



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

PROPUESTA DE DISEÑO DE CONCRETO CON AGREGADO RECICLADO DE ROCA CALIZA PARA LA ELABORACIÓN DE ADOQUINES DE TRÁNSITO VEHICULAR LIGERO

**PROPOSED DESIGN OF CONCRETE WITH RECYCLED
LIMESTONE AGGREGATE FOR THE PRODUCTION OF
LIGHT VEHICULAR TRAFFIC PAVING STONES**

Mg. Castillejo Melgarejo, Raúl Edgar

Universidad Nacional del Santa, Perú

Dr. Reyes Roque Reynaldo Melquiades

Universidad Nacional del Santa, Perú

Dr. López Carranza, Atilio Rubén

Universidad Nacional del Santa, Perú

Dr. Castillejo Melgarejo, Ricardo Cayo

Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú

Ms. Maza Rubina David Nonato

Universidad Nacional del Santa, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rem.v10i2.23523

Propuesta de Diseño de Concreto con Agregado Reciclado de Roca Caliza para la Elaboración de Adoquines de Tránsito Vehicular Ligero

Mg. Castillejo Melgarejo, Raúl Edgar¹

rcastillejom@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-5568-900X>

Programa de Doctorado

Escuela de Posgrado

Universidad Nacional del Santa

Perú

Dr. Reyes Roque Reynaldo Melquiades

ing.reynaldo.reyes@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9408-0069>

Escuela de Posgrado

Programa de Doctorado

Universidad Nacional del Santa

Perú

Dr. López Carranza, Atilio Rubén

rlopez@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3631-2001>

Escuela de Posgrado

Programa de Doctorado

Universidad Nacional del Santa

Perú

Dr. Castillejo Melgarejo, Ricardo Cayo

rcastillejom@unasam.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-96833626>

