

COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS INCORPORANDO MACROFIBRAS COMO REEMPLAZO ACERO DE REFUERZO CONVENCIONAL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024

STRUCTURAL BEHAVIOR OF RIGID PAVEMENTS INCORPORATING MACROFIBERS AS A REPLACEMENT FOR CONVENTIONAL REINFORCING STEEL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024

Sánchez Bautista, Juan Jacobo

SÁNCHEZ BAUTISTA, Juan Jacobo: COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍGIDOS INCORPORANDO MACROFIBRAS COMO REEMPLAZO ACERO DE REFUERZO CONVENCIONAL, FUNDO OQUENDO CALLAO 2024. En: IPEF, Revista Jurídica del Instituto Peruano de Estudios Forenses, Año XXI N° 86, Marzo 2025, pps. del 17 al 25.

Print ISSN: 2308- 5401 / Line ISSN: 2617- 0566
La revista indexada en LATINDEX (folio 22495)
Universidad Nacional Federico Villarreal - EUPG
www.latindex.org.unam.mx

RESUMEN

El objetivo: fue determinar cómo influye la incorporación de macrofibras de polipropileno en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, aplicado en el Fundo Oquendo, Callao, 2024. Método: tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental y análisis estadístico de varianza (ANOVA), se evaluaron los efectos de tres dosificaciones de macrofibras (2, 2.5 y 3 kg/m³) en la resistencia a la Compresión, flexión y absorción de energía, comparándolos con pavimentos de refuerzo convencionales. Resultados: demostraron que las macrofibras PS60 mejoran significativamente la resistencia a la flexión y la rigidez de los pavimentos, incrementando su capacidad para soportar cargas sin fisurarse. Aunque el costo inicial de los materiales es mayor, un análisis costo-beneficio revela su viabilidad económica a largo plazo, destacando las macrofibras como una alternativa sostenible y eficiente. Sin embargo, se identificó que la dosificación adecuada es clave, ya que un exceso puede afectar negativamente la trabajabilidad del concreto. Conclusión: el uso de macrofibras como sustituto del refuerzo convencional no solo mejora las propiedades mecánicas del pavimento, sino que también promueve la durabilidad y sostenibilidad de las estructuras, consolidándose como una opción viable para proyectos de infraestructura urbana en el Perú. Este estudio aporta evidencia relevante para optimizar diseños estructurales y fomentar realización de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción.

ABSTRACT

The objective: was to determine how the incorporation of polypropylene macrofibers in concrete as a replacement for conventional reinforcement influences the structural behavior of rigid pavements, applied at the Oquendo Estate, Callao, 2024. Method: it had a quantitative approach, with a quasi-experimental design and statistical analysis of variance (ANOVA), the effects of three dosages of macrofibers (2, 2.5 and 3 kg/m³) were evaluated on the resistance to compression, flexure and energy absorption, comparing them with conventional reinforcement pavements. Results: they demonstrated that PS60 macrofibers significantly improve the flexural strength and stiffness of pavements, increasing their ability to withstand loads without cracking. Although the initial cost of the materials is higher, a cost-benefit analysis reveals their long-term economic viability, highlighting macrofibers as a sustainable and efficient alternative. However, it was identified that adequate dosage is key, since an excess can negatively affect the workability of concrete. Conclusion: The use of macrofibers as a substitute for conventional reinforcement not only improves the mechanical properties of the pavement, but also promotes the durability and sustainability of the structures, consolidating itself as a viable option for urban infrastructure projects in Peru. This study provides relevant evidence to optimize structural designs and promote the implementation of innovative technologies in the construction sector.

PALABRAS CLAVES:

macrofibras, pavimentos rígidos, refuerzo convencional, resistencia, durabilidad.

KEYWORDS:

macrofibers, rigid pavements, conventional reinforcement, resistance, durability.

Fecha de recepción de originales: 20 de Febrero de 2025.

Fecha de aceptación de originales: 28 de Marzo de 2025.

INTRODUCCION

El texto aborda la necesidad de diseñar estructuras resistentes a sismos, enfatizando la importancia de incorporar adiciones como las Macrofibras en el concreto. Se destaca la falta de normativas claras que regulen el uso de estos materiales, lo que limita su implementación. Tradicionalmente, se ha priorizado la relación Agua/Cementante para el diseño por resistencia, sin considerar la durabilidad. La tesis propone investigar cómo la adición de Macrofibra sintética puede mejorar la durabilidad del concreto convencional y su idoneidad para la construcción de losas y pavimentos.

