

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL
PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCI,
PROVINCIA DE YAULI, 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Perez Quispe Yomira Milagros

Línea de Investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

HUANCAYO – PERÚ

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

**DR. TAPIA SILGUERA RUBÉN DARÍO
PRESIDENTE**

**Mtro WALTER DAVID ESTARES VENTOCILLA
JURADO**

**Mg. FIDEL CASTRO CAYLLAHUA
JURADO**

**Mtra. CAROL JOSEFINA FABIAN CORONEL
JURADO**

**Mtro. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE**

DEDICATORIA

A todos aquellos que, de una manera u otra, han contribuido a mi formación académica, gracias por ser parte de este capítulo importante de mi vida.

AGRADECIMIENTO

En el culmen de este arduo camino académico, deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas e instituciones que han contribuido de manera fundamental al desarrollo y conclusión de este trabajo de investigación, el cual marca el fin de mi etapa universitaria en la Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

Asimismo, expreso mi profundo agradecimiento a mis compañeros de clase, quienes compartieron conmigo desafíos, aprendizajes y momentos inolvidables a lo largo de estos años. Su colaboración y compañerismo han enriquecido mi experiencia universitaria de una manera invaluable.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron al éxito de este proyecto de investigación. Este logro no habría sido posible sin la colaboración y apoyo de cada uno de ustedes.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0176 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO POR EL MÉTODO PCI, PROVINCIA DE YAULI, 2023

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. PEREZ QUISPE YOMIRA MILAGROS**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mtro. MEZA TERBULLINO GIANCARLO FERNANDO**

Fue analizado con fecha **07/05/2024**; con **133 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 07 de mayo del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
CONSTANCIA DE SIMILITUD.....	iv
CONTENIDO.....	v
CONTENIDO DE TABLAS.....	vii
CONTENIDO DE FIGURAS, GRAFICO E ILUSTRACIONES.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.....	11
1.2. Delimitación del problema.....	12
1.2.1. Delimitación temporal.....	12
1.2.2. Delimitación espacial.....	12
1.2.3. Delimitación conceptual.....	12
1.3. Formulación del problema.....	13
1.3.1. Problema General.....	13
1.3.2. Problema (s) Especifico (s).....	13
1.4. Justificación.....	13
1.4.1. Teórica.....	13
1.4.2. Práctica.....	13
1.4.3. Metodológica.....	14
1.4.4. Social:.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivo(s) Específico(s).....	15

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales).....	16
2.2. Bases Teóricas o Científicas.....	22
2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL PAVIMENTO.....	22
2.2.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.....	22
2.2.3. SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS.....	25
2.2.4. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.....	28

2.2.5.	SERVICIABILIDAD	34
2.2.6.	TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS	36
2.2.7.	ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI).....	67
2.2.8.	DISEÑOS DE LOS PAVIMENTOS	74
2.2.9.	FACTORES DEL DISEÑO DE PAVIMENTO	75
2.2.10.	DISEÑO DE PAVIMENTO CON DATA NECESARIA	77
2.3.	Términos básicos	80

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1.	Hipótesis General	85
3.2.	Hipótesis Específica (s)	85
3.3.	Variables (definición conceptual y operacional)	86

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1.	Método de Investigación.....	89
4.2.	Tipo de Investigación.....	89
4.3.	Nivel de Investigación	90
4.4.	Diseño de la Investigación	90
4.5.	Población y muestra.....	90
4.6.	Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	90
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	91
4.8.	Aspectos éticos de la Investigación	91

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1.	Tasación del estado del pavimento en la zona la Oroya.....	92
5.2.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	110
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
	CONCLUSIONES.....	114
	RECOMENDACIONES	116
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	ANEXOS	122
	MATRIZ DE CONSISTENCIA	123
	MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	125
	EVIDENCIAS DEL INFORME.....	127

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Índice con el Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos 1.1	27
Tabla 2: Norma AASHTO	27
Tabla 3: Rango de clasificación	67
Tabla 4: Clasificación de los Pavimentos Rígidos según fallas.	69
Tabla 5: Severidad de Fallas en Pavimentos Rígidos según PCI	70
Tabla 6: Operacionalización de la Variable Dependiente.	87
Tabla 7: Operacionalización de la Variable Independiente.....	88
Tabla 8: Unidades de Muestreo Zona Z1 – La Oroya	93
Tabla 9: Datos obtenidos en la inspección de campo sobre los parámetros de evaluación.....	94
Tabla 10: Recuento de losas afectadas por cada tipo de falla.	95
Tabla 11: Datos sobre la distribución de losas según el tipo de falla.	96
Tabla 12: Resultados del Índice de Condición de la Z1-01– Carretera Central (3S)	98
Tabla 13: Hallazgos de campo para los parámetros de evaluación en la Zona Z1-02.....	100
Tabla 14: Consolidación de losas por tipo de falla en la Zona Z1-02	100
Tabla 15: Consolidación del Índice de Condición de la Z1-02 Calle Malecón Odría.....	102
Tabla 16: Resultados de la evaluación de los parámetros obtenidos en el campo para la Zona Z1-03.	104
Tabla 17: Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla de la Z1-03	104
Tabla 18: Índice de Condición del Pavimento en la Zona Z1-03, Calle Piura.	106
Tabla 19: Datos sobre el Índice de Condición en La Oroya Z1.	108
Tabla 20: Resumen de la Evaluación del Pavimento y el Índice de Condición en toda la Zona de Estudio.....	109

CONTENIDO DE FIGURAS, GRAFICO E ILUSTRACIONES

Figura 1: Pavimentos Rígidos	24
Figura 2: PCI Formato de inspección de pavimentos rígidos según la condición.....	70
Figura 3: (Formato PCI-0201) Índice de condición de pavimentos	74
Gráfico 1: Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla	97
Gráfico 2: Distribución de losas afectadas por cada tipo de falla y su nivel de severidad.	97
Gráfico 3: Perfil de los Índices de Condición del Pavimento (PCI) obtenidos para cada unidad de muestreo en la Zona Z1-01.	98
Gráfico 4: El tipo de pavimento que prevalece con mayor frecuencia en la zona Z1-01.	99
Gráfico 5: Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla.	101
Gráfico 6: Distribución de las losas según el tipo de falla y su nivel de severidad.....	101
Gráfico 7: Perfil de los PCI obtenidos por cada unidad de muestreo de la zona Z1-02.	102
Gráfico 8: Condición de pavimento más frecuente en la zona Z1-02.....	103
Gráfico 9: Hallazgos sobre la distribución de losas según el tipo de falla detectada. ..	105
Gráfico 10: Hallazgos de la cantidad de losas afectadas por tipo de falla y nivel de severidad.....	105
Gráfico 11: Distribución de los PCI por cada unidad de muestreo en la Zona Z1-03.	106
Gráfico 12: La condición predominante del pavimento en la Zona Z1-03.....	107
Ilustración 1: Grietas Longitudinales	37
Ilustración 2: Grietas Transversales	38
Ilustración 3: Grietas En Esquinas.....	40
Ilustración 4: Levantamiento Localizado	40
Ilustración 5: Panorama en planta de grietas.	41
Ilustración 6: Particularidades de las grietas en bloque.....	43
Ilustración 7: Particularidades de las grietas en pozos de inspección.	44
Ilustración 8: Escalonamiento de Juntas.....	45
Ilustración 9: Deteriorada de lo Sellado.	47
Ilustración 10: Desportillamiento	49
Ilustración 11: Descascaramiento.....	51
Ilustración 12: Desintegración.....	52
Ilustración 13: Esquemmatización típica de Baches (BCH).....	54
Ilustración 14: Fisuración por Durabilidad.....	60
Ilustración 15: Descenso de la berma	64
Ilustración 16: Separación entre la berma y el pavimento.....	65

RESUMEN

Del desarrollo de este trabajo de investigación se tuvo como objetivo de estudio el determinar el índice de condición del pavimento asfáltico en el distrito de la Oroya, mediante la evaluación de las patologías presentes en el pavimento. La investigación se desarrolló como descriptiva y analítica, ya que se estudiaron en detalle las diferentes patologías y se desarrollaron sus posibles causas. Además, se enmarcó en un enfoque no experimental, ya que el análisis se realizó sin recurrir a pruebas de laboratorio.

El alcance de la investigación abarcó el Distrito de La Oroya, considerando la zona comprendida entre La Calle Arequipa y Las Calles Prolongación José Carlos Mariátegui Y Calle Piura, Distrito De La Oroya Provincia De Yauli – Junín. El periodo de estudio se definió desde marzo hasta agosto del año 2016.

Tras la evaluación de las patologías del pavimento flexible en la zona comprendida ya mencionadas, se obtuvo un índice de condición promedio de 55 para el pavimento asfáltico en el distrito de La Oroya.

PALABRAS CLAVE: Evaluación, patologías, pavimento

ABSTRACT

From the development of this research work, the objective of the study was to determine the condition index of the asphalt pavement in the district of Oroya, mediating the evaluation of the pathologies present in the pavement. The research was developed as descriptive and analytical, since the different pathologies were studied in detail and their possible causes were developed. In addition, it was framed in a non-experimental approach, since the analysis was carried out without resorting to laboratory tests.

The scope of the investigation included the District of La Oroya, considering the area between Calle Arequipa and Calles Prolongación José Carlos Mariátegui and Calle Piura, District of La Oroya Province of Yauli – Junín. The study period was defined from March to August 2016.

