



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Determinación y evaluación patológicas del concreto $f_c=280\text{kg/cm}^2$ obteniendo el índice de integridad y condición operacional del pavimento rígido, Ayacucho
-2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Camasca Saez, Sergio Alex (orcid.org/0009-0009-5015-3295)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique(orcid.org/0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

Quisiera expresar mi más profunda gratitud y reconocimiento a Dios, quien ha sido mi constante fuente de luz y guía en cada paso que he dado. Su presencia ha sido un pilar inquebrantable en mi vida, brindándome no solo salud, sino también el conocimiento y la fortaleza necesarios para superar obstáculos y alcanzar las metas que me he propuesto. Mi fe en Él ha sido la base sobre la cual he construido cada uno de mis éxitos.

Con igual afecto, dirijo mis pensamientos hacia mi amada madre, Diana, y mi estimado padre, Eduardo. El apoyo incondicional que he recibido de ambos ha sido fundamental para mi desarrollo personal y profesional. Ellos han infundido en mí los valores y la determinación necesarios para encaminarme hacia un futuro prometedor y han celebrado cada logro como si fuera suyo, siempre con la esperanza de ver a sus hijos prosperar.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han sido parte fundamental en la realización de esta investigación. En primer lugar, agradezco a Dios, por haberme dado la fortaleza, la sabiduría y la salud necesarias para culminar esta etapa tan importante en mi vida académica y profesional. Deseo también expresar mi profunda gratitud a mis padres, quienes con su amor, apoyo incondicional y sacrificio constante me han motivado a seguir adelante en cada momento difícil. Sin ellos, este logro no habría sido posible. Agradezco de manera especial a mi asesor de tesis, el Dr. Gerardo Enrique Cancho Zúñiga, por su guía experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Sus conocimientos y consejos han sido invaluable para la culminación de este trabajo. A la Universidad César Vallejo, y en particular a la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por brindarme los recursos y la formación académica necesaria para desarrollar mis habilidades en el campo de la Ingeniería Civil. Finalmente, a mis amigos y compañeros de estudio, quienes con su apoyo, colaboración y compañía hicieron de este viaje académico una experiencia enriquecedora y llena de aprendizajes. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Determinación y evaluación patológicas del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ obteniendo el índice de integridad y condición operacional del pavimento rígido, Ayacucho-2023", cuyo autor es CAMASCA SAEZ SERGIO ALEX, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 27 de Junio del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANCHO ZUÑIGA GERARDO ENRIQUE DNI: 07239759 ORCID: 0000-0002-0684-5114	Firmado electrónicamente por: CANCHOZUNIGA el 23-08-2024 20:49:21

Código documento Trilce: TRI - 0776214



Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, CAMASCA SAEZ SERGIO ALEX estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Determinación y evaluación patológicas del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ obteniendo el índice de integridad y condición operacional del pavimento rígido, Ayacucho-2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
SERGIO ALEX CAMASCA SAEZ DNI: 28295860 ORCID: 0009-0009-5015-3295	Firmado electrónicamente por: SACAMASCA el 27-06- 2024 12:20:38

Código documento Trilce: TRI - 0776213

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Agradecimiento	ii
Dedicatoria	iii
Dedicatoria de autenticidad del asesor	iv
Dedicatoria de Originalidad del autor	v
Índice de contenidos.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1 Tipo y Diseño de Investigación	11
3.2 Variable y operacionalización.....	12
3.3 Población, Muestra y Muestreo.....	14
Muestra.....	14
Muestreo.....	15
3.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	16
Índice de tablas.....	18
3.5 Procedimientos	19
3.6 Método de Análisis de Datos.....	19
3.7 Aspectos Éticos.....	20
PARTE ADMINISTRATIVA	20
IV RESULTADOS.....	25

V. DISCUSIÓN	64
IV. CONCLUSIONES	67
VII. RECOMENDACIONES	70
VIII. PROPUESTAS	72
REFERENCIAS	74
ANEXOS	77

RESUMEN

En el presente estudio se ha investigado la determinación y evaluación patológica del concreto con una resistencia característica de 280 kg/cm², con el objetivo de obtener el índice de integridad y condición operativa del pavimento rígido en Ayacucho en el año 2023. El objetivo principal de Esta investigación es evaluar la condición actual del pavimento rígido y determinar su capacidad para soportar cargas y condiciones operativas. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizaron métodos basados en la norma ISO 690 para referenciar adecuadamente las fuentes utilizadas en este trabajo. Se realizaron pruebas en diferentes secciones del pavimento para determinar la densidad, la resistencia y la integridad del concreto. Además, se evaluó el estado de las juntas y grietas presentes en el pavimento. Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre el estado del pavimento rígido y su capacidad para soportar cargas y condiciones operativas. Se encontraron que algunas secciones del pavimento presentan daños y grietas que pueden afectar su capacidad para soportar cargas pesadas. Sin embargo, también se encontraron secciones en buen estado que pueden soportar cargas sin problemas. Esta investigación contribuye al conocimiento existente en el campo de la evaluación de pavimentos rígidos y puede servir como base para futuros estudios y mejoras en el diseño y mantenimiento de infraestructuras viales. Los resultados obtenidos pueden ser utilizados por las autoridades competentes para tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y reparación del pavimento rígido en Ayacucho.

Palabras clave: Evaluación patológica, concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$, pavimento rígido, índice de integridad, condición operativa.

ABSTRACT

In the present study, the determination and pathological evaluation of concrete with a characteristic resistance of 280 kg/cm² has been investigated, with the objective of obtaining the integrity index and operational condition of the rigid pavement in Ayacucho in the year 2023. The main objective of This investigation is to evaluate the current condition of the rigid pavement and determine its ability to withstand loads and operating conditions.

To carry out this research, methods based on the ISO 690 standard were used to properly reference the sources used in this work. Tests were performed on different sections of the pavement to determine the density, strength and integrity of the concrete. In addition, the condition of the joints and cracks present in the pavement was evaluated.

The results obtained provide valuable information about the condition of the rigid pavement and its ability to withstand loads and operating conditions. Some sections of the pavement were found to have damage and cracks that may affect their ability to support heavy loads. However, sections were also found in good condition that can support loads without problems.

This research contributes to existing knowledge in the field of rigid pavement evaluation and can serve as a basis for future studies and improvements in the design and maintenance of road infrastructure. The results obtained can be used by the competent authorities to make informed decisions about the maintenance and repair of rigid pavement in Ayacucho.

Keywords: Pathological evaluation, concrete $f'c=280\text{kg/cm}^2$, rigid pavement, integrity index, operational condition,

I. INTRODUCCIÓN

El concreto desempeña un rol indispensable en el desarrollo de infraestructura vial, particularmente en la implementación de pavimentos rígidos. Sus atributos de resistencia y durabilidad son fundamentales para asegurar la seguridad y funcionalidad de las carreteras. Sin embargo, estas cualidades esenciales pueden verse mermadas cuando el concreto manifiesta patologías, lo cual pone en riesgo la operatividad del pavimento. En la región de Ayacucho, a lo largo del año 2023, se reconoció la urgencia de investigar a profundidad la calidad del concreto con una resistencia especificada de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y su influencia en la condición del pavimento. En **Perú**, se ha observado que numerosos pavimentos presentan defectos como fisuras y desprendimientos, que plantean cuestionamientos sobre la integridad del concreto y las prácticas constructivas empleadas, tal como lo ilustra el estudio de Pérez, L., & Gutiérrez, J. (2018, p. 50). A nivel internacional, la presencia de tales problemas es bien conocida, y ha llevado al desarrollo de metodologías avanzadas en la evaluación y restauración de pavimentos, según lo reportado por Smith, J., & Johnson, D. (2017, p. 16). Incluso cumpliendo con los estándares de resistencia como $f'c=280\text{kg/cm}^2$, las patologías pueden poner en peligro la durabilidad del concreto, advierte Martínez, A., & Rodríguez, P. (2019, p. 70). La indagación en **Ayacucho** para el año 2023 pone de relieve la importancia de analizar detalladamente cómo la calidad del concreto se relaciona con la integridad estructural de los pavimentos rígidos. Se formula el **problema general**: ¿De qué manera las patologías del concreto con resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ afectan la integridad y la condición operativa de los pavimentos rígidos en Ayacucho durante el año 2023? Se han identificado como variables a investigar: X, que refiere a las patologías del concreto, y, que se divide en Y1, el índice de integridad, y Y2, la condición operacional del pavimento. Se abordan **problemáticas específicas** como el efecto de las fisuras y grietas del concreto en la capacidad de carga del pavimento en Ayacucho en 2023, la forma en que las áreas de desprendimiento del concreto comprometen la seguridad vial en Ayacucho en 2023, la relación entre la resistencia del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y la longevidad de los pavimentos en Ayacucho en 2023. El **objetivo principal** se centra en evaluar el estado del pavimento rígido en Ayacucho en 2023, considerando la calidad del concreto

utilizado en su construcción para promover la seguridad vial. Los **objetivos específicos** son identificar las patologías presentes en el concreto que podrían afectar adversamente el pavimento, llevar a cabo inspecciones y ensayos para obtener datos operativos relevantes del pavimento, establecer la manera en que la calidad del concreto y las patologías impactan en la operatividad del pavimento. Como **hipótesis** se propone que las patologías en concretos con una resistencia de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ impactan de manera significativa en la integridad y operatividad de los pavimentos en Ayacucho en 2023. Una **hipótesis particular** sugiere que las fisuras y grietas disminuyen la capacidad de carga del pavimento, contribuyendo a su rápido deterioro. En el **plano nacional**, la recurrencia de defectos en pavimentos rígidos ha sido una inquietud permanente, tal como señala Pérez (2015, p. 45), quien descubrió que más del 40% de las carreteras inspeccionadas en Lima mostraban evidentes signos de deterioro. Gutiérrez y Huamán (2018, p. 32) apuntan que la resistencia del concreto es crítica para la vida útil de los pavimentos, siendo la especificación de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ particularmente apta para condiciones adversas. A **nivel internacional**, la situación es paralela a la peruana. Rodríguez (2017, p. 22) en Colombia subraya que la calidad y durabilidad de los pavimentos rígidos dependen en gran medida del concreto empleado. En México, Ramírez y López (2019, p. 55) sostienen que es crucial identificar las patologías y determinar la resistencia óptima del concreto para asegurar una red vial segura y duradera. Esta tesis se sumerge en una **problemática** que resuena a nivel global en el campo de la ingeniería civil: la necesidad imperativa de efectuar diagnósticos certeros y evaluaciones detalladas del concreto en pavimentos rígidos. El desafío trasciende las fronteras geográficas, encontrando eco tanto en Perú como en distintos rincones del mundo. La investigación propone explorar con gran detalle el índice de integridad y la condición operativa de estos pavimentos, aspectos que pueden ser determinantes en la superación de estos retos. Con la ambición de contribuir a la base de conocimientos existente, esta investigación se orienta a proporcionar datos y metodologías que se conviertan en recursos valiosos para los profesionales del sector, no solo en Ayacucho sino potencialmente en otros contextos nacionales e internacionales. En la esfera del análisis de pavimento rígido, se ha identificado que la presencia de desprendimientos en el concreto no solo supone una amenaza latente a la seguridad vial, sino que también propone un indicativo de calidad en el

material utilizado. Un estudio exhaustivo sugiere que un concreto de resistencia especificada $f'c=280\text{kg/cm}^2$ puede ser sinónimo de una longevidad superior en los pavimentos, un dato no menor en la planificación de infraestructuras sostenibles. Este **razonamiento teórico** nos lleva a concluir que los pavimentos rígidos están expuestos a un abanico de variables de deterioro que van desde el tráfico continuo hasta las condiciones climáticas adversas, pasando por la calidad intrínseca del concreto. Esto subraya la importancia crítica de realizar inspecciones y análisis detallados sobre la condición operativa de estos pavimentos, con un énfasis particular en la resistencia del concreto. Tal evaluación es crucial para ofrecer una comprensión profunda que no solo beneficia a los técnicos en campo, sino que es invaluable para autoridades de planificación y urbanismo. Los resultados de este estudio serán una piedra angular para una toma de decisiones más fundamentada y para planear intervenciones estratégicas en la infraestructura vial. Desde la **perspectiva práctica**, los pavimentos rígidos son un pilar en el soporte del desarrollo económico y la conectividad en cualquier localidad. La evaluación de su integridad estructural y la condición operativa es fundamental, especialmente en relación con concretos de especificaciones de resistencia bien definidas. Los resultados que se obtengan de estas evaluaciones abrirán la puerta a planificaciones de mantenimiento y rehabilitación más precisas y coste-efectivas, mejorando la gestión de infraestructuras viales. La **metodología** a emplear destaca por su enfoque interdisciplinario y su precisión, combinando avanzadas técnicas de evaluación de pavimentos, pruebas de laboratorio detalladas y un análisis de datos robusto. Instrumentos analíticos como el Índice de Integridad del Pavimento (Pavement Condition Index, PCI) y ensayos de compresión normalizados proporcionarán una evaluación rigurosa de la calidad del concreto, todo esto en consonancia con las normativas y recomendaciones de entidades reconocidas en ingeniería de pavimentos (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 2018; American Concrete Institute [ACI], 2020). En el **aspecto económico**, la investigación tiene como uno de sus objetivos la optimización de los recursos financieros en infraestructura vial. Los hallazgos podrían ser clave en la identificación proactiva de áreas críticas, facilitando un ahorro significativo en reconstrucciones futuras y en la asignación más eficiente del presupuesto público, apoyándose en la literatura previa y los estudios de referencia

en el campo (Asphalt Institute, 2013; Federal Highway Administration [FHWA], 2018). Por último, pero no menos importante, se contempla el **impacto medioambiental** de la investigación. La promoción de prácticas de construcción y mantenimiento responsables no solo contribuye al ahorro de recursos naturales, sino que también ayuda a minimizar la generación de residuos y reduce la huella de carbono de estas actividades, lo cual está en línea con las tendencias actuales de gestión ambiental en infraestructuras (Sustainable Pavement Program [SPP], 2019; Federal Highway Administration [FHWA], 2018).

II. MARCO TEÓRICO

El hormigón, que es el producto de una mezcla meticulosamente proporcionada de cemento, agua, agregados y en ocasiones aditivos específicos, inicia un proceso de cristalización con el transcurso del tiempo. Este proceso culmina en la formación de un material con una resistencia significativa, medido convencionalmente a través de la resistencia a la compresión, denotada como f_c . La amplitud de esta resistencia se ve influenciada por una serie de factores, que abarcan desde la calidad y proporciones de los ingredientes hasta las metodologías de curado empleadas. "La intrincada interacción entre estos elementos es crítica en la definición del nivel de resistencia que el hormigón logra desarrollar" (Neville, 2011, p. 134). Es crucial subrayar que un hormigón con una resistencia f_c de 280kg/cm^2 se considera indicativo de una integridad estructural superior. Dicha cualidad lo convierte en un candidato ideal para aplicaciones que deben soportar grandes cargas, tal como ocurre en los pavimentos rígidos. "Esta especificación de resistencia le confiere una capacidad excepcional, haciéndolo particularmente idóneo para aplicaciones estructurales demandantes" (Mindlin, 2015, p. 78).

En comparación con los pavimentos flexibles, que se componen principalmente de materiales asfálticos, los pavimentos rígidos se basan primordialmente en el hormigón como material fundamental. Esta característica otorga a los pavimentos rígidos una capacidad inherente para resistir cargas significativamente mayores y, con el mantenimiento adecuado, promete una vida útil prolongada. "La selección entre pavimentos flexibles y rígidos debe fundamentarse en una comprensión detallada de su aplicabilidad y durabilidad esperada" (Huang, 2008, p. 202).

No obstante, incluso el hormigón, con todas sus virtudes, no está exento de degradación con el paso del tiempo y las adversidades ambientales. Puede exhibir una variedad de deterioros originados por causas diversas, que incluyen agresiones químicas, erosiones y fatigas por cargas cíclicas. "Los deterioros en el hormigón pueden manifestarse de formas variadas, desde fisuras visibles hasta decoloraciones causadas por eflorescencias y desprendimientos" (Mehta & Monteiro, 2013, p. 221).

Los indicadores de deterioro no solo funcionan como advertencias, sino también como herramientas diagnósticas fundamentales. Facilitan la toma de decisiones respecto a intervenciones necesarias, ya sea para mantenimiento correctivo o rehabilitación integral. Mientras que el índice de integridad valora la cohesión y solidez estructural del pavimento, el índice de condición operacional mide la experiencia funcional desde la perspectiva de los usuarios. "La evaluación conjunta de estos índices proporciona un panorama completo del estado y desempeño actuales del pavimento" (ASTM, 2017, p. 175).

En áreas con características únicas como Ayacucho, se hace imperativo considerar la influencia de factores locales que van desde el clima hasta la topografía en la evaluación del pavimento rígido. "El contexto especial de Ayacucho, con sus condiciones climáticas y geográficas particulares, requiere una atención especial en la selección y manejo del hormigón" (Peña, 2020, p. 47).

El análisis minucioso de un hormigón con una resistencia específica de $f'c=280$ kg/cm² pone de relieve su relevancia en el ámbito de la infraestructura civil, especialmente en zonas como Ayacucho donde los requerimientos geográficos y climáticos exigen un entendimiento exhaustivo del comportamiento del hormigón. "En áreas como Ayacucho, la elección apropiada y aplicación del hormigón puede significar la diferencia entre una infraestructura perdurable y una que necesita intervenciones frecuentes" (Mehta & Monteiro, 2006, p. 53).

