso confirma que técnicas como las redes neuronales, algoritmos evolutivos de lógica difusa, predicen propiedades del concreto en estado fresco (asentamiento, viscosidad) y endurecido (resistencia, durabilidad). Sin embargo, se necesita de más investigación para estandarizar su aplicación en la industria.

DISCUSIÓN

Los casos de predicción a la resistencia o dosificación de concretos, la IA redefine los métodos basados en ensayos de laboratorio. Reduciendo no solo costos y tiempo, sino minimiza el acceso a diseños optimizados, especialmente en regiones con recursos limitados.

Sin embargo, la precisión de los modelos, depende de conjuntos de datos completos y representativos. La escasez de datos limita la obtención de los resultados.

A pesar de eso, existe un problema, La "caja negra" de los modelos de IA genera desconfianza en aplicaciones críticas, debido a que no se sabe cómo piensa, lo que justifica el desarrollo de técnicas de Explainable AI.

La incorporación de la IA en la ingeniería civil, exige que se colabore entre informáticos, ingenieros. Por ende, deberían de proponerse iniciativas, como bases de datos colaborativas o marcos normativos para el uso de IA, para estandarizar prácticas y compartir conocimiento.

Es cierto que la automatización de tareas ayuda significativamente, sin embargo, también representa riesgos de desplazamiento laboral.

La formación de profesionales en competencias híbridas (ingeniería + IA) es clave para mitigarlo.

CONCLUSIONES

En consecuencia, la Inteligencia artificial (IA), en particular el aprendizaje automático y los modelos lingüísticos como ChatGPT, desempeñan roles transformadores en el desarrollo de materiales de construcción sostenibles. Estas herramientas ayudan a descubrir alternativas con bajas emisiones de carbono, permiten una optimización precisa de los materiales y promueven diseños innovadores y bioinspirados.

Esta sinergia entre humanos e inteligencia artificial puede acelerar el descubrimiento de materiales, destacando en el desarrollo de infraestructuras autónomas (sensores integrados + autorreparación), sostenibles impulsados por IA.



REFERENCIAS

- Ahmed, F. P., Chen, W., McComb, C., Wang, P., Lee, I., Stankovic, T., . . . Menzel, S. (2025). Special Issue: Design by Data: Cultivating Datasets for Engineering Design. *Journal of Mechanical Design*, 040301-1–040301-5. Retrieved from <https://asmedigitalcollection.asme.org/mechanicaldesign/article-pdf/147/4/040301/7431996/md-25-1085.pdf>
- Bishop, C. M. (2013). Model-based machine learning. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY*, 1-17. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2012.0222>
- Boiger, R., Xi, B., Dan Miron, G., Bonvin, M., Provis, J. L., Churakov, S. V., & Prasianakis, N. (2025). Machine learning-accelerated discovery of green cement recipes. *Materials and Structures*, 173. <https://doi.org/https://doi.org/10.1617/s11527-025-02684-z>
- Espinoza Freire, E. E. (2020). La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico. *Conrado*, 75(16), 103-110. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/346940616>
- Fan, R., Tian, A., Li, Y., Gu, Y., & Wei, Z. (2025). Research Progress on Machine Learning Prediction of Compressive Strength of Nano-Modified Concrete. *Applied Sciences*, 15(4733). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app15094733>
- Feuerriegel, S., Hartmann, J., Janiesch, C., & Zschech, P. (2024). Patrick . *CATCHWORD*, 1(66), 111-126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12599-023-00834-7>
- González Salcedo, L. O., Guerrero Zúñiga, A. P., Delvasto Arjona, S., & Ernesto Will, A. L. (2015). Development of a Hybrid Evolutionary Model of Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks for Metal Fiber and Reinforced Concrete Mixture Dosage. *Revista de Ingeniería.*, 46-54. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.16924/riua.v0i43.874>
- González-Salcedo, L. O., Guerrero-Zúñiga, A. P., & Silvio, D.-A. (2012). Artificial Intelligence in Concrete Mixture Design: A State-of-the-Art report. *Tecnológico de Antioquia*, 55-65. <https://doi.org/https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/33/30>
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Aaron. (2016). Deep Learning. *Healthc Inform Res*, 4(22), 351-354. <https://doi.org/https://doi.org/10.4258/hir.2016.22.4.351>
- Gutierrez Layme, D., Sosa Aquise, R., & Lopez Hinostroza, H. (2023). Granulometric analysis of aggregate for concrete through an algorithm based on neural networks (Deep Learning) . *Ingeniería de Construcción*, 448-460.
- Jain, R., Singh, S. K., Palaniappan, D., Parmar, K., & Premavathi, T. (2025). Data-Driven Civil Engineering: Applications of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning. *Turkish Journal of Engineering*, 354–377. <https://doi.org/https://doi.org/10.31127/tuje.1581564>
- Liu, Y., Jovanovic, M., Mallayya, K., Maddox, W. J., Wilson, A. G., Klemenz, S., . . . Kim, E.-A. (2023). Materials Expert-Artificial Intelligence for Materials Discovery. *Materials Expert-Artificial Intelligence for Materials Discovery*, 1-18. <https://doi.org/https://arxiv.org/abs/2312.02796>
- López Takeyas, B. (2007). INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL. *Reforma Sur*, 1-3.
- Quinde-Moncerrate, H. ., Quinde-Zambrano, L. ., & Franco-Arroyo, P. P. (2025). Incidencia de la Inteligencia Artificial en la educación contemporánea: Revisión. *Revista científica Sociedad & Tecnología*, 2(8), 358-368. <https://doi.org/https://doi.org/10.51247/st.v8i2.505>
- Rojas Minotta, L. M. (2024). Análisis predictivo y optimización de la resistencia a compresión del concreto mediante métodos avanzados de modelado estadístico. *Fundación Universitaria Los*

Libertadores, 1-12.

<https://doi.org/https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/ff682f0a-8384-4a57-8f10-0bab57a5d51d/content>

Zheng, X., Xu, Q., & Pan, R. (2025). Artificial Intelligence for Sustainable Building Materials.

International Journal of Computer Science and Information Technology, 1-11.

<https://doi.org/https://doi.org/10.62051/ijcsit.v6n1.03>



ARTÍCULO ORIGINAL

“Evaluación Del Congestionamiento Vehicular En La Av. Pakamuros - Jaén, Cajamarca, Perú: Diagnóstico, Causas Y Propuestas De Mejora”

"Evaluation Of Vehicular Congestion On Av. Pakamuros - Jaén, Cajamarca, Peru: Diagnosis, Causes And Improvement Proposals".

NOLBERTO NUÑEZ 1^{ID}*, JORGE ALTAMIRANO 2^{ID}, ZADITH GARRIDO 3^{ID}

RESUMEN

El crecimiento urbano desordenado y el aumento acelerado del parque automotor han intensificado el congestionamiento vehicular en la ciudad de Jaén, Cajamarca, siendo la Av. Pakamuros uno de los principales focos críticos. Este estudio evalúa el nivel de congestión vehicular específicamente en esta arteria urbana, mediante observaciones directas y registros de flujo vehicular durante distintos momentos del día. Se realizó un conteo vehicular en horarios pico (6:00–8:00 am, 12:00 – 2:00 pm y 6:00 – 8:00 pm). Los resultados preliminares indican una alta saturación del tráfico atribuida al diseño vial estrecho, ausencia de señalización, presencia desordenada de comercio ambulatorio, y un uso intensivo de motos lineales y mototaxis que representan más del 44 y 47% respectivamente del tránsito observado. Asimismo, se identificó una escasa fiscalización del transporte informal y falta de zonas adecuadas para carga y descarga. En base al diagnóstico, se proponen medidas de corto y mediano plazo, como la reconfiguración geométrica de la vía, reubicación del comercio informal y el fortalecimiento de la gestión del tránsito urbano (DEKRA, 2022). Estas propuestas buscan mejorar la movilidad en la Av. Pakamuros y contribuir a una ciudad más sostenible y funcional.

Palabras clave: Congestionamiento; flujo; saturación; tránsito.

ABSTRACT

Disorderly urban growth and the accelerated increase in the number of vehicles have intensified traffic congestion in the city of Jaén, Cajamarca, with Pakamuros Avenue being one of the main critical points. This study evaluates the level of vehicular congestion specifically in this urban artery, through direct observations and records of vehicular flow during different times of the day. A vehicle count was conducted during peak hours (6:00-8:00 am, 12:00 - 2:00 pm and 6:00 - 8:00 pm). Preliminary results indicate high traffic saturation attributed to the narrow road design, absence of signage, disorderly presence of street vendors, and intensive use of linear motorcycles and motorcycle cabs, which represent more than 44% and 47%, respectively, of the observed traffic. In addition, there is little control of informal transport and a lack of adequate areas for loading and unloading. Based on the diagnosis, short- and medium-term measures are proposed, such as the geometric reconfiguration of the road, relocation of informal commerce, and strengthening of urban traffic management. These proposals seek to improve mobility on Pakamuros Avenue and contribute to a more sustainable and functional city.

Key words: Congestion; flow; saturation; traffic.

*Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email.: nolberto.nunez@est.unj.edu.pe

² Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email.: jorgeenrique.altamirano@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El congestionamiento vehicular simboliza uno de los principales problemas en algunas ciudades del Perú (El Peruano, 2022). En el caso de Jaén (específicamente en la capital), región de Cajamarca, este problema se ha incrementado en los últimos años debido a un crecimiento urbano desorganizado, acompañado de un gran incremento del parque automotor (Inca, 2018). Entre 2017 y 2025, la ciudad experimentó un crecimiento poblacional del orden del 1.2 %, mientras que el número de vehículos registrados (mototaxis y motos lineales) se ha duplicado (INEI, 2018). Esta situación ha excedido la capacidad de las vías urbanas, generando problemas de movilidad, pérdida de tiempo productivo, incremento de dióxido de carbono (CO₂) y deterioro de vías.

Una de las zonas más afectadas es la Avenida Pakamuros, una de las vías principales de Jaén, que forma parte de una vía arterial. Esta avenida presenta cuellos de botella en varias de sus intersecciones, una alta masa vehicular, ocupación informal de calzadas y aceras, y deficiencias en la infraestructura vial. Sin un arbitraje técnico, la situación puede empeorar, limitando la funcionalidad de esta vía (Calderón, 2019).

Este estudio se enfoca exclusivamente en la evaluación del congestionamiento vehicular (Geotab, 2024) en la Av. Pakamuros, con el objetivo de diagnosticar su situación actual, identificar las principales causas y proponer estrategias para mejorar la movilidad, la seguridad vial y la sostenibilidad del tránsito en esta zona crítica de la ciudad (ArquitecturaUrbana, 2023).

MÉTODOS Y MATERIALES

Análisis de investigación

En el ámbito del congestionamiento vehicular se tiene que evaluar dos aspectos fundamentales como el crecimiento vehicular, el crecimiento poblacional y efectos económicos (BCRP, 2024). Para ello recurrimos a la indagación e investigación en puntos o plataformas netamente específicas las cuales nos puedan proporcionar información estadística con respecto a estos aspectos.

Para ello, lo más conveniente y confiable es recurrir a la Municipalidad Provincial de Jaén y al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) las cuales son las principales entidades responsables del registro y análisis estadístico correspondiente al incremento poblacional y vehicular.

- Crecimiento vehicular

En cuanto a este aspecto, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó que, para marzo del 2025, el tránsito de vehículos a nivel nacional aumentó el 4.2% respecto a marzo del 2024,



según el Índice Nacional de Flujo Vehicular, el cual mide el paso de vehículos ligeros y pesados por las garitas y peajes (INEI, 2025), cabe mencionar que se toma esta información debido a que esto también afecta a nuestra zona de estudio la cual forma parte de una vía interprovincial (Jaén – San Ignacio) (MPJ, 2021).

- Crecimiento poblacional

En cuanto al crecimiento poblacional si se tiene información más específica teniendo como respaldo al INEI y a la Municipalidad Provincial de Jaén (MPJ, 2025) las cuales nos brindaron información confiable para llevar a cabo esta investigación, basándose así el último censo realizado por el INEI, XII de Población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas, (INEI, 2018) obteniendo lo siguiente:

Cuadro N° 1: Cajamarca: Población Censada Y Tasa De Crecimiento Promedio Anual, Según Provincia, 2007 Y 2017

Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Total	1 387 809	100	1 341 012	100	- 46 797	- 3.4	- 0.3
Cajamarca	316 152	22.8	348 433	26.0	32 281	10.2	1.0
Cajabamba	74 287	5.3	75 687	5.6	1 400	1.9	0.2
Celendín	88 508	6.4	79 084	5.9	- 9 424	- 10.6	- 1.1
Chota	160 447	11.6	142 984	10.7	- 17 463	- 10.9	- 1.1
Contumazá	31 369	2.3	27 693	2.1	- 3 676	- 11.7	- 1.2
Cutervo	138 213	9.9	120 723	9.0	- 17 490	- 12.7	- 1.3
Hualgayoc	89 813	6.5	77 944	5.8	- 11 869	- 13.2	- 1.4
Jaén	183 634	13.2	185 432	13.8	1 798	1.0	0.1
San Ignacio	131 239	9.5	130 620	9.7	- 619	- 0.5	0.0
San Marcos	51 031	3.7	48 103	3.6	- 2 928	- 5.7	- 0.6
San Miguel	56 146	4.0	46 043	3.4	- 10 103	- 18.0	- 2.0
San Pablo	23 114	1.7	21 102	1.6	- 2 012	- 8.7	- 0.9
Santa Cruz	43 856	3.2	37 164	2.8	- 6 692	- 15.3	- 1.6

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda, 2007 y 2017.

Cuadro N° 2: Jaén: Población Estimada y Tasa De Crecimiento, 2017 – 2025

Provincia	2017		2025		Tasa de crecimiento (%)
	Absoluto	%	Absoluto	%	
JAÉN	185432	100	187629	100	1.2
Jaén Capital	94153	50.8	95283	50.8	1.2
Otros	91279	49.2	92346	49.2	1.2

Fuente: (MPJ, 2025) – Crecimiento poblacional

Parámetros de investigación

- Conteo vehicular

El trabajo se llevó a cabo a través del análisis de flujo vehicular en puntos estratégicos y en horas punta (de 6:00 a 8:00, de 12:00 a 14:00 y de 18:00 a 20:00) a través de un conteo vehicular, para determinar el flujo vehicular u otros factores que impliquen el congestionamiento en esta zona, como la falta de señalización, falta de rompe muelles o falta de semaforización (MTC, 2024).

- IMDa

Para determinar el Índice Medio Diario anual se aplica la siguiente fórmula:

$$IMDa = IMDs * FC$$

Donde:

IMDs: Índice Medio Diario semanal

$$IMDs = \frac{\text{Total de vehículos por semana}}{7}$$

FC: Factor de corrección (este dato se obtiene del MTC, según el peaje más cercano)

Cuadro N° 3: Factor de Corrección vehicular

Peaje:	UTCUBAMBA
TIPO DE VEHÍCULO	FC
Muy ligero	0.5
Ligero	0.74
Pesado	0.84

Análisis de resultados

Al realizar el comportamiento del flujo vehicular en la avenida Pakamuros, se espera obtener una visión concreta del comportamiento del tránsito a lo largo de la semana, identificando no solo la cantidad de vehículos que circulan diariamente, sino también el tipo de transporte que predomina. Esto permite evaluar con mayor precisión cuáles son los principales factores que están contribuyendo al congestionamiento en esta vía tan importante para la ciudad de Jaén (Herrera & Bazán, 2023).

Uno de los principales resultados esperados era la confirmación de que los vehículos muy ligeros, como moto lineales y mototaxis, son los más utilizados por la población local. Este patrón de movilidad ya se percibía a simple vista, pero contar con datos cuantitativos lo ratifica y brinda una base sólida para futuras decisiones en materia de planificación urbana y vial.

Asimismo, se esperaba que el flujo vehicular presentara picos elevados durante ciertos días o tramos horarios, lo que puede interpretarse como una señal de saturación de la infraestructura actual. Este tipo de resultados también ayuda a prever en qué momentos se producen los mayores niveles de congestión, lo cual es fundamental para diseñar estrategias de mitigación más efectivas.