After the evaluation of the pathologies of the flexible pavement in the area found already mentioned, an average condition index of 55 was obtained for the asphalt pavement in the district of La Oroya.

KEY WORDS: Evaluation, pathologies, pavement.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La capital de la provincia de Yauli está compuesta por diez distritos: La Oroya, Chacapalpa, Huay–Huay, Marcapomacocha, Morococha, Paccha, Santa Bárbara de Carhuacayán, Santa Rosa de Sacco, SuitucanCHA y Yauli están interconectadas por una red vial.

En este sentido es red vial se centraliza el tránsito y tráfico por las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría está conformado por un conjunto de carreteras pavimentadas, construidas en diversas administraciones gubernamentales de la provincia de Yauli durante las últimas décadas. A pesar de su construcción, no se ha llevado a cabo ningún tipo de mantenimiento en la vía desde entonces.

En las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli, el tramo que se extiende desde 1995 exhibe un Índice Medio Diario Anual (IMDA) de 2843 Vehículos por Día, clasificándolo como una Carretera de Primera Clase según el D.G. 2018. Estos datos se confirman en el Anexo V CONTEO VEHICULAR E ÍNDICE MEDIO DIARIO ANUAL, dejando en evidencia que esta vía posee un alto flujo vehicular y es de gran importancia para el desplazamiento de los residentes de La Oroya distrito de la provincia de Yauli.

Debido a la falta de mantenimiento a lo largo de su tiempo de operación, el anillo vial muestra signos de deterioro, evidenciando fallas en su superficie que son visibles con facilidad. Estas imperfecciones reducen su vida útil y también ocasionan daños a los vehículos que transitan diariamente por ella.

Hasta el momento, no se ha determinado el estado del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Delimitación temporal

El estudio se llevará a cabo en el año 2023. Esto significa que todas las actividades relacionadas con la evaluación de la condición del pavimento rígido, la recopilación de datos y el análisis se realizarán durante este año específico.

1.2.2. Delimitación espacial

El estudio se centrará en la Provincia de Yauli. Esta provincia es la unidad geográfica principal donde se llevarán a cabo todas las investigaciones y evaluaciones relacionadas con el pavimento rígido.

La Provincia de Yauli se encuentra en un lugar específico, que puede ser descrito en términos de sus límites geográficos y ubicación en un mapa. Este análisis se llevará a cabo en carreteras o tramos específicos dentro de la provincia, que serán seleccionados para el estudio.

1.2.3. Delimitación conceptual

Este método implica la evaluación de diferentes aspectos del pavimento rígido, como grietas, deformaciones, deterioro, y otros indicadores que afectan su condición general.

El enfoque conceptual se centrará en la evaluación de la calidad y la seguridad de las carreteras y pavimentos rígidos en la Provincia de Yauli. Esto implica la recopilación de datos sobre el estado de las carreteras, la identificación de problemas y la formulación de recomendaciones para el mantenimiento y la mejora de la infraestructura vial.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el estado del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?

1.3.2. Problema (s) Especifico (s)

- ¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?
- ¿Cuáles son las principales deficiencias encontradas en el pavimento rígido el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?
- ¿Cuáles son las fallas de mayor gravedad presentes en el pavimento rígido el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?

1.4. Justificación

1.4.1. Teórica

Contribución al conocimiento: Este estudio contribuirá al cuerpo de conocimiento existente en el campo de la ingeniería de carreteras y pavimentos, al aplicar el Método PCI en un contexto específico, proporcionando datos y resultados que pueden ser útiles para futuras investigaciones y proyectos similares.

Validación de métodos: Validar la eficacia y aplicabilidad del Método PCI en una ubicación geográfica particular es fundamental para confirmar su utilidad en diferentes condiciones climáticas y geológicas, lo que puede enriquecer la teoría y práctica de la ingeniería de pavimentos.

1.4.2. Práctica

Mantenimiento de infraestructura vial: La Provincia de Yauli depende en gran medida de su red de carreteras para el transporte de bienes y personas.

Evaluar y mejorar la condición de los pavimentos rígidos es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia de estas vías de comunicación.

Optimización de recursos: Una evaluación precisa de la condición del pavimento permitirá asignar los recursos de mantenimiento de manera más eficiente, priorizando las áreas que requieren una intervención inmediata y reduciendo los costos a largo plazo.

1.4.3. Metodológica

Metodología estandarizada: El Método PCI es una metodología ampliamente aceptada y utilizada para evaluar la condición de los pavimentos. Su aplicación en la Provincia de Yauli asegura que los resultados sean comparables con otros estudios a nivel nacional e internacional, lo que facilita la toma de decisiones informadas.

Recopilación de datos objetivos: La metodología proporciona un enfoque sistemático y objetivo para la recopilación de datos, lo que garantiza la consistencia y la precisión en la evaluación de la condición del pavimento.

1.4.4. Social:

Seguridad vial: Mejorar la calidad de las carreteras a través de evaluaciones y mantenimiento adecuados contribuirá significativamente a la seguridad vial, reduciendo el riesgo de accidentes y salvando vidas.

Desarrollo económico y social: Un sistema de transporte eficiente es vital para el desarrollo económico y social de la Provincia de Yauli, ya que facilita el acceso a servicios esenciales, fomenta la inversión y promueve el turismo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar una evaluación del estado del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli utilizando el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) durante el año 2023.

1.5.2. Objetivo(s) Específico(s)

- Realizar la evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli utilizando el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) durante el año 2023.
- Determinar las deficiencias más recurrentes en el pavimento rígido del tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023.
- Identificar las deficiencias de mayor gravedad presentes en el pavimento rígido del tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes (nacionales e internacionales)

En lo nacional

Desde lo desarrollado por (Terrones, 2021), quien presento su trabajo con el título de “*Evaluación de pavimentos rígidos barrio Cumbe Mayo – Cajamarca, 2019*”, La investigación tenía como objetivo principal determinar el estado de conservación de los Pavimentos Rígidos en el Barrio Cumbe Mayo, incluyendo las principales calles de Cajamarca. Para ello, se empleó el Manual de Daños del ASTM D6433–07, midiendo las Particularidades geométricas de los pavimentos y contando las losas en cada calle. Luego, se dividieron equitativamente las losas para establecer unidades de muestreo y evaluar todas las muestras. Estos pavimentos se deterioran con el tiempo debido a cargas de tránsito, factores ambientales o deficiencias constructivas. Se identificaron diferentes tipos de fallas, como losas divididas, parches grandes y punzonamiento, siendo las calles más afectadas Jr. Unión, Jr. Huánuco y Jr. Cruz de Piedra. El Índice de Condición de Pavimento (PCI) ponderado final fue de 48.73, calificando los pavimentos como “Regular a Bueno”. Estos resultados proporcionan una evaluación del estado de conservación de las calles en el Barrio Cumbe Mayo, facilitando la toma de decisiones para su mantenimiento y mejora.

En el trabajo de (Bravo, 2020), quien lo presentó con el título de “*Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y*

PCP”, la investigación tuvo como objetivo demostrar la importancia de evaluar los pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC PERÚ y del PCI (ASTM D6433–7 Manual Pavement Condition Index). Se realizó una evaluación superficial de los pavimentos considerando información bibliográfica y antecedentes relevantes. La investigación adoptó un enfoque básico, descriptivo y diseño no experimental. Se examinaron los procedimientos de evaluación de cada metodología, incluyendo tipos de deterioro, niveles de severidad y otros parámetros definidos en los manuales respectivos. Se compararon los resultados obtenidos por ambas metodologías para confirmar la hipótesis propuesta, como se detalla en las conclusiones y recomendaciones. En resumen, este estudio resalta la importancia de utilizar metodologías adecuadas para evaluar pavimentos asfálticos, contribuyendo así al conocimiento sobre su estado y conservación.

En la investigación de (Quispe & Condor, 2020), a la titularon “*Condición de superficie de pavimentos rígidos analizados mediante métodos convencionales– calles Andrés Avelino Cáceres y Casa Blanca, Santo Tomas, Cusco–2020*”, el objetivo principal de este estudio fue determinar la condición de superficie de los pavimentos rígidos en las calles Andrés Avelino Cáceres y Casa Blanca, Santo Tomás, Cusco, durante el año 2020, utilizando métodos convencionales. Se aplicó el método científico, con un enfoque aplicado y un diseño de investigación no experimental–transeccional. Los resultados mostraron que el 73% de la condición de superficie de los pavimentos fue evaluada como válida según el método VIZIR, mientras que el método PCI arrojó un 88%. Esto sugiere una tendencia hacia un buen estado de los pavimentos. En conclusión, la investigación revela que la condición de superficie de los pavimentos rígidos evaluados mediante métodos convencionales es del 73% según VIZIR y 88% según PCI, lo que se considera un rango válido y bueno. Estos hallazgos proporcionan información relevante para la toma de decisiones y acciones futuras de mantenimiento y conservación de las calles evaluadas.