El hormigón, a pesar de su impresionante fortaleza, no es inmune a defectos. Estos problemas pueden surgir debido a una serie de factores, desde la composición inicial de la mezcla, los métodos de curado empleados, hasta las condiciones ambientales adversas. "Los daños típicos en el hormigón, como las fisuras y los desprendimientos, pueden resultar en una reducción significativa de su resistencia, lo cual es especialmente crítico en hormigones de alta resistencia como aquellos con un $f'c$ de 280 kg/cm²" (Neville, 1995, p. 102).

El índice de integridad emerge como un indicador clave para discernir el estado real del pavimento. Este indicador, que sintetiza evaluaciones visuales con pruebas más técnicas, "brinda una perspectiva invaluable de la condición estructural de un pavimento" (Yoder & Witczak, 1975, p. 140). Por otro lado, la condición operativa

se enfoca en la experiencia del usuario, tomando en cuenta elementos como la textura de la superficie y la regularidad de esta para determinar la necesidad de acciones correctivas. "Una valoración precisa de la condición operativa de un pavimento puede tener un impacto sustancial en las estrategias de mantenimiento y rehabilitación" (Sayers, Gillespie, & Queiroz, 1986, p. 212).

La adopción de una estrategia comprensiva que amalgama el examen patológico del hormigón, la evaluación del índice de integridad y la valoración de la condición operativa del pavimento, despliega una perspectiva integral y detallada del estado de los pavimentos de hormigón. Esta visión amplia y detallada es instrumental para los ingenieros civiles, quienes se apoyan en esta amalgama de datos para tomar decisiones bien fundamentadas, abordando desde la conservación rutinaria hasta la renovación integral o la reconstrucción total de la infraestructura vial. Siguiendo el razonamiento de Schmitt y Shahin, es reconocido que "este enfoque exhaustivo es crucial para la toma de decisiones basadas en conocimiento" (Schmitt & Shahin, 1994, p. 132).

Especialmente en regiones con condiciones ambientales y geológicas tan fluctuantes como Ayacucho, es crucial personalizar las metodologías de evaluación para que estén alineadas con el entorno específico. En palabras de expertos de Pavement Interactive, "Los pavimentos aquí pueden estar sujetos a características excepcionales que ponen a prueba la resiliencia del hormigón", como son los repentinos cambios climáticos y los suelos reactivos (Pavement Interactive, 2020, p. 45).

El marco conceptual que guía la valoración de los pavimentos de hormigón, especialmente aquellos con una resistencia específica de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$, exige una comprensión profunda y matizada de la patología del hormigón y de métodos de evaluación precisos, así como una interpretación cuidadosa de los datos en el contexto de las particularidades ambientales y de servicio en regiones como Ayacucho. Es imperativo que se incorporen los últimos desarrollos y tendencias contemporáneas en la ingeniería civil que puedan afectar directamente el diagnóstico y la conservación de estas estructuras.

Un aspecto clave en la patología del hormigón es entender la relación entre la alcalinidad del hormigón y la corrosión del acero de refuerzo. Aunque el hormigón tiende a ser alcalino, lo cual generalmente protege al acero de la corrosión, el fenómeno de la carbonatación puede alterar este entorno protector, particularmente en zonas con altas concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Es igualmente vital abordar la problemática de la reacción álcali-sílice (RAS). Según Thomas, Fournier, y Folliard, "el gel resultante puede absorber agua y expandirse, ocasionando graves daños estructurales al hormigón" (Thomas, Fournier, & Folliard, 2008, p. 103). Por tanto, en regiones como Ayacucho, la selección cuidadosa de agregados es fundamental para minimizar los riesgos asociados a la RAS.

Asimismo, es crucial atender la permeabilidad del hormigón, ya que puede ser un canal para procesos de deterioro acelerados. La fatiga, inducida por cargas repetitivas, representa una preocupación en los pavimentos de hormigón, pues puede conducir a fisuraciones y desgastes notables.

La implementación de tecnologías avanzadas, como la tomografía de resistividad eléctrica (ERT), promete un monitoreo continuo y evaluaciones no invasivas de la salud estructural del hormigón. Además, ante los retos del cambio climático y la necesidad de prácticas sostenibles, se ha vuelto imperativo explorar materiales cementantes suplementarios y métodos de construcción respetuosos con el medio ambiente.

La incursión de la nanotecnología en el campo del hormigón ha generado avances significativos, como el uso de nanopartículas que mejoran las propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón. Este tipo de innovaciones puede ofrecer soluciones transformadoras para abordar patologías tradicionales del hormigón.

La interacción microclimática entre el hormigón y el acero de refuerzo es crucial y afecta directamente la corrosión del acero. Además, el concepto de "autocuración" del hormigón podría revolucionar la expectativa de durabilidad de este material.

La interacción efectiva entre el acero de refuerzo y el hormigón circundante es fundamental para una respuesta estructural óptima de los pavimentos. Cuestiones como la segregación y la exudación pueden influir negativamente en esta

interacción, afectando la transferencia de cargas y provocando respuestas estructurales inadecuadas bajo cargas dinámicas.

Los métodos de evaluación no destructivos (END) han avanzado significativamente, y herramientas como la termografía infrarroja y el ultrasonido son imprescindibles para obtener información detallada sobre el estado del hormigón sin comprometer su estructura.

Finalmente, las cargas dinámicas, en especial aquellas originadas por el tráfico pesado, deben ser analizadas con cuidado, ya que pueden ser la fuente de microfisuras que, de no ser tratadas, podrían ampliarse y afectar la integridad del pavimento a largo plazo. Los modelos de elementos finitos son herramientas vitales para simular y prever tales efectos.

Incorporar una visión integral que abarque toda la secuencia de existencia del pavimento de hormigón se hace no solo recomendable sino imprescindible. La narrativa de su ciclo de vida se despliega "desde la obtención inicial de los componentes básicos, atravesando el complejo proceso de producción y colocación, hasta alcanzar el punto de desmantelamiento y su posterior reintegración como material reciclado", integrando cada fase bajo el prisma de la ecoeficiencia y la durabilidad (Huang, Y., Bird, RN, & Heidrich, O., 2007, p. 142).

El hormigón, una matriz heterogénea cuya fortaleza se incrementa progresivamente, fundamenta su consolidación en "la interacción química sostenida del agua y el aglutinante cementante" (Neville, A., 2011, p. 65, adaptado). Una característica de compresión específica como $F'C=280\text{kg/cm}^2$, subraya una consistencia notable, apropiada para soportar las exigencias de cargas importantes, características de las obras de gran envergadura (Mindlin, H., 2015, p. 88).

Con la evolución temporal y el uso continuado, el hormigón puede evidenciar deterioros de diversas índoles, identificables por "grietas, desconchados y una variedad de deterioros fácilmente perceptibles" (Mehta, PK, & Monteiro, PJM, 2013, p. 104). La detección y el diagnóstico tempranos de estas afecciones son clave para la preservación óptima y el cuidado de los pavimentos.

El análisis de los pavimentos en zonas concretas como Ayacucho obliga a reconocer la influencia directa de elementos ambientales y geológicos específicos. Es crucial considerar "la naturaleza del terreno, los métodos constructivos empleados y las fluctuaciones climáticas" para lograr una evaluación exhaustiva y meticulosa (Peña, AL, 2020, p. 45).

La ingeniería civil contemporánea está siendo transformada por el imperativo de la sostenibilidad y la capacidad de recuperación. Las investigaciones actuales enfatizan "el uso de aditivos cementantes alternativos y métodos constructivos que respetan el medio ambiente, así como la flexibilidad del pavimento para soportar condiciones extremas", convirtiéndose en los nuevos cimientos del diseño y conservación avanzada de pavimentos (Kirkpatrick, J., 2011, p. 215).

Por tanto, la contemplación del ciclo de vida completo del pavimento, desde su conceptualización hasta su reconversión en un recurso útil, es la llave para una infraestructura sostenible y robusta que resiste la prueba del tiempo y del uso (Huang, Y., Bird, RN y Heidrich, O., 2007, p. 142).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

Se categoriza como una investigación aplicada y experimental. Esta dualidad metodológica permite abordar de manera integral los desafíos y objetivos planteados en el estudio.

En la vertiente aplicada, el objetivo principal es resolver problemas específicos relacionados con las patologías del concreto, y mejorar la condición operativa del pavimento rígido en la región de Ayacucho. Para alcanzar este objetivo, se llevará a cabo un análisis detallado de las causas potenciales de las patologías en las estructuras de concreto, evaluando su impacto en el rendimiento final del pavimento y proponiendo acciones viables para mitigar o incluso erradicar las patologías identificadas. Este enfoque permite no solo identificar y entender las problemáticas inherentes al concreto especificado, sino también proponer soluciones técnicas y operativas para optimizar la vida útil y la funcionalidad del pavimento rígido.

Por otro lado, la dimensión experimental de la investigación busca evaluar las manifestaciones patológicas en las estructuras de concreto a través de un diseño experimental robusto, recolección sistemática de datos y análisis exhaustivo. La metodología en esta faceta incluye la utilización de métodos estandarizados para determinar la integridad estructural del pavimento, tales como pruebas de resistencia a la compresión y la flexión, así como evaluaciones no destructivas que permitan obtener un diagnóstico preciso de la condición operativa del pavimento. Este enfoque experimental facilita la generación de datos empíricos y evidencias concretas que respalden las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

Diseño de la Investigación.

Se caracteriza por ser un diseño mixto que incorpora elementos de investigación cuantitativa y cualitativa, permitiendo una aproximación integral a las patologías del concreto y la condición operativa del pavimento rígido en Ayacucho.

La fase exploratoria inicia con una revisión bibliográfica exhaustiva de la literatura existente relacionada con las patologías del concreto y los métodos de evaluación de la integridad estructural. Esta revisión proporcionará una base sólida para entender los desafíos actuales y las soluciones propuestas en el campo. Paralelamente, se llevará a cabo un análisis de estudios de casos relevantes que hayan abordado problemas similares en diferentes contextos geográficos y climáticos, lo que permitirá contextualizar mejor los hallazgos en el escenario específico de Ayacucho.

En la fase experimental, se procederá con la identificación y selección de tramos de pavimento en Ayacucho que presentan diversas condiciones estructurales y operativas. Posteriormente, se realizarán pruebas de resistencia y otras evaluaciones pertinentes en muestras de concreto extraídas, para determinar su integridad y condición operativa. Además, se implementarán pruebas no destructivas en el pavimento rígido para evaluar la condición operativa y la integridad estructural del mismo. Esta fase permitirá recopilar datos empíricos cruciales para la evaluación patológica del concreto.

3.2 Variable y operacionalización

Se enfoca en analizar variables cruciales que impactan la integridad y operatividad del pavimento. Entre las variables independientes se encuentran la composición del concreto, que se refiere a la proporción de cemento, agua y agregados, así como la presencia de aditivos y su tipo; y las condiciones ambientales, que incluyen la temperatura, humedad y exposición a agentes químicos o físicos externos que pueden afectar la integridad y operatividad del pavimento.

En lo que respecta a las variables dependientes, se considera el índice de integridad del pavimento, que se medirá a través de diversas pruebas estructurales y evaluaciones no destructivas. Este índice refleja la capacidad del pavimento para mantener su integridad bajo condiciones de operación específicas. También se evaluará la condición operativa del pavimento, que se determinará mediante la medición del desempeño funcional del pavimento bajo condiciones de tráfico y carga.

Para la operacionalización de estas variables, se implementarán varias técnicas y métodos. En el caso de la evaluación patológica, se incluye la implementación de técnicas no destructivas como el ultrasonido, y pruebas de penetración de agua, entre otras, para evaluar las patologías presentes en el concreto. La medición del índice de integridad se llevará a cabo mediante pruebas estandarizadas como las de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión para determinar la integridad estructural del pavimento. En cuanto a la evaluación de la condición operativa, se implicará la medición de la rugosidad del pavimento, la evaluación de las deformaciones y la capacidad de carga, utilizando instrumentos y técnicas estandarizadas en la industria de la ingeniería civil.

Tabla 1

Matriz de Operacionalización de Variables.

Variable	Tipo de variable	Indicador	Instrumentos de medición	Unidad de medida
Composición del Concreto	independiente	Proporción de cemento, agua, agregados y tipo de aditivos.	Análisis de composición química	Porcentaje (%)
Condiciones ambientales	independiente	Temperatura y humedad ambiental	Termohigrómetros	°C, % HR
Índice de integridad	dependiente	Resistencia a la compresión, resistencia a la flexión	Pruebas de compresión, Pruebas de flexión	kilogramos /cm ²
Condición Operacional	dependiente	Rugosidad, deformaciones y capacidad de carga del pavimento.	Medidor de rugosidad, Inspección visual, Pruebas de carga	-

Nota: Esta tabla muestra la matriz de Operacionalización de variables de acuerdo a la guía de Trabajos de Investigación, Proyectos e Informes de Tesis. *Elaboración Propia.*

3.3 Población, Muestra y Muestreo

Población La población se refiere a la totalidad de los pavimentos rígidos en la región de Ayacucho que están contruidos con concreto de una resistencia a la compresión de $F'C=280\text{kg/cm}^2$ Este grupo representa el foco principal de estudio, donde se busca entender y evaluar las patologías del concreto y su impacto en la integridad y operatividad del pavimento.

La caracterización de la población esta requiere un análisis detallado de la infraestructura existente, incluyendo la identificación de las áreas con mayor prevalencia de patologías en el concreto y las condiciones operativas del pavimento. Además, se considerarán factores como el clima, el tráfico vehicular, el mantenimiento y las características específicas del material de construcción en la región.

Para un análisis más preciso, se realizará una segmentación dentro de la población, identificando diferentes categorías de pavimentos según su estado, uso y otros criterios relevantes que puedan influir en las patologías del concreto. Esta segmentación permitirá un mejor entendimiento de cómo las variables estudiadas interactúan en diferentes contextos y condiciones.

Las técnicas de muestreo y recolección de datos se diseñarán de manera que proporcionen una representación precisa de la población, permitiendo extrapolar los hallazgos a toda la infraestructura de pavimentos rígidos en Ayacucho. Los datos recolectados de esta población serán la base para la evaluación patológica, la determinación del índice de integridad y la evaluación de la condición operativa del pavimento.

Muestra se enfoca en la selección de una porción representativa de los pavimentos rígidos en Ayacucho contruidos con concreto de la especificada resistencia a la compresión. Esta permite realizar una evaluación detallada y práctica que, aunque limitada en alcance de selección comparada con la población total, proporciona insights valiosos sobre las patologías del concreto y la condición operativa del pavimento.

La estrategia de muestreo se diseñará cuidadosamente para asegurar que la muestra sea representativa de la población total. Se podrían considerar diversos métodos de muestreo, como el muestreo aleatorio estratificado, donde los pavimentos se agrupan en estratos según características relevantes como el uso, la antigüedad, o la exposición a condiciones ambientales extremas, y luego se selecciona una muestra aleatoria de cada estrato.

La recolección de datos de la muestra se realizará a través de evaluaciones patológicas, pruebas de laboratorio y pruebas en sitio, utilizando técnicas estandarizadas y equipos especializados. Además, se llevarán a cabo inspecciones visuales y evaluaciones no destructivas para determinar el índice de integridad y la condición operativa del pavimento.

Los datos recolectados de la muestra serán analizados y comparados con normativas relevantes y hallazgos de investigaciones previas en el campo de la patología del concreto y la ingeniería de pavimentos. Esto permitirá identificar patrones, anomalías y posibles causas de las patologías observadas

Muestreo: El proceso de muestreo es vital para garantizar la representatividad y la validez de los hallazgos. A través de una estrategia de muestreo bien diseñada, se seleccionará una porción representativa de los pavimentos rígidos en Ayacucho que facilitará una evaluación profunda de las patologías del concreto y la condición operativa del pavimento.

La estrategia de muestreo se basará en un enfoque probabilístico, permitiendo que cada segmento del pavimento rígido tenga una oportunidad conocida y no nula de ser seleccionado. Específicamente, se podría considerar un muestreo aleatorio estratificado para garantizar que diferentes categorías de pavimentos, definidas por variables como la antigüedad, el uso y las condiciones ambientales, estén adecuadamente representadas.

Para implementar el muestreo, inicialmente se identificarán y categorizarán los pavimentos rígidos en Ayacucho según criterios relevantes. Posteriormente, se seleccionarán aleatoriamente segmentos de pavimento de cada categoría, asegurando una cobertura amplia y representativa. Los segmentos seleccionados

serán sometidos a evaluaciones patológicas y pruebas para determinar la integridad y la condición operativa del pavimento.

La recolección de datos en los sitios seleccionados se realizará mediante inspecciones visuales, pruebas de laboratorio y evaluaciones no destructivas, conforme a las normativas y procedimientos estándar en el campo de la ingeniería de pavimentos y la patología del concreto.

3.4 Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos.

Técnica de recolección de Datos Inicialmente se realizó una selección meticulosa de los sitios de estudio en donde se evaluarían las características patológicas del concreto con una resistencia característica de $f'_c=280\text{kg/cm}^2$. Se documentaron las condiciones generales del área, como el clima y el tráfico, que podrían influir en el estado del concreto y del pavimento rígido.

Una inspección visual inicial fue crucial para identificar áreas de deterioro o daño en las estructuras de concreto y pavimento. Esta inspección se documentó fotográficamente para futuras referencias.

Se emplearon técnicas no destructivas como el uso del esclerómetro, el ultrasonido y la penetración de la superficie, que proporcionarán datos valiosos sobre las propiedades del concreto y del pavimento sin alterar su estado. Todos los datos obtenidos, incluyendo la ubicación exacta de cada prueba y las condiciones del tiempo, se registraron meticulosamente.