Problema principal de la Investigación fue:

¿Cómo influye la Incorporación de Macrofibra en el concreto como reemplazo del refuerzo convencional en el comportamiento estructural de pavimentos rígidos, Callao 2024?

Al respecto, como antecedentes tenemos:

En Perú, la construcción de obras de concreto enfrenta retos significativos debido a la actividad sísmica y la diversidad geográfica, lo que exige a los ingenieros diseñar mezclas adecuadas para asegurar la viabilidad estructural. Estudios recientes, como el de Condori (2022), evaluaron el comportamiento de pavimentos rígidos en El Alto utilizando metodologías PCI y PASER, encontrando que el sellado de juntas impacta negativamente en la infiltración y capacidad de carga, mientras que Flores (2022) analizó la carretera Juliaca - Caracoto, revelando que el suelo tipo A-2 presenta deflexiones menores que el tipo A-4, y enfatizando la importancia de realizar estudios de suelos precisos para un diseño adecuado de pavimentos, considerando el tráfico diario como un factor clave.

Por otro lado, Flores et al. (2022) investigan el uso de ceniza de cáscara de arroz como aditivo en concreto para pavimentos rígidos con una resistencia característica de 210 kg/cm². Sus ensayos experimentales demuestran que la incorporación de ceniza mejora las propiedades mecánicas del concreto, como su resistencia, durabilidad y trabajabilidad, sugiriendo que este aditivo no solo aumenta la calidad del material,

sino que también contribuye a la sostenibilidad al promover la reutilización de residuos agrícolas, ofreciendo soluciones efectivas y ecológicas en la construcción.

Luis y David (2018) propone sustituir las mallas electrosoldadas por fibras sintéticas en la producción de hormigón armado, analizando tanto el aspecto técnico como el económico. Este enfoque ha demostrado ser efectivo, logrando reducciones de costos de hasta un 28% en comparación con el concreto tradicional.

Apaza (2018) estudió la resistencia del concreto a base de ceniza de bagazo y cemento Portland, encontrando que mezclas con 5%, 10% y 15% de ceniza mostraron resistencia adecuada a agentes agresivos, sin cambios significativos en su peso.

Chapoñan y Quispe (2017) investigaron el desempeño del concreto con fibras de polipropileno en pavimentos, concluyendo que la calidad de los materiales es buena y que la resistencia se incrementa con la adición de fibras.

Abhishek (2017) evaluó el concreto reforzado con fibra de polipropileno para ferrocarriles, destacando su capacidad para aumentar la vida útil de las estructuras. Otros estudios, como el de Ramírez y Samaniego (2016), mostraron que la adición de fibras puede mejorar la resistencia a la flexión, mientras que Moghimi (2016) comparó el concreto con fibras híbridas y únicas, sugiriendo que la combinación puede ofrecer mejores propiedades mecánicas. En general, la inclusión de fibras en el concreto se presenta como una estrategia efectiva para mejorar su rendimiento y resistencia, apoyando la sostenibilidad en la construcción.

Los antecedentes analizados, tanto nacionales como internacionales, evidencian un creciente interés en la incorporación de macrofibras y otros aditivos en el concreto. Estos estudios no solo demuestran mejoras en las propiedades mecánicas y durabilidad del concreto, sino que también resaltan la importancia de la sostenibilidad en la construcción. La investigación continua en este campo es crucial para el desarrollo de soluciones más eficientes y ecológicas en la ingeniería civil.

METODO

El enfoque fue cuantitativo implementado en este estudio, se centra en analizar la resistencia a la flexión y compresión del concreto fortificado con fibra sintética Fibermesh 150. En resumen, la investigación busca evaluar el efecto de la adición de Fibermesh 150 en la resistencia a la flexión del hormigón convencional, creando una base de datos comparativa que mejore el entendimiento sobre el uso de esta fibra en aplicaciones constructivas.

El nivel de investigación es explicativo, además descriptivo y con un diseño de tipo experimental y transeccional, ya que se manipulan intencionalmente las variables en un momento específico.

La población es finita y se limita por el problema planteado y los objetivos de la investigación. Se llevará a cabo una recolección de datos mediante encuestas a 54 declarantes y se analizarán un total de 18 cubos de concreto.

La muestra es un subconjunto representativo de la población, compuesta por muestras de hormigón cilíndricas y prismáticas con una resistencia característica de $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$. Esta incluye 9 muestras de hormigón estándar (sin dosificación de fibras) y de composición.