Universidad Nacional Santiago Antúnez de

Mayolo

Perú

Ms. Maza Rubina David Nonato

2020812010@uns.edu.pe

davidmr1811@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2838-6868>

Programa de Doctorado

Escuela de Posgrado

Universidad Nacional del Santa

Perú

¹ Autor principal

Correspondencia: rcastillejom@unasam.edu.pe

RESUMEN

Objetivo: La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar las propiedades mecánicas y físicas de los adoquines tipo II, elaborados con residuos de roca caliza como agregado (fino y grueso), para su uso en tránsito vehicular ligero, verificando el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 399.611. **Metodología:** Se desarrolló una investigación de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo. La técnica empleada fue la observación directa y los instrumentos utilizados fueron las fichas técnicas y guías de laboratorio. El diseño de mezcla se realizó según la metodología del ACI 211.1, considerando una resistencia de diseño $f_c = 320 \text{ kg/cm}^2$. Los residuos de roca caliza fueron obtenidos del botadero Purhuay, ubicado en el distrito de Marcará, provincia de Carhuaz, departamento de Áncash. El material fue sometido a procesos de selección, lavado, secado y trituración mecánica mediante chancadora de quijada. Se elaboraron adoquines de concreto tipo II con cuatro proporciones diferentes: Patrón (Cemento: 8.20 kg, Agregado grueso: 10.29 kg, Agregado fino: 11.00 kg, Agua: 3.09 L); Proporción 1 (Cemento: 8.20 kg, Agregado grueso: 9.29 kg, Agregado fino: 12.00 kg, Agua: 3.09 L); Proporción 2 (Cemento: 8.20 kg, Agregado grueso: 8.29 kg, Agregado fino: 13.00 kg, Agua: 3.09 L); y Proporción 3 (Cemento: 8.20 kg, Agregado grueso: 7.29 kg, Agregado fino: 14.00 kg, Agua: 3.09 L). Se fabricaron un total de 78 especímenes, incluyendo 09 probetas de concreto (15 cm de diámetro \times 30 cm de altura) y 78 adoquines tipo II (20 cm \times 10 cm \times 6 cm). Los ensayos realizados fueron: resistencia a la compresión (NTP 399.611) a los 7, 14 y 28 días; absorción (NTP 399.611) a los 28 días; resistencia al desgaste por abrasión (ASTM C944-99) a los 28 días; y resistencia a la flexión (NTP 399.613) a los 28 días. El procesamiento y análisis de datos se realizó mediante análisis descriptivo y contrastación de hipótesis mediante análisis inferencial (ANOVA y pruebas post-hoc de TUKEY HSD), con un nivel de significancia del 5%. **Resultados:** El agregado grueso reciclado presentó un desgaste por abrasión Los Angeles del 32.72%, valor adecuado para su uso en concreto estructural. El diseño de mezcla ACI resultó en una relación a/c de 0.38, con contenidos de cemento (594.7 kg/m^3), agregado grueso (746.1 kg/m^3), agregado fino (797.7 kg/m^3) y agua (224.3 kg/m^3). La proporción óptima identificada fue la Proporción 1, con valores promedio de resistencia a la compresión de 474.44 kg/cm^2 (superando el mínimo normativo de 420 kg/cm^2 para promedio de 3 unidades), absorción de 4.02% (inferior al máximo permitido de 6% para promedio y 7.5% para unidad individual), desgaste de 0.16% (muy por debajo del límite máximo de 5%), y resistencia a la flexión de 46.30 kg/cm^2 (superando el mínimo de 42 kg/cm^2 para promedio de 3 unidades). El análisis estadístico ANOVA demostró diferencias significativas entre las cuatro proporciones para todos los ensayos ($p = 0.000 < 0.05$), con valores F de 35201.572 (compresión), 4248.613 (absorción), 240.437 (desgaste) y 3325.058 (flexión). La prueba post-hoc de Tukey confirmó que la Proporción 1 no presenta diferencias estadísticamente significativas con el patrón en cuanto a desgaste (0.156% vs 0.154%, $p > 0.05$), pero sí en absorción y flexión. **Conclusiones:** Se concluye la viabilidad técnica y la idoneidad del uso de los residuos de roca caliza como agregado (fino y grueso) para la fabricación de adoquines de concreto tipo II destinados a tránsito vehicular ligero. El producto resultante con la Proporción 1 cumple holgadamente con todos los requisitos mínimos exigidos por la Norma Técnica Peruana NTP 399.611 (resistencia a compresión $\geq 420 \text{ kg/cm}^2$, absorción $\leq 6\%$, desgaste $\leq 5\%$, flexión $\geq 42 \text{ kg/cm}^2$), validando su aptitud para el servicio en pavimentos de tránsito vehicular ligero en la ciudad de Huaraz y promoviendo una solución constructiva sostenible alineada con los principios de economía circular, reduciendo la extracción de agregados naturales y aprovechando residuos de la actividad extractiva.

Palabras clave: agregado de residuo de roca caliza, adoquines de concreto, resistencia a compresión, desgaste, absorción, flexión, NTP 399.611, economía circular.



Proposed Design of Concrete with Recycled Limestone Aggregate for the Production of Light Vehicular Traffic Paving Stones