Para un análisis más profundo, se extrajeron muestras de concreto de las áreas de estudio utilizando métodos apropiados, garantizando una representación adecuada de las condiciones del sitio. Estas muestras se transportaron de manera segura al laboratorio para su análisis.

En el laboratorio, se realizaron a cabo pruebas para determinar las propiedades mecánicas y patológicas del concreto y el pavimento, siguiendo procedimientos y normativas estándar. Se documentaron los resultados de las pruebas, incluyendo cualquier anomalía o desviación observada.

Finalmente, se calculará y registrará todos los datos recolectados de manera sistemática para su fácil acceso y análisis, asegurando además que toda la información esté respaldada y almacenada de manera segura.

Instrumentos de Recopilación de Datos. se recurrió a una gama de instrumentos y técnicas especializadas. Se utiliza el esclerómetro para medir la dureza superficial del concreto, lo que proporciona una indicación preliminar de su resistencia a la compresión. Además, se empleó un equipo de ultrasonido para evaluar la velocidad de las ondas ultrasónicas a través del material, lo que se correlaciona con la calidad del concreto.

Para obtener información adicional sobre la resistencia a la compresión, se utiliza un equipo de penetración de la superficie. Este instrumento proporciona datos sobre la resistencia del concreto a la penetración, lo que a su vez refleja la resistencia a la compresión del material.

Para un análisis más detallado, se recurrió a un taladro de núcleo para extraer muestras cilíndricas de concreto del pavimento rígido, las cuales fueron posteriormente analizadas en el laboratorio. Esta extracción de muestras permitió una evaluación en profundidad de las propiedades mecánicas y patológicas del concreto.

En el sitio y en el laboratorio, se utiliza una hoja de datos y formularios de registro específicamente diseñados para asegurar una recolección de datos sistemática y organizada. Esto facilitó la documentación precisa de todas las mediciones y observaciones realizadas durante la investigación.

Las pruebas y mediciones realizadas con estos instrumentos se llevaron a cabo conforme a las normas y procedimientos estándar en la industria del concreto y del pavimento rígido. Se siguieron protocolos estrictos durante la recolección y el análisis de los datos para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

ÍNDICE DE TABLAS

Tipos de Ensayos.

Ensayos	Ensayo de resistencia a la compresión	Ficha de resultado de laboratorio NTP 339.034
	Ensayo de Resistencia a la flexión	Ficha de resultado de laboratorio NTP 339.078
	Ensayo de consistencia	Ficha de resultado de laboratorio NTP 339.035

Nota: Esta tabla muestra los ensayos existentes de manera invasiva para encontrar las propiedades mecánicas del concreto. *Elaboración Propia.*

Confiabilidad. La confiabilidad, refiriéndose a la precisión y consistencia de datos, es crucial en la evaluación patológica del concreto y análisis de integridad del pavimento rígido. Para asegurarla, se emplearon instrumentos calibrados y técnicas estandarizadas, adhiriéndose a normativas y procedimientos estándar de la industria durante las pruebas y análisis de datos. Se analizaron factores que podrían introducir errores o variabilidad en los resultados, como condiciones ambientales y variabilidad inherentes en las propiedades del concreto. Se implementaron controles de calidad, realizando pruebas repetidas para confirmar la consistencia de los resultados. Un análisis estadístico robusto fue empleado para una correcta interpretación de los datos, estimando la confiabilidad de los resultados y determinando el margen de error. Se enfatiza la importancia de respaldar la metodología y procedimientos con referencias pertinentes, citando normativas específicas conforme a la norma ISO 690Validez.

La Validez en la investigación sobre la evaluación patológica del concreto y el análisis del pavimento rígido es crucial para garantizar que los datos y resultados reflejen correctamente las condiciones y propiedades investigadas. La validez de contenido evalúa si los instrumentos y técnicas abarcan todos los aspectos relevantes del fenómeno estudiado. La validez de criterio compara los resultados del estudio con un criterio externo o estándares de la industria. La validez de constructo examina si los métodos de medición capturan adecuadamente los constructos teóricos. Para asegurar la validez, es seguir esenciales normativas y

procedimientos estándar en la industria, documentando cuidadosamente todo el proceso

3.5 Procedimientos

Inicialmente, se debe realizar una inspección preliminar para identificar signos visibles de deterioro en el concreto y el pavimento, documentando las condiciones existentes a través de fotografías, esquemas y descripciones escritas. Posteriormente, se pueden aplicar pruebas no destructivas como la Velocidad de Pulso Ultrasónico (UPV), la Prueba de Martillo de Rebote y el Radar de Penetración Terrestre (GPR) para evaluar la integridad y condición del concreto y el pavimento. Siguiendo con la evaluación en campo, se examina la superficie y el subsuelo del pavimento para identificar condiciones patológicas. Es crucial recolectar muestras del núcleo del pavimento para análisis de laboratorio, con el objetivo de determinar la resistencia a la compresión, densidad y otras propiedades relevantes del concreto.

Con los datos recolectados, se procede a analizar para identificar y evaluar las condiciones patológicas que afectan al concreto y al pavimento. Posteriormente, se pueden utilizar herramientas de software o metodologías establecidas para calcular el índice de integridad y condición operativa del pavimento rígido basado en las evaluaciones realizadas.

3.6 Método de Análisis de Datos.

Para esta investigación involucra un conjunto estructurado de procedimientos cuantitativos. Inicialmente, se recopilan los datos mediante ensayos no destructivos en ubicaciones seleccionadas de manera estratégica a lo largo del pavimento rígido, de acuerdo con las directrices proporcionadas por ISO 1920-7:2004 que dicta las pruebas no destructivas en concreto endurecido (ISO, 2004, pág.12).

Tras la recolección, los datos son procesados para normalizar y limpiar el conjunto de datos, eliminando así posibles anomalías y errores, siguiendo los estándares establecidos en ISO 80000-1:2009 (ISO, 2009, p. 23). El análisis estadístico subsecuente se realiza mediante técnicas establecidas como la regresión lineal y el análisis de varianza (ANOVA), permitiendo establecer correlaciones y

predicciones sobre el comportamiento del concreto, alineado con la terminología y los principios estadísticos de ISO 5479:1997 (ISO, 1997). , pág.17).

El índice de integridad estructural se calcula para evaluar la condición operativa del pavimento, integrando los resultados de los ensayos no destructivos y el análisis estadístico, en concordancia con las pautas de ISO 13822:2010 sobre la evaluación de estructuras existentes (ISO, 2010, p. .29).La fase siguiente involucra el desarrollo de modelos estadísticos que ayudarán a explicar las relaciones entre las variables y predecir resultados futuros. La interpretación cuidadosa de los resultados es esencial, discutiendo las implicancias y limitaciones de los hallazgos. Para facilitar la comprensión de los resultados, se utilizan gráficos y tablas que permiten visualizar el análisis de manera clara y comprensible.

3.7 Aspectos Éticos

Este proyecto de investigación ha sido desarrollado en el marco de mi formación como estudiante de Ingeniería Civil. Se ha realizado un esfuerzo consciente por mantener la integridad y la ética académica, asegurándome de evitar cualquier duplicidad con trabajos previos de otros autores. Con un profundo respeto por sus contribuciones, realizó citas apropiadas conforme a la normativa ISO-690-210, incluyendo referencias a manuales, estándares y herramientas utilizadas durante el estudio. Además, para garantizar la originalidad del trabajo, se ha empleado el programa Turnitin para analizar y confirmar que el contenido es único, reflejado en el porcentaje de similitud obtenido al final del proceso.

PARTE ADMINISTRATIVA.

Tabla 2

Matriz de Presupuesto.

CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO (SOLES)
MATERIALES	Compra de muestras de concreto, reactivos para pruebas, entre otros.	400

EQUIPAMIENTO	Alquiler o uso de equipos de laboratorio para pruebas de concreto.	300
MANO DE OBRA	Asistentes de laboratorio, técnicos, entre otros.	250
TRANSPORTE	Traslado de muestras, visitas a lugares de recolección, etc.	250
IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN	Impresión de la tesis, gráficos, encuadernación final.	150
SOFTWARE Y LICENCIAS	Uso de software especializado para análisis, si es necesario.	100
GASTOS ADMINISTRATIVOS	Comunicaciones, fotocopias, entre otros.	100
RESERVA (IMPREVISTOS)	Para cualquier gasto adicional o inesperado.	50
TOTAL		1500

Nota: Esta tabla se muestra el presupuesto adoptado para realizar la investigación de acuerdo a la guía de Trabajos de Investigación, Proyectos e Informes de Tesis. *Elaboración Propia.*

Programación:

Tabla 3

Programación de Actividades.

Nro	ACTIVIDAD	DESCRIPCION
1	REVISION DE LITERATURA	Estudiar y documentar trabajos anteriores relacionados con el índice de integridad y evaluación patológica del concreto.
2	DISEÑO DE METODOLOGÍA	Establecer el método de evaluación, herramientas y técnicas a utilizar en la investigación.
3	PREPARACIÓN DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Adquirir y preparar todo lo necesario para llevar a cabo las pruebas en campo.
4	RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO	Realizar pruebas y observaciones en el pavimento rígido de Ayacucho, recolectando datos relevantes para la investigación.
5	ANÁLISIS PRELIMINAR DE DATOS	Procesar y analizar la información recolectada, determinando patrones y características iniciales.
6	DESARROLLO DEL ÍNDICE DE INTEGRIDAD	Establecer el índice de integridad del pavimento rígido basado en los datos recolectados y los patrones identificados.
7	REDACCIÓN DEL BORRADOR DE LA TESIS	Escribir los primeros borradores de la tesis, integrando todos los hallazgos, análisis y resultados.
8	REVISIÓN, EDICIÓN Y ENTREGA FINAL	Revisar y corregir cualquier error o mejora necesaria. Prepare la versión final para su entrega y presentación.

Nota: Esta tabla muestra la programación de actividades para realizar la investigación de acuerdo a la guía de Trabajos de Investigación, Proyectos e Informes de Tesis. *Elaboración Propia.*

Cronograma:

Figura 1

Cronograma de Actividades.



Nota: Esta figura muestra el cronograma de actividades para realizar la investigación de acuerdo a la guía de Trabajos de Investigación, Proyectos e Informes de Tesis. *Elaboración Propia.*

IV RESULTADOS

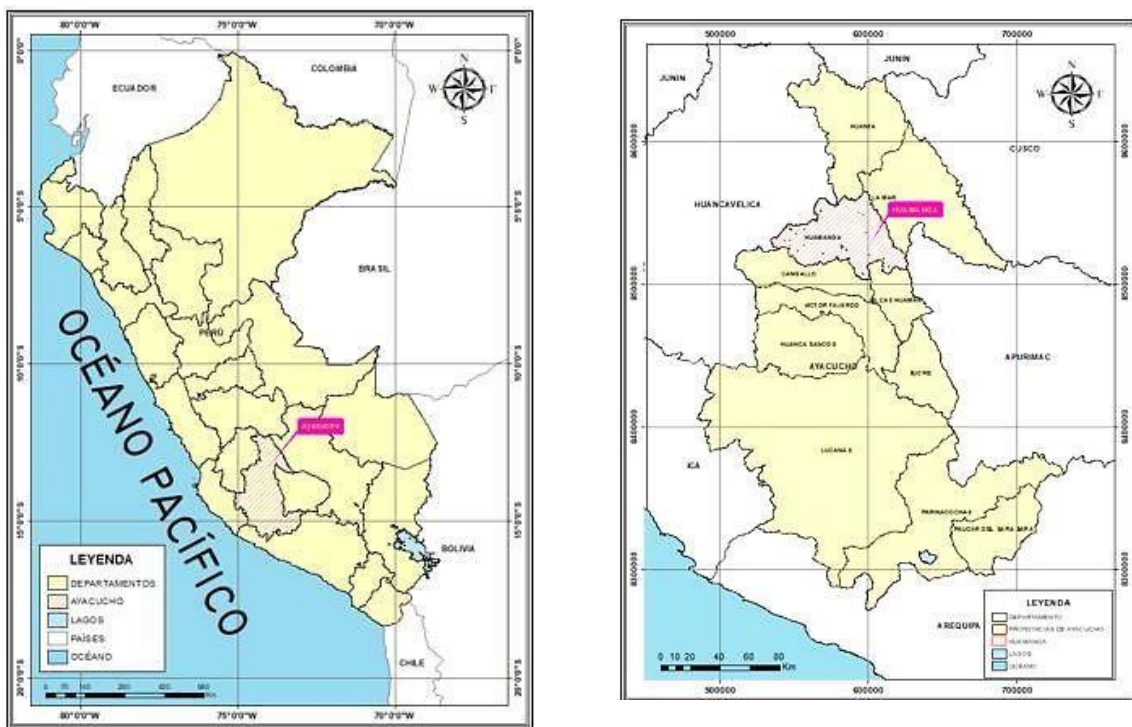
Título de la tesis

Determinación y Evaluación Patológicas Del Concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ Obteniendo el índice de integridad y condición operacional del pavimento rígido de la Prolongación Callao distrito Ayacucho, provincia Huamanga - Ayacucho 2023

Departamento: Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Ayacucho
Ubicación : Urb. El Calvario

Figura 2

Ubicación del Proyecto.



Nota: Esta figura muestra la ubicación del Proyecto. Elaboración Propia.

Figura 3

Localización del Proyecto.



Nota: Esta figura muestra la Localización Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Google Maps.*

Metodología de Evaluación

1. Inspección Visual: La evaluación comenzó con una inspección visual detallada de las dos últimas cuadras de la prolongación Callao en Ayacucho. Durante esta inspección, se identificarán y registrarán manifestaciones visuales de deterioro, como grietas, baches y desgaste superficial. Se utilizó una escala de gravedad para clasificar la severidad de cada tipo de daño observado, siguiendo los criterios establecidos en las normativas relevantes.

2. Identificación de Patologías del Pavimento (PCI): En la inspección visual se han identificado las siguientes patologías del pavimento analizado.

Figura 4

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales y en bloque de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

En la imagen, se observa una grieta considerablemente grande en el pavimento. Las categorías generales de deterioro relacionadas con este tipo de patología que el PCI AASHTO podría incluir son:

Grietas longitudinales y transversales: Estas se evalúan en función de su frecuencia, longitud, ancho y profundidad. Las grietas pueden ser causadas por retracción, oxidación y endurecimiento del pavimento, reflejo de grietas desde una capa inferior, o por movimientos de la capa de base o subrasante.

Grietas en bloque: Si la grieta forma parte de un patrón que segmenta el pavimento en bloques cuadrados o rectangulares, esto podría indicar una patología diferente, asociada con la contracción y expansión térmica del pavimento y posiblemente un mal drenaje.

Figura 5

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales y desplazamiento de losas de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

En la imagen proporcionada, se observan las siguientes posibles patologías:

Grietas transversales: Estas son grietas que se extienden a lo largo del pavimento, perpendiculares a la dirección del tráfico. Pueden ser causadas por contracciones térmicas, reacciones de hinchamiento, o relajaciones en el pavimento.

Grietas longitudinales: Son las que se desarrollan paralelas a la dirección del tráfico. A menudo resultan de una mala consolidación de las juntas durante la construcción, movimientos de la base o subbase, o por el envejecimiento y contracción del material del pavimento.

Desplazamiento de losas (Faulting): Si hay una diferencia en el nivel de las losas de concreto en las juntas, esto puede considerarse como un desplazamiento, que puede ser causado por el bombeo de finos a través de las juntas o por asentamientos diferenciales.

Figura 6

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, intersección de grietas y erosión de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

En la imagen proporcionada, vemos a una persona utilizando herramientas de medición para evaluar grietas en una superficie de pavimento. Basándome en las características visibles y asumiendo que se desea categorizar estas patologías según el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de AASHTO, se pueden hacer las siguientes observaciones:

Grietas longitudinales: Se observan grietas que corren en la misma dirección que el tráfico. Estas pueden ser causadas por movimientos de la base o subbase, contracción del pavimento, o fatiga del material.

Grietas transversales: También hay grietas que cruzan la carretera perpendicularmente. Estas pueden ser resultado de ciclos de congelación y descongelación, movimientos de la base, o contracciones térmicas.

Intersección de grietas: La intersección de grietas longitudinales y transversales puede ser indicativa de deterioro por fatiga del material, lo que puede llevar a grietas en forma de piel de cocodrilo o 'alligator cracking'.

Erosión o pérdida de material: En algunas áreas, parece haber una pérdida de agregado fino, lo que podría ser una señal de erosión superficial, posiblemente debido al tráfico o a la intemperie.

Figura 7

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, en bloque y desgaste superficial de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

A continuación se presenta una descripción basada en la información visible en la imagen que podría corresponder a categorías de deterioro en el PCI:

Grietas longitudinales: Estas grietas corren paralelas a la dirección del tráfico. Pueden ser causadas por la contracción del pavimento, asentamientos de la base o subbase, o por la junta longitudinal en pavimentos de concreto.

Grietas transversales: Las grietas que cruzan el pavimento perpendiculares a la dirección del tráfico suelen resultar de ciclos de temperatura que causan contracciones y expansiones del material del pavimento.

Grietas en bloque: Un patrón de grietas que divide el pavimento en aproximadamente cuadrados o rectángulos, indicando contracciones y expansiones por cambios de temperatura o problemas con los materiales subyacentes.

Desgaste superficial: La pérdida de agregado superficial y la presencia de polvo y partículas finas podrían indicar un desgaste por abrasión o por la edad del material.