Otro resultado anticipado era la baja participación de vehículos pesados, pero con un impacto significativo en la fluidez del tránsito. Aunque no circulan en grandes cantidades, su tamaño y maniobrabilidad limitada pueden provocar interrupciones importantes en el flujo vial, sobre todo si la vía no cuenta con un diseño adecuado para este tipo de transporte.

En resumen, los resultados que se esperaban apuntaban a:

- Identificar con claridad los tipos de vehículos predominantes.
- Medir el nivel de carga diaria que soporta la vía.
- Detectar patrones que permitan entender los momentos críticos del tráfico.
- Relacionar estos datos con la percepción ciudadana de congestión.
- Generar información útil para respaldar propuestas de mejora en la movilidad urbana.

Este análisis sirve como punto de partida para tomar decisiones técnicas y de gestión que ayuden a mejorar el tránsito, reducir el caos vehicular y promover una movilidad más eficiente y segura para todos los usuarios de la avenida Pakamuros.



RESULTADOS

Cuadro N° 4: Cálculo del IMDa

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Sentidos por Día							Tipo	TOTAL/ SEMANA	IMDS	FC	IMDa	IMDa (redond)	Distribución (%)
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo							
Moto lineal	3452	3387	3123	3461	3634	3679	2617	Muy ligero	23353	3336.14	0.50	1668.07	1668	44.03%
Moto taxi	3782	3521	3431	3623	3743	3921	3021	Muy ligero	25042	3577.43	0.50	1788.71	1789	47.23%
Automovil	188	174	168	169	173	203	181	Ligero	1256	179.43	0.74	132.84	133	3.51%
Station Wagon	41	37	39	33	35	39	17	Ligero	241	34.43	0.74	25.49	25	0.66%
Camioneta (Pickup)	99	86	81	87	68	87	64	Ligero	572	81.71	0.74	60.50	61	1.61%
Camioneta (Panel)	12	9	8	7	4	11	10	Ligero	61	8.71	0.74	6.45	6	0.16%
Combi Rural	43	35	31	29	23	38	21	Ligero	220	31.43	0.74	23.27	23	0.61%
Bus 2E	15	8	12	9	11	9	7	Pesado	71	10.14	0.84	8.47	8	0.21%
Bus 3E	16	6	11	12	10	13	9	Pesado	77	11.00	0.84	9.19	9	0.24%
Camión 2E	36	17	23	21	26	25	19	Pesado	167	23.86	0.84	19.93	20	0.53%
Camión 3E	32	19	20	23	21	27	23	Pesado	165	23.57	0.84	19.69	20	0.53%
Semi trayler (3S2)	25	13	11	15	19	17	20	Pesado	120	17.14	0.84	14.32	14	0.37%
Semi trayler (>= 3S3)	19	11	15	14	13	13	16	Pesado	101	14.43	0.84	12.05	12	0.32%
TOTAL	7760	7323	6973	7503	7780	8082	6025		51446	7349.43			3788	100.00%

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra un análisis detallado del flujo vehicular registrado durante una semana en ambos sentidos de una vía. Se ha clasificado el tráfico según el tipo de vehículo y su frecuencia diaria, obteniendo finalmente valores semanales, promedios y porcentajes de distribución. Este enfoque permite identificar con claridad los vehículos que más contribuyen al volumen de tránsito.

Los datos revelan que los vehículos más frecuentes en la vía son las motos lineales y los mototaxis, los cuales juntos representan más del 91% del tráfico semanal. Este predominio refleja una fuerte dependencia de estos medios de transporte en la zona evaluada, probablemente por su bajo costo, rapidez en trayectos cortos y facilidad para circular en zonas urbanas congestionadas.

En contraste, vehículos como los automóviles, camionetas y combis rurales tienen una participación significativamente menor, representando en conjunto menos del 5% del total. Este dato puede estar indicando un uso más limitado de estos medios, ya sea por razones económicas o por características propias del entorno urbano.

El grupo de vehículos pesados, que incluye buses y camiones de distinto tipo, muestra una frecuencia mucho menor, aunque no por ello menos relevante. Si bien en términos de cantidad representan menos del 3% del total, su impacto en la vía podría ser considerable debido al mayor peso y tamaño, lo cual influye en el desgaste de la infraestructura y en la fluidez del tránsito.

Finalmente, el valor del Índice Medio Diario Anual (IMDa) redondeado se sitúa en 3788 vehículos por día, lo que proporciona una medida representativa del flujo promedio diario. Este dato es clave para la planificación del tránsito, el diseño vial, así como para identificar necesidades de mantenimiento o posibles intervenciones para mejorar la movilidad.

DISCUSIÓN

Cuadro N° 5: Distribución vehicular

Tipo de vehículo	IMDa	Distribución (%)
Muy Ligero	3457	91.26%
Ligero	248	6.55%
Pesado	83	2.19%
TOTAL	3788	100.00%

Fuente: Elaboración propia

El análisis del flujo vehicular revela una situación preocupante en cuanto a la saturación del tránsito en la avenida Pakamuros (Luis & Luna, 2024). Se observa que los vehículos de tipo muy ligero, específicamente las motos lineales y mototaxis, son los que predominan ampliamente en esta vía, representando más del 91% del total semanal. Este dato es altamente significativo, ya que evidencia una fuerte dependencia de estos medios de transporte para la movilidad cotidiana de la población.

La alta presencia de mototaxis y motos responde, en parte, a las características propias de la ciudad de Jaén: una urbe en crecimiento, con calles estrechas y una alta densidad de tránsito en ciertas zonas clave como la avenida Pakamuros. Este eje vial, al ser una de las principales arterias de la ciudad, absorbe buena parte del flujo que se dirige hacia centros comerciales, mercados, centros educativos y barrios residenciales. Por lo tanto, la acumulación de vehículos muy ligeros, que, si bien no ocupan tanto espacio como otros tipos, generan un tráfico caótico cuando se movilizan en exceso y sin orden.

Además, aunque los vehículos pesados tienen una participación menor en número, su impacto en la dinámica del tránsito es relevante. La circulación de buses y camiones, especialmente en horarios punta,

puede ralentizar el flujo general y aumentar los tiempos de desplazamiento, agravando el problema de la congestión, particularmente si no existen carriles adecuados o zonas de carga y descarga designadas.

El valor del IMDa (Índice Medio Diario anual) de 3,788 vehículos por día en esta vía es considerable para una ciudad de tamaño intermedio como Jaén, y refleja una presión constante sobre la infraestructura vial. Este nivel de carga diaria puede generar colapsos frecuentes, sobre todo en ausencia de una regulación efectiva del tránsito, una semaforización adecuada o rutas alternas que descongestionen la zona.

En este contexto, los resultados sugieren la necesidad urgente de intervenir con medidas integradas: mejorar el transporte público, regular el crecimiento del parque motorizado ligero, implementar infraestructura exclusiva para ciertos tipos de vehículos y fomentar la educación vial. De no tomarse acciones concretas, la situación podría agravarse con el crecimiento urbano y el aumento sostenido del número de vehículos, afectando directamente la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo ordenado de la ciudad.

5. CONCLUSIONES

- Predominio del transporte muy ligero: El estudio confirma que los vehículos más frecuentes en la avenida Pakamuros son las motos lineales y los mototaxis, los cuales representan más del 91% del total de vehículos que circulan semanalmente por esta vía. Esta cifra refleja un patrón de movilidad centrado en medios de transporte económicos, ágiles y accesibles para la población local.
- Alta carga vehicular diaria: Con un IMDa (Índice Medio Diario anual) de 3788 vehículos por día, se evidencia que la avenida Pakamuros soporta una carga de tráfico considerable, que supera la capacidad esperada para una vía urbana de características similares. Esta alta demanda diaria contribuye directamente a los problemas de congestión y ralentización del tránsito.
- Presencia de vehículos pesados y su impacto: Aunque la participación porcentual de buses y camiones es baja (alrededor del 3% del total), su impacto en el flujo vehicular es significativo. Su circulación por la avenida, especialmente en horarios de mayor tránsito, genera interrupciones que agravan el congestionamiento, sobre todo en tramos sin carriles adecuados o zonas de carga.
- Infraestructura vial insuficiente: La congestión observada se relaciona con una infraestructura que no ha sido diseñada o ampliada para soportar el crecimiento constante del parque vehicular.



La falta de vías alternas, señalización moderna y espacios exclusivos para ciertos vehículos agrava el problema día a día.

- Necesidad urgente de planificación y control: Los resultados del análisis evidencian que el problema del congestionamiento en la avenida Pakamuros no se resolverá sin una intervención integral que combine infraestructura vial, regulación del tránsito, mejora del transporte público y sensibilización ciudadana.

6. REFERENCIAS

ArquitecturaUrbana. (2023, julio 11). *6 estrategias para mejorar la movilidad urbana y reducir el tráfico*. <https://arquitecturaurbana.net/tecnologia/6-estrategias-para-mejorar-la-movilidad-urbana-y-reducir-el-trafico/>

BCRP. (2024). *Reporte de inflacion diciembre 2024*.

Calderón, T. J. A. (2019). *Determinación del Estado del Pavimento en la Avenida Pakamuros desde la Cuadra 10 Hasta la Cuadra 20*.

DEKRA. (2022, mayo 12). *MEDIDAS PARA MEJORAR LA SEGURIDAD VIAL: PRINCIPIOS DE LA FORMACIÓN DE CONDUCTORES*. <https://www.dekra-roadsafety.com/es/medidas-para-mejorar-la-seguridad-vial-principios-de-la-formacion-de-conductores/>

El Peruano. (2022). *El sistema de transporte y su impacto en nuestras vidas*.

<https://elperuano.pe/noticia/161713-el-sistema-de-transporte-y-su-impacto-en-nuestras-vidas>

Geotab. (2024, diciembre 4). *Congestionamiento del tráfico: Factores de seguridad y rutas para flotas de vehículos*. Geotab. <https://www.geotab.com/es-latam/blog/congestionamiento-trafico-factores-de-seguridad-y-rutas/>

Herrera, A. F., & Bazán, E. S. (2023). Evaluación de la congestión vehicular para la implementación de un estacionamiento en el mercado 28 de Julio, Jaén, Cajamarca. *Revista Científica Pakamuros*, 11(3), Article 3. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.226>

Inca, K. X. S. (2018). *Evaluación del sistema de Reductores de Velocidad tipo Resalto (Rompe-muelles) en la vía de Evitamiento de la ciudad del Cusco*.



INEI. (2018). *INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA FRANCISCO COSTA APONTE*.

INEI. (2025, mayo 22). *Tránsito vehicular a nivel nacional creció 4,2% en marzo de 2025*.

<https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/1172946-transito-vehicular-a-nivel-nacional-crecio-4-2-en-marzo-de-2025>

Luis, C. B. X., & Luna, J. R. W. (2024). Análisis del flujo vehicular para optimizar el nivel de servicio en la intersección vial de la av. Simón Bolívar con la av. 25 de Noviembre y calle Amazonas, ciudad de Moquegua—2023. *Repositorio Institucional - UPT*.

<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3909>

MPJ. (2021, octubre 30). *Iniciarán mejoramiento de 375 km. De carreteras de jaén y san ignacio*.

<https://www.gob.pe/institucion/munijaen/noticias/557632-iniciaran-mejoramiento-de-375-km-de-carreteras-de-jaen-y-san-ignacio>

MPJ. (2025). *Municipalidad Provincial de Jaén*. <https://www.gob.pe/munijaen>

MTC. (2018). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. <https://www.gob.pe/mtc>

MTC. (2024, noviembre 11). *MTC actualiza manual de señales de tránsito*.

<https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/1055740-mtc-actualiza-manual-de-senales-de-transito>





Flujo de trabajo **Publicación**

Envío **Revisión** Edición Producción

Archivos de envío

Q Buscar

- ▶ 4947 articulo_-_Evaluación_de_Daño_y_Recuperación_de_la_Capacidad_Portante_del_Concreto_Tras_la_Exposición(1)(1).docx July 15, 2025 Texto del artículo
- ▶ 4946 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA, ORIGINALIDAD Y RESPONSABILIDADES ÉTICAS DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 Otro
- ▶ 4945 CARTA DE PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 Otro
- ▶ 4943 CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE REVISIÓN, EDICIÓN Y PUBLICACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO.pdf July 15, 2025 Otro

Descargar todos los archivos




Discusiones previas a la revisión

Añadir discusión

Nombre	De	Última respuesta	Respuestas	Cerrado
No hay artículos				

Kleiner/ Donny / Zadith Saucedo / Vásquez / Garri...

Evaluación del Daño y Recuperación de la Capacidad Portante del Concreto Tras la Exposición al Fuego: Una revisión sistemá...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Nacional de Jaen

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3295760386

13 Páginas

Fecha de entrega
14 jul 2025, 12:51 p.m. GMT-5

4642 Palabras

Fecha de descarga
14 jul 2025, 12:53 p.m. GMT-5

26.106 Caracteres

Nombre de archivo
de_la_Capacidad_Portante_del_Concreto_Tras_la_Exposici_n_1.pdf

Tamaño de archivo
223.5 KB






3% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 2%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 1%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Fuentes principales

- 2% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	unj	<1%
2	Publicación	Pilar Cacho-Martínez, Ángel García-Muñoz, María Teresa Ruiz-Cantero. "Do we re...	<1%
3	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Jaen	<1%
4	Internet	www.researchgate.net	<1%
5	Internet	mail.ues.edu.sv	<1%
6	Internet	hdl.handle.net	<1%
7	Internet	repositorio.uss.edu.pe	<1%
8	Internet	www.doctorat.tuiasi.ro	<1%

ARTÍCULO DE REVISIÓN**Evaluación del Daño y Recuperación de la Capacidad Portante del Concreto Tras la Exposición al Fuego: Una revisión sistemática de la literatura.****Damage Assessment and Recovery of Concrete Bearing Capacity After Fire Exposure: A Systematic Review of the Literature.**Kleiner Esmil Saucedo Segovia¹*, Donny Aly Vásquez Pérez¹, Zadith Nancy Garrido Campaña¹**RESUMEN**

El presente artículo realiza un análisis comparativo de diversas investigaciones enfocadas en el desempeño del concreto frente a elevadas temperaturas, considerando particularmente la degradación y posible recuperación de su capacidad estructural tras un incendio. Se examinan estudios que abordan variables como el tipo de concreto utilizado, la incorporación de fibras metálicas o sintéticas, la adición de materiales puzolánicos, los métodos de enfriamiento aplicados y las técnicas de diagnóstico post-fuego. Los hallazgos revisados indican que el uso de fibras de acero o vidrio puede contribuir a mejorar la estabilidad térmica del concreto, aunque su efectividad depende del tipo de mezcla y de las condiciones térmicas alcanzadas. Del mismo modo, la incorporación de ceniza volante ha mostrado efectos positivos en la resistencia residual del concreto autocompactante. Se incluyen tanto enfoques experimentales como modelaciones teóricas que permiten evaluar daños térmicos y fenómenos como el desprendimiento explosivo (spalling). Esta revisión permite identificar patrones recurrentes, contradicciones metodológicas y vacíos de conocimiento, subrayando la necesidad de criterios unificados para la evaluación estructural post-incendio. En conjunto, se resalta el valor de integrar estos conocimientos en el diseño y recuperación de estructuras afectadas por el fuego.

Palabras clave: *concreto, fuego, resistencia, spalling, capacidad portante.*

ABSTRACT

This article presents a comparative analysis of various studies focused on concrete performance at high temperatures, particularly considering the degradation and possible recovery of its structural capacity after a fire. Studies are examined that address variables such as the type of concrete used, the incorporation of metallic or synthetic fibers, the addition of pozzolanic materials, the cooling methods applied, and post-fire diagnostic techniques. The reviewed findings indicate that the use of steel or glass fibers can contribute to improving the thermal stability of concrete, although their effectiveness depends on the type of mix and the thermal conditions achieved. Similarly, the incorporation of fly ash has shown positive effects on the residual strength of self-compacting concrete. Both experimental approaches and theoretical models are included, allowing for the assessment of thermal damage and phenomena such as spalling. This review identifies recurring patterns, methodological contradictions, and knowledge gaps, highlighting the need for unified criteria for post-fire structural assessment. Overall, the value of integrating this knowledge into the design and recovery of fire-damaged structures is highlighted.