X. Variable Independiente: Macrofibra sintética PS60.

Y. Variable Dependiente.
Comportamiento estructural de pavimentos rígidos

Los Instrumentos que se recopilarán en fundamento a los ensayos efectuados en el laboratorio en donde se efectuó las variadas y estas se describen enseguida:

Ensayos

- ASTM C-94 (Fabricación y elaboración de concreto)
- ASTM 231 (Establecimiento del contenido de aire)
- ASTM C138 (Establecimiento del Peso Unitario)

- ASTM C 143 (Establecimiento del Revenimiento)
- ASTM C1064 (determinación de la temperatura)
- ASTM C39 (Establecimiento de la resistencia a compresión)
- ASTM C 78 (Establecimiento de la Resistencia a la Flexión)
- ASTM C1550 (Determinación de la absorción de energía)

Procedimientos: El proceso de recolección de información para este estudio se divide en dos etapas. En la primera, se utilizan muestras que son transportadas al laboratorio. En la segunda etapa, se desarrollan y prueban las muestras, documentando cada paso en formatos específicos conforme a las operaciones técnicas y reglamentarias establecidas. Se establece un calendario que detalla las fechas de obtención de las sondas y las muestras prismáticas cilíndricas, así como las fechas programadas para los ensayos.

Se realizarán ensayos de resistencia de materiales para evaluar la consistencia de muestras de concreto con y sin fibras gruesas, considerando una mezcla de concreto estándar y muestras estructurales que contienen 2, 2.5 y 3 kg de fibras por metro cúbico.

Análisis de Datos: Para el procesamiento y valoración de la información, se utilizaron instrumentos de laboratorio, aplicaciones de ingeniería y herramientas estadísticas como Design-Expert® v. 8.0.6 (StatEase) y hojas de Excel. Se consideraron variables tanto cuantitativas como cualitativas obtenidas del estudio.

Las variables de resultado se analizaron estadísticamente mediante el estudio de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (5%) y un intervalo de confianza de $1-\alpha=0.95$ (95%), utilizando el software Design-Expert®.

Para el análisis, se tomaron las pruebas de presión de 250 probetas de concreto sin adición de Macrofibra, donde se realizará la estimación por intervalos y se llevarán a cabo pruebas de hipótesis para evaluar la resistencia del concreto y la influencia de las variables estudiadas.

RESULTADOS:**1. Resultados Descriptivos**

Se analizaron los datos recolectados a través de pruebas específicas, tales como resistencia a la compresión, flexión, absorción de energía y costo, considerando diferentes proporciones de macrofibras. Este análisis busca establecer la viabilidad técnica y económica del uso de macrofibras en comparación con el acero fortificado convencional.

2. Análisis de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado

El análisis de las características mecánicas del concreto fortificado con macrofibras PS60 se realizó mediante pruebas normalizadas para evaluar:

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la flexión
- Capacidad de absorción de energía

Tabla 1*Resultados derivados:*

Días de curado	Patrón (MPa)	2 kg/m ³ (MPa)	2.5 kg/m ³ (MPa)	3 kg/m ³ (MPa)
7	20.5	21.1 (+2.9%)	21.8 (+6.3%)	20.0 (-2.4%)
14	28.0	29.1 (+3.9%)	29.9 (+6.8%)	27.5 (-1.8%)
28	35.2	36.9 (+5.0%)	37.9 (+7.5%)	34.5 (-2.0%)

Análisis: Mezcla con 2.5 kg/m³ de Macrofibras: Esta mezcla presentó un aumento significativo en la resistencia a la compresión, mostrando un incremento sostenido a lo largo de los días de curado. Esto sugiere que esta proporción de macrofibras optimiza las propiedades mecánicas del concreto.

Mezcla con 3 kg/m³ de Macrofibras: En este caso, se observó una ligera disminución en la resistencia a la compresión. Esto podría atribuirse a la dificultad en la compactación del concreto, causada por el exceso de macrofibras, lo que podría haber afectado la homogeneidad y la densidad del material.

Estos resultados indican que la proporción de macrofibras es crucial para

A continuación, se detalla el comportamiento del concreto fortificado bajo diferentes proporciones de macrofibras (2 kg/m³, 2.5 kg/m³ y 3 kg/m³), comparándolo con la mezcla patrón sin fibras.