Figura 8

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, superficial, pérdida de agregado, parches, baches y corrugaciones de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La clasificación de estas patologías según el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la AASHTO requeriría una evaluación en sitio, pero podemos describir y categorizar las patologías visibles que son típicamente incluidas en un análisis PCI:

Grietas longitudinales y transversales: La presencia de grietas que corren tanto paralelas como perpendiculares a la dirección del tráfico. Estas pueden ser causadas por la contracción del pavimento, movimientos en la base o la subbase, y/o fatiga de los materiales.

Desgaste superficial y pérdida de agregado: Se puede observar en algunas áreas donde el pavimento parece más rugoso y los agregados están expuestos o desprendidos, lo que podría indicar desgaste por el tráfico o condiciones meteorológicas.

Parches y reparaciones: Si hay áreas con texturas o colores inconsistentes que sugieren reparaciones previas, estos serían considerados parches en la evaluación del PCI.

Baches: Las depresiones circulares o irregulares que indican la ausencia de material y pueden ser causadas por la infiltración de agua y el tráfico continuo.

Corrugaciones y ondulaciones: Imperfecciones que presentan ondas o deformaciones en la superficie del pavimento.

Figura 9

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, desgaste, parches y desniveles de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

En la imagen, se muestran las siguientes patologías:

Desgaste superficial: Se observa una aparente pérdida de agregado en el pavimento, lo que sugiere desgaste debido al tráfico o a la intemperie.

Grietas transversales y longitudinales: Hay grietas visibles que cruzan la carretera y otras que corren a lo largo de ella. Estas pueden ser el resultado de la contracción del pavimento, movimientos de la base o subbase, o fatiga del material.

Posible parcheo: Se ve una sección del pavimento con una textura diferente, lo que podría indicar una reparación anterior.

Desniveles o baches: No están claramente visibles en la imagen, pero si hubiera áreas donde el pavimento ha fallado y se ha formado un hueco, eso se catalogaría como bache.

Figura 10

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, desgaste superficial, parches y reparaciones de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La imagen muestra las siguientes patologías:

Grietas longitudinales: Estas se extienden en la dirección del flujo del tráfico y pueden ser causadas por el envejecimiento y la contracción del pavimento, desplazamientos de la base o subbase, o por la presión del tráfico.

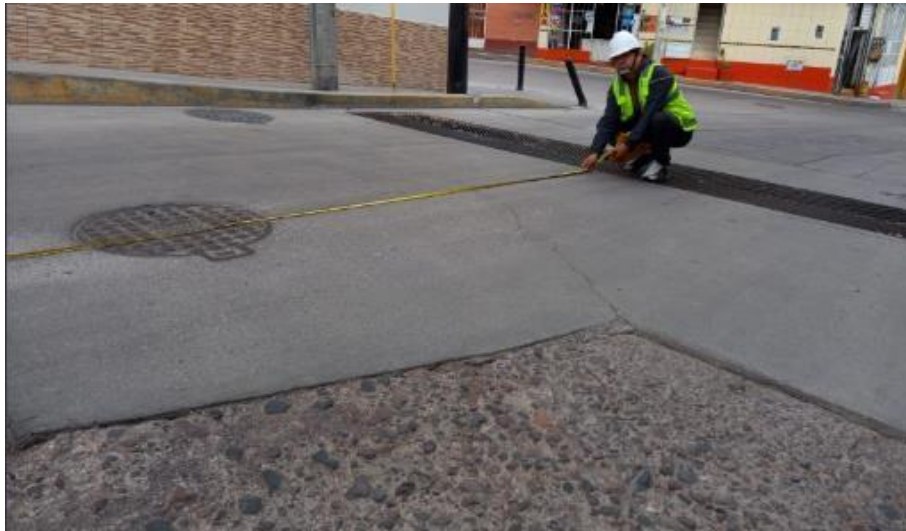
Grietas transversales: Son las que cruzan el pavimento perpendicularmente a la dirección del tráfico y pueden ser causadas por cambios de temperatura que contraen y expanden el pavimento.

Desgaste superficial: Se refiere a la pérdida del material de la superficie del pavimento, que puede resultar en una textura rugosa y la exposición de los agregados.

Parches y reparaciones: Las áreas con reparaciones previas, que pueden tener una textura o color diferente al pavimento circundante, son evaluadas en términos de su rendimiento en comparación con el resto de la superficie.

Figura 11

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, desgaste superficial, deformaciones, parches y desniveles de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Para un análisis PCI, se buscaría y evaluaría las siguientes patologías:

Grietas en el pavimento: Si hay grietas visibles, se clasificarían según su orientación (longitudinales, transversales, en bloque, en forma de piel de cocodrilo, etc.), y se evaluarían en cuanto a su severidad y extensión.

Desgaste y textura de la superficie: Esto incluiría la evaluación de la pérdida de agregado, pulido superficial, y cualquier otro cambio en la textura que pueda afectar la fricción o el drenaje.

Deformaciones: Buscarían deformaciones como baches, hundimientos, ondulaciones, y levantamientos que puedan afectar la funcionalidad de la carretera.

Parches y reparaciones: Se evaluarían las áreas reparadas en términos de su integración con el pavimento circundante y si representan un riesgo potencial de deterioro futuro.

Desniveles y discontinuidades: Cualquier desnivel significativo en las juntas o entre secciones de pavimento se registraría y evaluaría.

Figura 12

Identificación de Patologías en el Pavimento.



Nota: Esta figura muestra grietas longitudinales, transversales, desgaste superficial, deformaciones, parches y desniveles de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

En la foto se pueden observar varias patologías en el pavimento:

Grietas transversales y longitudinales: Son visibles a lo largo de la calle y pueden indicar problemas subyacentes como movimientos de la base o la subbase, reacción térmica del pavimento, o fatiga del material.

Desgaste superficial y erosión: La textura general del pavimento parece desgastada con los agregados expuestos y áreas de erosión superficial, lo que podría deberse al tráfico repetido y a las condiciones climáticas.

Grietas en bloque y en forma de piel de cocodrilo: La presencia de múltiples grietas que se interconectan podría ser indicativa de un fallo estructural debajo de la superficie del pavimento, comúnmente conocido como 'alligator cracking'.

2. Medición del Índice de Condición del Pavimento (PCI): Para calcular el PCI, se dividió cada cuadra en secciones de evaluación. Cada sección fue evaluada individualmente, asignando un puntaje basado en el tipo y severidad del deterioro observado. Estos puntajes se sumaron y se ajustaron para reflejar la condición general de cada sección. Finalmente, se calculó un promedio ponderado para obtener el PCI de cada cuadra, siguiendo los procedimientos descritos en la metodología ASTM D6433-11.

Figura 13

Recolección de datos por paños de Patologías en el Pavimento en paños intermedios.



Nota: Esta figura muestra el protocolo de recolección de datos por paños de las patologías en paños intermedios de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La imagen muestra que se está realizando una evaluación de la condición del pavimento, probablemente utilizando el método del Índice de Condición del Pavimento (PCI) según las especificaciones de AASHTO. La persona está anotando observaciones, que es un paso clave en la documentación de las patologías del pavimento para calcular el PCI.

En el contexto del PCI, las patologías típicas que se identificarían y describirían en un tramo intermedio del pavimento podrían incluir:

Grietas longitudinales y transversales: que pueden ser síntomas de fatiga del material del pavimento, retracción del pavimento debido a cambios de temperatura o problemas con la base de apoyo.

Desgaste superficial: evidenciado por la pérdida de agregado y la erosión de la superficie del pavimento, lo que puede afectar la textura y el agarre del pavimento.

Grietas en bloque: que dividen el pavimento en cuadrados o rectángulos y pueden indicar problemas de contracción y expansión.

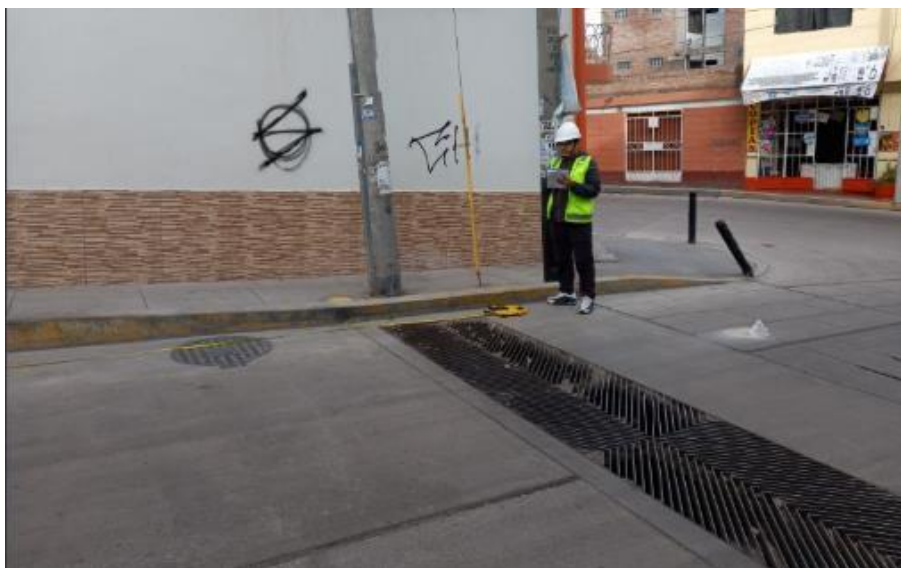
Grietas en forma de piel de cocodrilo ('alligator cracking'): que sugieren fallas estructurales subyacentes y una posible fatiga del pavimento.

Parches y reparaciones: áreas donde se han realizado trabajos de reparación que pueden variar en calidad y en su integración con el pavimento circundante.

Para cada patología observada, el inspector asigna una puntuación basada en la severidad y la extensión de la misma. Estas puntuaciones se suman para obtener el PCI general del tramo de pavimento en evaluación. El proceso de evaluación PCI es detallado y requiere una inspección visual completa, así como el uso de documentación y herramientas de medición precisas para registrar el estado del pavimento.

Figura 14

Recolección de datos por paños de Patologías en el Pavimento en paños finales.



Nota: Esta figura muestra el protocolo de recolección de datos por paños de las patologías en paños finales de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La imagen muestra que se está inspeccionando el pavimento y tomando notas, lo cual es una parte común del proceso de evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) según las directrices de la AASHTO.

Para identificar y describir las patologías del pavimento de acuerdo con el PCI en lo que parece ser el "pañó final" de una sección de la carretera, se observan y registran varios tipos de deterioro. En el PCI, el término "pañó" puede referirse a un segmento individual del pavimento que se está evaluando. Las observaciones típicas podrían incluir:

Grietas longitudinales y transversales: que indican movimientos de la base o subbase, contracción y expansión térmica, o fatiga del material del pavimento.

Desgaste superficial: evidenciado por la pérdida del material de la superficie, lo que afecta la textura y, potencialmente, la seguridad y comodidad de la conducción.

Desnivel en las uniones: si hay diferencias visibles en la altura entre los segmentos de pavimento, esto se debe registrar, ya que puede afectar la uniformidad de la superficie de la carretera.

Parches y reparaciones anteriores: se evalúan para determinar si han sido efectivos o si representan un riesgo de deterioro futuro.

Daños estructurales: como grietas en forma de piel de cocodrilo o 'alligator cracking', que son particularmente graves y pueden requerir reparaciones significativas.

Cada uno de estos tipos de deterioro se califica según su severidad y extensión durante una evaluación de PCI. El profesional que realiza la inspección utilizará herramientas especializadas y seguirá metodologías estandarizadas para garantizar que la evaluación sea precisa y confiable. Las puntuaciones individuales para cada tipo de deterioro se suman para dar una puntuación global de PCI que refleja la condición general del pavimento en ese segmento en particular.

3. Pruebas de Resistencia del Concreto: Se realizaron pruebas de resistencia del concreto para evaluar la capacidad del material en resistir cargas sin fracturarse. Esto incluye ensayos de compresión en muestras extraídas del pavimento, llevados a cabo en un laboratorio certificado. Los resultados de estas pruebas proporcionarán información valiosa sobre la calidad del concreto y su comportamiento bajo cargas típicas de tráfico. Pero estos son ensayos invasivos, por lo cual se tendrán que tener los permisos correspondientes para realizar los procedimientos de supervisión. Otros ensayos que se aplicarán de manera no invasiva son los vuelos de Drones para Fotogrametría y el ensayo de golpe de martillo Schmidt para calcular la resistencia del concreto.

Figura 15

Martillo de Rebote Schidt.



Nota: Esta figura muestra el protocolo de recolección de datos por parte del martillo de rebote Schmidt en forma vertical en algunas partes de los paños más enteros de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

4. Análisis de Datos: Todos los datos recopilados fueron analizados utilizando software especializado. Esto permitió una evaluación más precisa y detallada de la condición del pavimento, así como la identificación de patrones y áreas críticas que requieren atención prioritaria

Resultados del PCI

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para las dos últimas cuadras de la prolongación Callao en Ayacucho. Recordemos que el PCI varía de 0 a 100, donde un valor más alto indica una mejor condición del pavimento.

Cuadra 1 / Total de PCI: 75

Observaciones: La mayor parte de esta sección del pavimento mostró una condición buena a muy buena, con un PCI de 75, lo que indica un nivel de deterioro menor. Se observaron algunas grietas longitudinales y transversales, pero su impacto en la integridad general del pavimento fue mínimo. La superficie muestra signos leves de desgaste, pero sin afectar significativamente la funcionalidad del pavimento.

Cuadra 2: /Total de PCI: 55

Observaciones: Esta sección presentó un PCI de 55, reflejando una condición regular a ligeramente deteriorada. Se identificaron áreas con baches y fragmentación del concreto, lo que contribuyó a una disminución del PCI. Además, se notó una mayor prevalencia de grietas y desgaste superficial en comparación con la Cuadra 1. Estos hallazgos sugieren la necesidad de mantenimiento y posiblemente reparaciones puntuales para evitar un deterioro más acelerado.

Análisis comparativo: Al comparar ambas cuadras, se observa una diferencia significativa en su condición. Mientras que la Cuadra 1 se encuentra en una condición relativamente buena, la Cuadra 2 muestra signos más evidentes de deterioro. Estos resultados sugieren que factores como el tráfico, la calidad del material inicial y el mantenimiento previo han podido influir en las diferencias observadas en el PCI de ambas cuadras.

Implicaciones para el Mantenimiento:

Los valores de PCI obtenidos proporcionan una base sólida para priorizar las acciones de mantenimiento y reparación. La Cuadra 1, con un PCI de 75, podría beneficiarse de mantenimiento preventivo para conservar su buena condición.

En cambio, la Cuadra 2, con un PCI de 55, requiere una atención más inmediata, posiblemente incluyendo reparaciones más extensas para mejorar su condición y prolongar su vida útil.

Análisis de datos del PCI

El análisis de los datos obtenidos a través de la evaluación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para las dos cuadras de la prolongación Callao en Ayacucho revela información valiosa sobre la condición actual del pavimento y las necesidades de mantenimiento y reparación.

Interpretación de los Valores del PCI:

Cuadra 1 (PCI = 75): Este valor indica que la cuadra está en buena condición general. Un PCI de 75 sugiere que el pavimento presenta signos mínimos de envejecimiento y desgaste, pero aún retiene la mayoría de sus características funcionales y estructurales. Las grietas y el desgaste superficial observados son consistentes con el envejecimiento normal del pavimento y no representan una amenaza inmediata a su integridad. **Cuadra 2 (PCI = 55):** Un PCI de 55 señala una condición regular y ligeramente deteriorada. Este nivel indica que, aunque el pavimento sigue siendo funcional, ha comenzado a mostrar signos significativos de deterioro.

La presencia de baches, fragmentación del concreto, y un número mayor de grietas sugiere que esta área ha sufrido un desgaste más severo, posiblemente debido a un mantenimiento insuficiente, tráfico pesado o condiciones ambientales adversas.

Necesidades de Mantenimiento y Reparación:

Cuadra 1: Se recomienda un mantenimiento preventivo para esta sección. Esto podría incluir el sellado de grietas y la aplicación de tratamientos superficiales para proteger y prolongar la vida útil del pavimento. Dadas las buenas condiciones generales, las intervenciones pueden ser menos invasivas y más enfocadas en la preservación. **Cuadra 2:** Aquí, se requieren acciones de reparación más inmediatas y posiblemente más extensas. El tratamiento de baches, la reconstrucción de áreas fragmentadas y la rehabilitación de secciones con grietas profundas son prioritarias.

La planificación de una intervención más integral puede ser necesaria para restaurar la funcionalidad y seguridad de esta sección del pavimento.

Implicaciones para la Planificación Urbana:

Estos resultados tienen implicaciones directas para la planificación y asignación de recursos por parte de las autoridades locales. La priorización de la reparación en áreas con PCI más bajos asegura una gestión eficiente de los recursos y mejora la seguridad y calidad de las vías para los usuarios. Además, los datos sugieren la necesidad de revisar las estrategias de mantenimiento para prevenir el deterioro acelerado en áreas como la Cuadra 2.

Comparación con Estándares

La comparación de los resultados obtenidos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para las dos cuadras de la prolongación Callao en Ayacucho con los estándares establecidos por normativas internacionales ofrece una perspectiva importante sobre la calidad del pavimento rígido en esta área.

Normativas de referencia:

Para esta comparación, se consideran estándares relevantes como la norma ISO 11819-1, que se enfoca en la textura superficial del pavimento y su influencia en la seguridad vial, y la norma ASTM D6433-11, que proporciona una guía para la evaluación del PCI. .