Asimismo, se tiene a (Chaname & Tineo, 2020), quienes desarrollaron su investigación con el título de “*Evaluación de las patologías del pavimento en las calles del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, año 2018 – 2019*”, el objetivo principal fue evaluar las patologías del pavimento en las calles del cercado del Distrito de Monsefú, con el fin de conocer

su estado actual y proponer un plan de mantenimiento. Se emplearon dos metodologías: el Método PCI, completo para pavimentos flexibles y rígidos, y el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) para calcular el Índice de Serviciabilidad Internacional (PSI). Según el Método PCI, el 14.29% del pavimento flexible está en estado regular, el 9.52% en muy bueno, el 4.76% en muy malo, el 33.33% en bueno, el 33.33% en malo y el 4.77% en fallado. Para el pavimento rígido, el 12.5% está en muy malo, el 50% en bueno, el 12.5% en regular y el 25% en muy bueno. Se propuso un diseño para la reconstrucción de las calles con fallas y una programación de mantenimiento. Estos resultados se presentarán a la Municipalidad Distrital de Monsefú para su posible implementación. En conclusión, el plan busca mejorar las calles y garantizar una infraestructura vial segura para la comunidad.

Por lo mismo se tiene a (Pérez & Ramirez, 2018), quienes presentaron su trabajo con el título de *“Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la Av. Los Tréboles – Distrito De Chiclayo – Provincia De Chiclayo – Departamento Lambayeque”*, los objetivos de la investigación fueron diversos: determinar el tipo de patologías del pavimento asfáltico, identificar los factores que afectan al pavimento flexible, evaluar el estado físico de la estructura del pavimento mediante calicatas, analizar las Particularidades de la Subrasante, Subbase, Base y carpeta asfáltica, y examinar el impacto de estos problemas en los aspectos social y económico. Se emplearon varias técnicas de investigación, incluyendo observación, estudio del tráfico, ensayos de laboratorio y análisis de documentos. Se encontraron deficiencias superficiales, como desgaste superficial en un 48%, principalmente debido a la antigüedad y deficiencia de la carpeta de rodadura, confirmado por ensayos de lavado asfáltico que mostraron bajos índices de contenido de asfalto. Además, se detectó una pérdida del pavimento causada por filtraciones de aguas residuales. Estos resultados proporcionan información valiosa sobre el estado del pavimento asfáltico y sus factores afectantes. Se concluyó que al tomar medidas adecuadas para su mantenimiento, se mejora la infraestructura vial, beneficiando tanto a la comunidad local como a la economía en general.

En lo internacional

Se tiene a (Chauca & Pomatoca, 2022), quienes desarrollaron su investigación con el título de *“Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías*

arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba”, el objetivo central fue evaluar el ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en las vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba. Se empleó una metodología no experimental con diseños transversales, teórico/descriptivos. Se determinó el Índice de Condición del Pavimento (PCI) utilizando ábacos específicos según la patología superficial encontrada, siguiendo la norma ASTM 6433–11. El PCI se calculó mediante la ecuación $PCI = (100 - CVD)$, con valores entre 0 y 100 indicando la calificación de la condición estimada. Los resultados mostraron que el Anillo Vial obtuvo un PCI de 96.05 (Excelente), Licto–Riobamba 60.72 (Buena), Leopoldo Freire 46.85 (Regular), Olmedo 89.79 (Excelente), Gaspar de Villarroel 91.83 (Excelente), José Veloz 75.54 (Excelente), José Orozco 74.93 (Excelente). Se concluyó que los deterioros identificados deben ser rehabilitados según los medios propuestos para reducir los costos de mantenimiento y garantizar la seguridad y comodidad en las carreteras, tanto para las entidades responsables como para los usuarios.

Entre tanto en el trabajo de (Fuentes & Mora, 2021), los que presentaron su investigación titulada “*Evaluación funcional del pavimento de la Diagonal 8 y la Av. El Peñón desde la calle 40 hasta la calle 48 del municipio de Girardot, mediante la metodología PCP*”, el objetivo central del trabajo fue evaluar la condición del pavimento asfáltico en el tramo vial de la Diagonal 8 y la Avenida el Peñón hasta la Calle 48 del Municipio de Girardot. Se empleó la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI) mediante una inspección visual de 2.19 kilómetros de la vía seleccionada. Se identificaron los deterioros presentes en cada unidad de muestreo, evaluando el pavimento según el tipo de daño, severidad y cantidad presente. Durante la evaluación de un total de 109 unidades de muestreo, los resultados para el pavimento flexible mostraron que el 32.61% tenía un estado bueno, el 15.22% muy malo, otro 15.22% muy bueno, el 13.04% excelente, el 10.87% malo, el 8.70% regular, y el 4.35% fallado. En cuanto al pavimento rígido, el 31.75% mostró un pavimento en muy buen estado, el 28.57% estaba en mal estado, el 23.81% en estado regular, el 6.35% en buen estado, el 4.76% en excelente estado, y el 4.76% en muy malo. Basándose en los análisis y resultados obtenidos, se concluyó que el deterioro observado en esta vía podría atribuirse a la falta de consideración de las cargas de tráfico actuales en el diseño original del pavimento, considerando la expansión urbana en la zona. El aumento del tránsito debido al

crecimiento del sector ha generado una mayor demanda y exigencia sobre el pavimento, contribuyendo al deterioro observado.

En la misma línea se presenta a (Herrera, Herrera, & Rodríguez, 2021), quienes desarrollaron su investigación con el título “*Evaluación patológica del pavimento rígido en el segmento de vía ubicada en la calle 13b y 14, con carrera sexta del municipio de Ambalema– Tolima*”, el objetivo principal de esta investigación fue estudiar las patologías existentes en dos vías principales del municipio de Ambalema, en el Departamento del Tolima. Se enfocó en la evaluación y caracterización de las patologías presentes en el pavimento rígido del tramo que abarca desde las calles 13B hasta la 14 con carrera sexta en Ambalema. Se registraron las diferentes patologías in situ utilizando el formato de recolección de datos del INVIAS para identificar su recurrencia y nivel de severidad. Además, se empleó el software PCI Concreto 2016 para determinar el índice de condición del pavimento en cada segmento, el cual varió desde estado fallado hasta muy bueno. A través del inventario vial, se midió el flujo vehicular o nivel de servicio, revelando la importancia y la demanda de la vía para el municipio de Ambalema, con un tránsito promedio diario de 2,217 vehículos, incluyendo Automóviles Livianos (A) y Camiones (C) de tipo C2, C3, C4 y C5, lo que evidencia el nivel de servicio de la vía. Se concluyó que las patologías más recurrentes identificadas incluyen el deterioro de sellantes de juntas, desgaste de la superficie, desportilladura de junta y desportilladura de esquina. Se detectaron losas que requieren intervención inmediata para garantizar la seguridad vial, además de la presencia de efecto de hidroplaneo en la vía, sumado a la falta de señalización en un porcentaje significativo del 40%.

En la misma línea de investigación se tiene también a (Barragán & Botache, 2021), quienes desarrollaron su trabajo bajo el título de “*Evaluación funcional del pavimento rígido, mediante la metodología PCI de La Carrera 8 entre Calles 2 hasta La Calle 21 del municipio de El Espinal Tolima*”, el propósito fue determinar el estado funcional del pavimento de concreto hidráulico en la carrera 8, desde la calle 2 hasta la calle 21, en el municipio de El Espinal, Tolima. Se aplicó la metodología PCI, que se basa en una evaluación funcional para determinar el estado operativo de la estructura. Su aplicación tiene como objetivo obtener información sobre las patologías existentes en las vías y los pavimentos rígidos seleccionados,

generando un diagnóstico para su mantenimiento y restauración. Se ubicaron las vías de estudio mediante planos de localización para detallar las áreas que requieren atención y describir sus Particularidades. El estudio comenzó con la recopilación de información utilizando formatos de inspección de campo, esenciales para aplicar el método PCI. A través de una inspección visual y cuantitativa, se registraron los daños, su severidad y la cantidad de losas afectadas. Finalmente, con los datos obtenidos en el campo, se calculó la densidad de las fallas y se determinó el índice de PCI, que proporciona una evaluación del estado actual de la vía. Se concluyó que la vía se encuentra en un estado regular, siendo necesario realizar reparaciones o mantenimiento preventivo en ciertos sectores, mientras que otros tramos han recibido recientes reparaciones.

En estudio desarrollado por (Bermudez, Ramirez, & Soto, 2020), al que titularon a su investigación como “*Evaluación patológica del pavimento rígido para el tramo K0+480 hasta el K0+960 de la Avenida Ferrocarril ubicada en el municipio de Ibagué departamento del Tolima*”, el objetivo principal fue evaluar las patologías presentes en el pavimento del tramo que va desde el punto K0+480 hasta el K0+960 sobre la Avenida Ferrocarril en la ciudad de Ibagué, departamento del Tolima, utilizando el software PCI. Se dividió el tramo de estudio en 5 subsecciones, cuatro de ellas de 100 metros y una de 80 metros. Se llevó a cabo un análisis de observación en cada una de estas secciones para identificar las diversas patologías presentes. Posteriormente, se realizó una descripción detallada de las patologías encontradas en cada subtramo utilizando el formato de recolección de datos proporcionado por INVIAS. Los resultados obtenidos en este estudio fueron esenciales para concluir que el pavimento rígido de la Avenida Ferrocarril se encuentra en estado regular. Se observó que el concreto que presentó la mejor resistencia a la flexión fue aquel que contenía un 5% de bagazo de caña, mostrando el valor más alto de resistencia a la flexión y convirtiéndose en una opción óptima para su uso en distintos procesos de construcción que no estén constantemente sometidos a cargas vivas o muertas.