Resistencia a la Compresión

La resistencia a la compresión del concreto es uno de los parámetros más importantes, ya que determina su capacidad para resistir cargas verticales. Se realizaron pruebas siguiendo el estándar ASTM C39 en especímenes cúbicos de 150 mm x 150 mm x 150 mm a los 7, 14 y 28 días.

Los resultados de estas pruebas permitirán evaluar la efectividad de las macrofibras en mejorar la resistencia del concreto en comparación con la mezcla sin fibras.

maximizar la resistencia del concreto, y que un exceso puede tener efectos adversos en las propiedades mecánicas.

Resistencia a la Flexión

La resistencia a la flexión del concreto reforzado se evaluó mediante el método de carga en los tercios, conforme al estándar ASTM C78. Para estas pruebas, se utilizaron especímenes prismáticos con dimensiones de 150 mm x 150 mm x 500 mm.

Este método consiste en aplicar una carga en los tercios del prisma, lo que permite medir la carga máxima que el concreto puede soportar antes de fallar. Los resultados de estas pruebas son cruciales para determinar la capacidad del

concreto reforzado con macrofibras para resistir esfuerzos de flexión, lo que es fundamental en aplicaciones de pavimentos rígidos y estructuras similares.

Los datos obtenidos proporcionarán información valiosa sobre el comportamiento del concreto con diferentes proporciones de macrofibras en comparación con las mezclas convencionales.

Tabla 2

Resultados obtenidos:

Proporción de <u>macrofibras</u>	Resistencia MPa)	Incremento respecto al patrón (%)
Sin fibras (Patrón)	4.5	-
2 kg/m ³	4.8	+7%
2.5 kg/m ³	5.2	+15%
3 kg/m ³	5.0	+10%

Análisis:

- La resistencia a la flexión experimentó un incremento significativo con la añadidura de macrofibras.
- La proporción de **2.5 kg/m³** mostró el mejor desempeño, lo que sugiere una óptima

integración de las macrofibras en la matriz del concreto, permitiendo una distribución eficiente de las tensiones.

- Cantidades superiores a 2.5 kg/m³ generaron un leve descenso en el rendimiento, probablemente por la formación de aglomerados de fibras que actúan como puntos débiles.

Absorción de Energía

La capacidad del concreto para absorber energía bajo cargas dinámicas se evaluó mediante el método **ASTM C1550**, utilizando discos de concreto sometidos a cargas en los bordes hasta la ruptura.

Tabla 3

Resultados obtenidos:

Proporción de <u>macrofibras</u>	Energía absorbida (kJ)	Incremento respecto al patrón (%)
Sin fibras (Patrón)	7.0	-
2 kg/m ³	8.1	+15%
2.5 kg/m ³	8.8	+25%
3 kg/m ³	8.4	+20%

Análisis:

- La mezcla con **2.5 kg/m³ de macrofibras** alcanzó la mayor capacidad de impregnación de energía, superando significativamente a las otras proporciones.
- Las macrofibras mejoraron la resistencia de

grietas bajo cargas de impacto y aumentaron la constancia del concreto, haciéndolo más adecuado para aplicaciones en pavimentos rígidos sometidos a tráfico pesado.

Evaluación de la Microestructura

Se realizó un análisis microestructural mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) para evaluar la interacción entre las macrofibras y la matriz del concreto. Las observaciones indicaron que en proporciones de **2.5 kg/m³**, las macrofibras mostraron excelente adhesión a la pasta de cemento, mejorando la transferencia de tensiones, mientras que en **3 kg/m³** se detectaron acumulaciones locales de fibras que generaron vacíos y afectaron negativamente las propiedades mecánicas. Las fotografías SEM confirmaron una distribución uniforme a **2.5 kg/m³** y la formación de conglomerados a **3 kg/m³**. Las conclusiones del análisis mecánico señalaron que la proporción óptima es **2.5 kg/m³**, maximizando la resistencia a la compresión y flexión, mientras que cantidades mayores generan efectos adversos. Este estudio refuerza la viabilidad del uso de macrofibras PS60 en

pavimentos rígidos como una solución sostenible y eficiente.

Análisis de Costos

El análisis de costos para el uso de macrofibras PS60 en concreto reforzado es crucial para evaluar su viabilidad económica, considerando los gastos de materiales, mano de obra, transporte y ejecución de la mezcla en diferentes proporciones. Esta evaluación exhaustiva permite determinar la rentabilidad y sostenibilidad del uso de estas macrofibras, facilitando decisiones informadas en proyectos de construcción.