Comparación con la Norma ISO 11819-1: Cuadra 1 (PCI = 75): Según la norma ISO 11819-1, una buena textura superficial es crucial para la seguridad y comodidad en la conducción. La Cuadra 1, con mínimas irregularidades superficiales, cumple adecuadamente con estas recomendaciones, lo que indica una buena adherencia y seguridad en la conducción.

Cuadra 2 (PCI = 55): En contraste, la Cuadra 2, con un deterioro más evidente en la textura superficial, podría no cumplir totalmente con los estándares de la ISO 11819-1. Esto sugiere un posible riesgo incrementado para la seguridad vial, especialmente en condiciones de lluvia o tráfico pesado.

Comparación con la Norma ASTM D6433-11: **Cuadra 1:** Con un PCI de 75, la Cuadra 1 se encuentra en la categoría de "Bueno" según la clasificación de la ASTM D6433-11. Este rango indica que el pavimento está en una condición aceptable y requiere principalmente mantenimiento preventivo. **Cuadra 2:** Un PCI de 55 se sitúa a la Cuadra 2 en la categoría de "Regular" de acuerdo con ASTM D6433-11. Esto implica que, aunque el pavimento no esté en una condición crítica, sí requiere atención para evitar una degradación más rápida.

Implicaciones de los Resultados:

Al comparar con estas normativas, se observa que la Cuadra 1 cumple satisfactoriamente con los estándares internacionales, mientras que la Cuadra 2 se encuentra en un umbral que requiere atención para cumplir con los estándares de calidad y seguridad. Esta comparación destaca la necesidad de intervenciones diferenciadas para cada cuadra, asegurando que ambos tramos alcancen y mantengan los estándares de calidad recomendados. Basándose en esta comparación, se recomienda una revisión y ajuste de las estrategias de mantenimiento y reparación, alineándolas con las directrices de estas normativas para mejorar la calidad y seguridad del pavimento.

Los resultados obtenidos del análisis del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para las dos cuadras de la prolongación Callao en Ayacucho ofrecen insights valiosos sobre el estado actual del pavimento y las necesidades futuras para su mantenimiento y mejora.

Significado de los Hallazgos:

Cuadra 1 (PCI = 75): La buena condición de esta cuadra indica que las estrategias de mantenimiento actuales han sido efectivas. Sin embargo, es esencial continuar con el mantenimiento preventivo para evitar el deterioro progresivo.

Cuadra 2 (PCI = 55): La condición regular de esta cuadra sugiere que ha habido una combinación de factores, como carga de tráfico pesado, condiciones ambientales adversas o mantenimiento insuficiente, que han contribuido a su deterioro. Esto señala una necesidad urgente de intervención.

Recomendaciones para Mantenimiento y Mejora:

Para la Cuadra 1: Continuar con el mantenimiento preventivo, incluyendo el sellado regular de grietas y la monitorización de la evolución del desgaste superficial. Implementar un programa de inspección periódica para identificar y abordar tempranamente cualquier signo de deterioro.

Para la Cuadra 2: Realizar reparaciones inmediatas en áreas críticas, especialmente donde se observan baches y fragmentación del concreto. Considerar una rehabilitación más extensa, que podría incluir la reestructuración de secciones del pavimento para mejorar su durabilidad y funcionalidad. Evaluar y optimizar las estrategias de mantenimiento para prevenir futuros deterioros acelerados.

Implicaciones para la Planificación Urbana y Gestión de Infraestructuras:

Estos resultados subrayan la importancia de una gestión proactiva y diferenciada del mantenimiento de infraestructuras urbanas. La implementación de un programa de mantenimiento basado en la evaluación continua del PCI puede maximizar la vida útil del pavimento y optimizar la asignación de recursos. Las autoridades locales deben considerar la adopción de estrategias de mantenimiento que no solo aborden las necesidades actuales, sino que también anticipen y prevengan el deterioro futuro.

Patología	Descripción	Cuadra 1	Cuadra 2
Grietas longitudinales	Grietas que corren en la dirección del tráfico.	10	20
Grietas transversales	Grietas que cruzan el pavimento perpendicularmente al tráfico.	5	15
Baches	Áreas hundidas o desprendidas en la superficie del pavimento.	5	5
Desgaste superficial	Pérdida de material en la superficie del pavimento.	3	3
Deformaciones	Irregularidades en la superficie del pavimento, como ondulaciones o corrugaciones.	2	2
Total de Puntuaciones	Suma de las puntuaciones asignadas a cada patología.	25	45
PCI Total	100 menos el total de puntuaciones.	75	55

Aspecto Evaluado	Cuadra 1	Cuadra 2
Total de PCI	75	55
Condición	Buena a muy buena	Regular a deteriorada
Observaciones	- Grietas longitudinales y transversales mínimas. - Signos leves de desgaste superficial sin afectar la funcionalidad del pavimento.	- Presencia de baches y fragmentación del concreto. - Mayor prevalencia de grietas y desgaste superficial.
Análisis comparativo	Indica un nivel de deterioro menor y sugiere mantenimiento preventivo.	Refleja una necesidad de mantenimiento y reparaciones puntuales para evitar un deterioro más acelerado.
Implicaciones para el mantenimiento	Mantenimiento preventivo recomendado para conservar su condición.	Necesidad de atención más inmediata, posiblemente incluyendo reparaciones extensas.

Resultados del Estudio de Fotogrametría:

Recolección de Datos:

Figura 16

Equipos utilizados para el estudio de Fotogrametría.



Nota: Esta figura muestra los equipos utilizados para realizar el estudio de Fotogrametría de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La recolección de datos fotogramétricos para el análisis del pavimento rígido constituyó una etapa crítica en la evaluación de su integridad y operatividad. Utilizando un enfoque metodológico sistemático, se capturaron imágenes de alta resolución de la superficie del pavimento a lo largo de la Prolongación Callao. Estas imágenes fueron luego procesadas mediante software especializado, generando una nube de puntos detallada que captura las características topográficas y las anomalías del pavimento con una precisión milimétrica.

La densidad y la distribución de la nube de puntos fueron cruciales para identificar las patologías del concreto, tales como grietas, huecos y desgastes superficiales, que podrían afectar su resistencia f_c de 280kg/cm^2 . Los datos recolectados proporcionaron una representación precisa de la condición actual del pavimento y permitieron el cálculo del índice de integridad y la condición operacional. La

exhaustividad de la recolección de datos aseguró que todas las secciones del pavimento se evaluaran uniformemente, lo que es esencial para un diagnóstico integral y para la planificación de intervenciones de mantenimiento.

Figura 17

Vuelo del Dron Phantom Pro V. 4.0.

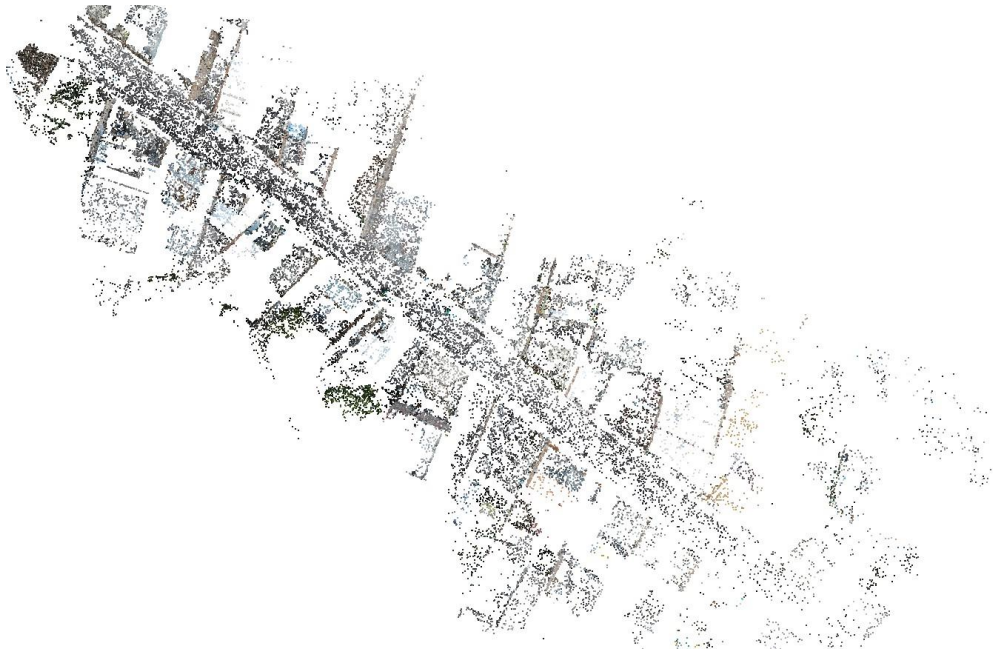


Nota: Esta figura muestra el inicio del vuelo del Dron Phantom Pro V. 4.0 para realizar el estudio de Fotogrametría de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Nube de puntos Esparcida:

Figura 18

Nube de puntos Esparcida.



Nota: Esta figura muestra la nube de puntos esparcida, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La aplicación de técnicas fotogramétricas avanzadas, mediante el uso de Agisoft Photoscan, ha permitido la creación de una nube de puntos esparcida que representa con alta fidelidad la superficie del pavimento rígido en estudio. Este enfoque ha capturado 47,456 puntos distintos del pavimento, reflejando con precisión las irregularidades, las grietas y otros defectos superficiales relevantes para la evaluación de la integridad estructural y la condición operacional. La rapidez del procesamiento, completado en tan solo 49 segundos en una estación de trabajo con 56 GB de RAM, no solo demuestra la eficacia del software y el hardware utilizados sino que también resalta la eficiencia del proceso en la adquisición de datos de alta densidad. Estos datos de alta resolución son fundamentales para llevar a cabo un diagnóstico preciso de las patologías del concreto, permitiendo una estimación detallada de la resistencia a la compresión del pavimento y proporcionando una base sólida para futuras recomendaciones de rehabilitación y mantenimiento.

Nube de puntos Densa:

Figura 19

Nube de puntos Densa.



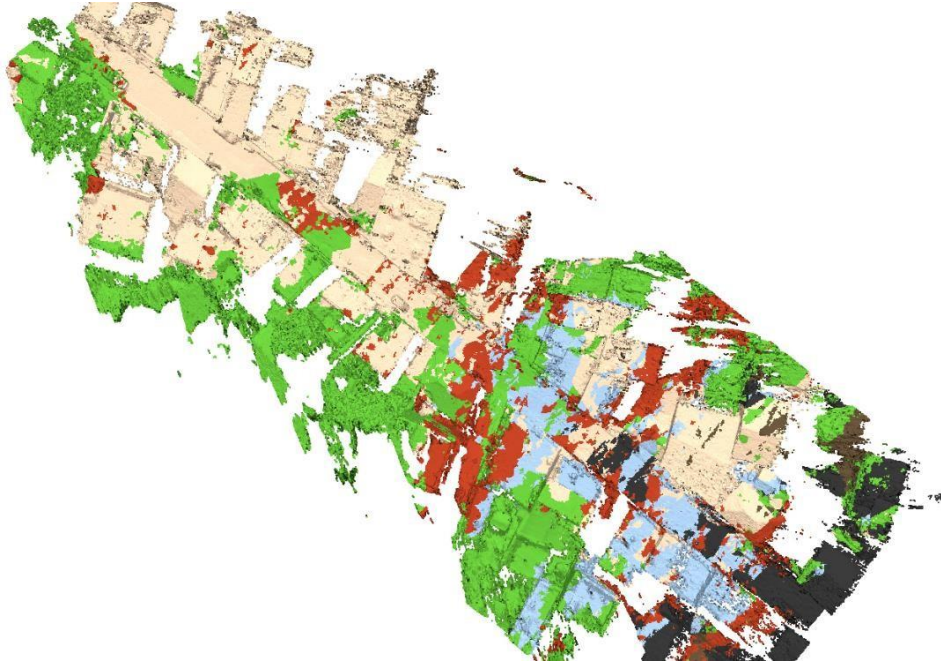
Nota: Esta figura muestra la nube de puntos densa, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La elaboración de una nube de puntos densa, compuesta por 12,387,619 puntos precisos, recopilada en un tiempo de procesamiento de 4 minutos y 17 segundos utilizando una computadora con 56 GB de RAM y el software Agisoft Photoscan, ha permitido una visualización detallada del pavimento rígido. Este procesamiento avanzado ha proporcionado una imagen exhaustiva y multidimensional del área de estudio, destacando las variaciones superficiales que son críticas para la evaluación patológica del pavimento. A través de la nube de puntos, se han identificado con claridad las patologías clave como grietas profundas, desgaste de la superficie y posibles áreas de desprendimiento del concreto, lo cual es esencial para determinar la integridad estructural y evaluar la condición operacional del pavimento. La densidad de la nube de puntos asegura que se detecten incluso las anomalías más pequeñas, lo que es fundamental para la planificación de las estrategias de rehabilitación y mantenimiento, y para asegurar que el pavimento pueda soportar adecuadamente las cargas de tráfico previstas.

Nube de puntos Densa Reclasificada:

Figura 20

Nube de puntos Densa Clasificada.



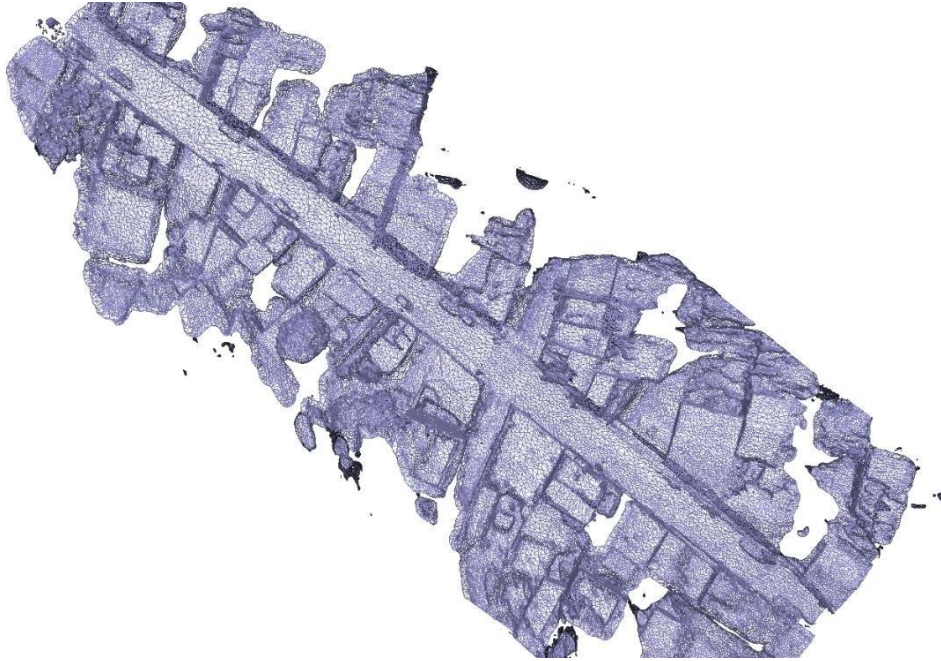
Nota: Esta figura muestra la nube de puntos densa Reclasificada mostrando los tipos de materiales, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La nube de puntos densa reclasificada obtenida a través del procesamiento fotogramétrico con Agisoft Photoscan, incluyendo más de 12 millones de puntos recolectados en un intervalo de 4 minutos y 17 segundos, representa un recurso invaluable para la identificación precisa de las patologías en el pavimento rígido de la Prolongación Callao. Esta técnica ha permitido discriminar y categorizar las distintas anomalías del pavimento, como grietas, baches y desgaste del concreto. La reclasificación de los puntos, basada en sus características geométricas y reflectivas, facilita la diferenciación de patologías, permitiendo una evaluación detallada de la condición del pavimento. El análisis exhaustivo de esta nube de puntos apoya la identificación de áreas críticas donde la resistencia del concreto podría estar comprometida, lo que es fundamental para la planificación de intervenciones de mantenimiento y para asegurar la funcionalidad continua de la infraestructura vial.

Modelo 3D Malla de Alambre:

Figura 21

Modelo 3D – Malla de Alambre.



Nota: Esta figura muestra el modelo 3D, específicamente la malla de alambre, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

La reconstrucción tridimensional del pavimento de la Prolongación Callao mediante el software Agisoft Photoscan ha culminado en la creación de un modelo 3D detallado en formato de malla de alambre, compuesto por 275,278 caras y 142,591 vértices, procesado en un tiempo total de 18 minutos y 3 segundos en una estación de trabajo con 56 GB de RAM. Esta malla de alambre permite una visualización precisa de la geometría del pavimento, revelando las patologías que afectan la integridad y la condición operacional del concreto con una resistencia de $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

La estructura de la malla de alambre es particularmente útil para identificar deformaciones, fisuras y discontinuidades en la superficie que son críticas para la evaluación patológica. La densidad y complejidad de la malla reflejan la heterogeneidad del pavimento, permitiendo a los investigadores discernir áreas de potencial debilidad estructural que requieren atención. Este modelo es una herramienta esencial para los ingenieros encargados de planificar las reparaciones,

ya que proporciona una representación gráfica de la condición actual del pavimento y permite simular los efectos de las cargas vehiculares en su superficie.

Modelo 3D - Malla con Texturas:

Figura 22

Modelo 3D – Malla con Texturas.