2.2. Bases Teóricas o Científicas

2.2.1. CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE EL PAVIMENTO

Un pavimento es una construcción compuesta por varias capas superpuestas, planificadas y construidas siguiendo diversos métodos, normativas y especificaciones técnicas para materiales adecuados. Estas capas se someten a diferentes procesos de construcción con el objetivo de obtener una superficie resistente y duradera que pueda soportar el tráfico vehicular de manera adecuada (Mocondino, 2020). Los pavimentos para carreteras y vías urbanas se componen de estructuras viales multicapas, formadas por una serie de capas superpuestas de manera horizontal, construidas con materiales específicos, diseñadas para resistir las cargas del tráfico y las condiciones ambientales (función estructural). Además, su diseño busca proporcionar un tránsito cómodo, seguro y confortable para los vehículos durante un periodo determinado (objetivo funcional). El constante paso de los vehículos sobre estas estructuras genera esfuerzos cíclicos y deformaciones verticales, horizontales y de corte en las interfaces entre las capas. El pavimento se apoya en una subrasante natural o en una plataforma, que puede ser una subrasante mejorada, estabilizada o un terraplén, conocida como capa de conformación. (Rondón & Reyes, 2022)

2.2.2. CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS

a) ***Pavimentos Flexibles***: El pavimento flexible se compone principalmente de una capa o carpeta asfáltica, que utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo, y de los productos de la hulla. Esta mezcla es compacta y lo suficientemente plástica para absorber golpes y soportar un alto volumen de tránsito pesado.

Este tipo de pavimento se utiliza principalmente en áreas con alto tráfico, como vías, aceras o estacionamientos. Su construcción se basa en varias capas de material, cada una diseñada para soportar una parte de la carga. La capa superior es la que puede soportar la mayor carga, mientras que la capa inferior tiene una menor capacidad de carga. El pavimento flexible tiene una durabilidad de al menos 8 años y una vida útil típico de 20 años. (VISE, 2018)

La estructura del pavimento flexible consta de la capa superficial (capa asfáltica), la capa base y, en ocasiones, la capa sub-base. Estas capas transmiten las cargas del tráfico a la subrasante. Algunas ventajas del pavimento flexible incluyen una mayor drenabilidad, que reduce el riesgo de hidropilano, y mayor comodidad para los usuarios del vehículo debido a su flexibilidad y diseño multicapas. El pavimento flexible es una opción preferida en muchas situaciones debido a su capacidad para adaptarse a las cargas y su mayor drenabilidad, brindando una experiencia de conducción más cómoda y segura para los usuarios de las vías. (VISE, 2018)

b) Pavimentos semirrígido: El pavimento rígido mantiene una estructura similar al pavimento flexible, pero con la particularidad de que una de sus capas se rigidiza artificialmente mediante el uso de un aditivo, como asfalto, emulsión, cemento, cal o químicos. Esta rigidez se aplica con el propósito de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no cumplen con las especificaciones técnicas ni alcanzan la calidad necesaria para la construcción de las capas del pavimento. La implementación de esta técnica permite utilizar materiales locales que no cumplen con los requisitos de calidad para la construcción del pavimento. Estos materiales adecuados se encuentran a distancias que incrementarían significativamente los costos de construcción si fueran transportados. Mediante el uso de aditivos y la rigidización de una de las capas, se logra optimizar la estructura del pavimento rígido y garantizar su adecuado desempeño sin incurrir en altos costos logísticos. (Mocondino, 2020)

c) Pavimentos rígidos: Se componen principalmente de una losa de concreto hidráulico colocada sobre la subrasante, cumpliendo una doble función al proporcionar tanto Particularidades estructurales como funcionales al pavimento. Debido a su alta rigidez, esta losa soporta las cargas generadas por los vehículos que circulan sobre la vía y las distribuye en un área mucho más amplia, lo que resulta en esfuerzos transmitidos a las terracerías de magnitud considerablemente reducida. (Vinicio & Serment, 2012).

Este pavimento se compone de una losa de concreto que se dispone sobre una base o directamente sobre la subrasante. Su función es distribuir los esfuerzos al suelo de manera eficiente, proporcionando una resistencia intrínseca. Es esencial

controlar cuidadosamente la cantidad de concreto empleada durante su instalación.

Figura 1.

Figura 1:
Pavimentos Rígidos



Fuente: (Vinicio & Serment, 2012)

Existen diversas subdivisiones de pavimentos rígidos (Vinicio & Serment, 2012):

- a. Pavimentos de Concreto Simple:** Los pavimentos rígidos de tipo losa de concreto simple están compuestos por losas con juntas longitudinales y transversales espaciadas para lograr una geometría cercana a la forma cuadrada o con una relación largo/ancho de aproximadamente 1/1.25. La transferencia de carga entre las losas puede realizarse mediante el entrelazado entre ellas o a través de pasajuntas de acero.
- b. Pavimentos de Concreto Reforzado con Juntas:** El pavimento rígido puede reforzarse con varillas de acero corrugado o malla electrosoldada. Las juntas, en este caso, pueden estar espaciadas cada 8 a 15 metros. La presencia de acero evita que las juntas se separen debido a la contracción térmica después de su formación, lo que ayuda a reducir los costos de mantenimiento.
- c. Pavimentos Continuos de Concreto Reforzado:** El refuerzo se planifica de manera que no sea necesario formar juntas. En este tipo de pavimentos, es común la aparición de grietas transversales en intervalos cortos, pero estas grietas se mantienen unidas gracias al acero de refuerzo y no representan una preocupación siempre que el espaciamiento sea uniforme.
- d. Pavimentos de Concreto Pretensado o Postensado:** La principal diferencia entre el hormigón pretensado y el hormigón postensado radica en el momento en que se tensionan los cables metálicos. En el hormigón pretensado, los cables se tensan antes del vertido y fraguado del material, para luego destensarlos una vez que el hormigón ha fraguado. El propósito del pretensado es transferir esfuerzos de compresión al hormigón mediante la fricción en estado fresco. Por otro lado, en el hormigón postensado, los

cables se tensan después de que el material ha fraguado y empezado a endurecerse, manteniéndolos tensados y anclados durante la vida útil del elemento estructural para transmitir ininterrumpidamente esfuerzos de compresión y contrarrestar los esfuerzos de tracción generados por las cargas de servicio en la estructura. Además, a diferencia del pretensado, en el postensado se utilizan conductos huecos para alojar los cables metálicos en el hormigón endurecido, junto con sistemas de anclaje permanentes. El hormigón pretensado se emplea en losas, cimentaciones y pilotes, mientras que el hormigón postensado se utiliza en estructuras completas como puentes, sistemas de voladizo y dovelas. (BECOSAN, 2020)

e. Pavimentos de Concreto Compactado con Rodillos: El concreto utilizado en esta técnica es una mezcla seca con una baja relación agua/cemento, diseñada específicamente para la construcción de pavimentos de concreto. Se aplica mediante una pavimentadora de asfalto y se compacta utilizando rodillos vibratorios.

d) Pavimentos articulados: Un pavimento articulado está formado por una capa de rodadura que utiliza adoquines de concreto, una capa base y, cuando corresponde, una capa subbase, y opcionalmente, se puede incluir una capa de mejoramiento de la subrasante. Es esencial que este tipo de pavimento cuente con restricciones laterales de confinamiento adecuadas (Sánchez, 2003)

2.2.3. SERVICIABILIDAD DE PAVIMENTOS

La serviciabilidad del pavimento se utiliza como una medida del desempeño vial, y está estrechamente relacionada con la seguridad y comodidad que puede proporcionar a los usuarios al transitar por la carretera (comportamiento funcional). También se vincula con las Particularidades físicas que pueda presentar el pavimento, como grietas, fallos, desgaste, etc., que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural). El concepto de serviciabilidad se basa en cinco aspectos fundamentales, que se resumen de la siguiente manera (Villamar, 2023), lo concluye que las vías están diseñadas para ofrecer comodidad y facilidad de uso a quienes las utilizan. La percepción de confort y calidad al transitar depende de la opinión subjetiva de los usuarios. Esta opinión se refleja en la calificación de serviciabilidad, que es una medida expresada por los propios usuarios sobre la calidad de la carretera. Sin embargo,

además de estas evaluaciones subjetivas, hay Particularidades físicas del pavimento que pueden evaluarse de manera objetiva y relacionarse con las valoraciones subjetivas de los usuarios. Este enfoque da lugar a un índice objetivo de serviciabilidad, que proporciona una medida más precisa y cuantitativa del estado del pavimento. El historial de la serviciabilidad a lo largo del tiempo refleja el comportamiento del pavimento y puede proporcionar información útil para su mantenimiento y gestión.