Keywords: *concrete, fire, strength, spalling, load-bearing capacity.*

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén. Email: kleiner.saucedo@est.unj.edu.pe, donny.vasquez.@est.unj.edu.pe, zadith.garrido@unj.edu.pe



42 INTRODUCCIÓN

43 El concreto, un material fundamental en la construcción moderna, valorado por su resistencia inherente
44 al fuego; sin embargo, su exposición a altas temperaturas durante incendios induce cambios físicos,
45 químicos y microestructurales que comprometen su capacidad portante y la seguridad estructural de las
46 edificaciones (Kodur, 2014; Aguirre & Aguirre, 2018). Fenómenos como la pérdida de resistencia, el
47 agrietamiento, el desprendimiento explosivo (spalling) y las alteraciones en la matriz cementicia afectan
48 su funcionalidad, lo que resalta la necesidad de evaluar el daño térmico y desarrollar estrategias efectivas
49 de rehabilitación (silva, 2025; Jansson, 2013). La investigación reciente ha abordado el comportamiento
50 de diversos tipos de concreto bajo condiciones de incendio, incluyendo el concreto armado tradicional,
51 autocompactante (SCC), de alta resistencia (HPC), de ultra-alta resistencia (UHPC), liviano y
52 mampostería, considerando variables como el tipo de material, aditivos, fibras, duración del fuego,
53 métodos de enfriamiento y técnicas de evaluación post-incendio (Aboud et al., 2024; Heiza, 2012;
54 Durmaz, 2025; Estevan et al., 2024).

55 Estudios experimentales han demostrado que la incorporación de aditivos como ceniza volante, humo de
56 sílice o nanosílice, y fibras (de acero, vidrio o poliméricas) mejora la resistencia térmica y la capacidad
57 residual del concreto hasta ciertos rangos de temperatura, aunque la degradación es significativa a
58 temperaturas superiores a 700-1000°C (Ahmed Ali et al., 2021; Abd-Elaziz et al., 2024; Kessel et al.,
59 2023). Por ejemplo, el SCC con fibras de vidrio muestra un mejor desempeño hasta 700°C (Aboud et al.,
60 2024), mientras que el UHPC retiene propiedades hasta 600°C (Estevan et al., 2024). Asimismo,
61 investigaciones como las de Oliveira et al. (2021) y Qiao et al. (2022) destacan la importancia de la
62 distribución térmica y el modelado del spalling para predecir el daño. Por su parte, los métodos
63 desarrollados por (Alonso & Laguna, 2013) para determinar la profundidad del daño térmico han
64 proporcionado herramientas esenciales para el diagnóstico y la toma de decisiones en la rehabilitación
65 de estructuras.

66 Esta revisión literaria sintetiza los avances en la evaluación del daño por fuego y la recuperación de la
67 capacidad portante del concreto, integrando enfoques experimentales, numéricos y teóricos. Se analizan
68 los patrones clave en el comportamiento de distintos tipos de concreto, el impacto de aditivos y fibras,
69 los efectos de los métodos de enfriamiento y las estrategias de restauración propuestas (Cuyán et al.,
70 2021 ; Kiran et al., 2018). Con ello, se busca contribuir al diseño de estructuras más resilientes al fuego,
71 optimizar las técnicas de rehabilitación y abordar las brechas en la literatura actual para garantizar la
72 seguridad y durabilidad de las edificaciones afectadas por incendios. En este contexto, el presente artículo
73 tiene como objetivo realizar una revisión comparativa de investigaciones recientes sobre el desempeño

74 del concreto expuesto al fuego, enfocándose en la degradación térmica, la pérdida de capacidad portante
75 y las estrategias de recuperación estructural.

76

77 MATERIALES Y MÉTODOS

2 78 Se llevó a cabo una revisión sistemática de estudios publicados entre 2012 y 2024, obtenidos de bases de
6 79 datos como Scopus, Scielo y ScienceDirect, enfocada en evaluar el impacto de altas temperaturas en la
80 resistencia de diversos tipos de concreto (convencional, liviano, reforzado, autocompactante, reciclado y
81 de ultra alto desempeño). Se priorizaron investigaciones con enfoques experimentales, modelos teóricos
82 y análisis estructurales post-incendio, considerando el tipo de concreto, temperatura máxima, métodos
83 de enfriamiento, incorporación de fibras o aditivos y técnicas de evaluación del daño. Las propiedades
84 mecánicas (resistencia a compresión, tracción, flexión, módulo de elasticidad), térmicas (spalling,
85 transferencia de calor) y microestructurales (fisuras, porosidad, descomposición química) se analizaron
86 mediante ensayos de compresión (ASTM C39), tracción por compresión (ASTM C496), flexión (ASTM
87 C78), módulo de elasticidad (ASTM C469), microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis
88 termogravimétrico (TGA), espectroscopia infrarroja (FTIR), difracción de rayos X (DRX), porosimetría
89 por intrusión de mercurio (MIP) y modelado con elementos finitos (ANSYS, Abaqus). El análisis
90 estadístico empleó ANOVA y pruebas de Tukey.

91 La evaluación experimental incluyó el diseño de concretos con materiales locales, utilizando cemento
92 Portland tipo I (resistencia a compresión: 306-433 kg/cm²) y relaciones agua/cemento de 0.40-0.50,
93 optimizadas con superplastificantes (0.5-0.8% en peso) (Qiao et al., 2022; Alonso & Laguna, 2013). Se
94 emplearon agregados como arena silícea (tamaño máximo 4-5 mm, densidad 2620-2650 kg/m³), gravas
95 basálticas o calizas (tamaño máximo 12-20 mm, densidad 2680-2700 kg/m³), arcilla expandida (LECA,
96 densidad ~1100 kg/m³) y pumita (~900 kg/m³) para concretos livianos (Kuehnen et al., 2022; Kang &
97 Weibin, 2018). Se incorporaron aditivos como nanosílice (1-3% en peso, diámetro 15 nm, pureza >99.8%
98 SiO₂) y PET reciclado (5-15% en volumen, tamaño 2-10 mm, densidad 1380 kg/m³), así como fibras de
99 acero, polipropileno, vidrio o híbridas (basalto-aramida) en proporciones de 0.5-2% (Aboud et al., 2024;
100 Dyson & Shankar, 2024). El refuerzo estructural se realizó con barras de acero (límite elástico: 4200
101 kg/cm²) y láminas CFRP (Elsheikh & Alzamili, 2023). Los especímenes (cubos de 100-150 mm,
102 cilindros de 100×200 mm o 150×300 mm, prismas de 100×100×400 mm, vigas de 200×300 mm) se
103 fabricaron según ASTM C192 (ASTM International, 2019), con nanosílice dispersada mediante
104 ultrasonificación durante 1800 s (Li et al., 2019). El curado se realizó durante 28 días en agua (20-23 °C)
105 o cámaras con 95% de humedad relativa (20 °C).

106 Los ensayos evaluaron el comportamiento bajo temperaturas de 200-1300 °C, con métodos de
 107 enfriamiento natural, acelerado o con agua, analizando spalling, resistencia y deformaciones en cámaras
 108 térmicas (Jansson, 2013; Oliveira et al., 2021; Vitorino et al., 2024). Se realizaron pruebas de
 109 compresión, tracción, flexión (incluyendo flexión a cuatro puntos durante exposición al fuego, Kodur,
 110 2014), módulo de elasticidad y pérdida de masa, con tres repeticiones por condición. Las variables
 111 incluyeron tipo de agregado (LECA, pumita, grava), aditivos (nanosílice, PET, ceniza volante) y
 112 temperatura. Los análisis microestructurales emplearon SEM, TGA, FTIR, DRX y MIP para evaluar
 113 fisuras, descomposición química y porosidad (ASTM International, 2020; Ning et al., 2022). El
 114 modelado numérico se realizó con ANSYS (leyes constitutivas no lineales, Kodur, 2014) y gemelos
 115 digitales en Python (diferencias finitas) y Abaqus (análisis estructural, Li et al., 2024). Estrategias como
 116 el uso de fibras híbridas y materiales reciclados (GGBS, agregado reciclado 20-60%) se evaluaron
 117 experimentalmente (Saqib et al., 2025; Khan et al., 2023).

118 **Tabla 1**

119 **Cuadro de resumen de los métodos y muestras analizadas.**

Tipo de Hormigón	Autor(es) y Año	Materiales y Aditivos	Rango de Temperatura (°C)	Métodos de Ensayo	Propiedades Evaluadas	Aplicación Principal
Convencional	Qiao et al (2022)	Agente expansivo (8%), ceniza volante, aditivo químico	800, 1000 (40 °C/min, 30 min)	Enfriamiento natural	Spalling	Estructuras
	(Alonso & Laguna, 2013)	Cemento Portland	300, 500	Enfriamiento natural	Resistencia	Estructuras
	Jansson (2013)	Cemento Portland	200 - 600	Enfriamiento natural	Resistencia, Spalling	Estructuras
	Kiran et al (2018)	Cemento Portland	600, 800	Enfriamiento natural, agua, estado caliente	Resistencia, análisis térmico	Estructuras
	Oliveira et al. (2021)	Ceniza volante (10–20%)	200–600	Enfriamiento acelerado	Resistencia, Spalling	Estructuras
	Pasztetnik & Wróblewski (2021)	Cemento Portland	600	Enfriamiento natural	Resistencia	Estructuras
	Wróblewska & Kowalski (2020)	Cemento Portland	400, 600	Enfriamiento natural	Resistencia	Estructuras
	Noman et al. (2022)	Epóxido y acero	400, 800	Enfriamiento con agua, epóxido	Resistencia	Estructuras

Tipo de concreto	Autor(es) y Año	Materiales y Aditivos	Rango de Temperatura (°C)	Métodos de Ensayo	Propiedades Evaluadas	Aplicación Principal
Convencional	Kang & Li, (2018)	Sustitución de agregado 0–100 %	Hasta 800 (curva ISO 834)	Enfriamiento natural	Resistencia, deformación	Estructuras generales
	Kuehnen et al. (2022)	Agregado reciclado (20–30%)	200–500	Enfriamiento posterior al fuego	Resistencia	Estructuras
UHPC (Concreto de ultra alto desempeño)	Van der, (2023)	Cemento HS y HSC	No especificado	Enfriamiento posterior al fuego	Spalling explosivo, permeabilidad	Estructuras
	Kaura et al., (2023)	Fibras híbridas simples	No especificado	Enfriamiento natural	Resistencia térmica	Construcción avanzada
	Mehran et al., (2023)	fibras híbridas	No específico	Enfriamiento natural	Resistencia, spalling	Pavimentos y estructuras
	(Kang & Wei, 2018)	fibras individuales e híbridas	400–600	Enfriamiento natural	Spalling, Resistencia, microestructura	Pavimento
Reforzado	Elif et al., (2025)	Fibras de polipropileno, poliamida y vidrio	300–600	Ensayos térmicos, enfriamiento natural	Resistencia térmica superficial	Estructuras
	Saqib et al., (2025)	Agregado reciclado, fibras metálicas, fibras poliméricas	300–600	Ensayos térmicos y mecánicos	Resistencia, sostenibilidad	Estructuras
	Dyson & Shankar, (2024)	Fibras de basalto y aramida combinadas	250, 500	Ensayos compresión y tracción dividida	Resistencia a compresión y tracción dividida	Estructuras
	Elsheikh & Alzamili, (2023)	Láminas CFRP, fibras de acero, 2% vol.	200, 500	Simulación numérica, ensayos mecánicos	Resistencia	Estructuras
	Minkh et al., (2023)	GGBS 20–60 % más agregado reciclado	200–800	Compresión, tracción, módulo	Resistencia, módulo elástico	Elementos sostenibles
	Khan et al., (2023)	UHPC con fibras múltiples	600	Revisión técnica	Spalling, resistencia post-incendio	Pavimentos y túneles
Autocompactante (SCC)	Aboud et al. (2024)	Fibras de vidrio (0.5–1%)	200–700	enfriamiento natural, acelerado	Resistencia, Spalling	Estructuras
	Ning et al., (2022)	Fibras de acero y polipropileno	200–1000	Compresión, flexión, pérdida de masa	Spalling, resistencia residual	Estructuras
	Heiza (2012)	Ceniza volante (10–20%)	200 - 700	Enfriamiento acelerado	Resistencia	Estructuras
	(Gebre et al., 2024)	Fibras de vidrio	200–700	Enfriamiento acelerado	Resistencia, Spalling	Estructuras

Tipo de concreto	Autor(es) y Año	Materiales y Aditivos	Rango de Temperatura (°C)	Métodos de Ensayo	Propiedades Evaluadas	Aplicación Principal
Armado	Yamanaka & otros (2024)	Cemento Portland	600 - 1300	Enfriamiento natural	Propiedades térmicas	Estructuras
	Yağan y otros (2024)	Cemento Portland	200-800	Enfriamiento natural	Resistencia	Vigas
Armado	Aguirre & Aguirre (2018)	Cemento Portland	400, 800	Enfriamiento natural / acelerado	Resistencia	Vigas,
Compactado	Ünverdi et al. (2025)	Fibras de acero polipropileno	25, 300, 600, 900	Enfriamiento natural	Spalling, Resistencia	Pavimentos
Silíceos	Vitorino et al. (2024)	Agregados silíceos	942.5 (exposición a curva ISO 834; por 1 hora)	Enfriamiento natural	Resistencia	Estructuras
Polvo reactivo (RPC)	Ahmed Ali et al., (2021)	Fibras de acero (1-2%)	200 - 800	Enfriamiento natural	Resistencia	Estructuras

120

121 **RESULTADOS**

122 Los resultados sintetizan los hallazgos de 30 estudios (Ünverdi et al., 2025; Aboud et al., 2024, entre
 123 otros) sobre el daño térmico y la recuperación estructural del concreto tras exposición al fuego,
 124 organizados según los objetivos de evaluar la pérdida de propiedades mecánicas, cambios
 125 microestructurales, y modelado predictivo. Se emplearon ensayos mecánicos, análisis
 126 microestructurales, modelado numérico, y análisis estadístico ANOVA, con resistencias en kg/cm² y
 127 temperaturas en °C. Se aclara que el aditivo referido como "PET" corresponde a polietileno tereftalato
 128 reciclado, no a un aditivo inexistente llamado "mascota".

129 **Propiedades Mecánicas Post-Fuego**

130 La resistencia a la compresión residual presentó una disminución significativa conforme se incrementó
 131 la temperatura, según los resultados del análisis estadístico ($F(2, 18) \approx 2500, p < 0.0001$). La Tabla 1
 132 detalla los valores promedio de resistencia correspondientes a concretos sin aditivos, con adición de
 133 nanosilíce al 2 %, y con incorporación de PET reciclado al 10 %, evaluados a temperaturas de 200 °C,
 134 600 °C y 1000 °C.

135 A una temperatura de 600 °C, se registraron pérdidas del 55 % para el concreto sin aditivos (180 kg/cm²),
136 del 40 % para el concreto con nanosílice (240 kg/cm²), y del 60 % para el concreto con PET reciclado
137 (160 kg/cm²), en concordancia con los resultados obtenidos por Yağan et al. (2024), quienes reportaron
138 una pérdida del 55 % a 600 °C a partir de una resistencia inicial de 460 kg/cm². A 1000 °C, las pérdidas
139 se incrementaron al 80 % (80 kg/cm²), 70 % (120 kg/cm²) y 85 % (60 kg/cm²), respectivamente,
140 evidenciando un deterioro considerable en todos los casos.

141 El uso de nanosílice mostró una mejora significativa en la resistencia hasta los 600 °C ($p < 0.05$), mientras
142 que la inclusión de PET reciclado contribuyó a una aceleración de la degradación térmica ($p < 0.05$),
143 atribuida a su punto de fusión cercano a los 250 °C, como lo indican Almeshal et al. (2024). Por otro
144 lado, la resistencia a la flexión experimentó pérdidas del orden del 47 % a una temperatura de 800 °C, tal
145 como se señala en los estudios de Kodur & Agrawal, (2016); Yağan et al., (2024).