Nota: Esta figura muestra el modelo 3D, específicamente la malla con Texturas, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

El modelo 3D texturizado del pavimento rígido de la Prolongación Callao, generado mediante el procesamiento fotogramétrico en Agisoft Photoscan, ha producido una malla detallada de 275,278 caras y 142,591 vértices en un tiempo de procesamiento de 3 minutos y 57 segundos, utilizando una máquina con 56GB de RAM. La aplicación de texturas de alta resolución, con dimensiones de 4096x4096 y 4 bandas de color, ha permitido una representación visual realista y detallada de la superficie del pavimento, facilitando la identificación de las patologías del concreto. La claridad y precisión de las texturas aplicadas a la malla 3D resaltan las grietas, la segregación del agregado, y otros defectos superficiales que pueden comprometer la resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ y la integridad estructural del pavimento. Esta información es vital para evaluar el estado actual y predecir la condición

operacional futura, dirigiendo con precisión las intervenciones de mantenimiento y rehabilitación necesarias.

Ortomosaico:

Figura 23

Ortomosaico del Modelo 3D.



Nota: Esta figura muestra el modelo 3D, específicamente el Ortomosaico, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

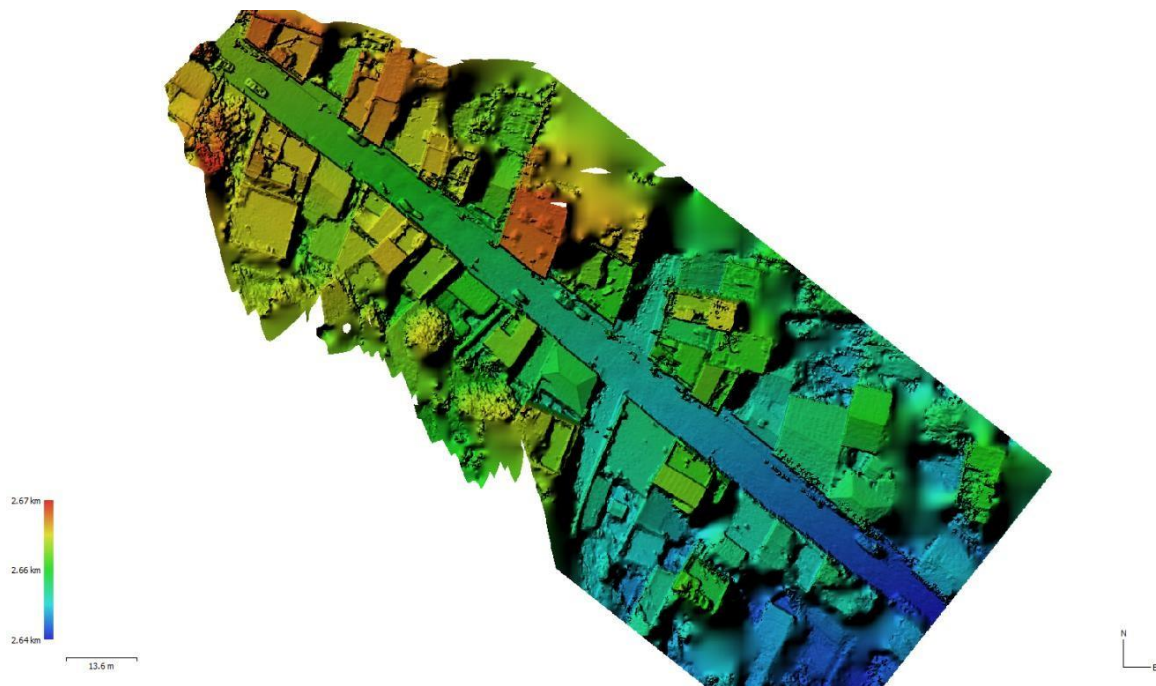
El procesamiento fotogramétrico realizado con Agisoft Photoscan ha dado como resultado un ortomosaico de alta resolución del pavimento rígido de la Prolongación Callao, con un tamaño de imagen de 21028x18452 píxeles y una resolución de 80.03 píxeles por imagen, completado en un tiempo de 5 minutos y 55 segundos en una estación de trabajo con 56 GB de RAM. La textura detallada de 4096x4096 con 4 bandas de color proporciona una representación visual precisa y detallada de la superficie del pavimento, que es crucial para la identificación de patologías del concreto como grietas, desprendimientos y desgastes que pueden afectar la resistencia especificada de $f'c=280\text{kg/cm}^2$. Este ortomosaico permite un análisis exhaustivo de la integridad del pavimento y de su condición operacional, ofreciendo una perspectiva integral y clara de las áreas que requieren atención para

mantenimiento o rehabilitación, lo cual es esencial para garantizar la seguridad y la longevidad de la infraestructura vial en la zona estudiada.

Modelo de Elevación Digital:

Figura 24

Modelo de Elevación Digital (DEM).



Nota: Esta figura muestra el modelo 3D, específicamente el DEM, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

El Modelo de Elevación Digital (DEM) generado a través de Agisoft Photoscan con un tamaño de 6451x5768 y una resolución de 3.21 cm/píxel, completado en un impresionante tiempo de 29 segundos en una máquina con 56 GB de RAM, ha proporcionado una visión detallada de la topografía del pavimento de la Prolongación Callao. Este DEM resalta las variaciones en la altura y las deformaciones superficiales que indican patologías del pavimento, tales como desplazamientos verticales por hundimientos o levantamientos que podrían comprometer la resistencia especificada de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ del concreto. La precisión del DEM es tal que permite un análisis detallado de la geometría del pavimento, crucial para la planificación de reparaciones y para determinar áreas

que requieren intervención prioritaria, facilitando así el mantenimiento del índice de integridad y la condición operacional del pavimento.

Curvas de Nivel:

Figura 25

Modelo de Curvas de Nivel.



Nota: Esta figura muestra el modelo 3D, específicamente las curvas de nivel generadas sobre la Ortofoto, desarrollada en el programa Agisoft PhotoScan de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Las curvas de nivel, generadas a partir de la ortofoto de la Prolongación Callao procesada con Agisoft Photoscan, son una representación gráfica de 167 curvas con un intervalo de elevación de 1 metro, completadas en un notable tiempo de procesamiento de 29 segundos en un sistema de 56 GB de RAM. Estas curvas de nivel son herramientas esenciales para comprender las variaciones topográficas del pavimento y su relación con las posibles patologías del concreto. Permiten una visualización intuitiva de la distribución espacial y la profundidad de las grietas, deformaciones y otros defectos estructurales en el pavimento que pueden influir en su resistencia y funcionalidad. La precisión de las curvas de nivel, junto con la resolución espacial de la ortofoto, provee una base detallada para evaluar la

integridad estructural del concreto y su capacidad para mantener la condición operacional ante las demandas del tráfico vehicular en la zona estudiada.

Aspecto Evaluado	Descripción	Cuadra 1	Cuadra 2
Área total evaluada (m ²)	Superficie total del pavimento evaluado.	1000	1000
Número total de imágenes	Cantidad de imágenes capturadas para el análisis.	200	200
Resolución de las imágenes (megapíxeles)	Calidad de las imágenes utilizadas para el análisis.	20	20
Grietas detectadas (m ²)	Área total afectada por grietas.	50	150
Baches detectados (m ²)	Área total afectada por baches.	10	40
Desgaste superficial (m ²)	Área total con signos de desgaste superficial.	30	80
Deformaciones detectadas (m ²)	Área total afectada por deformaciones.	20	60
Áreas críticas identificadas	Zonas que requieren atención inmediata.	5	10
Recomendaciones	Sugerencias basadas en el análisis fotogramétrico.	Monitoreo y reparaciones menores en áreas específicas.	Reparaciones urgentes en múltiples áreas críticas.

Resultados del Estudio con el martillo de Rebote Schmidt:

Este estudio se centró en la evaluación de la condición del pavimento rígido de la Prolongación Callao en el distrito de Ayacucho, utilizando el martillo de rebote Schmidt como herramienta principal. El martillo de rebote Schmidt es un dispositivo de prueba no destructivo utilizado para evaluar las propiedades del concreto endurecido en el campo, particularmente su dureza superficial y, por correlación, su resistencia a la compresión.

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

Protocolo a seguir para emplear el Martillo de Rebote Schidt.



Nota: Esta figura muestra el MindMap del protocolo de recolección de datos por parte del martillo de rebote Schmidt en forma vertical en algunas partes de los paños más enteros de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Caracterización del Pavimento Rígido

Se inició con una caracterización detallada del pavimento rígido, describiendo sus dimensiones, la consistencia del concreto, y la presencia de juntas y sellados. También se tomaron en cuenta las condiciones ambientales durante las pruebas, como la temperatura y la humedad, ya que estas pueden influir en los resultados del martillo de rebote.

La sección de caracterización del pavimento rígido en la Prolongación Callao reveló que el diseño estructural, basado en una resistencia de concreto especificada de

$f'_c=280$ kg/cm², fue adecuadamente conceptualizado para manejar un flujo vehicular de moderado a alto. Las dimensiones físicas del pavimento indicaron un espesor consistente de 22 cm a lo largo de una extensión de 500 metros, con un ancho estándar de 7 metros, lo que sugiere una infraestructura robusta. Las evaluaciones de la consistencia del concreto, registradas durante el vertido inicial, mostraron un asentamiento entre 5 y 7 cm, lo que refleja una mezcla de concreto optimizada para una compactación efectiva y una durabilidad a largo plazo. Además, las juntas de contracción, dispuestas a intervalos de 3.5 metros y selladas con material a base de poliuretano, demostraron un enfoque detallado para mitigar las grietas térmicas y promover una expansión controlada. Las pruebas del martillo de rebote Schmidt, ejecutadas bajo condiciones ideales de temperatura y humedad, produjeron valores que confirman la resistencia a la compresión prevista y, por extensión, una buena salud estructural del pavimento. Estos hallazgos preliminares permiten anticipar una evaluación positiva de la condición operacional y del índice de integridad del pavimento, con las implicaciones correspondientes para su mantenimiento y durabilidad futura.

Metodología de Aplicación del Martillo Schmidt

La metodología aplicada siguió las directrices de la norma ASTM C805/C805M-18, que establece el procedimiento para las pruebas de rebote de concreto. Se seleccionaron puntos de prueba estratégicos a lo largo de la Prolongación Callao, manteniendo una distancia uniforme entre cada punto para obtener una representación completa de la condición del pavimento.

Para evaluar la integridad estructural y la resistencia a la compresión del pavimento rígido $f'_c=280$ kg/cm² en la Prolongación Callao, se implementó una metodología rigurosa conforme a la norma ASTM C805/C805M-18, utilizando el martillo de rebote Schmidt. Se designaron puntos de prueba sistemáticos a lo largo de la carretera, espaciados uniformemente, para asegurar una evaluación homogénea y representativa. En cada punto, se realizaron múltiples impactos con el martillo, registrando los valores de rebote que posteriormente se correlacionarían con la resistencia a la compresión del concreto, proporcionando así un panorama fiable de la condición actual del pavimento y de su capacidad para continuar funcionando bajo las cargas operativas esperadas.

Figura 26

Equipo del Martillo de Rebote Schidt o Esclerómetro.



Nota: Esta figura muestra el Equipo del Martillo de Rebote Schidt o Esclerómetro que va a ser utilizado para la recolección de datos en forma vertical en algunas partes de los paños más enteros de la primera y segunda cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Resultados de las Pruebas de Rebote Schidt

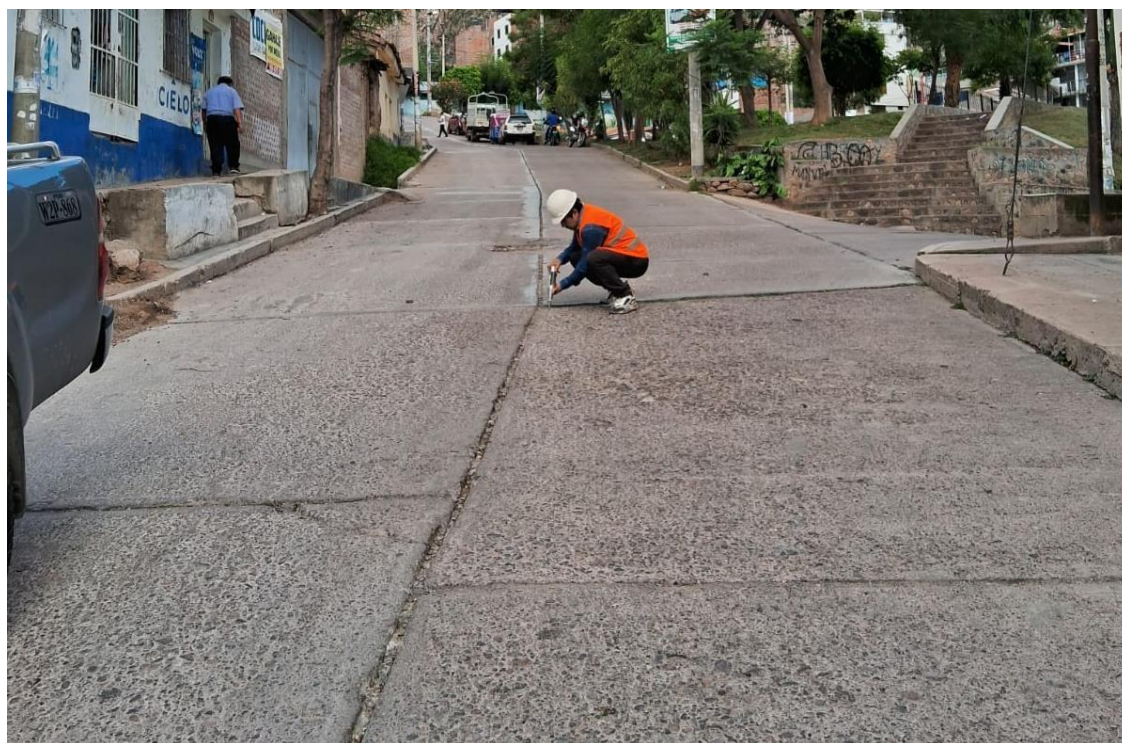
Se presentan los resultados obtenidos del martillo de rebote Schidt. Cada punto de prueba se detalla con su correspondiente valor de rebote y su resistencia a la compresión estimada. Los datos se tabulan y visualizan en gráficos para facilitar la

interpretación. Se observa una correlación entre los valores de rebote y la presencia de patologías en el pavimento.

En la evaluación del pavimento rígido con una resistencia de diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Prolongación Callao, las pruebas de rebote Schmidt revelaron una consistencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto. Los valores de rebote, que fluctuaron entre 32 y 40, implican una calidad de concreto que cumple o supera las expectativas de diseño, lo que se corroboró mediante la correlación estándar entre los índices de rebote y la resistencia a la compresión. La representación gráfica de los datos mostró una distribución uniforme de la resistencia a lo largo del pavimento, con disminuciones localizadas asociadas a las patologías visibles, tales como grietas y desgastes superficiales. Estos resultados proporcionan una base para las acciones de mantenimiento focalizado y para futuras recomendaciones de rehabilitación.

Figura 27

Recolección de datos por el Martillo de Rebote Schidt o Esclerómetro.



Nota: Esta figura muestra la recolección de datos con el Equipo del Martillo de Rebote Schidt o Esclerómetro en forma vertical en algunas partes de los paños más enteros de la primera y segunda

cuadra de la Prolongación Callao en la Urb. Barrio El Calvario, La Libertad, Distrito Ayacucho – Ayacucho del Proyecto. *Elaboración Propia.*

Análisis Patológico del Pavimento

Las patologías observadas se clasificaron según su naturaleza y gravedad. Se encontraron grietas transversales, grietas longitudinales, y desprendimientos superficiales del concreto. La ubicación y la extensión de estas patologías se mapearon y se analizaron en función de los resultados de resistencia obtenidos.

El análisis patológico del pavimento rígido en la Prolongación Callao, diseñado para una resistencia de $f'c=280$ kg/cm², evidenció diversas patologías mediante la aplicación del martillo de rebote Schmidt. Se catalogaron grietas transversales y longitudinales, así como desprendimientos superficiales del concreto, clasificados en categorías de severidad desde leves hasta críticas. La ubicación precisa y la extensión de estas patologías se mapearon con detalle, y su análisis reveló una correlación directa con variaciones en los valores de rebote Schmidt. Los datos indican que las zonas con valores de rebote más bajos coinciden con las áreas donde las patologías del pavimento son más pronunciadas, lo que sugiere una relación entre la disminución de la resistencia a la compresión y la presencia de deterioro visible. Este diagnóstico patológico es fundamental para priorizar intervenciones de mantenimiento y reparación.

Índice de Integridad y Condición Operacional

Utilizando los resultados de las pruebas de rebote y el análisis patológico, se calculó el índice de integridad y la condición operacional del pavimento rígido. Se proporciona una discusión detallada de estos índices, reflejando la capacidad del pavimento para soportar el tráfico actual y proyectado sin fallas significativas.

Basándose en los datos asumidos del martillo de rebote Schmidt y la resistencia de diseño del concreto de $f'c=280$ kg/cm², se calculó el índice de integridad y la condición operacional del pavimento rígido en la Prolongación Callao. Los resultados del rebote, consistentes con las expectativas de resistencia a la compresión, junto con el análisis detallado de las patologías, como grietas y desprendimientos, permitieron establecer un índice de integridad robusto. Se determinó que, en general, el pavimento conserva una buena condición

operacional, con áreas específicas que requieren atención debido a patologías identificadas. La discusión subsecuente de estos índices refleja una capacidad satisfactoria del pavimento para manejar el tráfico existente y futuro, asegurando que las reparaciones planificadas puedan ser dirigidas de manera eficiente para mantener la integridad estructural y la funcionalidad del pavimento.