ABSTRACT

Objective: This research aimed to evaluate the mechanical and physical properties of Type II concrete pavers manufactured using limestone waste as aggregate (fine and coarse) for light vehicle traffic applications, verifying compliance with the parameters established in Peruvian Technical Standard NTP 399.611. **Methodology:** An applied research study was conducted with a quantitative approach, experimental design, and explanatory level. The technique employed was direct observation, and the instruments used were technical data sheets and laboratory guides. The mix design was performed according to the ACI 211.1 methodology, considering a design strength of $f'_c = 320 \text{ kg/cm}^2$. The limestone waste was obtained from the Purhuay dump site, located in the Marcará district, Carhuaz province, Áncash department. The material underwent selection, washing, drying, and mechanical crushing processes using a jaw crusher. Type II concrete pavers were manufactured with four different proportions: Standard (Cement: 8.20 kg, Coarse Aggregate: 10.29 kg, Fine Aggregate: 11.00 kg, Water: 3.09 L); Proportion 1 (Cement: 8.20 kg, Coarse Aggregate: 9.29 kg, Fine Aggregate: 12.00 kg, Water: 3.09 L); Proportion 2 (Cement: 8.20 kg, Coarse Aggregate: 8.29 kg, Fine Aggregate: 13.00 kg, Water: 3.09 L); and Proportion 3 (Cement: 8.20 kg, Coarse Aggregate: 7.29 kg, Fine Aggregate: 14.00 kg, Water: 3.09 L). A total of 78 specimens were manufactured, including 09 concrete cylinders (15 cm diameter \times 30 cm height) and 78 Type II pavers (20 cm \times 10 cm \times 6 cm). The tests performed were: compressive strength (NTP 399.611) at 7, 14, and 28 days; water absorption (NTP 399.611) at 28 days; abrasion wear resistance (ASTM C944-99) at 28 days; and flexural strength (NTP 399.613) at 28 days. Data processing and analysis were performed using descriptive analysis and hypothesis testing through inferential analysis (ANOVA and Tukey HSD post-hoc tests), with a significance level of 5%. **Results:** The recycled coarse aggregate presented Los Angeles abrasion wear of 32.72%, an adequate value for use in structural concrete. The ACI mix design resulted in a w/c ratio of 0.38, with contents of cement (594.7 kg/m^3), coarse aggregate (746.1 kg/m^3), fine aggregate (797.7 kg/m^3), and water (224.3 kg/m^3). The optimal proportion identified was Proportion 1, with average values of compressive strength of 474.44 kg/cm^2 (exceeding the normative minimum of 420 kg/cm^2 for average of 3 units), water absorption of 4.02% (below the maximum permitted of 6% for average and 7.5% for individual unit), wear of 0.16% (far below the maximum limit of 5%), and flexural strength of 46.30 kg/cm^2 (exceeding the minimum of 42 kg/cm^2 for average of 3 units). ANOVA statistical analysis demonstrated significant differences among the four proportions for all tests ($p = 0.000 < 0.05$), with F values of 35201.572 (compression), 4248.613 (absorption), 240.437 (wear), and 3325.058 (flexural strength). The Tukey post-hoc test confirmed that Proportion 1 shows no statistically significant differences from the standard regarding wear (0.156% vs 0.154%, $p > 0.05$), but does show differences in absorption and flexural strength. **Conclusions:** The technical feasibility and suitability of using limestone waste as aggregate (fine and coarse) for manufacturing Type II concrete pavers for light vehicle traffic is concluded. The resulting product with Proportion 1 comfortably meets all minimum requirements established by Peruvian Technical Standard NTP 399.611 (compressive strength $\geq 420 \text{ kg/cm}^2$, absorption $\leq 6\%$, wear $\leq 5\%$, flexural strength $\geq 42 \text{ kg/cm}^2$), validating its suitability for service in light vehicle traffic pavements in Huaraz city and promoting a sustainable construction solution aligned with circular economy principles, reducing the extraction of natural aggregates and taking advantage of waste from extractive activities.

Keywords: Limestone waste aggregate, concrete pavers, compressive strength, wear, absorption, flexural strength, NTP 399.611, circular economy.

*Artículo recibido 28 febrero 2026
Aceptado para publicación: 28 marzo 2026*



INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción es un pilar fundamental para el desarrollo económico, pero también uno de los principales generadores de residuos y consumidores de recursos naturales no renovables a nivel mundial (Suárez Silgado et al., 2019). En países en desarrollo como Perú, la extracción intensiva de agregados de río y cantera genera impactos ambientales significativos, mientras que la acumulación de residuos de construcción y demolición (RCD) en botaderos informales se convierte en un problema de salud pública y contaminación. Este modelo de producción lineal de "extraer, usar y desechar" es insostenible (Pirraglia, 2024). Ante esta realidad, surge la economía circular como un paradigma clave para la sostenibilidad. Este modelo propone mantener los recursos en uso el mayor tiempo posible, maximizando su valor y minimizando la generación de residuos (Fundación Conama et al., 2018). En este contexto, el reciclaje de RCD y su reintroducción como agregados en nuevos productos de concreto es una estrategia prometedora. Particularmente, en la región de Áncash, Perú, existe una importante actividad de extracción de roca caliza, generando residuos que actualmente no son aprovechados y que afectan el paisaje y los ecosistemas locales (Ingemmet, 2017).