La calidad del rodamiento en una vía, determinada por la regularidad del pavimento, es crucial para la seguridad y comodidad del conductor. Se evalúa mediante el Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), que asigna una calificación del 0 al 5. Incluso la percepción de grietas o deterioros sin deformaciones puede disminuir el PSI. En el diseño del pavimento, es esencial considerar tanto el Índice de Serviciabilidad Inicial (P_0) como el Índice de Serviciabilidad Final (P_t) para garantizar una vía segura y cómoda a lo largo del tiempo.

a) Índice de serviciabilidad inicial (P_0)

Esto representa la condición original del pavimento justo después de su construcción o rehabilitación. La Asociación Americana de funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO) ha establecido un valor deseable inicial de 4.5 para pavimentos rígidos, en caso de que no se cuente con información disponible para el diseño. Este valor proporciona una referencia para evaluar el estado funcional y la calidad de rodamiento del pavimento desde su inicio, permitiendo tomar decisiones adecuadas en cuanto a su mantenimiento y durabilidad.

b) Índice de serviciabilidad final (P_t)

Esta referida al momento en el cual la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. Dependiendo de la importancia de la vialidad, los valores de P_t pueden variar y se pueden considerar en diferentes rangos, como se indica en la tabla de referencia. Estos valores son utilizados para evaluar la condición actual del pavimento y tomar decisiones adecuadas en cuanto a su mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción, con el objetivo de garantizar la seguridad y el confort del usuario durante su uso. Tabla 1

Tabla 1:
Índice con el Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos 1.1

Pt	CLASIFICACIÓN
3.00	Autopista
2.50	Colectores
2.25	Calles comerciales e industriales
2.00	Calles residenciales y estacionamientos

Fuente: (Villamar, 2023)

La evaluación de la serviciabilidad de los pavimentos se puede entender como una forma de valorar la calidad de la superficie, si bien es necesario tener en cuenta que esta evaluación no abarca todos los aspectos relevantes. Se utiliza un índice basado en los resultados obtenidos en la prueba AASHO, donde se emplea una escala de calificación que va de 0 a 5. Un valor de 5 señala un pavimento con una superficie en perfectas condiciones, mientras que un valor de 0 indica que la superficie del pavimento está en mal estado.

Tabla 2:
Norma AASHTO

CALIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN
NUMÉRICA	VERBAL	
5.0 – 4.0	Muy buena	Solo los pavimentos nuevos (o casi nuevos) son los suficientemente suaves y sin deterioro para calificar en sus categoría. La mayor parte de los pavimentos construidos o recarpeteados durante el año de inspección normalmente se clasifican como muy buenos.
4.0 – 3.0	Buena	Los pavimentos de esta categoría, si bien no son tan suaves como los "Muy Buenos", entregan un manejo de primera clase y muestran muy poco o ningún signo de deterioro superficial. Los pavimentos flexibles pueden estar comenzando a mostrar signos de ahuellamiento y fisuración aleatoria. Los pavimentos rígidos pueden estar empezando a mostrar evidencias de un nivel de deterioro superficial, como desconches y fisuras menores.
3.0 – 2.0	Regular	En esta categoría la calidad de manejo es notablemente inferior a la de los pavimentos nuevos y puede presentar problemas para altas velocidades de tránsito. Los defectos superficiales en los pavimentos flexibles pueden incluir ahuellamientos, parches y agrietamiento. Los pavimentos rígidos en este grupo pueden presentar fallas en las juntas, agrietamientos, escalonamiento y pumping.
2.0 – 1.0	Mala	Los pavimentos en esta categoría se han deteriorado hasta un punto donde puedan afectar la velocidad del tránsito de flujo libre. Los pavimentos flexibles pueden tener grandes baches y grietas profundas; el deterioro incluye pérdida de áridos, agrietamiento y ahuellamientos, y ocurre en un 50% o más de la superficie. El deterioro en pavimentos rígidos incluye desconche de juntas, escalonamiento, parches, agrietamiento y bombeo.
1.0 – 0.0	Muy mala	Los pavimentos en esta categoría se encuentran en una situación de extremo deterioro. Los caminos se pueden pasar a velocidades reducidas y con considerables problemas de manejo. Existen grandes baches y grietas profundas. El deterioro ocurre en un 75 % o más de la superficie.

Fuente: (IDPP, 2013)

2.2.4. EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

La evaluación de pavimentos se aplica en diversas áreas, que incluyen estudios de rehabilitación, control de calidad, investigación y gestión de pavimentos. En cada una de estas áreas, se utilizan diferentes equipos y métodos de evaluación con propósitos específicos.

En estudios de rehabilitación, el objetivo es identificar las causas de falla del pavimento y proponer medidas correctivas. Para el control de calidad, se busca determinar si el asfalto cumple con los estándares requeridos. En investigación, se realizan estudios para entender el comportamiento del pavimento y desarrollar modelos de desempeño. En la gestión de pavimentos, se evalúa el estado del pavimento y se identifican las intervenciones necesarias para su mantenimiento.

Para la evaluación superficial de pavimentos, se emplean equipos como el bump integrator, perfilómetros láser y nivelación de precisión. En la evaluación estructural, se utiliza el deflectómetro de impacto (FWD) para medir deflexiones y obtener módulos de resiliencia de las capas del pavimento. El georadar (GPR) es un equipo de aplicación múltiple que permite determinar espesores de capas y detectar defectos en el asfalto o base granular. Se utiliza en áreas de control de calidad para detectar cambios en el coeficiente dieléctrico de los materiales del pavimento y evaluar su compactación.

El densímetro no nuclear PaveTracker es utilizado para controlar el nivel de compactación en obra. Además, existen desarrollos infrarrojos para detectar segregación en la mezcla asfáltica durante la colocación. Hay equipos de relevamiento de fallas que emplean cámaras de video y tecnología láser para automatizar la toma y procesamiento de datos. En el área de gestión de pavimentos, se busca estandarizar el uso de estos equipos para facilitar el mantenimiento de la red de carreteras. En general, la evaluación de pavimentos es fundamental para garantizar la seguridad y calidad de las vías, así como para optimizar su mantenimiento y durabilidad (Chang, 2010).

IMPORTANCIA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Es de suma importancia llevar a cabo acciones de evaluación a lo largo de toda la vida útil del pavimento, no solo en etapas posteriores, sino también durante la fase

de construcción, antes de que entre en funcionamiento. Estas evaluaciones permiten valorar la calidad del producto entregado al usuario, centrándose en aspectos cruciales como seguridad, comodidad y capacidad estructural del pavimento, es asegurar se cumplan debidamente las premisas básicas del diseño.

Este estudio presenta los resultados de la evaluación llevada a cabo en dos tramos de carretera en proceso de modernización, donde se están aplicando diferentes criterios de estructuración de pavimentos flexibles. La evaluación incluyó la determinación de la calidad de rodamiento mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI), utilizando el dispositivo de registro continuo Mays Ride Meter. También se evaluaron las condiciones de textura superficial a través de la prueba del Círculo Arena, y se realizó un análisis de la capacidad estructural del pavimento utilizando el deflectómetro de impactos. Estas evaluaciones proporcionan información crucial sobre el estado y rendimiento del pavimento en cada etapa de su vida útil, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad y ofreciendo la oportunidad de tomar decisiones adecuadas para mantener la seguridad y funcionalidad de las vías en todo momento. (Aguirre & Zarate, 2010)

OBJETIVIDAD EN LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

La objetividad en la evaluación de pavimentos es de suma importancia y requiere la intervención de profesionales debidamente capacitados. Sin su adecuada formación, las pruebas podrían perder credibilidad con el tiempo y resultar incomparables. Es esencial adoptar un modelo de evaluación estandarizado para garantizar la imparcialidad en el proceso. Sin embargo, no siempre es factible obtener mediciones o índices que permitan una comparación justa entre dos proyectos, debido a influencias inherentes en la toma de decisiones.

- a) Diferencias en las unidades, ya que estas constituyen el fundamento de los análisis a llevar a cabo.
- b) Variabilidad en la respuesta en cada unidad, lo cual está vinculado a la confiabilidad de futuras labores de rehabilitación.

COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO SEGÚN LA CURVATURA

La curva de desempeño de los pavimentos representa la evolución histórica de su calidad a lo largo del tiempo. Para analizar la funcionalidad del pavimento, es

esencial contar con datos confiables sobre la calidad del rodado durante el periodo en cuestión, junto con información histórica sobre la carga de tráfico que el pavimento ha soportado en ese lapso. Al utilizar índices como la serviciabilidad o la condición del pavimento en función del tiempo o del número de ejes equivalentes, es posible trazar gráficas que ilustran la degradación del pavimento. Esta visualización permite identificar el momento en el cual será necesario realizar una rehabilitación, lo que a su vez contribuye a prolongar la vida útil.

PARTICULARIDADES DE LAS FALLAS EN PAVIMENTOS

Las deficiencias que surgen en los pavimentos se pueden clasificar en dos categorías principales: las relacionadas con la superficie y aquellas asociadas con la estructura. (Godoy & Ramírez, 2006):

- ***Fallas de superficie***: Estas son irregularidades que ocurren en la superficie de la carretera, causadas por problemas en la capa de rodadura y que no están vinculadas a la estructura de la carretera. Estas deficiencias se resuelven al nivelar y adecuar la superficie, además de garantizar la impermeabilidad y la textura necesaria.
- ***Fallas estructurales***: Incluye las imperfecciones en la superficie de rodadura que se originan debido a problemas en la estructura del pavimento, es decir, en una o más capas que deben resistir las diversas fuerzas generadas por el tráfico y las condiciones climáticas. Para solucionar este tipo de fallos, es necesario fortalecer el pavimento existente mediante un refuerzo que permita que la estructura en capas cumpla con los requisitos de tráfico actuales y futuros proyectados.

ARQUETIPOS DE LAS EVALUACIONES

Hay tres categorías de evaluaciones, a saber:

- ***Evaluación de Inicio***: Parte integral de la investigación del estado del pavimento previa a su puesta en funcionamiento, ya sea como pavimento nuevo o inmediatamente después de someterse a acciones de conservación o reforzamiento.
- ***Evaluación progresiva***: Con base en la evaluación inicial, se establecerá un programa de evaluaciones periódicas que constituyen un seguimiento continuo

del comportamiento del pavimento a lo largo del tiempo. Este proceso facilita la planificación lógica de una estrategia de conservación. En este tipo de evaluación, se requiere un proceso de recolección de datos que permita entender indicadores específicos que reflejen la evolución del pavimento con el tiempo, particularmente aquellos relacionados con Particularidades superficiales, deterioro, rugosidad, resistencia a la fricción, entre otros.