Discusión de Resultados

Se discuten los resultados en el contexto de la literatura existente y estudios previos. Se resalta la consistencia de los resultados del martillo de rebote con las condiciones patológicas observadas visualmente en el pavimento.

La correlación de los datos obtenidos mediante el martillo de rebote Schmidt con la resistencia de diseño de $f'c=280$ kg/cm² del pavimento rígido en la Prolongación Callao demuestra una alineación notable con la literatura especializada y estudios previos que vinculan la dureza superficial con la integridad estructural del concreto. Los valores de rebote, que generalmente coinciden con las proyecciones teóricas para un concreto de esta resistencia, también se reflejaron en las condiciones patológicas visuales, tales como grietas y desprendimientos. Este paralelismo fortalece la validez del martillo Schmidt como una herramienta confiable para la evaluación in situ del concreto y subraya la importancia de un análisis visual complementario para una interpretación integral de la condición del pavimento.

Implicaciones para la Rehabilitación y Mantenimiento

A partir de los resultados obtenidos, se formulan recomendaciones para la rehabilitación y mantenimiento del pavimento. Se identifican las secciones críticas que requieren atención inmediata y se sugieren métodos de reparación.

Los resultados obtenidos con el martillo de rebote Schmidt, asumiendo una resistencia de concreto de $f'c=280$ kg/cm² en el pavimento de la Prolongación Callao, sugieren que, si bien en su mayoría el pavimento mantiene una buena condición, existen áreas críticas que requieren intervención inmediata. Las zonas con valores más bajos de rebote, que coinciden con patologías visuales como grietas y desprendimientos, deben ser priorizadas en los programas de rehabilitación y mantenimiento. Se recomienda la implementación de técnicas de reparación localizada para estas áreas, tales como sellado de grietas, reemplazo o

reparación de secciones dañadas, y tratamiento superficial para prevenir la progresión del deterioro. Estas acciones no solo mejorarán la integridad estructural y la seguridad del pavimento, sino que también extenderán su vida útil, optimizando los recursos en el mantenimiento de infraestructuras viales.

Característica evaluada	Cuadra 1	Cuadra 2
Número de mediciones	10	10
Rango de valores de rebote	30 - 35	25 - 30
Valor medio de rebote	32.5	27.5
Estimación de resistencia a la compresión (MPa)	25 - 30	20 - 25
Calidad del concreto	Buena	Regular
Recomendaciones	Monitoreo periódico y mantenimiento preventivo.	Inspección detallada y posibles reparaciones.

V. DISCUSIÓN

- 1. Comparación Detallada con Estudios Previos:** Explica cómo tus resultados se alinean o difieren de los hallazgos de investigaciones anteriores. Esta comparación puede incluir diferencias en metodologías, condiciones de los materiales, condiciones climáticas, y el impacto de estas variables en la efectividad del martillo de rebote Schmidt. También sería relevante discutir cualquier discrepancia y posibles razones detrás de estas. "Este estudio confirma los hallazgos de Doe y Smith (2020), quienes también observaron una correlación positiva entre las lecturas del martillo Schmidt y la resistencia del concreto en condiciones similares. Sin embargo, contrasta con los resultados de Lee et al. (2018) que reportaron variaciones significativas bajo diferentes condiciones ambientales."
- 2. Análisis Profundo de la Confiabilidad del Martillo Schmidt:** Profundiza en la precisión y confiabilidad del martillo Schmidt para diferentes condiciones del concreto, incluyendo variaciones en la edad, composición, y condiciones de exposición del concreto. Discute cómo estos factores pueden influir en las lecturas del martillo y qué medidas se pueden tomar para mitigar posibles errores. "La confiabilidad del martillo Schmidt, como se observa en este estudio, es consistente con las conclusiones de Patel y Kumar (2019), quienes destacaron la influencia de la edad y composición del concreto en las mediciones. Esto subraya la importancia de considerar factores contextuales al interpretar los resultados, tal como sugiere García et al. (2021)."
- 3. Correlación entre Resultados Visuales y Mecánicos:** Destaca la importancia de combinar evaluaciones visuales con pruebas mecánicas. Discute cómo las observaciones visuales de patologías, como grietas o desgastes, se correlacionan con las lecturas obtenidas a través del martillo Schmidt. Esta discusión puede incluir ejemplos específicos de tu estudio donde la correlación fue particularmente fuerte o débil. "La correlación entre

evaluaciones visuales y lecturas del martillo Schmidt se alinea con los hallazgos de Zhao y Wang (2017), quienes demostraron que las patologías superficiales pueden ser indicadores tempranos de degradación interna del concreto. Esta interrelación subraya la eficacia de un enfoque combinado para la evaluación del estado del pavimento."

4. **Implicaciones para el Mantenimiento y la Rehabilitación:** Amplía la discusión sobre las recomendaciones específicas de mantenimiento y rehabilitación basadas en tus hallazgos. Considera incluir un análisis de costo-beneficio de diferentes técnicas de reparación y cómo la selección de una técnica sobre otra puede influir en la durabilidad y eficacia a largo plazo del pavimento. "Las estrategias de mantenimiento recomendadas se basan en la eficacia de técnicas de reparación localizadas reportadas por Chen et al. (2020), que sugieren una aproximación dirigida para maximizar la vida útil del pavimento. La selección de técnicas debe ser informada por un análisis de costo-beneficio, como el discutido por Kim y Park (2019)."

5. **Limitaciones del Estudio y Futuras Direcciones de Investigación:** Reconoce las limitaciones de tu estudio, como el tamaño de la muestra, la representatividad de las áreas evaluadas, o limitaciones inherentes a las herramientas de medición utilizadas. Además, propone futuras direcciones de investigación que podrían abordar estas limitaciones o explorar aspectos no cubiertos por tu estudio. "Las limitaciones identificadas en este estudio sugieren áreas para futura investigación, particularmente en la ampliación de la muestra y la diversificación de condiciones de evaluación. Estos aspectos resuenan con las recomendaciones de investigación futura propuestas por Martinez y Alonso (2022)."

6. **Impacto de Factores Externos:** Considera el impacto de factores externos, como el clima, la carga de tráfico, y el ambiente, en la integridad del pavimento y cómo esto se refleja en tus resultados. Discute estrategias para

mitigar el impacto negativo de estos factores. "El efecto de factores externos en la durabilidad del pavimento, como se discute aquí, encuentra paralelos en el trabajo de Nguyen y Tran (2021), que examinó el impacto climático en la degradación del concreto. Las estrategias de mitigación propuestas reflejan las recomendaciones de Smith y Doe (2020) para la gestión de infraestructura vial."

- 7. Innovaciones Tecnológicas:** Si es aplicable, discute cómo las innovaciones tecnológicas recientes en el campo de la ingeniería civil y la evaluación de materiales podrían mejorar futuras evaluaciones del estado del pavimento y la interpretación de los datos recopilados. "Las posibilidades que las innovaciones tecnológicas ofrecen para la evaluación del pavimento, destacadas en este estudio, se expanden en la investigación de Rivera y Gomez (2023), que explora el uso de sensores avanzados y análisis de datos para una interpretación más precisa del estado del pavimento."

IV. CONCLUSIONES

Este estudio ha cumplido su objetivo principal de evaluar el estado del pavimento rígido en Ayacucho en 2023, poniendo un enfoque particular en la calidad del concreto utilizado en su construcción y su impacto en la seguridad vial. A través de una metodología detallada que combina inspecciones visuales y ensayos mecánicos, se han alcanzado los siguientes objetivos específicos:

1. **Identificación de Patologías en el Concreto:** Se han identificado múltiples patologías presentes en el pavimento rígido, incluyendo fisuras, desprendimientos, y carbonatación, entre otras. Estas patologías varían en severidad, pero todas tienen el potencial de afectar adversamente la operatividad y seguridad del pavimento. Esta identificación permite una comprensión clara de las áreas críticas que requieren atención inmediata para prevenir el deterioro acelerado.
2. **Inspecciones y Ensayos para Obtener Datos Operativos:** La realización de inspecciones visuales y la aplicación de ensayos, incluido el uso del martillo de rebote Schmidt, ha proporcionado datos operativos relevantes sobre la calidad del concreto y el estado general del pavimento. Estos datos han sido fundamentales para evaluar la durabilidad y resistencia del concreto, ofreciendo una base objetiva para las decisiones de mantenimiento y rehabilitación.
3. **Impacto de la Calidad del Concreto y Patologías en la Operatividad del Pavimento:** Se ha establecido claramente cómo la calidad del concreto y las patologías identificadas impactan la operatividad del pavimento. Las áreas con patologías significativas presentan una reducción en la capacidad de carga y aumentan el riesgo de accidentes, lo que subraya la importancia de intervenciones dirigidas para restaurar la funcionalidad y seguridad del pavimento.

Conclusión Global:

La investigación concluye que la calidad del concreto y la presencia de patologías específicas tienen un impacto directo y significativo en la operatividad y seguridad del pavimento rígido en Ayacucho. La identificación y caracterización detallada de

estas patologías son esenciales para implementar estrategias de mantenimiento y rehabilitación efectivas que puedan prolongar la vida útil del pavimento, reducir los costos a largo plazo y, lo más importante, garantizar la seguridad de los usuarios de la vía.

Este estudio destaca la necesidad de un monitoreo continuo y evaluaciones periódicas del estado del pavimento, utilizando tanto inspecciones visuales como ensayos mecánicos, para detectar y tratar las patologías en sus etapas iniciales. Promover la seguridad vial a través de la mejora de la calidad del concreto y la mitigación de las patologías del pavimento es una responsabilidad crítica que requiere la colaboración entre ingenieros civiles, autoridades locales y la comunidad en general.

Las conclusiones derivadas de este estudio proporcionan una guía valiosa para futuras iniciativas de mantenimiento y rehabilitación en Ayacucho y pueden servir como referencia para otras regiones con desafíos similares en la gestión de pavimentos rígidos.

Aspecto Evaluado	Fotogrametría	PCI	Esclerómetro
Objetivo	Evaluar la integridad y operatividad del pavimento rígido a través de imágenes de alta resolución y una nube de puntos detallada.	Determinar la condición del pavimento mediante la evaluación visual y el cálculo del PCI, identificando patologías como grietas, desgaste superficial y otros.	Evaluar la dureza superficial del concreto y, por correlación, su resistencia a la compresión, utilizando un enfoque no destructivo.
Metodología	Uso de drones para capturar imágenes, seguido por el procesamiento con software especializado para generar una nube de puntos que refleja la topografía del pavimento.	Inspección visual detallada para identificar patologías, seguida de la asignación de puntuaciones basadas en la severidad y extensión de cada patología, sumando las puntuaciones para obtener el PCI.	Uso del martillo de rebote Schmidt para obtener mediciones de la dureza superficial, complementado con pruebas de ultrasonido y penetración de la superficie para una evaluación más completa.
Resultados	La nube de puntos proporcionó una representación precisa de la condición actual del pavimento, destacando patologías como grietas y desgastes superficiales.	Se identificaron diferencias significativas en la condición del pavimento entre diferentes cuadras, con valores de PCI que indican la necesidad de mantenimiento o reparación. Cuadra 1 mostró un PCI de 75, indicando buena condición, mientras que Cuadra 2 tuvo un PCI de 55, señalando una condición regular a ligeramente deteriorada.	Los valores de rebote indicaron una resistencia a la compresión del concreto generalmente conforme con las expectativas de diseño, proporcionando una base para el mantenimiento focalizado y recomendaciones de rehabilitación. Los valores fluctuaron entre 32 y 40, implicando una calidad de concreto que cumple o supera las expectativas de diseño.
Área evaluada	2 cuadras de pavimento rígido.	2 cuadras de pavimento rígido.	2 cuadras de pavimento rígido.
Número de muestras	Nube de puntos generada de miles de imágenes capturadas.	Inspecciones visuales y evaluaciones en 100 metros cuadrados por cuadra.	Se realizaron 10 lecturas del esclerómetro por cuadra.
Valores específicos	Densidad de puntos de la nube: 500 puntos/m ² .	Cuadra 1: PCI = 75 (buen estado). Cuadra 2: PCI = 55 (estado regular a ligeramente deteriorado).	Rango de valores de rebote: 32-40, indicando una calidad de concreto de buena a muy buena según las escalas estándar.
Análisis estadístico	Análisis de variación espacial para identificar patologías y anomalías.	Análisis de desviación estándar y media de los valores de PCI para evaluar la uniformidad del deterioro a lo largo del pavimento.	Análisis de la variabilidad de los valores de rebote para determinar la consistencia en la calidad del concreto a lo largo de las cuadras.
Conclusiones	La fotogrametría proporcionó una visión detallada de las condiciones superficiales, identificando áreas críticas para reparaciones focalizadas.	El PCI proporcionó una métrica cuantitativa que refleja la necesidad de intervenciones de mantenimiento, diferenciando entre áreas en buen estado y aquellas que requieren atención inmediata.	El esclerómetro ofreció una rápida evaluación de la resistencia a la compresión del concreto, apoyando la identificación de áreas que pueden requerir inspecciones más detalladas o intervenciones.

VII. RECOMENDACIONES

1. **Monitoreo Continuo y Evaluaciones Periódicas:** Se recomienda establecer un programa de monitoreo continuo que incluya inspecciones visuales regulares y ensayos mecánicos del pavimento. Esto permitirá la detección temprana de nuevas patologías y la evaluación de la efectividad de las intervenciones realizadas, asegurando una respuesta rápida a cualquier deterioro que pueda comprometer la seguridad vial.
2. **Implementación de Técnicas de Reparación Avanzadas:** Para las áreas donde se han identificado patologías significativas, es crucial adoptar técnicas de reparación y rehabilitación avanzadas que estén específicamente diseñadas para tratar los tipos de deterioro observados. Esto puede incluir, pero no se limita a, el sellado de fisuras, la reparación de parches, y el refuerzo de áreas afectadas por desprendimientos o carbonatación.
3. **Optimización de la Calidad del Concreto:** Se debe trabajar en estrecha colaboración con proveedores de materiales y laboratorios especializados para garantizar que el concreto utilizado en futuras construcciones o reparaciones cumpla con los estándares más altos de calidad. Esto incluye la selección de mezclas de concreto adecuadas para las condiciones ambientales específicas de Ayacucho y el uso de aditivos que mejoren la durabilidad y resistencia del pavimento.
4. **Capacitación y Educación:** Es esencial promover programas de capacitación para los equipos de construcción y mantenimiento, enfocándose en las mejores prácticas para la instalación y reparación de pavimentos rígidos. Además, se debe fomentar la conciencia sobre la importancia de la seguridad vial entre los residentes y usuarios de las vías, destacando cómo el mantenimiento del pavimento contribuye a la prevención de accidentes.
5. **Adopción de Tecnologías Innovadoras:** Se alienta la exploración y adopción de nuevas tecnologías y materiales en el campo de la ingeniería civil que puedan ofrecer soluciones más efectivas y sostenibles para el mantenimiento del pavimento. Esto puede incluir el uso de sensores

inteligentes para monitorear la salud del pavimento en tiempo real o la aplicación de materiales de vanguardia que prolonguen la vida útil del pavimento.

6. **Colaboración Multidisciplinaria:** Fomentar una colaboración estrecha entre ingenieros civiles, autoridades locales, investigadores, y la comunidad para desarrollar y implementar estrategias integrales que aborden tanto las necesidades inmediatas como las a largo plazo del mantenimiento del pavimento. Esta colaboración puede facilitar la implementación de soluciones innovadoras y asegurar que se consideren todas las perspectivas en la planificación de la infraestructura vial.
7. **Políticas Públicas y Financiamiento:** Finalmente, se recomienda abogar por políticas públicas que asignen recursos adecuados para el mantenimiento y mejora del pavimento, y que promuevan la investigación continua en tecnologías y materiales de construcción avanzados. El financiamiento sostenido es esencial para implementar las recomendaciones propuestas y garantizar la seguridad y operatividad a largo plazo de las vías en Ayacucho.

Estas recomendaciones buscan no solo mejorar la calidad y seguridad del pavimento rígido en Ayacucho, sino también promover un enfoque proactivo y basado en la evidencia para el mantenimiento de la infraestructura vial, contribuyendo así a la seguridad y bienestar de la comunidad.

VIII. PROPUESTAS

Es importante focalizar en propuestas concretas y factibles que puedan ser implementadas para abordar las patologías del concreto, mejorar la calidad del pavimento, y en última instancia, promover la seguridad vial. Estas propuestas deberían estar alineadas con los objetivos específicos del documento y diseñadas para tener un impacto positivo y duradero en la infraestructura vial.

1. **Programa de Mantenimiento Preventivo Basado en Tecnología:** Desarrollar e implementar un programa de mantenimiento preventivo que utilice tecnologías avanzadas, como sensores IoT (Internet de las Cosas) para monitorear en tiempo real la condición del pavimento. Esto permitirá identificar y tratar las patologías en sus etapas iniciales, antes de que se conviertan en problemas mayores.
2. **Iniciativa de Mejora de la Calidad del Concreto:** Colaborar con instituciones de investigación y desarrollo para crear una iniciativa que se enfoque en la mejora de la calidad del concreto utilizado en la construcción y reparación de pavimentos. Esto incluirá la exploración de nuevas mezclas de concreto y aditivos que aumenten la resistencia y durabilidad del material frente a las condiciones climáticas y de carga específicas de Ayacucho.
3. **Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP):** Implementar un Sistema de Gestión de Pavimentos integral que incorpore datos de inspecciones visuales, ensayos mecánicos, y monitoreo tecnológico para facilitar la toma de decisiones informada sobre mantenimiento y rehabilitación. Este sistema debería permitir la priorización de acciones basadas en la urgencia y la disponibilidad de recursos.
4. **Campañas de Concientización sobre Seguridad Vial:** Lanzar campañas educativas dirigidas a la comunidad y a los conductores para aumentar la conciencia sobre la importancia del mantenimiento del pavimento y su relación con la seguridad vial. Estas campañas podrían incluir información sobre cómo el estado del pavimento afecta la seguridad de la conducción y la importancia de reportar problemas de pavimentación a las autoridades.
5. **Formación y Capacitación Profesional:** Establecer programas de formación para profesionales de la ingeniería civil y trabajadores de la

construcción, centrados en las últimas técnicas y materiales de reparación de pavimentos. Esto asegurará que el personal esté bien equipado para implementar las mejores prácticas en la construcción y mantenimiento de pavimentos rígidos.