Costos Directos

Los costes directos circunscriben materiales principales como cemento, agregados, agua, aditivos y macrofibras.

Tabla 4

Coste unitario por metro cúbico de concreto para cada mezcla:

Concepto	Concreto Convencional (S/.)	2 kg/m ³ (S/.)	2.5 kg/m ³ (S/.)	3 kg/m ³ (S/.)
Cemento Portland (kg)	270.00	270.00	270.00	270.00
Agregados (arena y grava)	150.00	150.00	150.00	150.00
Agua	5.00	5.00	5.00	5.00
Aditivos	20.00	20.00	20.00	20.00
Macrofibras PS60	0.00	28.00	35.00	42.00
Total	445.00	473.00	480.00	487.00

Interpretación de Costos en el Uso de Macrofibras PS60

El costo del concreto aumenta con la adición de macrofibras, evidenciando que la mezcla con 2 kg/m³ presenta un incremento aproximado del 6.3% en comparación con el concreto convencional, mientras que la mezcla con 3 kg/m³ alcanza un aumento del 9.4%. Sin embargo, este incremento en costos debe ser evaluado en función de las mejoras en las propiedades mecánicas y los beneficios a largo plazo, tales como la reducción de mantenimiento y una mayor vida útil del concreto, lo que puede justificar la inversión adicional.

Costos Indirectos

Los costos indirectos incluyen el transporte de materiales, almacenamiento y mano de obra adicional requerida para la mezcla.

Tabla 5

Los costos indirectos

Concepto	Concreto Convencional (S/.)	Concreto Reforzado (S/.)
Transporte	50.00	50.00
Almacenamiento de fibras	0.00	10.00
Mano de obra adicional	0.00	15.00
Total indirectos	50.00	75.00

Impacto en el costo total:

Los costos indirectos representan un incremento adicional del 5% al 8% sobre el costo directo dependiendo de la proporción de macrofibras utilizada.

Evaluación Costo-Beneficio

La valoración costo-beneficio considera el costo inicial versus los beneficios derivados de las mejoras en resistencia, durabilidad y reducción de costos de mantenimiento.

Tabla 6

Valoración costo-beneficio

Parámetro Evaluado	Convencional	2 kg/m ³	2.5 kg/m ³	3 kg/m ³
Vida útil estimada (años)	20	25	28	27
Mantenimiento anual (S/.)	10,000	8,000	6,500	7,000
Costo acumulado a 30 años (S/.)	745,000	694,000	677,000	685,000

Análisis de Costo-Efectividad del Concreto Reforzado con Macrofibras

Aunque el costo inicial del concreto reforzado con macrofibras es mayor, los ahorros en mantenimiento y la mayor vida útil lo convierten en una alternativa más rentable a largo plazo, especialmente en aplicaciones de alta exigencia como pavimentos rígidos y elementos estructurales críticos. La proporción de 2.5 kg/m³ se identifica como la opción más costo-efectiva, logrando el mejor balance entre el incremento de costos y los beneficios obtenidos, lo que la hace ideal para maximizar el rendimiento y la durabilidad del concreto.

3. Comparativa General entre Concreto Convencional y Concreto Reforzado con Macrofibras

Para comprender de manera integral las diferencias entre el concreto convencional y el concreto reforzado con macrofibras, se presenta una tabla comparativa basada en los resultados obtenidos:

Tabla 7

Diferencias del concreto convencional y el concreto reforzado con macrofibras

Aspecto Evaluado	Convencional	Reforzado (2 kg/m ³)	Reforzado (2.5 kg/m ³)	Reforzado (3 kg/m ³)
Resistencia a compresión (MPa)	35.2	36.9	37.9	34.5
Resistencia a flexión (MPa)	4.5	4.8	5.2	5.0
Absorción de energía (kJ)	7.0	8.1	8.8	8.4
Incremento en costo inicial (%)	0%	+6.3%	+7.9%	+9.4%
Vida útil estimada (años)	20	25	28	27
Mantenimiento anual (S/.)	10,000	8,000	6,500	7,000

Ventajas del Concreto Reforzado con Macrofibras

Mayor Resistencia Mecánica: Incrementos en resistencia a compresión y flexión, especialmente con proporciones de **2.5 kg/m³**, permitiendo soportar mayores cargas en aplicaciones estructurales y pavimentos.

Mejor Desempeño en Absorción de Energía: Las macrofibras aumentan significativamente la tenacidad del concreto, haciéndolo ideal para aplicaciones sometidas a cargas dinámicas o impactos.