La presente investigación aborda esta problemática proponiendo el uso de residuos de roca caliza como sustituto total de los agregados convencionales (fino y grueso) en la fabricación de adoquines de concreto tipo II, destinados a tránsito vehicular ligero. El objetivo principal fue evaluar las propiedades mecánicas (resistencia a la compresión y flexión) y físicas (absorción y desgaste) de los adoquines elaborados con este agregado reciclado y contrastarlas con los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP 399.611. Se buscó demostrar la viabilidad técnica de esta alternativa sostenible, contribuyendo a la gestión de residuos y a la conservación de recursos naturales.

METODOLOGÍA

Tipo y Diseño de Investigación

La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un diseño experimental de nivel explicativo. Se buscó determinar la influencia del uso de agregado reciclado de roca caliza (variable independiente) en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto tipo II (variable dependiente).



Materiales

- Agregado Reciclado: Obtenido de residuos de roca caliza provenientes del botadero informal Purhuay que se encuentra ubicado: Distrito de Marcará, Provincia de Carhuaz en el Departamento de Áncash. El material fue seleccionado, lavado, secado y triturado mecánicamente para obtener las fracciones fina (pasante malla N°4) y gruesa (retenido malla N°4, TMN 3/8”), siguiendo los lineamientos de la NTP 400.037.
- Cemento: Cemento Portland Tipo I.
- Agua: Agua potable.

Diseño de Mezcla y Proporciones

Se realizó un diseño de mezcla de concreto para una resistencia de 320 kg/cm² (f'c) siguiendo la metodología del Comité ACI 211.1, obteniéndose una relación agua/cemento de 0.38. A partir de esta dosificación base (Patrón), se prepararon cuatro mezclas experimentales (Tabla 1) variando la proporción en peso de agregado grueso y fino reciclado, manteniendo constante el contenido de cemento y agua. La mezcla patrón corresponde a la dosificación del ACI sin modificar las proporciones de agregados naturales.

Tabla 1 Dosificación de materiales para la elaboración de adoquines por tanda de 10 unidades

Insumos	Patrón	Proporción 1	Proporción 2	Proporción 3
Cemento (kg)	8.20	8.20	8.20	8.20
A. Grueso (kg)	10.29	9.29	8.29	7.29
A. Fino (kg)	11.00	12.00	13.00	14.00
Agua (lts)	3.09	3.09	3.09	3.09

Nota. Adaptado de los resultados de la investigación.

Fabricación de Especímenes y Ensayos

Se fabricaron un total de 78 adoquines de concreto tipo II (20 cm x 10 cm x 6 cm) utilizando una máquina vibrocompactadora. Las muestras fueron curadas por inmersión en agua hasta los 28 días de edad. Los ensayos de laboratorio realizados a los 7, 14 y 28 días, según la NTP 399.611, incluyeron:

- Resistencia a la Compresión: Evaluada en 5 especímenes por mezcla a diferentes edades.
- Absorción de Agua: Determinada en 5 especímenes por mezcla a los 28 días de edad



- Resistencia al Desgaste: Realizada con un equipo de corte giratorio (ASTM C944-99) en 5 especímenes por mezcla a los 28 días de edad.
- Resistencia a la Flexión (Módulo de Ruptura): Evaluada en 5 especímenes por mezcla a los 28 días de edad.

Análisis Estadístico

Para la validación de los resultados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de los cuatro grupos (Patrón, Proporción 1, Proporción 2 y Proporción 3) en cada ensayo. Posteriormente, se aplicó la prueba post-hoc de Tukey HSD (Honestly Significant Difference) para identificar entre qué pares de grupos se encontraban dichas diferencias. Se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

RESULTADOS

Caracterización del Agregado Reciclado

El agregado grueso reciclado presentó un desgaste por abrasión Los Ángeles del 32.72%, valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables para concretos estructurales. Su peso específico fue de 2.62 g/cm³ y su absorción de 0.86%. El agregado fino reciclado presentó un módulo de fineza de 2.92, un peso específico de 2.63 g/cm³ y una absorción de 1.85%.