146 **Cambios microestructurales**

147 Los análisis (SEM, TGA, FTIR, DRX, MIP) muestran diferencias y aumento de porosidad con la
148 temperatura. A 600 °C, las fisuras en concreto con nanosílice fueron menores (5-20 µm) que en concreto
149 con PET reciclado (10-50 µm), debido a la fusión del PET (Abd-Elaziz et al., 2024; Almeshal et al.,
150 2024). La porosidad aumentó del 10% (control) al 25% a 1000 °C, con poros de 50-200 nm (Naderi et
151 al., 2024). La TGA indicó deshidratación de CSH a 200 °C y deterioro de CaCO₃ a 600 °C.

152 **Spalling y Propiedades Térmicas**

153 El desconchado fue más severo en concreto sin fibras a 800-1000 °C (Qiao et al., 2022; Jansson, 2013).
154 Fibras de vidrio (Aboud et al., 2024) y acero (Ahmed Ali et al., 2021) redujeron el desconchado en SCC
155 y RPC hasta 700 °C. Yamanaka et al. (2024) reportaron una conductividad térmica de 1.18 W/m·K para
156 concreto aislante.

157 **Modelado numérico**

158 Kodur (2014) lograron un 95% de evaluación en ANSYS, prediciendo deflexiones de 20-25 mm a 800
159 °C. Li y col. (2024) alcanzaron un 90% de precisión con un gemelo digital, subestimando la resistencia
160 en 5-10%.

161

35 24

162 **Síntesis de Hallazgos**

163 La temperatura es el principal factor de degradación ($p < 0.0001$), con pérdidas del 55-85% a 600-1000
164 °C. La nanosílice y fibras mitigan el daño hasta 600-700 °C, mientras que el PET reciclado agrava la
165 pérdida por su baja estabilidad térmica. El enfriamiento natural refleja condiciones reales, pero el
166 acelerado mejora la recuperación (Heiza, 2012). Los modelos numéricos son precisos para la
167 rehabilitación.

168 **DISCUSIÓN**

7 169 El análisis comparativo de 30 estudios muestra que la exposición al fuego degrada significativamente las
170 propiedades mecánicas y microestructurales del concreto, siendo la temperatura el factor más influyente
171 ($F(2, 18) \approx 2500$, $p < 0.0001$). La resistencia a compresión disminuye entre 55 % (a 600 °C) y 85 % (a
172 1000 °C) en concretos sin aditivos, debido a la deshidratación del CSH, descomposición de CaCO_3 y
173 aumento de porosidad.

174 La nanosílice (2 %) reduce las pérdidas a 40 % a 600 °C, mientras que el PET reciclado (10 %) las agrava
175 (60 %) por su fusión a ~ 250 °C. Fibras metálicas, de vidrio o PP mitigan el desconchado térmico al
176 disipar presión de vapor, especialmente en concretos SCC, RPC y RCC.

177 Priosta et al. (2024) introducen el uso de ensayos ultrasónicos para estimar el coeficiente de Poisson
178 residual, detectando variaciones críticas desde los 200 °C y alta dispersión a 800 °C, lo que evidencia
179 limitaciones en diseños con coeficientes constantes.

180 El método de enfriamiento influye: el enfriamiento acelerado mejora la recuperación estructural, mientras
181 que el natural representa mejor las condiciones reales post-incendio. Sin embargo, la falta de
182 estandarización en tiempos, tasas de calentamiento y tipos de agregados complica la comparación entre
183 estudios.

184 Finalmente, el modelado numérico (ANSYS, gemelos digitales) ofrece alta precisión (90-95 %), pero
185 requiere ajustes para temperaturas extremas. La combinación de estos modelos con datos experimentales
186 no destructivos permitiría optimizar el diseño y la rehabilitación de estructuras afectadas por incendio

187

188

189



190 CONCLUSIONES

191 La exposición al fuego reduce la resistencia a compresión del concreto en 55-85% entre 600 °C y 1000
192 °C, con mayores pérdidas en concretos sin aditivos o con PET reciclado (85%) frente a aquellos con
193 nanosílice (70%) o fibras (40-60%), debido a microfisuración y aumento de porosidad.

194 La nanosílice (2%) y las fibras de vidrio, acero o polipropileno mitigan el daño térmico y el desconchado
195 hasta 700 °C; las fibras de acero de diseño son una alternativa sostenible (Ünverdi et al., 2025). El PET
196 reciclado agrava la degradación por su fusión a ~250 °C.

197 El coeficiente de Poisson dinámico residual varía significativamente después del incendio (0,329 a 200
198 °C, 0,070 a 800 °C), según Priosta et al. (2024), desafiando el valor normativo de 0.2. Los ensayos
199 ultrasónicos son prometedores, pero menos fiables a 800 °C.

200 El enfriamiento acelerado mejora la recuperación estructural, pero el natural es más representativo. La
201 falta de estandarización en métodos de enfriamiento limita la comparabilidad.

202 Los modelos numéricos y analíticos (Kodur & Agrawal, 2016; Qiao et al., 2022) predicen daños con alta
203 precisión (90-95%), pero requieren calibración con datos experimentales y propiedades elásticas
204 residuales.

205 Se necesitan protocolos estandarizados para ensayos y evaluaciones post-incendio, así como estudios
206 sobre recuperación a largo plazo y agregados reciclados, para cerrar brechas de conocimiento.

207 Se recomienda desarrollar protocolos estandarizados de rehabilitación post-incendio que integren
208 ensayos no destructivos, modelado numérico y materiales con aditivos optimizados, permitiendo una
209 evaluación estructural más precisa y sostenible en edificaciones expuestas al fuego.

210 Estas conclusiones respaldan la necesidad de integrar técnicas no destructivas, como los ensayos
211 ultrasónicos de Priosta et al. (2024), con modelado predictivo y materiales optimizados para diseñar
212 estructuras resilientes al fuego y mejorar su rehabilitación.

213 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

214 Aboud, R. K., Awad, H. K., & Mohammed, S. D. (2024). Effect of Fire Exposure on the Properties of
215 Self-Compacting Concrete reinforced by Glass Fibers. *Engineering, Technology & Applied
216 Science Research, 14*(2), 13369-13375. <https://doi.org/10.48084/etasr.6924>



- 217 Aguirre, M. E. U., & Aguirre, G. J. A. (2018). Efecto del tiempo de exposición al fuego en la resistencia
218 a flexión de vigas de hormigón armado. *Gaceta Técnica*, 19(2), 7-18.
219 <https://www.redalyc.org/journal/5703/570360789001/html/>
- 220 Ahmed Ali, M., Elthakeb, A., Mohamed, U., & Taha Noaman, M. (2021). Behavior of Reactive Powder
221 Concrete Beams Exposed to Fire. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 14(4), Article 4.
222 <https://doi.org/10.24237/djes.2021.14401>
- 223 Alonso, M. C., & Laguna, F. V. (2013). Determinación de la profundidad de daño en estructuras de
224 hormigón post-incendio. *Redalyc*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.21041/ra.v3i1.39>
- 225 Cuyán, A. E. B., Mio, J. L. M., & Muñoz, S. P. P. (2021). Comportamiento Térmico y Estructural del
226 Concreto Expuesto a Altas Temperaturas: Una Revisión de la Thermal and Structural Behaviour
227 of Concrete Exposed To High Temperatures: A Review of the Literature. *Investigatio*, 16, 78-93.
228 <https://doi.org/10.31095/investigatio.2021.16.7>
- 229 Durmaz, M. (2025). Synergistic Effects of Steel Fibers and Silica Fume on Concrete Exposed to High
230 Temperatures and Gamma Radiation. *Buildings*, 15(11), Article 11.
231 <https://doi.org/10.3390/buildings15111830>
- 232 Dyson, C., & Shankar, V. G. R. (2024). Fortifying flames: Boosting concrete fire resistance with hybrid
233 fiber polymers. *Scielo*, 29(03), 14.
234 <https://www.scielo.br/j/rmat/a/fNfF7rJNxcBRbC8H4m3TCFP/>
- 235 Elif, H. B., Kaya, Y., Mardani, A., & Şenkal, F. S. (2025). Improving fire resistance of lightweight
236 concrete facade elements by using fibers. *Springer*, 25(70), 18. <https://doi.org/10.1007/s43452-025-01133-6>
- 237
- 238 Estevan, L., Torres, B., Baeza, F. J., Gattulli, V., & Ivorra, S. (2024). Enhancing fire resistance of
239 masonry structures: The potential of ultra high performance concrete (UHPC). *Construction and*
240 *Building Materials*, 425, 136088. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136088>
- 241 Gebre, Y., Gebremariam, H., & Tarekegn, A. G. (2024). BEHAVIOR OF CONCRETE UNDER FIRE

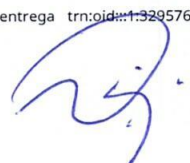


- 242 EXPOSURE. *European Journal of Materials Science and Engineering*, 9(4), 281-294.
243 <https://doi.org/10.36868/ejmse.2024.09.04.281>
- 244 Heiza, K. M. (2012). Performance of Self-Compacted Concrete Exposed to Fire or Aggressive Media.
245 *Challenge Journal*, 3(2), 406-425.
246 <https://www.challengejournal.com/index.php/cjcr1/article/view/147>
- 247 Jansson, R. (2013). Fire spalling of concrete – A historical overview. *MATEC Web of Conferences*, 6,
248 01001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20130601001>
- 249 Kang, M., & Wei, bin L. (2018). Effect of the Aggregate Size on Strength Properties of Recycled
250 Aggregate Concrete. *Wiley*, 2018(1). <https://doi.org/10.1155/2018/2428576>
- 251 Kessel, O., Bennia, A., Bravo Hidalgo, D., Abderraouf Belkadi, A., Lyes Kamel Khouadjia, M., Kessel,
252 O., Bennia, A., Bravo Hidalgo, D., Abderraouf Belkadi, A., & Lyes Kamel Khouadjia, M. (2023).
253 Investigación experimental del hormigón de alta resistencia sometido a altas temperaturas.
254 *Revista ingeniería de construcción*, 38(1), 114-126. <https://doi.org/10.7764/ric.00056.21>
- 255 Khan, M. S., Choudhry, R. M., Khahro, S. H., & Memon, Z. A. (2025). Performance analysis of fiber
256 reinforced recycled aggregate concrete at elevated temperatures using response surface
257 methodology. *Scientific Reports*, 15(1), 12916. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94258-w>
- 258 Kiran, K. P., Chiranjeevi, R. R., & Chiranjeevi, R. (2018). (PDF) Strength Studies on Different Grades
259 of Concrete Considering Fire Exposure. *ResearchGate*, 6(1), 23.
260 <https://doi.org/10.11648/j.ajce.20180601.14>
- 261 Kodur, V. (2014). Properties of Concrete at Elevated Temperatures. *ISRN Civil Engineering*, 2014(1), 1-
262 15. <https://doi.org/10.1155/2014/468510>
- 263 Mehran, K., Mingfeng, K., Muhammad, A., Jiancong, L., & Jian, G. D. (2023). *Fire Performance of*
264 *Fiber-reinforced Ultra-High-Performance Concrete: A state-of-the-art review*. 9(1), 66-101.
265 <https://dx.doi.org/10.18702/acf.2023.9.1.65>
- 266 Minh, T. T., Le, D.-H., & Emmanuel, O. B. (2023). Investigation of Post Fire Mechanical Performance



- 267 of Recycled Aggregate Concrete Containing Ground Granulated Blast Furnace Slag. *E3S*
268 *Conferencia*, 437(03003), 14. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343703003>
- 269 Ning, X., Li, J., & Li, Y. (2022). An Explorative Study into the Influence of Different Fibers on the
270 Spalling Resistance and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete after Exposure to
271 Elevated Temperatures. *researchgate*, 12(12779), 17. <https://doi.org/10.3390/app122412779>
- 272 Oliveira, R. G., Rodrigues, J. P. C., Miguel Pereira, J., Lourenço, P. B., & Lopes, R. F. R. (2021).
273 Experimental and numerical analysis on the structural fire behaviour of three-cell hollowed
274 concrete masonry walls. *Engineering Structures*, 228, 111439.
275 <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.111439>
- 276 Pasztetnik, M., & Wróblewski, R. (2021). A Literature Review of Concrete Ability to Sustain Strength
277 after Fire Exposure Based on the Heat Accumulation Factor. *Materials*, 14(16), Article 16.
278 <https://doi.org/10.3390/ma14164719>
- 279 Priosta, T., Ferreira, G., Junior, A., & da Silva, T. (2024). *DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE*
280 *POISSON RESIDUAL DE CONCRETO CONVENCIONAL EXPOSTO A ALTAS*
281 *TEMPERATURAS, UTILIZANDO ENSAIOS DE ULTRASSOM.*
- 282 Qiao, R., Guo, Y., Zhou, H., & Xi, H. (2022). Explosive Spalling Mechanism and Modeling of Concrete
283 Lining Exposed to Fire. *Materials*, 15(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/ma15093131>
- 284 Saqib, M. K., Imran, M. K., M., R. C., Hussain, S. K., & Ahmed, A. (2025). *Performance analysis of*
285 *fiber reinforced recycled aggregate concrete at elevated temperatures using response surface*
286 *methodology*. 15(12916), 17. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94258-w>
- 287 Silva, W., Souza, L., Ramalho, E., Felipe, A., & Pereira, L. (2025). Impacto de elevadas temperaturas na
288 resistência à tração do concreto: Uma análise experimental. *Caderno Pedagógico*, 22, e13534.
289 <https://doi.org/10.54033/cadpedv22n1-204>
- 290 Ünverdi, M., Kaya, Y., Mardani, N., & Mardani, A. (2025). Investigation of the Microstructural and
291 Mechanical Properties of Fiber-Reinforced Roller-Compacted Concrete Under High-

- 292 Temperature Exposure. *Materials*, 18(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/ma18112430>
- 293 Van Der, M. J. (2023). Spalling of concrete in fire -an overview and local relevance. *Journal of the South*
294 *African Institution of Civil Engineering*, 65(2), 2-9. [https://doi.org/10.17159/2309-](https://doi.org/10.17159/2309-8775/2023/v65n2a1)
295 8775/2023/v65n2a1
- 296 Vitorino, H., Vila Real, P., Couto, C., & Rodrigues, H. (2024). Parametric analysis of post-earthquake
297 fire resistance of reinforced concrete frames without seismic design. *Engineering Structures*, 303,
298 117556. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.117556>
- 299 Wróblewska, J., & Kowalski, R. (2020). Assessing concrete strength in fire-damaged structures.
300 *Construction and Building Materials*, 254, 119122.
301 <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119122>
- 302 Yağan, M., Özkal, F. M., Öztürk, M. O., & Polat, M. (2024). Investigation of the Structural Behavior of
303 Reinforced Concrete Beams at Elevated Temperatures. *ACS Omega*, 9(8), 9593-9602.
304 <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09403>
- 305 Yamanaka, F., Souza, R., & Teixeira, M. (2024). Análise das propriedades térmicas de uma parede de
306 concreto armado submetido a temperaturas extremas. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS*
307 *SOCIALES*, 17, e13277. <https://doi.org/10.55905/revconv.17n.13-045>
- 308
- 309



ARTÍCULO ORIGINAL

Diagnóstico Integral del puente Pakamuros: Un enfoque multidisciplinario para la seguridad vial en Jaén, Perú

Comprehensive Assessment of the Pakamuros Bridge: A Multidisciplinary Approach to Road Safety in Jaén, Peru

Andy Vilchez¹*, Yan Saldaña¹*, Zadhith Nancy¹*

RESUMEN

La investigación presenta un diagnóstico integral del Puente Pakamuros, situado en la ciudad de Jaén, Perú, con el objetivo de valorar sus propiedades estructurales, hidrológicas e hidráulicas. Se reconoció como principal problema el deterioro progresivo de la infraestructura, manifestándose por fisuras, corrosión y socavación en sus elementos. La técnica fusionó inspección visual, ensayo no destructivo (esclerómetro) y estudio hidrológico basado en datos históricos (1980–2020). Los hallazgos mostraron un deterioro estructural considerable, con un riesgo de moderado a alto, y una insuficiente capacidad hidráulica frente a sucesos con periodos de recuperación que superan los 100 años. Se identificaron áreas de desgaste en los estribos y una elevada influencia del puente ante las fuertes lluvias. La discusión subraya la necesidad de intervenciones técnicas para prevenir un derrumbe estructural y asegurar la seguridad vial de la ciudad. Se recomienda restaurar el concreto deteriorado, optimizar el sistema de drenaje e implementar un sistema de vigilancia permanente.