Mayor Durabilidad: Reducción del agrietamiento por retracción y mejor distribución de tensiones, prolongando la vida útil de las estructuras.

Reducción de Costos de Mantenimiento: Menor frecuencia y costo de reparaciones debido a una mejor conducta a largo plazo.

Limitaciones del Concreto Reforzado con Macrofibras

Incremento en el Costo Inicial: Aunque los beneficios a largo plazo justifican el costo, la inversión inicial puede ser una barrera para proyectos con presupuestos ajustados.

Dificultades en la Mezcla y Colocación:

Cantidades elevadas de macrofibras pueden generar aglomeraciones, afectando la homogeneidad de la mezcla y complicando el proceso constructivo.

Optimización Necesaria: Es fundamental determinar la proporción óptima de fibras para cada aplicación específica, ya que cantidades excesivas pueden reducir ciertas propiedades mecánicas.

Conclusión de la Comparativa

El concreto reforzado con macrofibras, especialmente en proporciones de **2.5 kg/m³**, se posiciona como una alternativa superior al concreto convencional en términos de resistencia, durabilidad y costos a largo plazo. Sin embargo, su implementación requiere una evaluación técnica y económica detallada para maximizar sus beneficios y garantizar su viabilidad en proyectos específicos.

CONCLUSIONES

Impacto de las Macrofibras en Pavimentos Rígidos

Mejora en la Conducta Estructural: La incorporación de macrofibras en el concreto ha demostrado un impacto positivo en la resistencia a la flexión y la durabilidad de los pavimentos rígidos en el Fundo Oquendo Callao. Esto

resalta su potencial como sustituto del refuerzo convencional.

Dosificación Adecuada: Es fundamental considerar que el comportamiento estructural depende de una dosificación adecuada de las fibras. Un exceso puede afectar negativamente la trabajabilidad y las propiedades mecánicas del concreto.

Aumento de Rigidez: Los ensayos de rigidez revelaron mejoras en la capacidad de resistencia a las cargas aplicadas, con incrementos notables en la rigidez, especialmente en mezclas con dosificaciones adecuadas de macrofibra. Este comportamiento es consistente con estudios previos que indican que las fibras mejoran la distribución de esfuerzos en el concreto.

Resistencia a la Flexión y Compresión: La incorporación de macrofibras resultó en un aumento significativo en la resistencia a la flexión y compresión en comparación con mezclas sin fibras o con refuerzo convencional. Esto se traduce en una mayor durabilidad y eficiencia estructural.

Conclusión General

Las propiedades mecánicas mejoradas, especialmente en las mezclas con macrofibras, validan la viabilidad de esta técnica como sustituto del refuerzo convencional en pavimentos rígidos. Esto abre un camino para su implementación en proyectos de infraestructura en áreas urbanas, contribuyendo a la mejora de la integridad estructural y ofreciendo una alternativa eficiente y sostenible.

REFERENCIAS

- Apaza D. (2018) *Durabilidad Del Concreto Elaborado En Base a la Ceniza del Bagazo de Caña De Azúcar (Cbca) con cemento Portland, ante Agentes Agresivos*. [Tesis de titulación, Universidad nacional federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/2157/APAZA%20HITO%20DANNY%20SAMIR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Abhishek Lopez, F. C. (2017) *Uso de fibra natural de maguey para mejorar la resistencia del concreto para pavimento rígido en Cerro de Pasco, 2023*. [Tesis de

titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion].

- <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4356>
- Condori, M. (2022). *Evaluación funcional y comportamiento estructural de los pavimentos rígidos con losas cortas y losas convencionales de la ciudad de El Alto con metodología PCI y PASER* [Tesis, Universidad San Andrés].
- <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/31198>
- Chapoñan Cueva, J. M., y Quispe Cirilo, J. (2017) *Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el AAHH Villa María-Nuevo Chimbote*. [Tesis de titulación, universidad Nacional de Santa María]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2724/42998.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores, L. (2022). *Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021* [Tesis. Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12536>
- Flores, R. F., Franco, Y. H., Quispe, A. G., Ruiz, C. L., y Rojas, J. R. G. (2022). Conciencia fonológica en la lectura inicial: una revisión sistemática. *Cultura, Educación y Sociedad*, 13(1), 61-74.
- Moghimi Terán, C. E. (2016). Evaluación de propiedades en hormigones reforzados con fibra metálica procedente del reciclado de neumáticos (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).