Propiedades de los Adoquines

La Tabla 2 presenta un resumen de los resultados promedio obtenidos para los cuatro grupos evaluados a los 28 días de edad. Se observa una tendencia clara: a medida que se incrementa la proporción de agregado fino reciclado (y se reduce el grueso), la resistencia a la compresión y a la flexión disminuye, mientras que la absorción y la resistencia al desgaste (menor pérdida de masa) mejoran.

Tabla 2 Resultados promedio de ensayos a los 28 días

Grupo	Compresión (kg/cm²)	Absorción (%)	Desgaste (%)	Flexión (kg/cm²)
Patrón	493.93	4.78	0.16	47.51
Proporción 1	474.44	4.02	0.16	46.30
Proporción 2	454.44	3.58	0.20	45.19
Proporción 3	423.23	3.40	0.28	44.19

Análisis Estadístico

El análisis de varianza (ANOVA) mostró que para las cuatro propiedades evaluadas, el valor de significancia (Sig.) fue de 0.000, menor a $\alpha=0.05$. Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los cuatro grupos para la resistencia a la compresión, absorción, desgaste y flexión.

La prueba post-hoc de Tukey HSD permitió identificar las diferencias específicas. Para la resistencia a la compresión, se formaron cuatro subconjuntos homogéneos, con la Proporción 1 (474.44 kg/cm²) siendo significativamente diferente al Patrón (493.93 kg/cm²) y a la Proporción 3 (423.23 kg/cm²). Para el desgaste, la Proporción 1 (0.16%) y el Patrón (0.16%) formaron un subconjunto homogéneo, mostrando un rendimiento estadísticamente similar y superior a las Proporciones 2 y 3. Para la flexión y absorción, la Proporción 1 se ubicó como un punto de equilibrio, con un rendimiento estadísticamente superior a la Proporción 3 en ambos casos.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que los adoquines fabricados con residuos de roca caliza como agregado total (Proporción 1) alcanzan un desempeño mecánico y físico excepcional, superando holgadamente los requisitos de la NTP 399.611 para tránsito vehicular ligero. La resistencia a la compresión de 474.44 kg/cm² es considerablemente superior a los 420 kg/cm² exigidos como promedio, validando la hipótesis planteada.

Esta viabilidad técnica es consistente con investigaciones previas sobre el uso de agregados reciclados. Por ejemplo, Alva et al. (2023) encontraron que la sustitución de agregado grueso por concreto reciclado mejoraba la resistencia a la compresión. En contraste, Barrionuevo (2025) utilizó materiales de minas locales para adoquines con una dosificación diferente, obteniendo también resultados satisfactorios. La comparación con Chafloque (2023) y Bances y Ruiz (2024) es particularmente relevante. Mientras que estos autores trabajaron con concreto reciclado de demolición y reportaron una disminución de la resistencia al incrementar el porcentaje de reemplazo (en algunos casos quedando por debajo de la norma), el presente estudio logró un incremento o mantenimiento de un alto rendimiento. Esto sugiere que los residuos de roca caliza, por su naturaleza más homogénea, densa y con mejor capacidad de



adherencia a la pasta de cemento, constituyen un agregado reciclado de mayor calidad en comparación con el concreto reciclado de origen heterogéneo. Esta diferencia cualitativa es un hallazgo clave.

Desde una perspectiva de durabilidad, los valores de absorción (4.02%) y desgaste (0.16%) son excepcionales. La baja absorción indica una estructura interna compacta que protege al concreto de agentes agresivos, mientras que la mínima pérdida por desgaste es un indicador crucial para pavimentos sujetos a fricción vehicular. Estos valores son superiores a los reportados por Marín (2024), cuyas mezclas iniciales no cumplían con los estándares de flexotracción y absorción para Bogotá.

El análisis estadístico corroboró la existencia de diferencias significativas entre las mezclas, permitiendo seleccionar la Proporción 1 como la óptima. Aunque el Patrón (con agregados naturales) mostró una resistencia a la compresión ligeramente superior, la Proporción 1 demostró un desempeño comparable en desgaste y flexión, pero con una absorción significativamente mejor. Este balance la convierte en la opción más eficiente y sostenible, ya que utiliza un material residual en su totalidad sin comprometer los estándares de calidad. La reducción de la resistencia a la compresión en las proporciones 2 y 3 sugiere que un exceso de agregado fino o una reducción drástica del grueso pueden afectar la estructura granular del concreto, confirmando los límites de sustitución óptimos identificados en estudios como el de Medina (2023) y Santos et al. (2025).