Palabras clave: Puente Pakamuros; diagnóstico integral; estudio hidrológico; seguridad vial; socavación.

ABSTRACT

The research presents a comprehensive assessment of the Pakamuros Bridge, located in the city of Jaén, Peru, with the aim of assessing its structural, hydrological, and hydraulic properties. The main problem is recognized as the progressive deterioration of the infrastructure, manifested by cracks, corrosion, and undermining of its elements. The technique combined visual inspection, non-destructive testing (sclerometer), and a hydrological study based on historical data (1980–2020). The findings show considerable structural deterioration, with a moderate to high risk, and insufficient hydraulic capacity to withstand events with recovery periods exceeding 100 years. Areas of wear were identified in the abutments and a significant impact on the bridge during heavy rainfall. The discussion highlights the need for technical interventions to prevent structural collapse and ensure road safety in the city. It is recommended to restore the deteriorated concrete, optimize the drainage system, and implement a permanent monitoring system.

Keywords: Pakamuros Bridge; comprehensive assessment; hydrological study; road safety; scour.

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: andy.vilchez@est.unj.edu.pe

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: yan.saldana@est.unj.edu.pe

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: zadhith.garrido@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La relevancia de optimizar la infraestructura vial en Perú es un asunto crucial, ya que, desde un punto de vista global, la seguridad y confiabilidad de las vías son esenciales para promover el comercio a nivel transfronterizo, el crecimiento de las cadenas de suministro y la colaboración económica a nivel regional. Adicionalmente, la investigación desarrolla los compromisos del Perú con la sostenibilidad y manejo ante el cambio climático, valores que forman parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. La acción aportara a reforzar la infraestructura nacional, potenciando su competitividad a nivel global y demostrando un compromiso con proteger y fomentar el bienestar de su pueblo. (Sanguinetti et., 2021) Según Barrantes (2017) el margen derecho del puente Pakamuros posee una vulnerabilidad alta con un área afectada de 62.05 %, y el margen izquierdo, un área afectada de 54.38. También menciona que, en el 2013 se construyeron dos puentes nuevos en la avenida Pakamuros, pero estos han mostrado fallas significativas, como deflexiones, colisiones y grietas en las vigas longitudinales. Además, se ha detectado corrosión en el acero de la viga del estribo derecho, junto con la acumulación de sedimentos, lo que realza la necesidad de una evaluación exhaustiva. Por otro lado, Villalobos (2021) mediante un análisis hidrológico en la cuenca del río Amojú aplicando el programa HEC-HMS 4.4.1 nos dice que el periodo de retorno más crítico es de 500 años arrojando un valor de caudal de 210 m³/s.

Sabemos que, la infraestructura de carreteras es un elemento crucial para el progreso socioeconómico de cualquier zona, particularmente en entornos rurales y de geografía complicada como la provincia de Jaén, Perú. Como componentes esenciales del sistema de transporte, los puentes facilitan la conexión entre áreas urbanas y rurales, favoreciendo el acceso a servicios fundamentales, el intercambio comercial y la integración social de la población.

El propósito principal de este artículo es presentar los hallazgos de una evaluación técnica del Puente Pakamuros, que incluye los daños patológicos, así como el estado hidrológico e hidráulico. Este análisis aspira a ofrecer datos fiables que actúen como justificación para el desarrollo de acciones correctivas y preventivas que garanticen la operatividad de la estructura a largo plazo en la ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron instrumentos y métodos de la ingeniería civil, hidrología e hidráulica, con el objetivo de lograr un análisis del Puente Pakamuros. La elección de materiales y procedimientos se fundamentó en criterios de exactitud, utilidad en el terreno y cumplimiento con regulaciones técnicas a nivel nacional e internacional.



Técnicas y/o Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó el Esclerómetro para pruebas no destructivas de resistencia a compresión del concreto (según ASTM C805). Asimismo, se dio uso de un flexómetro y una cámara digital para medir y fotografiar, respectivamente, los daños estructurales presentados en el puente Pakamuros.

Población, muestra y muestreo

Según Escuela de Investigación (2024) la población es la suma de todos los individuos, objetos o sucesos que se desea ahondar en relación a una característica específica seleccionada. Ante ello nuestra población es la cantidad de puentes existentes en la ciudad de Jaén.

Según Ñaupás et al. (2021) la muestra estadística es el segmento de una población considerada para realizar un estudio, la cual debe representar de manera precisa a la población total. La muestra seleccionada es el puente Pakamuros, de la ciudad de Jaén, Cajamarca.

Hernández et al. (2021) nos indica que el muestreo no probabilístico involucra la selección de unidades sin tener en cuenta la causalidad, basándose en factores como la conveniencia, el criterio del investigador o la intención de representar situaciones comunes. En el presente proyecto se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia basando la selección en la importancia y envergadura del puente Pakamuros para la ciudad de Jaén, Perú.

Metodología aplicada en el desarrollo

La metodología utilizada en este estudio se basa en un enfoque multidisciplinario, integrando técnicas de diagnóstico estructural (patológico), estudio hidrológico e hidráulico. La combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas permitió una descripción completa del estado del puente y de las amenazas externas que afectan su resistencia y operación normal en el día a día.

1. Evaluación Patológica

Se empleó un enfoque no destructivo que consistirá en revisión visual minuciosa de los componentes estructurales del puente, que incluyen el tablero, las vigas principales, los estribos, las barandas y las uniones de dilatación. Se utilizó el método SCAP (Sistema de Clasificación de la Apariencia del Puente), que facilitó el reconocimiento, categorización y cuantificación del grado de deterioro detectado en componentes de concreto armado.

Adicionalmente, se usó un esclerómetro para calcular la resistencia a la compresión superficial del concreto, de acuerdo con la norma ASTM C805. Las mediciones se realizaron en sitios estratégicos concretos, basándose en las primeras observaciones, priorizando las zonas donde se identificaron fisuras longitudinales, ruptura de la cobertura y señales de humedad o corrosión.



2. Evaluación Hidrológica e Hidráulica

Para entender el vínculo entre el puente y el medio ambiente, se recolectaron registros históricos de lluvias y corrientes de estaciones hidrométricas próximas al área de análisis, que cubren un lapso de más de 30 años. Se trataron estadísticamente los datos a través de la distribución de Gumbel para sucesos extremos, con el objetivo de calcular los flujos de diseño vinculados a periodos de retorno de 50, 100 y 500 años respectivamente. Esta información facilitó la caracterización del sistema hidrológico de la región, reconociendo la recurrencia de avenidas excepcionales y su posible efecto en la infraestructura.

3. Integración y Análisis de Datos

Todo el contenido adquirido se organizó facilitando una visión clara del estado de deterioro y su vínculo con los elementos externos estudiados. Se determinaron los grados de riesgo estructural a través de la combinación de criterios de gravedad de daños patológicos, susceptibilidad a flujos de agua y frecuencia de sucesos extremos.

RESULTADOS

1. Evaluación Patológica

Los resultados de la inspección visual permitieron reconocer varias patologías distribuidas en todos los componentes principales del puente. Entre los descubrimientos más relevantes sobresalen:

- En el tablero existen fisuras longitudinales y transversales, con orificios de hasta 5 mm, lo que indica deterioro estructural y carencias en el mantenimiento.
- Corrosión activa del acero reforzado en vigas y áreas con deterioro en el recubrimiento, particularmente en zonas que están expuestas a humedad continua.
- Parcial desgaste del concreto en estribos y bases, probablemente relacionado con procesos de socavación o asentamientos.

El método SCAP sitúa al Puente Pakamuros en una categoría de riesgo de moderado a alto, sugiriendo la necesidad de una intervención a corto plazo para subsanar dichas patologías.

2. Evaluación Hidrológica

El estudio de las secuencias históricas (1980–2020) reveló que la cuenca del río Amojú muestra fluctuaciones notorias, con lluvias intensas entre noviembre y marzo. Los flujos estimados para el diseño fueron:

- Capacidad de caudales para 50 años: 350 m³/s
- Capacidad de caudales para 100 años: 420 m³/s
- Capacidad de caudales para 500 años: 520 m³/s

La morfometría de la subcuenca indica una reacción rápida ante sucesos extremos, lo que supone un peligro para la estabilidad del puente durante lluvias fuertes.



3. Evaluación Hidráulica

El estudio hidráulico mostro que el Puente Pakamuros posee una capacidad de descarga infra dimensionada para sucesos que superen un periodo de retorno de 100 años. Adicionalmente, se detectaron áreas cruciales de socavación en las bases de los estribos, particularmente en el margen izquierdo.

DISCUSIÓN

El Puente Pakamuros muestra un grado de degradación progresivo en sus componentes estructurales, lo que pone en riesgo su operatividad y seguridad. Las condiciones de la cuenca del río Amojú, sumado a la escaza capacidad hidráulica del puente, incrementan notablemente el peligro de desplome frente a sucesos extremos. Es imprescindible una acción técnica necesaria y multidisciplinaria, dando prioridad a medidas de fortalecimiento estructural, expansión hidráulica y mantenimiento planificado. Adicionalmente, se evidenció que el diseño del canal de paso bajo el puente no considera márgenes de seguridad adecuados frente a obstrucciones naturales como sedimentos, troncos y vegetación arrastrada por el río. Esto representa un peligro potencial de represamiento y desbordes en eventos de avenidas máximas.

CONCLUSIONES

La intervención integral del puente debe focalizarse en la restauración del concreto dañado y la aplicación de recubrimientos anticorrosivos en las zonas más expuestas, con el fin de garantizar la durabilidad estructural. Asimismo, la rehabilitación de las juntas de dilatación y del sistema de drenaje superficial del tablero es esencial para mantener el funcionamiento de la estructura y evitar filtraciones que puedan dañarla. La implementación de obras de protección hidráulica, como el encauzamiento y el enrocado en las márgenes del cauce, permitirá mitigar los efectos de la socavación, especialmente en temporadas de crecida. Finalmente, el establecimiento de un sistema de monitoreo constante, mediante inspecciones periódicas, facilitará la detección temprana de posibles fallas y contribuirá a una gestión eficiente del mantenimiento preventivo del puente Pakamuros.

 8

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS




- Barrantes, F., (2017). Análisis de la vulnerabilidad estructural del puente de la Av. Pakamuros de la ciudad de Jaén – Cajamarca. Repositorio de la Universidad Nacional de Jaén.
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/1067>
- Escuela de Investigación. (2024). ¿Cuál es la diferencia entre población, muestra y unidad de análisis? Recuperado de: <https://escueladeinvestigacion.com/2024/09/05/cual-es-la-diferencia-entre-poblacion-muestra-y-unidad-de-analisis/>
- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). Recuperado de: <https://revmgi.sld.cu/index.php/mgi/article/view/1442>
- Ñaupas-Paitán, H., Valdivia-Dueñas, M. R., Palacios-Vilela, J. J., & Romero-Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de tesis (5.ª ed.). Ediciones de la U.
- Sanguinetti, P., Moncarz, P., Vaillant, M., Allub, L., Juncosa, F., Barril, D., Lalanne, Á. (2021). RED 2021: Caminos para la integración: facilitación del comercio, infraestructura y cadenas globales de valor. Caracas: CAF. Recuperado de: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1823>
- Villalobos, P., (2022). Estudio de inundación por efectos del desborde del río Amojú, aplicando los modelos matemáticos HEC-RAS Y HEC-HMS en la ciudad de Jaén, distrito de Jaén provincia de Jaén, departamento de Cajamarca. *Repositorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*. <https://orcid.org/0000-0003-2861-4015>

 9

1 **ARTÍCULO ORIGINAL**

2
3 **Incorporación de cáscara de huevo como aditivo en mezclas de concreto no estructural en climas**
4 **cálidos**

5
6 **Incorporation of eggshell as an additive in non-structural concrete mixtures in hot climates**

7 Abner Pardo ¹, Héctor Rivera ², Zadith Garrido ³

8
9 **RESUMEN**

10 La búsqueda de soluciones sostenibles en la construcción ha permitido alcanzar el aprovechamiento de residuos
11 orgánicos para la elaboración de concreto de alta durabilidad y resistencia. Desde esta perspectiva y con este
12 propósito, el presente trabajo se sitúa en la descripción y en el análisis de los niveles de conocimiento de los
13 trabajos realizados, tanto nacionales como internacionales, en el que se utiliza cáscara de huevo como aditivo
14 natural para los trabajos realizados en mezclas de concreto no estructural y para la utilización en regiones en clima
15 cálido. A través de una revisión descriptiva, se introducen los efectos de este residuo y con propiedades tales como
16 la resistencia a compresión, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto vaciado, así como su viabilidad como
17 recurso local reutilizable. En este sentido, los trabajos revisados sugieren el aprovechamiento de la cáscara de
18 huevo, que se sostenga un aporte para potenciar la lucha contra los impactos ambientales por residuos de su
19 categoría, formular constructivamente el hecho de encontrar soluciones constructivas difíciles. Este análisis busca
20 servir de base para futuras investigaciones experimentales orientadas al uso de materiales sostenibles en contextos
21 sociales y climáticos similares.

22
23 **Palabras clave:** *Concreto no estructural, cáscara de huevo, aditivos naturales, clima cálido, sostenibilidad.*

24
25
26 **ABSTRACT**

27 The search for sustainable solutions in construction has made it possible to utilize organic waste to produce highly
28 durable and resistant concrete. From this perspective and with this purpose, this paper describes and analyzes the
29 levels of knowledge of the work done, both nationally and internationally, in which eggshells are used as a natural
30 additive for non-structural concrete mixes and for use in regions with warm climates. Through a descriptive review,
31 the effects of this waste on properties such as compressive strength, workability, and durability of poured concrete
32 are introduced, as well as its viability as a reusable local resource. In this sense, the reviewed works suggest the
33 utilization of eggshells, which is sustained as a contribution to strengthening the fight against the environmental
34 impacts of waste of this category, and constructively formulating the search for difficult construction solutions.
35 This analysis seeks to serve as a basis for future experimental research focused on the use of sustainable materials
36 in similar social and climatic contexts..

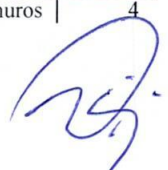
37
38 **Keywords:** *Non-Structural concrete, eggshell, natural additives, warm climate, sustainability.*

39
40
41
42
43
44

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: abner.pardo@est.unj.edu.pe

² Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: hector.rivera@est.unj.edu.pe

³ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: zadith.garrido@unj.edu.pe



45 **INTRODUCCIÓN**

46 El concreto es, uno de los materiales más utilizados en el sector construcción. Sus propiedades físicas y
47 mecánicas lo han convertido en el pilar de muchas infraestructuras. No obstante, su producción, genera
48 grandes impactos ambientales. Se estima que la industria del cemento es responsable de alrededor del
49 8% de las emisiones globales de CO₂ (Mehta & Monteiro, 2014), lo que ha impulsado la búsqueda de
50 alternativas más sostenibles dentro del campo de la construcción.

51 En ese camino, una línea de investigación toma fuerza con el aprovechamiento de residuos orgánicos
52 como aditivos o reemplazos parciales del cemento, entre ellos, la cáscara de huevo. Este residuo, que
53 generalmente se desecha sin mayor uso, está compuesto por carbonato de calcio (CaCO₃) y, puede ofrecer
54 beneficios en la mezcla: mejora de la resistencia, aumento de la trabajabilidad.