- **Evaluación Final:** El propósito de esta modalidad de evaluación es abordar un problema específico al obtener un entendimiento completo del estado del pavimento. Esto facilita la identificación de las causas fundamentales de los deterioros, lo que permite planificar acciones concretas de rehabilitación o refuerzo del pavimento. Esta evaluación se llevará a cabo en tramos donde la evaluación periódica o sistemática detecte un comportamiento anormal del pavimento, o cuando se anticipen cambios en las condiciones del tránsito que justifiquen una intervención formal de rehabilitación, refuerzo o ampliación

Se cuentan con varios métodos de evaluación de pavimentos que son adecuados tanto para calles como para carreteras. En el contexto de este estudio, se debe dar a conocer los siguientes (Celestino, 2016):

- **VIZIR:** Se trata de un indicador que refleja el deterioro superficial de un pavimento, proporcionando una evaluación integral que orienta hacia posibles medidas de mantenimiento y rehabilitación. Este indicador, denominado Sistema VIZIR, fue desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussées en Francia (conocido como LCPC por sus siglas en inglés). El Sistema VIZIR se caracteriza por su enfoque claro y práctico, que diferencia de manera efectiva entre fallos de naturaleza estructural y funcional. Esta metodología ha sido ampliamente adoptada en países en desarrollo, especialmente en regiones tropicales.
- **FHWA / OH99 / 004:** Este indicador posee una claridad conceptual notable y se implementa de manera sencilla. Además, equilibra los factores considerados al otorgar mayor énfasis a los tipos de deterioro que son especialmente frecuentes o significativos en zonas con estaciones climáticas marcadas, pero no en áreas tropicales.

- *ASTMD 6433-03*: También identificado como Índice de Condición Actual, o PCI por sus siglas, este indicador se utiliza para representar los deterioros superficiales presentes en pavimentos flexibles y de hormigón. En el contexto de esta investigación, se empleará este método, ya que ha sido adoptado a nivel global por diversas entidades responsables de cuantificar los deterioros en la superficie de los pavimentos.

FACTORES QUE AFECTAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO

Agregados

- Morfología.
- Resistencia a la abrasión.
- Desgaste resistente.
- Limpieza superficial.
- Compatibilidad con suelo y concreto.
- Niveles de humedad.
- Potencial de contaminación.

Concreto

- Proporciones de la mezcla.
- Temperatura durante el mezclado.
- Contenido de humedad de los agregados.
- Compatibilidad de los agregados.
- Características del concreto.

Construcción

- Velocidad de endurecimiento.
- Horario de vertido del concreto.
- Variabilidad en calidad y espesor.
- Tratamiento de juntas.
- Proceso de curado.

Cargas

- Carga por eje.
- Volumen vehicular.
- Velocidad de circulación.
- Periodo de diseño.
- Gestión del tráfico.

Medio ambiente

- Radiación ultravioleta.

VARIEDADES DE LAS EVALUACIONES SOBRE PAVIMENTOS

Las fallas que se presentan en los pavimentos pueden ser agrupadas en dos grandes grupos (Godoy & Ramírez, 2006):

- ***Evaluación Superficial***: Este tipo de evaluación se enfoca en inspeccionar la superficie del pavimento mediante diversas metodologías y herramientas. Estas técnicas proporcionan una visión del estado del pavimento evaluado. Durante esta evaluación, se consideran las deficiencias presentes en el pavimento, evaluándolas en términos de magnitud y severidad. Esto permite obtener un indicador referencial de su condición. Un enfoque utilizado en esta evaluación es la Evaluación Funcional del Pavimento, que se logra mediante la determinación del Índice de Condición de Pavimento (PCI) (Chang, 2010).
- ***Evaluación Estructural***: Este enfoque implica una evaluación más detallada y se centra en tomar muestras representativas de los materiales que componen las distintas capas del pavimento en una vía. Los métodos utilizados pueden ser destructivos o no destructivos, dependiendo del nivel de alteración física causada por los materiales durante el proceso de evaluación. Algunos de los métodos incluyen (Chang, 2010):
 - ***Exploraciones***: Realizadas mediante calicatas, perforaciones cercanas a la estructura sin alterar la superficie de rodadura o perforaciones diamantinas. Estas exploraciones proporcionan información sobre el perfil estratigráfico y, si es necesario, permiten tomar muestras para ensayos de campo y laboratorio.
 - ***Dispositivos Estáticos y Vibratorios***: Pruebas realizadas con equipos como placas de apoyo, medidores de curvatura, vigas Benkelman, entre otros, que evalúan la respuesta del pavimento a cargas estáticas o vibratorias.
 - ***Análisis Espectral de Ondas Superficiales (SASW)***: Un enfoque no destructivo que determina propiedades elásticas de las capas del pavimento y las capas de apoyo a través de análisis de ondas de corte.
 - ***Determinación de Espesores por Métodos no Destructivos***: Utilizado para calcular módulos elásticos más precisos y con menor dispersión, requiere conocimiento previo de los espesores de las capas.

- ***Evaluación de la Rugosidad:*** La rugosidad es un factor clave para la comodidad y seguridad de los usuarios, así como para la economía de la vía. Se relaciona con la calidad del servicio que el pavimento brinda al tráfico actual. Para evaluar la rugosidad, se emplea el Índice de Rugosidad Internacional.

2.2.5. SERVICIABILIDAD

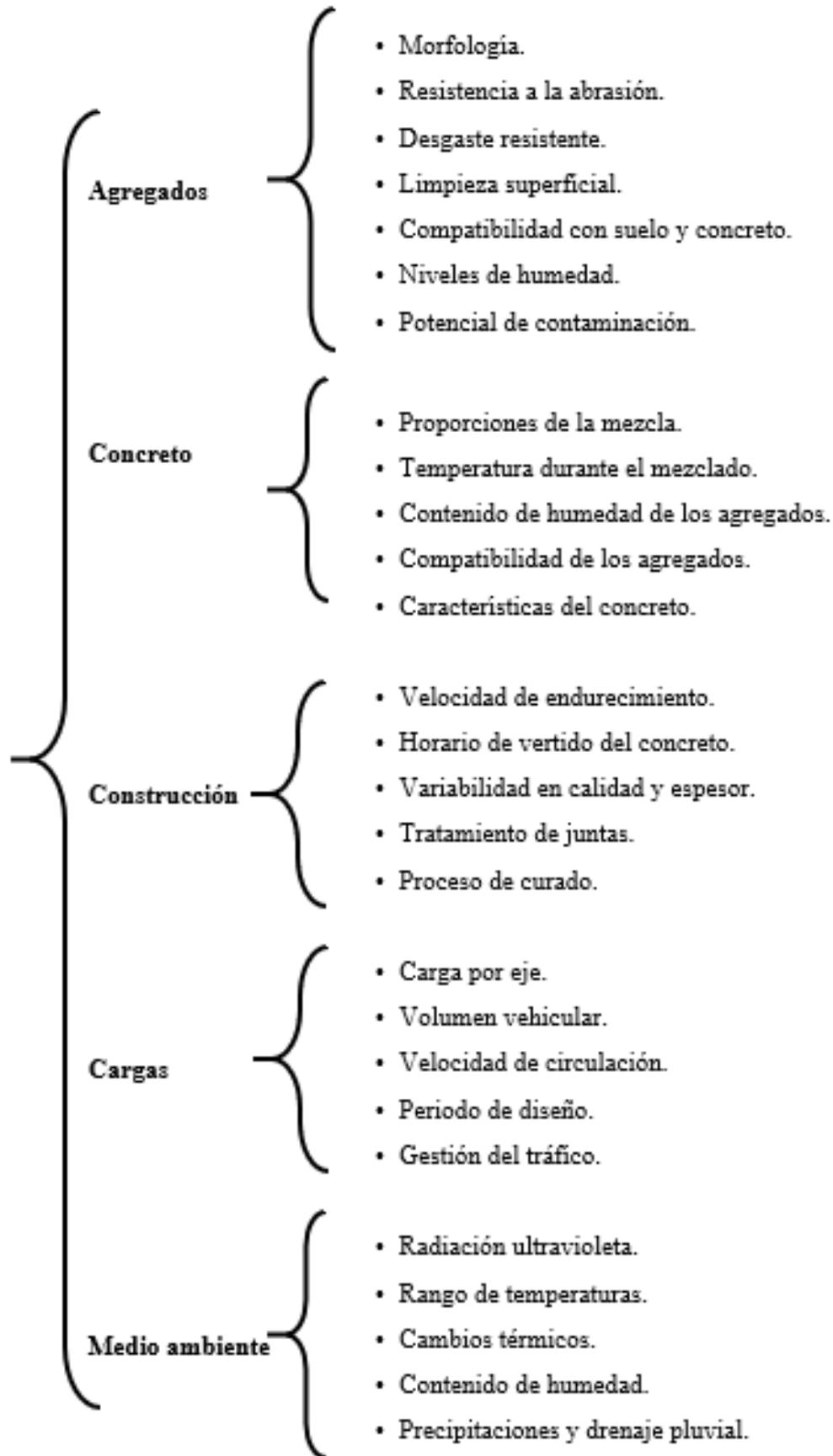
Evaluación por un Panel de Evaluadores: Para aplicar este enfoque, se forma un panel de evaluadores compuesto por cinco a diez personas, preferiblemente no técnicos, con el fin de obtener una calificación representativa y minimizar errores.