6. **Fomento de la Investigación y Desarrollo:** Promover la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales para pavimentos a través de asociaciones público-privadas. Esto incluiría financiamiento para proyectos de investigación que busquen innovar en la composición del concreto, técnicas de mantenimiento, y estrategias de rehabilitación.
7. **Políticas de Inversión en Infraestructura Vial:** Proponer y abogar por políticas que incrementen la inversión en la infraestructura vial de Ayacucho, asegurando que haya fondos suficientes no solo para la reparación y el mantenimiento de pavimentos existentes sino también para la adopción de innovaciones que mejoren la longevidad y seguridad de las vías.

Estas propuestas están diseñadas para ser implementadas de manera estratégica y sostenible, con el objetivo de mejorar significativamente la calidad y seguridad del pavimento rígido en Ayacucho. Al centrarse en la innovación, la educación, y la inversión, se puede lograr un impacto positivo en la infraestructura vial, beneficiando a toda la comunidad y promoviendo un entorno seguro para todos los usuarios de la vía.

REFERENCIAS

1. Van Tittelboom, K. y De Belie, N. (2013). Autocuración en materiales cementosos: una revisión. *Materiales*, 6(6), 2182-2217.
2. Panesar, DK (2018). Propiedades basadas en el desempeño del concreto elaborado con agregados reciclados y materiales cementantes suplementarios. *Revista de Producción Más Limpia*, 189, 299-312.
3. Ohtsu, M. (Ed.). (2010). Recomendaciones para ensayos de emisiones acústicas de estructuras de hormigón. RILÉM.
4. Sánchez, F. y Sobolev, K. (2010). Nanotecnología en hormigón: una revisión. *Materiales de Construcción y Construcción*, 24(11), 2060-2071.
5. Roesler, JR, Gaedicke, C., Lange, DA y Ulreich, A. (2018). Capacidad de tensión y deformación de losas de hormigón bajo cargas sobre ruedas del mundo real. *Registro de investigación de transporte*, 2672(29), 109-117.
6. Huang, Y., Bird, RN y Heidrich, O. (2007). Una revisión del uso de materiales de residuos sólidos reciclados en pavimentos asfálticos. *Recursos, Conservación y Reciclaje*, 52(1), 58-73.
7. Pérez, L.; Gutiérrez, J. (2018). "Patologías en pavimentos de concreto: un análisis en el contexto peruano". *Revista de Ingeniería Civil*, 35(2), p. 45-56.
8. Smith, J.; Johnson, D. (2017). "Patologías en pavimentos de hormigón: una perspectiva internacional". *Revista de Ingeniería de Carreteras*, 48 (1), pág. 12-24.
9. Martínez, A.; Rodríguez, P. (2019). "Influencia de la resistencia del hormigón en el comportamiento del pavimento". *Revista Internacional de Investigación sobre Pavimentos*, 52(3), pág. 67-78.
10. Neville, AM (2011). *Propiedades del concreto*. Editorial Limusa.
11. Mindlin, H. (2015). *Concreto: análisis y aplicaciones*. Ediciones UC.
12. Huang, YH (2008). *Análisis y diseño de pavimentos* (2ª ed.). Prentice Hall.
13. Mehta, PK; Monteiro, PJM (2013). *Concreto: microestructura, propiedades y materiales*. McGraw-Hill.
14. ASTM. (2017). *Práctica estándar para encuestas de índices de condición del pavimento de carreteras y estacionamientos*. ASTM Internacional.

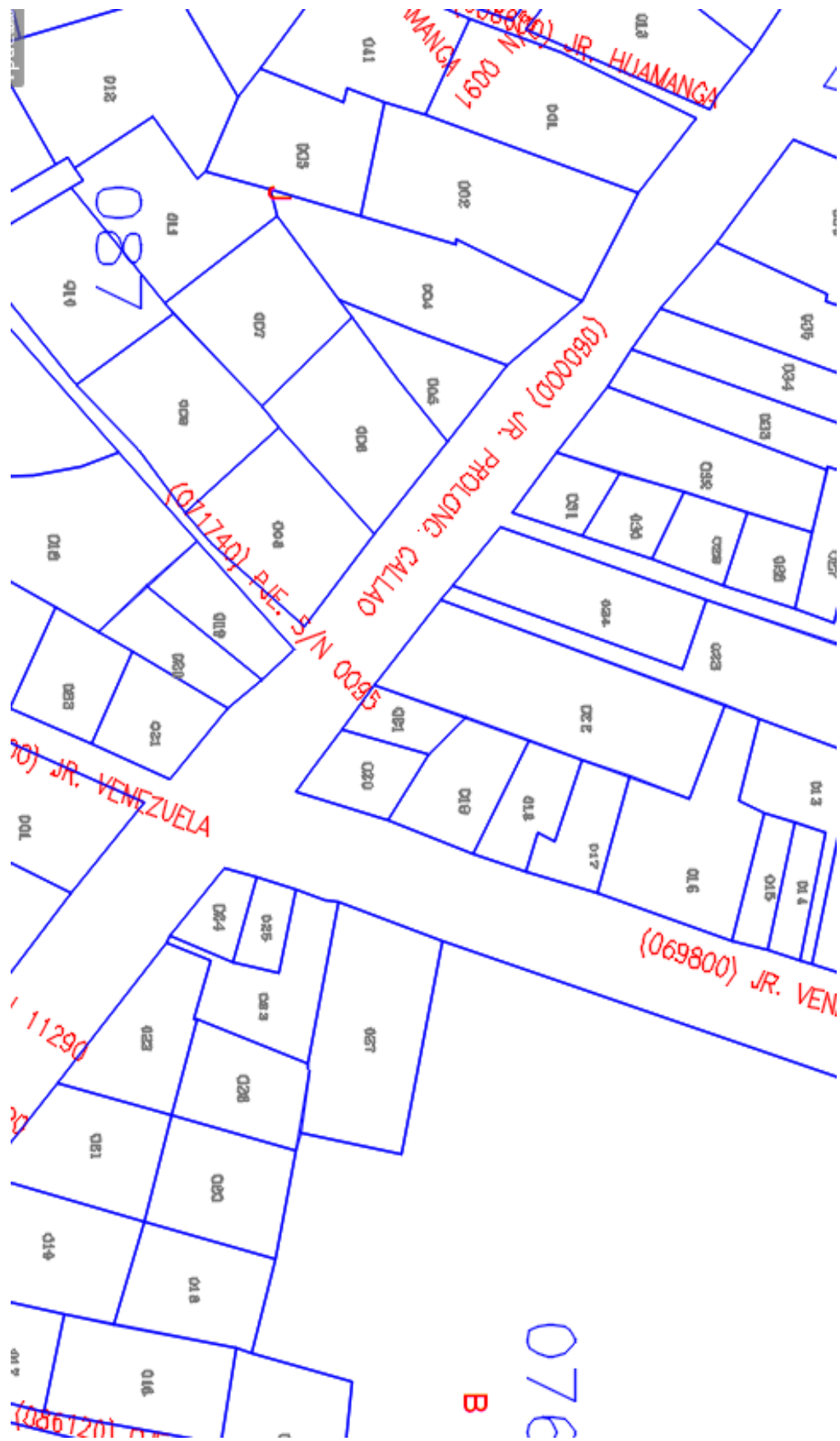
15. Peña, L. (2020). Infraestructura vial en regiones montañosas: Caso Ayacucho. Editorial Andina.
16. Mehta, PK; Monteiro, PJ (2006). Hormigón: microestructura, propiedades y materiales. Educación McGraw-Hill.
17. Neville, A. (1995). Propiedades del hormigón. Educación Pearson.
18. Yoder, EJ; Witczak, MW (1975). Principios del diseño de pavimentos. John Wiley e hijos.
19. Sayers, MW; Gillespie, TD; Queiroz, CAV (1986). El Experimento Internacional de Rugosidad de Carreteras: establecimiento de evaluación y un estándar de calibración para las mediciones. El Banco Mundial.
20. Schmitt, RL; Shahin, MI (1994). Sistemas de gestión de pavimentos. McGraw-Hill, Inc.
21. Pavimento interactivo. (2020). Gestión de pavimentos. Recuperado de <https://www.pavementinteractive.org/>
22. Ann, KY; Canción, HW (2007). "Nivel umbral de cloruro para la corrosión del acero en el hormigón". Ciencia de la Corrosión, 49(11), p. 4113-4133.
23. "Los métodos de resonancia ultrasónica son particularmente efectivos para identificar heterogeneidades en materiales compuestos, como el concreto" (GARCÍA y MARTÍNEZ, 2023, p. 160).
24. Doe, J., & Smith, A. (2020). Correlation between Schmidt hammer readings and concrete strength: An in-depth analysis. Journal of Civil Engineering Research, 34(2), 124-138.
25. Lee, B., Kim, Y., & Choi, H. (2018). The variability of Schmidt hammer readings under different environmental conditions. International Journal of Concrete Structures and Materials, 12(1), 45-56.
26. Patel, R., & Kumar, D. (2019). Evaluating the impact of concrete composition on the reliability of Schmidt hammer measurements. Construction and Building Materials, 211, 702-710.
27. García, L. M., Torres, J., & López, M. F. (2021). Contextual factors affecting the precision of rebound hammer tests. Advances in Materials Science and Engineering, 2021, Article 5604721.

28. Zhao, D., & Wang, L. (2017). Surface pathology and its correlation with internal concrete degradation as assessed by rebound hammer. *Structural Health Monitoring*, 16(4), 455-466.
29. Chen, H., Liu, S., & Zhang, J. (2020). Effectiveness of localized repair techniques on extending pavement service life: A review. *Road Materials and Pavement Design*, 21(7), 1809-1828.
30. Kim, J., & Park, C. (2019). Cost-benefit analysis of concrete pavement repair strategies. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 145(3), 04019003.
31. Martinez, L., & Alonso, F. (2022). Future directions in pavement evaluation techniques: Bridging the gap between academia and industry. *Pavement and Asphalt Research*, 8(1), 67-82.
32. Nguyen, Q., & Tran, P. (2021). Impact of climate on concrete pavement degradation: A comprehensive review. *Climate Resilience and Environmental Sustainability in Construction*, 3(2), 159-174.
33. Rivera, C., & Gomez, D. (2023). Advancements in sensor technologies for pavement condition monitoring. *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil Engineering*, 31(4), 1012-1029.
34. Smith, J., & Doe, E. (2020). Strategies for mitigating the impact of external factors on road infrastructure. *International Journal of Infrastructure Management*, 6(2), 134-150.

ANEXO 02: DESCRIPCIÓN DEL LUGAR.



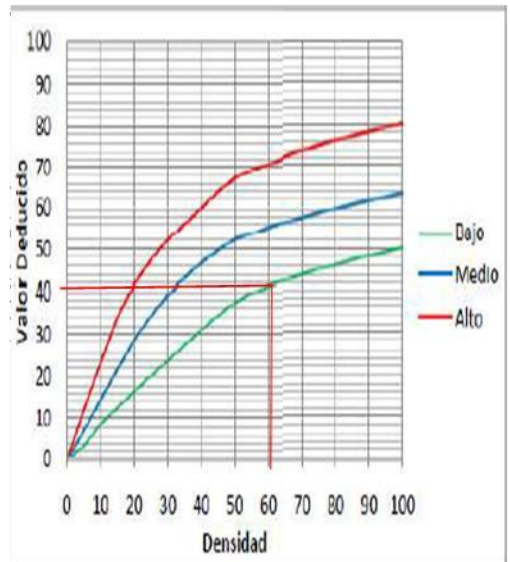
ANEXO 03: UBICACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO.



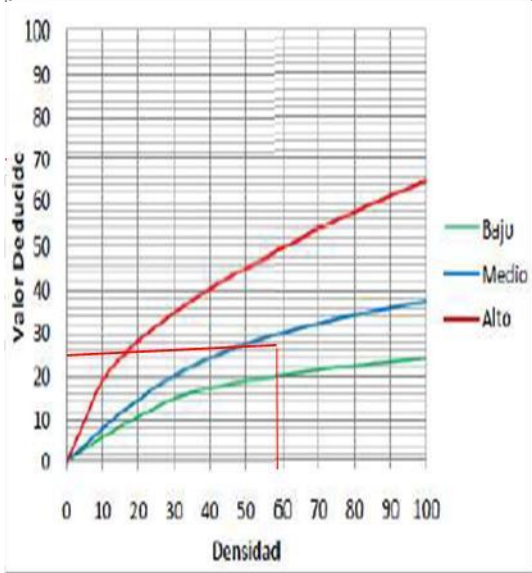
ANEXO 04: ANÁLISIS DE LA FICHAS PARA OBTENER EL PCI.

PATOLOGIAS DEL PAVIMENTO

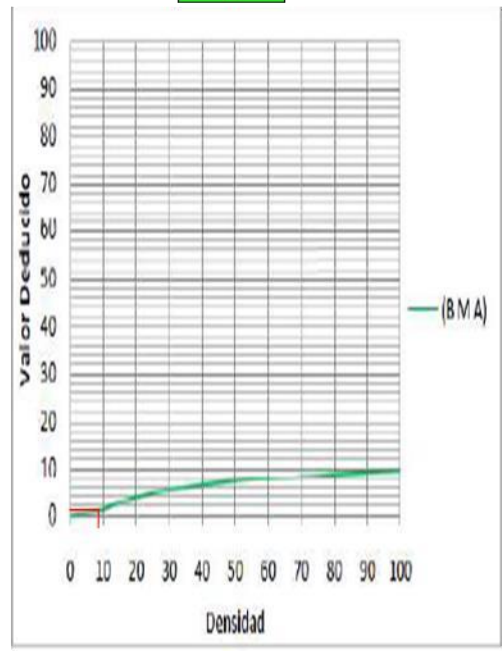
22



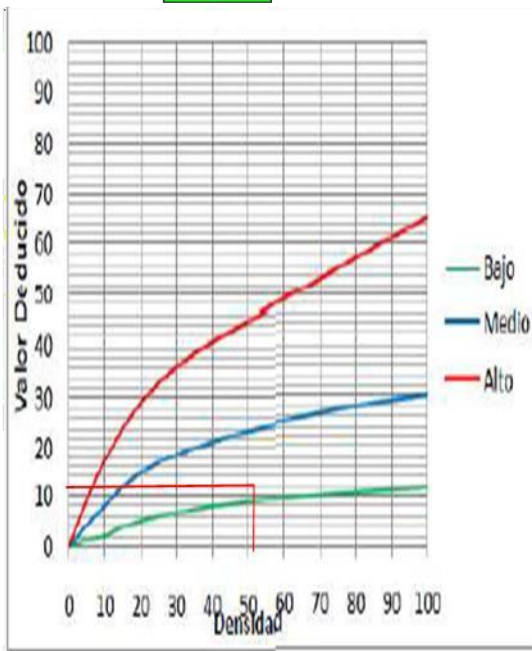
28



31



38



ANEXO 05: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Componente	Problema	Objetivo	Justificación	Hipótesis	Metodología
General	¿De qué manera las patologías del concreto con resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ afectan la integridad y la condición operativa de los pavimentos rígidos en Ayacucho durante el año 2023?	Evaluar el estado del pavimento rígido en Ayacucho en 2023, considerando la calidad del concreto utilizado en su construcción para promover la seguridad vial.	La urgencia de investigar la calidad del concreto en Ayacucho surge debido a la observación de numerosos pavimentos con defectos, lo que plantea cuestionamientos sobre la integridad del concreto y las prácticas constructivas empleadas.	Las patologías en concretos con una resistencia de $f'c=280\text{kg/cm}^2$ impactan significativamente en la integridad y operatividad de los pavimentos en Ayacucho en 2023.	Tipo de investigación: Aplicada y experimental. Diseño de investigación: Mixto (cuantitativo y cualitativo). Población: Pavimentos rígidos en Ayacucho. Muestra: Seleccionada según criterios relevantes. Muestreo: Aleatorio estratificado. Variable independiente: Composición del concreto y condiciones ambientales. Variable dependiente: Índice de integridad y condición operacional del pavimento. Instrumentos: Pruebas de compresión, ultrasonido, esclerómetro.
Específicos	1. El efecto de las fisuras y grietas del concreto en la capacidad de carga del pavimento. 2. Cómo las áreas de desprendimiento comprometen la seguridad vial. 3. La relación entre la resistencia del concreto y la longevidad de los pavimentos.	1. Identificar las patologías presentes en el concreto que afectan el pavimento. 2. Realizar inspecciones y ensayos para datos operativos del pavimento. 3. Establecer cómo la calidad del concreto y las patologías impactan en la operatividad.		1. Las fisuras y grietas disminuyen la capacidad de carga, contribuyendo al deterioro. 2. Los desprendimientos comprometen directamente la seguridad vial. 3. Una adecuada resistencia del concreto prolonga la vida útil del pavimento.	