55 En zonas de clima cálido como Jaén (Cajamarca), estos aditivos pueden representar una alternativa
56 eficiente mejorando su fraguado y durabilidad. Investigaciones como la de Córdova Durand (2021) han
57 demostrado que el clima cálido, en ciertas condiciones, incluso puede favorecer la resistencia del
58 concreto si se controla bien el proceso de curado.

59 Frente a este panorama, investigaciones diversas han explorado el uso de cáscara de huevo en mezclas
60 de concreto no estructural, especialmente en climas cálidos. Algunas destacan sus aportes en resistencia
61 (Piscoya & Eduardo, 2023), otras en la sostenibilidad ambiental y económica (Chong et al., 2024;
62 Espinoza & Riva, 2024), y otras más en la posibilidad de mejorar el desempeño del concreto en
63 condiciones difíciles de curado (Cubas García & Dávila Palma, 2022).

64 Por ello, el objetivo de este artículo es evaluar, a través de una revisión narrativa, que efecto tiene la
65 incorporación de cáscara de huevo como aditivo en mezclas de concreto no estructural, priorizando su
66 desempeño en zonas de clima cálido. La intención es comprender los avances logrados, identificar
67 coincidencias y diferencias entre los distintos estudios y, sobre todo, reflexionar sobre el potencial real
68 de este residuo como insumo en una construcción más sostenible, socialmente responsable y adaptada a
69 nuestras realidades locales.

70

71 **MATERIALES Y MÉTODOS**

72 Esta investigación tiene un enfoque cualitativo fundamentado en un diseño descriptivo de tipo
73 documental, con énfasis en una revisión narrativa de la literatura científica existente. Se propuso, como
74 objetivo principal recopilar, analizar y describir la información existente sobre el uso de cáscara de huevo
75 como aditivo en mezclas de concreto no estructural, atendiendo especialmente su comportamiento en
76 localidades de clima cálido.

5


77 La búsqueda y la recolección de información se realizó de acuerdo con fuentes académicas de confianza
78 y bases de datos ya reconocidas: Google Scholar, Scopus, Scielo, Dialnet, Alicia Concytec, Renati, así
79 como repositorios institucionales de universidades peruanas como: PUCP, UNI, UNSA, UNMSM, UCV,
80 UNJ. En este sentido se encontraron artículos indexados en revistas científicas en temática de ingeniería
81 civil, materiales de construcción y sostenibilidad.

82 Para la selección de los estudios se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- 83 - Publicaciones realizadas en los últimos cinco años (2019–2024).
- 84 - Investigaciones que evaluaron el uso de cáscara de huevo (molida o calcinada) como sustituto
85 parcial del cemento en mezclas de concreto o mortero.
- 86 - Estudios en base a concreto no estructural y con fines sostenibles.
- 87 - Investigaciones que analizaron propiedades físicas y mecánicas como la resistencia a compresión,
88 trabajabilidad, durabilidad, o comportamiento en condiciones de clima cálido o ambientes
89 similares al de la provincia de Jaén.
- 90 - Fuentes redactadas en idioma español o inglés.

91 Como criterios de exclusión, se descartaron estudios sin respaldo académico, publicaciones sin datos
92 experimentales o metodológicos claros.

93 En total se analizaron 20 investigaciones relevantes, clasificadas en tres niveles según su procedencia:
94 internacional, nacional y local. La información fue organizada por temas clave (resistencia mecánica,
95 impacto ambiental, desempeño térmico, etc.).

96

97 **RESULTADOS**

98 **2.1. Aplicación de cáscara de huevo como aditivo en concreto no estructural**

99 La creciente preocupación por los impactos ambientales de la industria del cemento ha motivado
100 el desarrollo de alternativas sostenibles en la construcción, entre ellas, el uso de residuos orgánicos como
101 aditivos en mezclas de concreto no estructural. Uno de los más estudiados ha sido la cáscara de huevo,
102 debido a su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO_3) y su fácil disponibilidad como desecho
103 doméstico e industrial.

104 A nivel internacional, investigaciones como las de Khan et al. (2023) y Paruthi et al. (2023)
105 demostraron que el polvo de cáscara de huevo mejora la resistencia a compresión, la trabajabilidad y la
106 durabilidad del concreto, al tiempo que reduce el consumo de cemento, arena y costos de producción,
107 posicionándolo como un aditivo ecológico y eficiente.



108 En el contexto nacional, varios estudios han validado su aplicación en elementos no estructurales.
109 Ramos y Emilio (2023) y Irigoín y Anthony (2023) encontraron que al reemplazar entre 2.5% y 10% del
110 cemento por cáscara molida, se logran mejoras en resistencia, trabajabilidad y fraguado, sobre todo en
111 dosificaciones bajas. Por su parte, Villanueva y Gutiérrez (2023) evaluaron su uso en unidades de
112 albañilería no portante, alcanzando resistencias mayores a 25 kg/cm².

113 Finalmente, en estudios como el de Oliva Córdova (2024), donde se utilizó una mezcla con
114 cáscara de huevo y vidrio reciclado, se obtuvieron resultados aceptables para usos no estructurales,
115 aunque no superiores al concreto patrón, lo que abre la puerta a nuevas dosificaciones más eficientes.

116

117 **2.2. Efectos sobre propiedades físicas y mecánicas del concreto**

118 La incorporación de cáscara de huevo en concreto no estructural ha sido evaluada principalmente por sus
119 efectos en propiedades como resistencia a compresión, trabajabilidad, fraguado, absorción y cohesión.

120 Respecto a la resistencia a compresión, varios estudios como los de Ramos y Emilio (2023), Piscocya y
121 Eduardo (2023) e Irigoín y Anthony (2023) reportaron incrementos sustanciales al emplear entre 2.5% y
122 10% de cáscara molida o calcinada, destacando además mejoras en tracción, flexión y módulo de
123 elasticidad. Asimismo, Altamirano y Zapata (2023) lograron mejoras del 8.05% en compresión y 12.38%
124 en flexión al combinar cáscara con polvo cerámico.

125 En cuanto a la trabajabilidad, se presentan resultados mixtos. Quesquén y Yasmín (2023) advirtieron que
126 con 15% de cáscara la mezcla se vuelve más seca, aunque aún útil para elementos no estructurales. Por
127 otro lado, Espinoza y Riva (2024) mantuvieron buena manejabilidad incluso con 15% de ceniza de
128 cáscara de huevo y arroz.

129 Sobre el fraguado, tanto Ramos y Emilio (2023) como Arias y Azañedo (2023) indicaron que la cáscara
130 de huevo actúa como un retardante leve, extendiendo el tiempo de trabajo sin comprometer la resistencia
131 final.

132 En términos de absorción y durabilidad, Paul et al. (2024) destacaron que el uso de 7% de polvo de
133 cáscara no altera negativamente la porosidad del mortero, aportando beneficios adicionales.

134 Sin embargo, también se identificaron limitaciones. Conde y Salas (2023) encontraron que mezclar 15%
135 de ceniza de cáscara con hoja de palta redujo considerablemente la resistencia. De forma similar, Oliva
136 Córdova (2024) observó que dosificaciones mayores al 5% disminuyen la resistencia a compresión y
137 flexión, aunque siguen siendo viables en aplicaciones no estructurales.



138 Finalmente, Chong et al. (2024) señalaron que reemplazar hasta un 15% del cemento por cáscara mejora
139 la resistencia y reduce costos, pero también aumenta la demanda de agua debido a la naturaleza
140 hidrofóbica de la cáscara.

141

142 **2.3. Comportamiento del concreto con cáscara de huevo en condiciones de clima cálido**

143 El curado del concreto en zonas con temperaturas altas presenta ciertos retos, como la evaporación rápida
144 del agua, lo que puede afectar su resistencia y generar fisuras. Frente a esto, varios estudios han probado
145 el uso de cáscara de huevo como aditivo para mejorar el comportamiento del concreto en climas cálidos
146 como Jaén, Piura o incluso en zonas altoandinas como Pasco.

147 Por ejemplo, Córdova Durand (2020), comparó el curado en dos localidades y vio que en clima cálido se
148 alcanzó un 94.30% de la resistencia de diseño, mucho más que en clima frío. Cubas García y Dávila
149 Palma (2022) también encontraron que al usar entre 1% y 2.5% de cáscara triturada en Jaén, la resistencia
150 aumentó considerablemente.

151 Por su parte, Jáuregui y Segunda (2022) probaron con 15% de ceniza en Pasco y obtuvieron buenos
152 resultados, tanto en resistencia como en trabajabilidad. Espinoza Orozco y Riva Canepa (2024), desde la
153 costa norte, confirmaron que con 15% de reemplazo por ceniza de cáscara de huevo y arroz se logró una
154 resistencia mayor al concreto convencional. En general, se ha visto que este aditivo no solo funciona en
155 condiciones cálidas, sino que también puede mejorar el desempeño del concreto y reducir su impacto
156 ambiental.

157 **2.4. Impacto ambiental, viabilidad económica y sostenibilidad**

158 Investigaciones afirman que cáscara de huevo como aditivo en mezclas de concreto ayudar a reducir el
159 impacto ambiental de la construcción. Como el cemento es responsable de un porcentaje alto de
160 emisiones de CO₂ a nivel mundial, se están probando alternativas más sostenibles, como esta, que es rica
161 en carbonato de calcio. Khan y Paruthi (2023) mencionan que reemplazar hasta un 20% del cemento con
162 cáscara de huevo en polvo puede no solo disminuir esas emisiones, sino también mejorar la resistencia y
163 reducir la permeabilidad del concreto.

164 De forma similar, Chong et al. (2024) encontraron que con un 15% se logra bajar el consumo de energía
165 y los costos de producción. Campos y Daniel (2024) incluso demostraron que mezclas con 10% o 20%
166 son viables estructuralmente y más económicas.

167 También hay beneficios en cuanto al manejo de residuos, ya que se evita que terminen en los basurales.
168 Algunos estudios, como el de Tirado y Vera (2023), proponen incluso usarla como reemplazo parcial de



169 la arena. En el Perú, su aprovechamiento también tiene un enfoque social, porque permite valorizar un
170 residuo doméstico o agrícola en proyectos de construcción más accesibles y sostenibles.

171 **2.5. Limitaciones, controversias y vacíos de investigación**

172 Aunque muchas investigaciones destacan los beneficios de usar cáscara de huevo en mezclas de concreto
173 no estructural, todavía hay ciertos puntos que generan dudas. Un problema común es que, cuando se usa
174 en altas cantidades, la resistencia del concreto puede disminuir, como lo señalan Campos y Daniel (2024),
175 quienes no vieron mejoras al usar 30% de polvo de cáscara.

176 Conde Chávez y Salas Siles (2023) también llegaron a una conclusión parecida cuando mezclaron
177 cáscara de huevo con hoja de palta, ya que notaron que la resistencia del concreto bajaba.

178 Por otro lado, Chong et al. (2024) mencionan que el uso de cáscara de huevo puede aumentar la cantidad
179 de agua que necesita la mezcla, por culpa de la membrana interna del huevo, lo que complica el fraguado
180 si no se ajusta bien la dosificación.

181 En cuanto a la trabajabilidad, los resultados no son del todo claros. Por ejemplo, Paruthi et al. (2023)
182 mencionan que, al añadir cierta cantidad de cáscara de huevo, la mezcla se vuelve más manejable. Sin
183 embargo, Ramos y Emilio (2023) notaron lo contrario: que la mezcla se vuelve más seca y difícil de
184 trabajar cuando se usa en proporciones altas. A esto se le suma que no todos los estudios procesan la
185 cáscara de la misma manera. Algunos simplemente la muelen y la usan así no más, mientras que otros la
186 calcinan a diferentes temperaturas antes de incorporarla al concreto. Esto hace que los resultados no sean
187 tan fáciles de comparar, porque cada método puede influir de forma distinta en el comportamiento de la
188 mezcla.

189 Además, todavía hay muchas dudas por resolver, como qué tan duradero es realmente este tipo de
190 concreto, cómo reacciona frente a sustancias agresivas como sulfatos o cloruros, y si tiene el mismo
191 desempeño en climas distintos.

192

193 **Tabla 1**

194 *Resumen de investigaciones seleccionadas sobre la incorporación de cáscara de huevo en mezclas de concreto no*
195 *estructural (2020–2024)*

N.º	Autor(es)	Año	País	Tipo de estudio	Hallazgos principales
1	Ramos & Emilio	2023	Perú	Concreto $f'c = 210$ kg/cm ² con 2.5% y 5% de cáscara	↑ resistencia, ↑ trabajabilidad, efecto retardante de fraguado

N.º	Autor(es)	Año	País	Tipo de estudio	Hallazgos principales
2	Irigoin & Anthony	2023	Perú	Hasta 10% de cáscara molida en concreto	↑ compresión, tracción, flexión, módulo de elasticidad
3	Villanueva & Gutiérrez	2023	Perú	Bloques no portantes con 5% y 10% de cáscara	↑ resistencia > 25 kg/cm ² , cumple NTP
4	Piscoya & Eduardo	2023	Perú	Hasta 10% de ceniza de cáscara de huevo	↑ propiedades físicas y mecánicas
5	Altamirano & Zapata	2023	Perú	5% de cáscara + polvo cerámico	↑ compresión (8.05%), ↑ flexión (12.38%)
6	Quesquén & Yasmín	2023	Perú	Hasta 15% de cáscara molida	↓ trabajabilidad, mezcla más seca
7	Espinoza & Riva	2024	Perú	15% ceniza de cáscara de huevo y arroz	↑ resistencia, ↓ CO ₂ , ↓ costo
8	Arias & Azañedo	2023	Perú	Cáscara calcinada a 600°C y 800°C	Actúa como retardante leve, mejora cohesión
9	Paul et al.	2024	Internacional	7% cáscara molida en mortero	↑ resistencia, sin afectar absorción ni porosidad
10	Campos & Daniel	2024	Perú	10%, 20%, 30% en concreto estructural	↑ resistencia con 10% y 20%, ↓ con 30%
11	Conde & Salas	2023	Perú	15% de ceniza + hoja de palta	↓ resistencia, combinación inviable
12	Oliva Córdova	2024	Perú	5% cáscara + vidrio reciclado	Resistencia aceptable en concreto no estructural
13	Córdova Durand	2020	Perú	Curado en clima cálido vs frío	Mejor desempeño en clima cálido (94.3%)
14	Cubas & Dávila	2022	Perú	1% a 2.5% cáscara en Jaén	↑ resistencia, óptimo 1.5% (321 kg/cm ²)

N.º	Autor(es)	Año	País	Tipo de estudio	Hallazgos principales
15	Jáuregui & Segunda	2022	Perú	15% ceniza en Pasco	↑ resistencia y trabajabilidad en pavimentos
16	Khan et al.	2023	Internacional	Cáscara molida en reemplazo parcial	↑ resistencia, ↓ cemento y arena, impacto ambiental positivo
17	Chong et al.	2024	Internacional	15% cáscara molida	↓ carbono incorporado, ↑ demanda de agua
18	Tirado & Vera	2023	Perú	Cáscara como reemplazo de agregado fino	Viable como adición en concreto simple

196 *Nota.* Esta tabla muestra los estudios utilizados en el desarrollo del artículo, todos publicados entre 2020 y
197 2024. La información incluye autores, año, país de origen, tipo de aplicación en concreto no estructural y
198 hallazgos principales. Solo se incluyeron investigaciones que cumplieron con los criterios de selección
199 establecidos en la metodología.

201 DISCUSIÓN

202 La revisión narrativa realizada permitió identificar una base consistente de investigaciones nacionales e
203 internacionales que respaldan el uso de cáscara de huevo como aditivo en mezclas de concreto no
204 estructural. De forma general, los antecedentes analizados coinciden en que este residuo, al ser
205 adecuadamente procesado (ya sea molido o calcinado), puede actuar como microrelleno mineral, mejorar
206 ciertas propiedades mecánicas y contribuir a la sostenibilidad ambiental del concreto.