Modelo AASHTO (1993): Este enfoque implica correlacionar la Calificación de Servicio Actual (PSR) con la medición de áreas agrietadas, parchadas y la rugosidad. Para esta última, se utiliza un dispositivo llamado perfilómetro, el cual mide las variaciones de la pendiente en el perfil longitudinal del pavimento.

IMPORTANCIA DE EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

Es esencial realizar evaluaciones a lo largo de toda la vida útil del pavimento, incluyendo la fase de construcción, para garantizar la calidad del producto entregado al usuario. Estas evaluaciones se centran en aspectos clave como seguridad, comodidad y capacidad estructural, asegurando que se cumplan los estándares de diseño. En este estudio, se presentan los resultados de la evaluación de dos tramos de carretera en proceso de modernización, donde se aplican diferentes criterios de estructuración de pavimentos flexibles. La evaluación incluyó la determinación de la calidad de rodamiento utilizando el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y la evaluación de la textura superficial mediante la prueba del Círculo Arena. Además, se realizó un análisis de la capacidad estructural del pavimento utilizando el deflectómetro de impactos. Estas evaluaciones proporcionan información vital sobre el estado y desempeño del pavimento en cada etapa de su vida útil, permitiendo tomar decisiones adecuadas para mantener la seguridad y funcionalidad de las vías en todo momento (Aguirre & Zarate, 2010).

FACTORES QUE AFECTAN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO



Nota: Consolidación de los factores

2.2.6. TIPOS DE FALLAS EN PAVIMENTOS

En todos los enfoques de diseño de pavimentos se reconoce la posibilidad de que a lo largo de la vida útil de la estructura puedan ocurrir dos tipos de deficiencias: las funcionales y las estructurales.

La deficiencia funcional se manifiesta cuando el pavimento no proporciona una superficie segura para el tránsito, causando incomodidad en la conducción de los vehículos. Por otro lado, la deficiencia estructural está vinculada con la pérdida de cohesión en algunas o todas las capas del pavimento, lo que lleva a que no puedan resistir las cargas a las que se encuentran expuestas.

La deficiencia estructural conlleva a una degradación en la integridad de la estructura del pavimento. Esta situación se presenta cuando los materiales que conforman dicha estructura experimentan fisuras y agrietamientos debido a repeticiones de carga generadas por el tránsito. Estas fisuras están relacionadas con deformaciones o tensiones horizontales por tracción en la base de cada capa del pavimento, lo que se conoce como fallo por fatiga.

FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS – AGRITAMIENTO

El agrietamiento se describe como la división de las losas de un pavimento en dos o más fragmentos a causa de grietas. Estas grietas pueden ser caracterizadas según su causa de origen, su alineación en relación al eje de la vía, su posición dentro de la losa y su configuración. El tamaño de la apertura de las grietas y la cantidad de estas por área se conocen como severidad y extensión, respectivamente (Ratia, 2017).

Grietas Longitudinales: Estas son grietas que se desarrollan en una dirección aproximadamente paralela a la línea central del pavimento. Su origen puede estar relacionado con el ancho excesivo de la vía, fallos en la ejecución o ausencia de las juntas longitudinales, contracción lateral o insuficiente capacidad de soporte en las capas inferiores.

Niveles de Severidad:

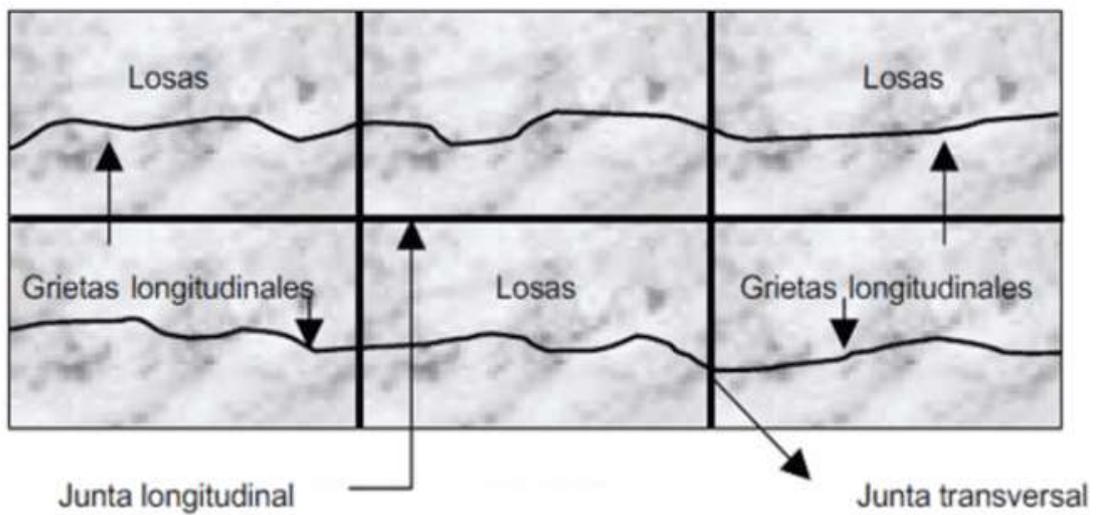
- Ligera: Con un ancho menor a 1 mm hasta 10 mm.
- Moderada: Con un ancho entre 11 mm y 25 mm.

- Severa: Con un ancho superior a 25 mm, acompañada de astillamiento y/o desnivel.

Causas:

- Amplias dimensiones de carriles.
- Falta o incorrecta ejecución de las juntas longitudinales.
- Contracción en sentido lateral.
- Debilitamiento del soporte de la base.
- Variaciones de tensión debido a cambios climáticos.

*Ilustración 1:
Grietas Longitudinales*



Fuente: (Ratía, 2017)

*Imagen 1:
Grietas Longitudinales*



Fuente: (Ratía, 2017)

Grietas Transversales: Son aquellas que discurren en un ángulo aproximado respecto a la línea central del pavimento. Pueden originarse por secciones prolongadas excesivas (falta o incorrecta ejecución de las juntas transversales), insuficiente soporte de la sub-rasante o cargas sobrecargadas. Por lo general, están vinculadas al intervalo entre juntas, en cuyo caso se forman en el centro de la losa.

Niveles de severidad:

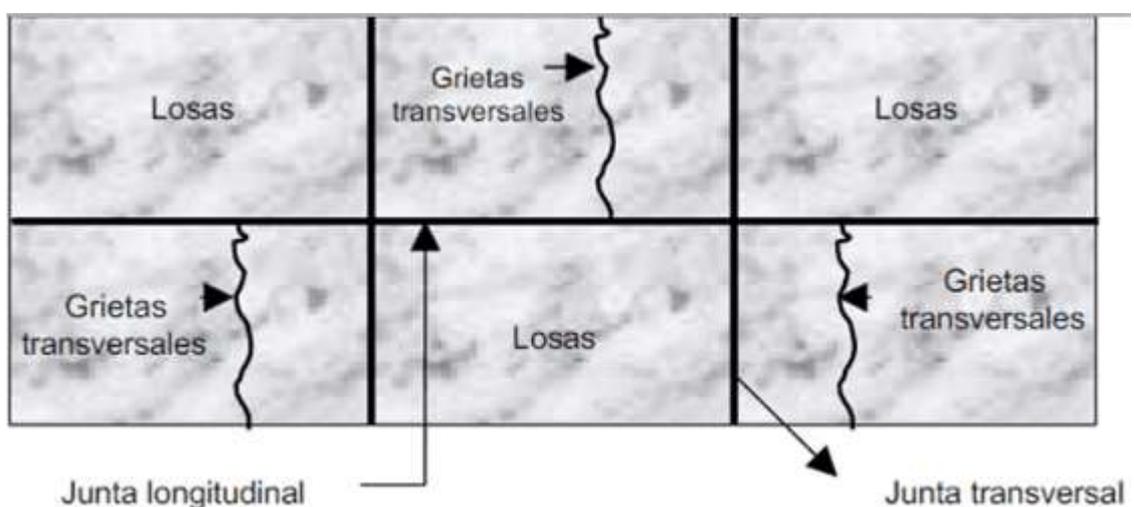
- Ligera: Con un ancho de 1 mm a 10 mm, sin presentar astillamiento ni desnivel, o con un astillamiento o desnivel muy leve.
- Moderada: Grietas únicas o múltiples con un ancho entre 11 mm y 25 mm, mostrando un astillamiento o desnivel leve a marcado.
- Severa: Grietas individuales o múltiples con un ancho superior a 25 mm, acompañadas de astillamiento, desnivel y acumulación de materiales en su interior.

Causas:

- Falta o ejecución deficiente de las juntas transversales.
- Soporte inadecuado de la sub-rasante.
- Cargas excesivas.
- Distancia entre juntas, lo que puede dar lugar a la formación de grietas en el centro de la losa.

Ilustración 2:

Grietas Transversales



Fuente: (Ratia, 2017)

*Imagen 2:
Grietas Transversales*



Fuente: (Ratia, 2017)

Grietas En Esquinas: Estas fisuras se presentan en las esquinas y adoptan una forma triangular, con una junta longitudinal en el borde y una grieta transversal. Normalmente, el triángulo formado tiene un tamaño de alrededor de 0.3 m (1 pie), rara vez superando los 0.60 m (2 pies). Estas fisuras pueden originarse debido al soporte insuficiente de la sub-rasante o a la concentración de tensiones provocadas por los movimientos de la losa debido a cambios de temperatura. Algunas de estas grietas atraviesan todo el espesor de la losa, mientras que otras comienzan en la superficie y se propagan en ángulo hacia la junta.