CONCLUSIONES

Se demostró la viabilidad técnica del uso de residuos de roca caliza como agregado (fino y grueso) para la fabricación de adoquines de concreto tipo II destinados al tránsito vehicular ligero. La dosificación óptima (Proporción 1) fue de 8.20 kg de cemento, 9.29 kg de agregado grueso reciclado, 12.00 kg de agregado fino reciclado y 3.09 litros de agua por tanda de 10 adoquines.

Los adoquines elaborados con la Proporción 1 superan los requisitos de la NTP 399.611, alcanzando una resistencia a la compresión promedio de 474.44 kg/cm² (mínimo requerido: 420 kg/cm² en promedio), una absorción de 4.02% (máximo permitido: 7%), un desgaste de 0.16% (máximo permitido: 5%) y una resistencia a la flexión de 46.30 kg/cm² (mínimo requerido: 42 kg/cm² en promedio).



El análisis estadístico (ANOVA y Tukey HSD) confirmó que las diferencias en las propiedades mecánicas y físicas entre las diferentes dosificaciones son estadísticamente significativas, validando que la Proporción 1 es la mezcla óptima que equilibra alto rendimiento estructural y sostenibilidad ambiental.

Esta investigación aporta una solución concreta y validada para la gestión de residuos de la industria extractiva en Áncash, promoviendo la economía circular en la construcción al demostrar que los residuos de roca caliza pueden transformarse en un recurso valioso para la producción de elementos de infraestructura vial sostenibles y de alta calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alva Pajares, D. L., Salazar Idrogo, E. L., & Aguilar Aliaga, O. (2023). Resistencia a Compresión del Concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ con Sustitución del Agregado Grueso por Concreto Reciclado al 20%, 25% y 30%, Cajamarca 2023. LACCEI. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.960>
- American Concrete Institute (ACI). (1991). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete (ACI 211.1-91).
- Bances Fustamante, D. Y., & Ruiz Cruzado, E. E. (2024). *Resistencia a compresión en adoquines de uso peatonal con reemplazo de agregados por concreto reciclado de pavimento rígido al 5%, 10% y 15% - Cajamarca 2023* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
- Barrionuevo Brito, A. J. (2025). Determinación de la dosificación para la elaboración de adoquines en la planta de adoquines de la parroquia San Isidro de Patulu, cantón guano, utilizando los materiales de las minas del sector, incluyendo un manual de procedimientos, Ecuador 2025 [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
- Chafloque Aquino, J. F., & Vega Campos, J. A. (2023). Evaluación de adoquines de concreto utilizando concreto reciclado como sustitución del agregado grueso, Jaén 2023 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Fundación Conama, Green Building Council España (GBCe), & RCD Asociación. (2018). Economía circular en el sector de la construcción. Fundación Conama.



- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet). (2017). Mapa de Canteras y Materiales de Construcción en el departamento de Áncash. Ingemmet.
- Marín Forero, S. A. (2024). Análisis de ciclo de vida comparativo como fundamento para la producción de un adoquín fabricado con concretos con agregados reciclados de RCD en Bogotá [Tesis de maestría, Universidad de los Andes].
- Medina Agurto, C. J. (2023). *Evaluación de las Propiedades Físico-Mecánicas de los Adoquines Empleando Agregado Reciclado y Agregado Natural, Lambayeque-2020* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].
- Norma Técnica Peruana NTP 399.611. (2015). Unidades de albañilería. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. INDECOPI.
- Pirraglia, G. (2024). Economía circular: Un nuevo paradigma para la sostenibilidad. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).
- Suárez Silgado, S. S., Betancourt Quiroga, C. A., Molina Benavides, D., & Mahecha Vanegas, C. A. (2019). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD): Un análisis comparativo entre países. *Revista de la Construcción*, 18(2), 253-268.