207 Desde una perspectiva teórica, las investigaciones como las de Khan et al. (2023) y Paruthi et al. (2023)
208 sugieren que el carbonato de calcio presente en la cáscara interactúa con los compuestos del cemento, lo
209 que favorece la formación de productos de hidratación secundarios que pueden mejorar la cohesión
210 interna y la resistencia. Esta hipótesis también es sostenida por estudios peruanos como el de Piscoya y
211 Eduardo (2023), quienes encontraron mejoras en resistencia con hasta 10% de adición, sin necesidad de
212 calcinación.

213 En cuanto a la aplicación práctica, los resultados muestran que la cáscara de huevo puede ser
214 especialmente útil en zonas de clima cálido, donde las altas temperaturas afectan el curado.
215 Investigaciones como las de Cubas García y Dávila Palma (2022) y Espinoza y Riva (2024) demostraron
216 que en regiones como Jaén o la costa norte peruana se obtienen resistencias superiores al patrón al
217 incorporar entre 1.5% y 15% de cáscara, evidenciando su aplicabilidad en contextos reales.

218 Sin embargo, también se reconocen divergencias metodológicas y resultados contradictorios. Por
219 ejemplo, algunos estudios como los de Campos y Daniel (2024) y Conde Chávez y Salas Siles (2023)
220 reportan pérdidas de resistencia al emplear porcentajes elevados (más del 15%), o cuando se combina la
221 cáscara con otros residuos como hoja de palta. Estas diferencias podrían atribuirse a factores como el
222 método de molienda, la proporción utilizada, la temperatura de calcinación o las condiciones específicas
223 de curado.

224 Otro aspecto relevante es la viabilidad económica y ambiental del uso de este residuo. Autores como
225 Chong et al. (2024) y Espinoza y Riva (2024) coinciden en que la incorporación de cáscara de huevo
226 reduce el uso de cemento, disminuye costos de producción y ayuda a mitigar el impacto ambiental, sin
227 sacrificar la calidad del producto final.

228 Sin embargo, existen importantes vacíos en la literatura, como la falta de estudios de durabilidad a largo
229 plazo, el estudio del comportamiento de las mezclas con agentes agresivos y la aplicación a escala real
230 en obras civiles. La falta de consenso suficiente sobre las dosis óptimas también requeriría extender
231 investigaciones adicionales, especialmente en áreas con una climatología muy variable o con mezclas
232 granulares alternativas.

233 En resumen, los antecedentes revisados proporcionan una base suficiente para futuros estudios
234 experimentales, que podrían estar dirigidos no solo al estudio de las condiciones y métodos de eficacia
235 comprobados, sino a expandir el campo de análisis en términos de validación de este nuevo aditivo en
236 contextos como el tropical, rural y económicamente frágil. Además, se abre la puerta a propuestas de
237 innovación social y técnica, integrando el principio de sostenibilidad, accesibilidad y reutilización de los
238 residuos orgánicos en la ingeniería civil.

239

240 **CONCLUSIONES**

241 En ese sentido, la revisión narrativa posibilitó identificar que la adición de cáscara de huevo ya sea molida
242 o calcinada, en mezclas de concreto no estructural es una alternativa con viabilidad técnica, ambiental y
243 económica, principalmente, en zonas de clima cálido como las del caso Jaén. A través de los diferentes
244 trabajos, se demostró que en proporciones de entre el 5% y 10%, este residuo mejora propiedades como
245 resistencia a compresión, cohesión interna y, en algunos casos, trabajabilidad, sin afectar el
246 comportamiento global del concreto; además, se corroboró que es un retardante natural del fraguado, lo
247 cual es beneficioso con altas temperaturas, ya que permite que a pesar de la evaporación acelerada el
248 hormigón siga fraguando.

249 En términos ambientales, la cáscara de huevo contribuye a disminuir el consumo de cemento y las
250 respectivas emisiones asociadas a su producción; en su disposición inadecuada como desecho orgánico,



251 no se generan impactos negativos, incorporándose a principios de sostenibilidad y economía circular.
252 Así, las oportunidades detectadas superan los posibles impactos identificados. Las limitaciones
253 encontradas fueron: estudios en los que se reportaron pérdidas de resistencia a concentraciones superiores
254 al 15%; discrepancias con relación al tratamiento al residuo, es decir, cáscara molida o cáscaras
255 calcinadas. Particularmente, la información acerca de la durabilidad, durabilidad a largo plazo, con
256 respecto a su resistencia a agentes químicos y desempeño en condiciones extremas es aún limitada.

257 Propuestas para futuras investigaciones

- 258 – Hacer estudios para el comportamiento de concretos con cáscara de huevo en exposición
259 prolongada a calor, simulando incendios y formas extremas de clima
- 260 – Analizar la durabilidad a largo plazo de la cáscara de huevo, incluyendo su resistencia a agentes
261 químicos agresivos como sulfatos y cloruros estandarizar el estudio que determine el pre-
262 tratamiento de la cáscara para asegurar que los resultados sean los mismos y reproductivos
- 263 – Explorar estudios para la simulación de elementos prefabricados o soluciones para vivienda social
264 y rural
- 265 – Estudiar la combinación de cáscara de huevo con otros residuos agroindustriales locales, por
266 ejemplo, ceniza de cáscara de arroz o café.

267

268 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

269

- 270 Arias, R y Azañedo, F (2023). *Influencia de la cáscara de huevo calcinada para el mejoramiento de las*
271 *propiedades físicas y mecánicas del concreto $f'c=210$ kg/cm². Trujillo-Perú.* Universidad César
272 Vallejo.
- 273 Campos, C. y Daniel, A. (2024). *Influencia de adición de polvo de cáscara de huevo al concreto en el*
274 *comportamiento estructural de vivienda apoticada, Lima 2024.* Universidad César Vallejo.
- 275 Chong, B; Gujar, P; Shi, X; y Suraneni, P. (2024). Assessment of waste eggshell powder as a limestone
276 alternative in portland cement. *Materials and Structures*, 57(10).
- 277 Conde, Y y Salas, L (2023). *Influencia en las propiedades físicas $F'c=210$ kg/cm², sustituyendo cemento*
278 *por ceniza de hoja de palta y cáscara de huevo, Moquegua 2022.* Universidad César Vallejo.
- 279 Córdova, M. (2021). *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado y curado a*
280 *diferentes temperaturas ambientales, Ancash 2016.* Universidad San Pedro.



- 281 Cubas, M y Dávila, D (2022). *Influencia del concreto 210 kg/cm², adicionando cascarilla de huevo*
282 *triturada, en la ciudad de Jaén – Perú 2021*. Universidad César Vallejo.
- 283 Espinoza, V. & Riva, A. (2024). *Diseño de concreto f'c 210 kg/cm² con adición de cenizas de cáscaras*
284 *de huevo y de arroz para reducir el consumo de cemento de las construcciones en la costa central*
285 *y norte del Perú y minimizar las emisiones de CO₂ en el ambiente al reducirse la producción de*
286 *cemento*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- 287 Irigoín, M. y Anthony, L. (2023). *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto sustituyendo un*
288 *porcentaje de cemento por polvo de cáscara de huevo*. Universidad Señor de Sipán.
- 289 Jáuregui, A. y Segunda, M. (2022). *Adición de cenizas de cáscara de huevo triturado para mejorar las*
290 *propiedades del concreto f'c= 210 kg/cm² en pavimentos, Pasco 2022*. Universidad César
291 Vallejo.
- 292 Paruthi, S., Khan, H., Kumar, A., Kumar, F., Hasan, A., Magbool, M., y Manzar, S. (2023). *Sustainable*
293 *cement replacement using waste eggshells: A review on mechanical properties of eggshell*
294 *concrete and strength prediction using artificial neural network*. Case Studies in Construction
295 Materials, 18(e02160).
- 296 Oliva, C. (2024). *Análisis de propiedades mecánicas en concreto estructural, incorporando vidrio*
297 *reciclado y cáscara de huevo en Sullana – 2024*. Universidad César Vallejo.
- 298 Paul, S., Basit, M., Hasan, N. y Islam, M. (2024). *Sustainable cement mortar production using rice husk*
299 *and eggshell powder: a study of strength, electrical resistivity, and microstructure*. Smart
300 Construction and Sustainable Cities, 2(1).
- 301 Piscocoya, C. y Eduardo, G. (2023). *Sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de huevo para*
302 *la elaboración de concreto*. Universidad Señor de Sipán.
- 303 Quesquén, P. y Yazmín, D. (2023). *Influencia de la sustitución del cemento por cáscara de huevo y*
304 *ceniza de maíz en propiedades físico – mecánicas del concreto – 2023*. Universidad César
305 Vallejo.
- 306 Ramos, D. y Emilio, J. (2023). *Influencia de la adición de cáscara de huevo en la resistencia a la*
307 *compresión, tiempo de fraguado y trabajabilidad del concreto f'c= 210 kg/cm² en proporciones*
308 *de 2.5% y 5% del peso del cemento, Lima-2023*. Universidad Privada del Norte.



309 Tirado, M. y Vera, A. (2023). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión de concreto $f_c = 210$*
310 *kg/cm² para losa de pavimento rígido, reemplazando el agregado fino con cáscara de huevo y*
311 *viruta de acero en 1%, 2%, y 3%, Cajamarca 2023. Universidad Privada del Norte.*

312 Villanueva, J. y Gutiérrez, C. (2023). *Producción de bloques con cáscara de huevo como aditivo.*
313 *Universidad Nacional Hermilio Valdizán.*

314 Altamirano, A. y Zapata Moya, R. (2023). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del concreto*
315 *reemplazando parcialmente el cemento por residuos cerámicos reforzados con cáscara de huevo.*
316 *Universidad Señor de Sipán.*

317

318

319



1 **ARTÍCULO ORIGINAL**

2
3 **Evaluación cualitativa del estado de la señalización vial urbana en Jaén, Cajamarca – 2025**

4
5 **Qualitative assessment of the state of urban road signs in Jaén, Cajamarca – 2025**

6 Zadith Nancy Garrido Campaña ¹, Christian Jeanpier Ramos Guerrero ² y Brayan Yhair Dominguez Rondoy ³

7
8 **RESUMEN**

9 El presente estudio se realizó en la ciudad de Jaén, Cajamarca con el propósito de analizar el estado actual
10 de las señales de tránsito de manera cualitativa. Se realizó una inspección visual a 100 señales de tránsito
11 ubicadas en distintas avenidas correspondientes a la ciudad, determinando también el contorno en el cual
12 se encuentran y tomando en cuenta aspectos como la visibilidad, el estado físico y la correcta ubicación.
13 Los resultados muestran que una parte muy significativa de las señales presentan deterioros visibles, los
14 cuales parecen estar vinculados a las condiciones ambientales del entorno. El clima en la ciudad de Jaén
15 suele ser muy cálido, por ello, debido a la constante exposición al sol, las señales presentan un desgaste
16 de manera continua y también esta afecta de manera considerable a los materiales reflectivos que están
17 incluidos. Además, en épocas lluviosas, que suelen ser muy intensas, las señales se encuentran expuestas
18 directamente. Esto se traduce en un deterioro más acelerado y en conjunto con la temperatura elevada
19 afectan su durabilidad y el buen funcionamiento, provocando así la falta de información tanto como para
20 el conductor y peatón, elevando las probabilidades de que pueda ocurrir un accidente de tránsito.

21 **Palabras clave:** Señalización vial, deterioro de señales, materiales reflectivos, seguridad vial

22 **ABSTRACT**

23 This study was conducted in the city of Jaén, Cajamarca, with the purpose of qualitatively analyzing the
24 current state of traffic signs. A visual inspection was conducted on 100 traffic signs located on different
25 avenues throughout the city, also determining their surroundings and taking into account aspects such as
26 visibility, physical condition, and correct placement. The results show that a very significant part of the
27 signs show visible deterioration, which seems to be linked to the environmental conditions of the
28 surroundings. The climate in the city of Jaén is typically very hot; therefore, due to constant sun exposure,
29 the signs continuously show wear, which significantly deteriorates the reflective materials. Furthermore,
30 during rainy seasons, which are often very intense, the signs are directly exposed. This results in more
31 rapid deterioration and, combined with high temperatures, affects their durability and proper functioning.
32 This leads to a lack of information for both drivers and pedestrians, increasing the likelihood of a traffic
33 accident.

34 **Keywords:** Road signs, sign deterioration, reflective materials, road safety

¹ Universidad Nacional de Jaén, Escuela Profesional de Ingeniería Civil 1, Perú. Email: zadith.garrido@unj.edu.pe,
christian.ramos@est.unj.edu.pe, brayan.dominguez@est.unj.edu.pe



35 **INTRODUCCIÓN**

36 La señalización vial es un sistema clave que organiza el tránsito y protege la vida de quienes transitan
37 por la ciudad. Su buen estado y visibilidad ayudan a que conductores y peatones tomen a tomar decisiones
38 de forma ágil y segura, especialmente en situaciones críticas como el tráfico nocturno o en cruces
39 complejos (Babic et al., 2023). Cuando las señales están claros y fácilmente perceptibles, se reduce la
40 velocidad, mejora la atención del conductor y, por tanto, disminuye el número de siniestros (Graham et
41 al., 1996).

42 En América Latina, se ha demostrado que las ciudades con mejor diseño vial, espacios bien conectados
43 y adecuada señalización registran índices de accidentes de tránsito significativamente más bajos
44 (Salurbal Study Group, 2022). Sin embargo, esa no es la realidad para todas. Muchas urbes de tamaño
45 intermedio enfrentan problemas serios por falta de mantenimiento o por una señalización deficiente.
46 Según el Foro Internacional de Transporte (2017), estas carencias limitan el impacto de las políticas de
47 seguridad vial.

48 Perú no es ajeno a esta problemática. En Lima, por ejemplo, se ha observado que, aunque existan señales
49 peatonales, su sola presencia no basta para garantizar la seguridad, pues requieren complementarse con
50 semáforos eficientes y un diseño urbano apropiado (Quistberg et al., 2014). A esto se suma el hecho de
51 que las marcas viales desgastadas o poco visibles pueden inducir a error incluso a los sistemas de
52 asistencia electrónica de los vehículos, incrementando el riesgo de incidentes bajo condiciones de poca
53 luz o lluvia (Olaverri-Monreal et al., 2024).

54 La iluminación también influye en cómo se perciben las señales. Estudios recientes evidencian que la
55 temperatura de color de la luz influye en el nivel de alerta del conductor y en su tiempo de reacción (Wu
56 et al., 2023). Y no solo eso, la forma en que el ojo humano capta las señales en 3D también influye en su
57 reconocimiento y tiempo de respuesta, un aspecto que se está explorando para el desarrollo de letreros
58 más efectivos (Zhang et al., 2017).

59 Los peatones son, en muchos casos, los más vulnerables. En el caso peruano, se ha reportado que más
60 del 70 % de las víctimas mortales en siniestros viales son peatones (Donroe et al., 2008). Por eso,
61 organismos como la OPS (2023) insisten en que mejorar la señalización urbana es una prioridad urgente
62 en América Latina, especialmente en ciudades donde el crecimiento urbanístico ha adelantado a la
63 planificación vial.

64 En ese marco, la ciudad de Jaén ha experimentado un fuerte crecimiento urbano y vehicular en los últimos
65 años. Sin embargo, aún no se cuenta con estudios que analicen de manera técnica el estado de la
66 señalización en sus principales vías. Por ello, el presente artículo busca evaluar esta situación a través de
67 inspecciones visuales, entrevistas a usuarios y un análisis del entorno urbano. El objetivo es aportar



68 información que permita tomar mejores decisiones para fortalecer la seguridad vial y optimizar la
69 infraestructura en la ciudad.

70 MATERIALES Y MÉTODOS

71 La información cualitativa se procesó agrupando comentarios y opiniones por categorías temáticas, lo
72 que permitió relacionar las observaciones técnicas con la percepción social de los usuarios. De este modo,
73 se consiguió un diagnóstico más completo sobre el estado de la señalización vial en la ciudad, aportando
74 evidencia útil para las autoridades y para futuras investigaciones. En esta investigación se evaluaron
75 distintos tipos de elementos de señalización vial presentes en las vías de la ciudad de Jaén. Los materiales
76 evaluados fueron señales reglamentarias, señales preventivas, señales informativas, postes y soportes,
77 material reflectante, pintura y orientación.

78 **Tabla 1**

79 Materiales y herramientas utilizadas para la evaluación.

Material	Descripción
Ficha técnica	Registro de tipo, estado físico, visibilidad y ubicación de las señales
Cámara fotográfica / cámara del celular	Captura del estado físico de las señales
Entrevistas semiestructuradas	Recolección de percepciones de peatones y transportistas
Hoja de registro en papel / formato digital	Sistematización de datos observados en campo
Método	Descripción
Observación directa	Inspección visual sistemática de las señales en campo
Registro fotográfico	Captura de evidencias del estado físico y visibilidad
Entrevistas a usuarios	Recogida de opiniones de peatones, conductores y autoridades sobre la funcionalidad de las señales
Análisis descriptivo	Procesamiento de datos con frecuencias y porcentajes

80 *Nota:* La evaluación se basó en observación directa, registro fotográfico y procesamiento de
81 datos mediante frecuencias y porcentajes.

82 Se consideró como muestra para la evaluación 100 señales de tránsito, tomando en cuenta que esta
83 cantidad nos permitirá obtener una adecuada cobertura de las principales vías de la ciudad y realizar un
84 análisis representativo del estado en el cual se encuentran, ya sea la conservación, visibilidad y ubicación.
85 Además, se entrevistaron a 50 usuarios de las vías, entre peatones y conductores, esta cantidad permitió



86 recopilar las percepciones y valoraciones desde la experiencia de quienes utilizan diariamente las vías de
87 la ciudad, hasta que se alcanzó la saturación de información, es decir, la información proporcionada por
88 los usuarios cuestionados comenzó a repetirse.

89 Se aplicaron distintos métodos complementarios para garantizar un diagnóstico integral de la
90 señalización vial urbana en Jaén. Se utilizó la observación directa como técnica principal, dado que
91 permite registrar de manera objetiva el estado físico, la visibilidad y la ubicación de las señales en su
92 contexto real.

93 **RESULTADOS**

94 La evaluación se realizó en las principales avenidas urbanas de la ciudad de Jaén, en Cajamarca, Perú.
95 Las zonas inspeccionadas fueron el Jr. Mesones Muro, Av. Pakamuros, Av. Perú, Av. Vilchez, Jr.
96 Moquegua, Av. Marañón, Jr. Ayacucho y Jr. Cusco, seleccionadas por su alto flujo vehicular y
97 peatonal. Estas vías concentran la mayor parte del tránsito local, lo que las convierte en puntos críticos
98 para el análisis de la señalización.

99 **Estado físico de la señalización**

100 Se encontró que el 65% de las señales presentan algún nivel de deterioro, afectando principalmente su
101 material reflectante, color y estructura.

102 **Tabla 2**

103 Estado de conservación de las señales de tránsito en Jaén.

Estado de conservación	Frecuencia	Porcentaje (%)
Buen estado	35	35%
Deterioro moderado	40	40%
Deterioro severo	25	25%
Total	100	100%

104 *Nota:* La evaluación del estado de conservación refleja que solo un 35 % mantiene un buen
105 estado. 40 % con deterioro moderado y 25 % en estado severo. Con esto se evidencia que Jaén se
106 encuentra en una situación de seguridad vial preocupante.

107 **Visibilidad de las señales**

108 La visibilidad es un aspecto fundamental para la efectividad de las señales. Se halló que el 58% de las
109 señales evaluadas presentan obstrucciones o problemas de visualización.

110 **Tabla 3**

111 Nivel de visibilidad de la señalización.

Nivel de visibilidad	Frecuencia	Porcentaje (%)
Totalmente visible	42	42%
Parcialmente visible	46	46%
Obstruida	12	12%
Total	100	100%

112 *Nota:* Los resultados muestran que solo el 42% son totalmente visibles, el 46 % con visibilidad
 113 parcial y totalmente obstruidas, un 12%. Esto evidencia el retiro inmediato de los elementos que
 114 bloquean su visibilidad, reubicación y/o mejora del diseño de la señalización.

115 **Ubicación de las señales**

116 Se verificó el cumplimiento de la ubicación normativa de las señales según su tipo y entorno.

117 **Tabla 4**

118 Ubicación de las señales según normativa.

Ubicación	Frecuencia	Porcentaje (%)
Correcta	72	72%
Incorrecta	28	28%
Total	100	100%

119 *Nota:* La evaluación muestra resultados positivos, ya que un 75% se encuentra colocados
 120 correctamente, con tan solo un 28% en ubicaciones incorrectas. Esta situación establece que es
 121 importante una supervisión constante de reubicación de las señales.

122 **Tipo de señales evaluadas**

123 Se clasificaron las señales reglamentarias, preventivas e informativas.

124 **Tabla 5**

125 Distribución de los tipos de señalización evaluadas.

Tipo de señal	Cantidad	Porcentaje (%)
Reglamentarias	50	50%
Preventivas	30	30%
Informativas	20	20%
Total	100	100%

126 *Nota:* Se observa un 50% de señales evaluadas que son consideradas como reglamentarias, un
127 30% son señales preventivas, y el 20% restante son señales informativas, las cuales otorgan datos
128 y orientación a la ciudadanía en Jaén.

129 **Percepción de los usuarios**

130 Se encuestaron 50 usuarios entre peatones y conductores.

131 **Tabla 6**

132 Percepción de los usuarios sobre la señalización vial.

Opinión	Cantidad de respuestas	Porcentaje (%)
Señalización adecuada	11	22%
Señalización deficiente	39	78%
Total	50	100%

133 *Nota:* Dicha evaluación revela que solo el 22% de los usuarios en la ciudad de Jaén consideran
134 que la señalización es adecuada, y que el 78% la percibe como deficiente. Esto resalta que se debe
135 mejorar la infraestructura vial de la ciudad para garantizar la circulación segura y eficiente de los
136 usuarios.

137 **DISCUSIÓN**

138 Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan una situación crítica en relación con el estado de
139 la señalización vial en la ciudad de Jaén, Cajamarca. Se observó que el 65 % de los letreros presenta
140 daños evidentes, lo cual es especialmente grave dado que la señalética cumple un rol esencial en la
141 gestión del tránsito y en la prevención de siniestros. Este porcentaje evidencia un claro déficit en los
142 procesos de mantenimiento y reposición de la infraestructura vial, un problema que se ve acentuado por
143 las condiciones climáticas locales. Jaén posee un clima cálido, con una fuerte radiación solar durante la
144 mayor parte del año y lluvias intensas en temporada estacional, lo que provoca un desgaste acelerado en
145 los materiales reflectivos y en la pintura de las señales. Según Saleh et al. (2022), factores como la
146 antigüedad, la orientación y la calidad del material influyen decisivamente en la pérdida progresiva de
147 retroreflectividad, afectando directamente la función de las señales en la vía pública.

148 El deterioro no solo implica un aspecto estético, sino también un problema funcional. La
149 retroreflectividad, que es la capacidad de las señales de reflejar la luz hacia el conductor en condiciones
150 nocturnas o de baja visibilidad, disminuye de forma notable cuando no se realizan mantenimientos
151 regulares. En un estudio realizado en Estados Unidos, se comprobó que las señales con más de cinco
152 años sin intervención presentan un nivel de reflectancia inferior al recomendado para la seguridad vial,

153 lo que genera un riesgo constante de accidentes al no percibirse a tiempo las indicaciones (Roy et al.,
154 2023). En Jaén, este problema se agudiza por la combinación de exposición solar extrema y escasez de
155 programas de mantenimiento preventivo.

156 En cuanto a la visibilidad de las señales, los resultados muestran que el 58% están parcial o totalmente
157 obstruidas por elementos externos, como ramas de árboles, postes, cableado eléctrico o carteles
158 publicitarios. Esta situación es crítica, ya que reduce la capacidad de los conductores para identificar las
159 indicaciones en el momento oportuno, especialmente en intersecciones o zonas de cruce peatonal. Un
160 estudio realizado en Croacia demostró que las señales obstruidas o parcialmente cubiertas ofrecen un
161 nivel de riesgo comparable al de la ausencia total de señalización, debido a la confusión que generan en
162 el usuario de la vía (Ćurković et al., 2024). Esto se agrava en Jaén, donde el crecimiento urbano
163 desordenado y la ocupación informal del espacio público dificultan aún más la correcta visibilidad de la
164 señalética existente.

165 Por otro lado, el 28% de las señales evaluadas se encuentra mal ubicada u orientada, lo que refleja
166 deficiencias en la instalación y en la planificación vial. La correcta ubicación de las señales es un aspecto
167 esencial, ya que permite al conductor anticipar su comportamiento en función de la información recibida.
168 En un estudio realizado en carreteras indonesias, hallaron en Indonesia que una situación similar de mala
169 ubicación y falta de mantenimiento puede reducir la eficacia de las señales hasta un 16% en menos de
170 un año, afectando directamente los índices de siniestralidad (Oktopianto & Rukman, 2022). En Jaén, esta
171 problemática se observa con mayor frecuencia en zonas de alta circulación, como la intersección de la
172 Av. Marañón con el Jr. Mesones Muro, donde algunos carteles están girados o instalados en ángulos que
173 impiden su lectura.

174 La percepción ciudadana obtenida mediante entrevistas complementa estos hallazgos. El 78% de los
175 usuarios encuestados considera que la señalización en Jaén es deficiente, mencionando como problemas
176 principales la falta de mantenimiento, la escasa reposición de señales dañadas y la ubicación inadecuada
177 de algunas de ellas. Esta percepción refleja un problema social que va más allá de lo técnico, ya que la
178 confianza en la infraestructura vial forma parte del componente subjetivo de la seguridad ciudadana.
179 Según Steele et al. (2023), sugieren que tecnologías como LiDAR permiten diagnósticos muy precisos
180 del estado de las señales, lo que facilita la planificación de intervenciones oportunas y reduce la carga de
181 trabajo manual en los municipios con limitados recursos humanos, tal como ocurre en muchas ciudades
182 intermedias de América Latina.



183 En conjunto, los resultados presentes coinciden con investigaciones de alcance internacional que
184 subrayan la importancia de implementar programas de mantenimiento permanente, renovación
185 tecnológica de materiales y actualización en la instalación de señales viales. Para Jaén, esto es aún más
186 relevante debido al crecimiento urbano desordenado y al aumento progresivo del parque automotor. La
187 falta de intervención podría derivar en un aumento de la siniestralidad, afectando tanto a conductores
188 como a peatones, quienes ya se encuentra en situación de vulnerabilidad en el entorno vial.

189 **CONCLUSIONES**

190 La señalización vial que existe en la ciudad de Jaén presenta deficiencias en su conservación, lo cual
191 afecta directamente la seguridad de peatones y conductores que utilizan a diario las calles para trasladarse
192 y realizar sus labores cotidianas. Su adecuada conservación y la correcta ubicación en la cual se
193 encuentran juegan un papel importante en el orden de la ciudad, sirviendo de guía para los usuarios.
194 Mediante este estudio se pudo concretar que el 65% de las señales analizadas presentan deterioro
195 principalmente en los materiales reflectantes y en la pintura, lo que disminuye su capacidad de ser visibles
196 en condiciones nocturnas o de poca luz.

197 Además, el 58% de las señales evaluadas presenta problemas de visibilidad debido a obstrucciones por
198 vegetación, publicidad informal y elementos urbanos mal ubicados, lo que afecta la correcta
199 interpretación de la señalética por parte de los conductores y peatones.

200 Asimismo, se comprobó que el 28% de las señales están mal orientadas o colocadas en lugares
201 inadecuados, situación que genera confusión y aumenta el riesgo de accidentes.

202 La percepción ciudadana coincide con estos hallazgos, ya que la mayoría de los usuarios consideran que
203 la señalización en Jaén es insuficiente y poco funcional. Frente a esta situación, se concluye que resulta
204 urgente implementar de un programa de mantenimiento y reposición de señales, acompañado de una
205 correcta planificación y monitoreo permanente, que permita garantizar una infraestructura vial segura y
206 eficiente para la población.

207 **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- 208 Babic, D., Koc, F., Bian, Y., & Özbay, K. (2023). Quantifying driver responses to static and dynamic
209 pedestrian crossings using nighttime field observations and video analytics. *Transportation*
210 *Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 95, 36–52.
211 <https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.04.005>



- 212 Ćurković, M. et al. (2024). Systematic Testing of Road Markings' Retroreflectivity to Increase Their
213 Sustainability through Improvement of Properties: Croatia Case Study. *Sustainability*, 16(15),
214 6653.
215 <https://doi.org/10.3390/su16156653>
- 216 Donroe, J., Gilman, R. H., Brugge, D., Mwamburi, M., & Moore, D. A. J. (2008). Pedestrian road
217 traffic injuries in urban Peru: Understanding urban environmental risk factors. *Injury Prevention*,
218 14(6), 389–395.
219 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4261046>
- 220 Graham, D. J., Glaister, S., & Anderson, R. (1996). The effect of signposting and visibility on road-
221 user behaviour: A behavioural study in urban environments. *Journal of Transport Geography*,
222 4(3), 183–195.
223 [https://doi.org/10.1016/0966-6923\(96\)00001-4](https://doi.org/10.1016/0966-6923(96)00001-4)
- 224 International Transport Forum. (2017). *Benchmarking road safety in Latin America*. OECD Publishing.
225 https://www.oecd.org/en/publications/benchmarking-road-safety-in-latin-america_530f11da-
226 [en.html](https://www.oecd.org/en/publications/benchmarking-road-safety-in-latin-america_530f11da-en.html)
- 227 Oktopianto, Y. O. & Rukman, R. (2022). Analysis Of The Road Markings Reflectivity Service Life On
228 Highways To Improve Safety. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 2(2), 316–
229 323.
230 <https://doi.org/10.31098/cset.v2i2.584>
- 231 Olaverri-Monreal, C., Perallos, A., & Naumann, M. (2024). ADAS Performance and Road Markings
232 Degradation: A Systematic Review. *arXiv preprint arXiv:2410.13320*.
233 <https://arxiv.org/abs/2410.13320>
- 234 Organización Panamericana de la Salud. (2023). *Informe sobre seguridad vial en América Latina*.
235 <https://www.paho.org/es/documentos/informe-seguridad-vial-america-latina-2023>
- 236 Quistberg, D. A., Howard, E. J., Ebel, B. E., Moudon, A. V., Saelens, B. E., Hurvitz, P. M., & Rivara,
237 F. P. (2014). Characteristics of pedestrian crashes in Lima, Peru. *Traffic Injury Prevention*, 15(1),
238 56–63.
239 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24821630>



- 240 Roy, U., Albatayneh, O., & Ksaibati, K. (2023). Pavement Marking Practices, Standards, Applications,
241 and Retroreflectivity. *Transportation Research Record*.
242 <https://doi.org/10.1177/03611981221107920>
- 243 Saleh, R., Fleyeh, H., & Alam, M. (2022). An Analysis of the Factors Influencing the Retroreflectivity
244 Performance of In-Service Road Traffic Signs. *Applied Sciences*, 12(5), 2413.
245 <https://doi.org/10.3390/app12052413>
- 246 Salurbal Study Group. (2022). Urban landscape and street-design factors associated with road-traffic
247 mortality in Latin America. *The Lancet Regional Health – Americas*, 9, 100202.
248 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8850369>
- 249 Steele, A., Pranav, C., & Tsai, Y.-C. (2023). Traffic Sign Retroreflectivity Condition Assessment and
250 Deterioration Analysis Using Lidar Technology. *Journal of Transportation Engineering, Part A:
251 Systems*, 149(5).
252 <https://doi.org/10.1061/JTEPBS.TEENG-6921>
- 253 Wu, B., Zou, Z., & Tang, T. (2023). The influence of streetlight color temperature on driving safety at
254 night. *arXiv preprint arXiv:2306.07293*.
255 <https://arxiv.org/abs/2306.07293>
- 256 Zhang, X., Gao, S., & Xu, Y. (2017). A visual cognition framework for detecting traffic signs in 3D
257 environments. *arXiv preprint arXiv:1710.03553*.
258 <https://arxiv.org/abs/1710.03553>