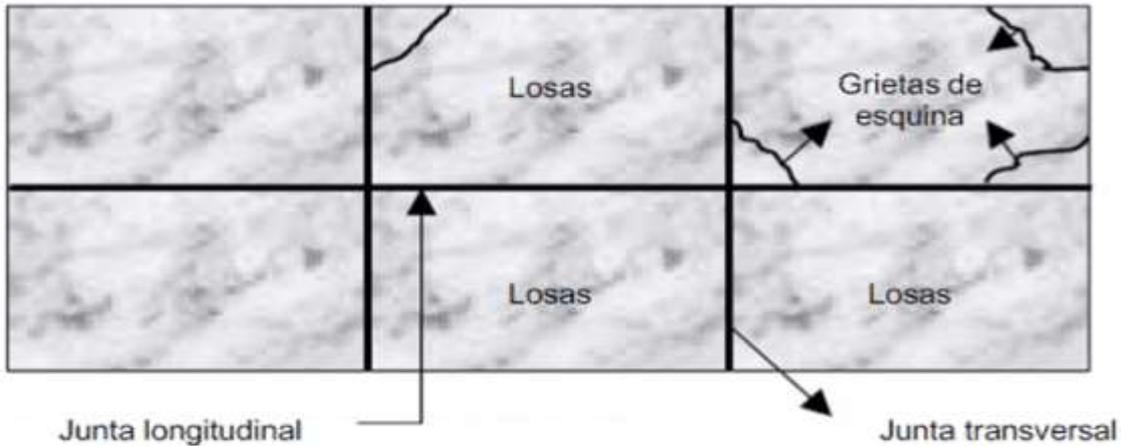
Niveles de Severidad:

- Ligera: Con un ancho menor a 1 mm hasta 10 mm, sin astillamiento ni desnivel perceptible.
- Moderada: Con un ancho entre 11 mm y 25 mm, con ligero a notable astillamiento o desnivel.
- Severa: Con un ancho superior a 25 mm, presentando astillamiento, desnivel y posibles detritos atrapados.

Causas:

- Cargas excesivas en las esquinas.
- Falta de adecuado soporte de la sub-rasante.
- Concentración de tensiones debido a los movimientos de la losa causados por cambios de temperatura.

Ilustración 3:
Grietas En Esquinas



Fuente: (Ratia, 2017)

Imagen 3:
Grietas En Esquinas



Grietas de esquina de severidad baja

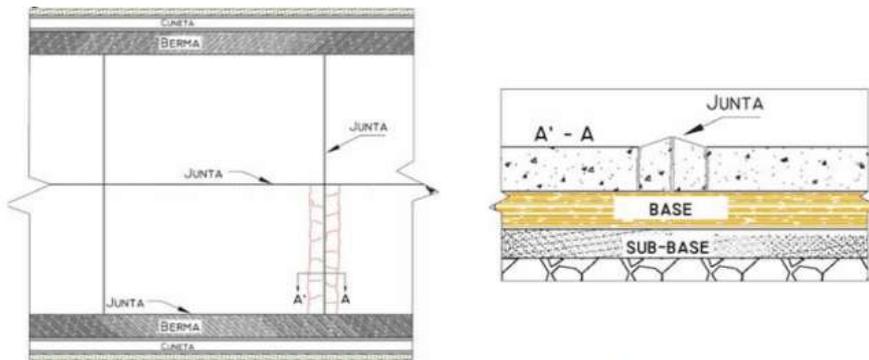


Grietas de esquina de severidad alta

Fuente: (Ratia, 2017)

Levantamiento Localizado (LET, LEL): Se refiere a un aumento repentino en la elevación de la superficie del pavimento, que suele ocurrir en áreas cercanas a una junta o grieta. En este caso, el concreto afectado tiende a fracturarse en múltiples fragmentos (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Ilustración 4:
Levantamiento Localizado



a. Vista en planta. Levantamiento Junta Transversal.

b. Vista en perfil: Detalle del Levantamiento

Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 4:
Levantamiento Localizado



* NOTA: Fotografía. Tomado de "Catálogo Centroamericano de daños en pavimentos viales", Consejo de Ministros de Transporte de Centroamérica, Guatemala, 2003

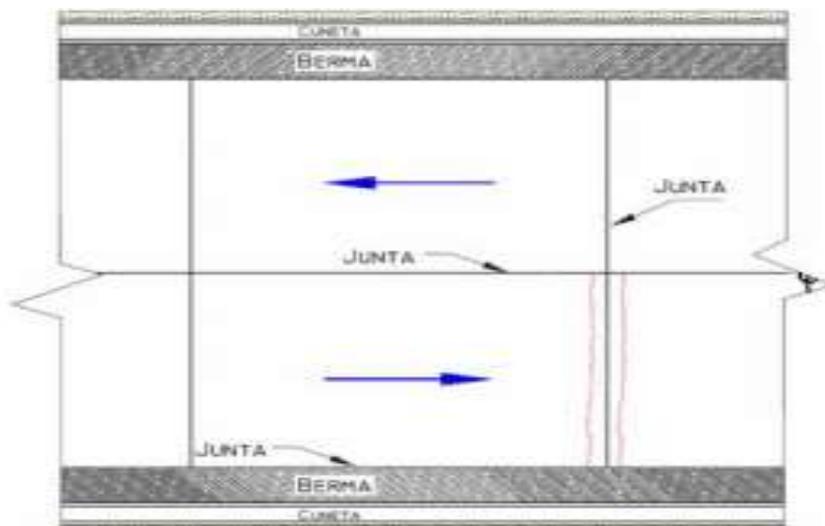
Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Grietas en los extremos de los pasadores (GP): Cerca de los extremos de los pasadores o dovelas. Pueden surgir debido a la incorrecta colocación de los pasadores o a su desplazamiento durante la fase constructiva. Estas deformaciones afectan tanto a las losas de concreto simple como a las de concreto reforzado.

Niveles de Severidad: Considerando el ancho de apertura de la grieta, se categorizan los niveles de gravedad de las grietas longitudinales de la siguiente manera:

- Leve: grietas con una apertura menor a 0,003 m ó (3 mm).
- Moderada: Apertura entre 0,003 m y 0,01 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aperturas mayor a 0,01 m ó (10 mm).

Ilustración 5:
Panorama en planta de grietas.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 5:

Panorama típico de grieta en extremos de los pasadores.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del deterioro: Es necesario tomar la medida de la longitud de la grieta en metros y hacer un registro de la cantidad de grietas presentes en cada losa para cada nivel de gravedad. Si hay grietas selladas, también deben medirse y se informará su cantidad, asignándoles siempre un nivel de gravedad correspondiente (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Posibles Causas: Las grietas que se forman en los extremos de los pasadores tienen como principales causas:

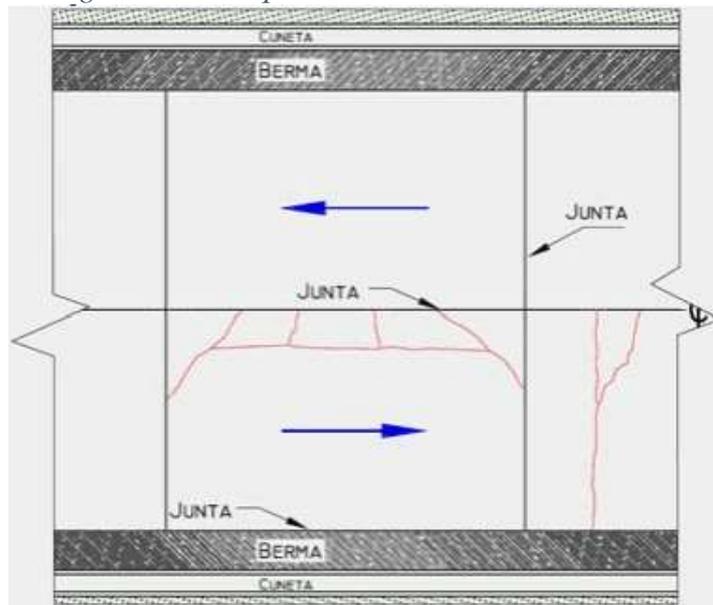
- Colocación incorrecta de los pasadores.
- Corrosión o desalineamiento de los pasadores.
- Desplazamientos durante la fase constructiva.
- Uso de barras de diámetro muy reducido y cargas de tráfico excesivamente elevadas.

Evolución probable: Es posible que surja desnivel en las grietas y/o fracturación en bloque.

Grietas en bloque o Fracturación múltiple (GB): Se originan debido a la intersección de grietas longitudinales y transversales, creando bloques a lo largo de la losa. También incluye las grietas en forma de “Y”. Aunque se observa en diversos tipos de pavimentos rígidos, es más común en placas de concreto simple y con refuerzo.

Niveles de Severidad: Siempre se clasifica como un deterioro de alta severidad

*Ilustración 6:
Particularidades de las grietas en bloque.*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

*Imagen 6:
Panorama típico de las grietas en bloque.*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del daño: Se cuantifica en metros cuadrados de cada losa del área afectada y según su gravedad.

Posibles Orígenes: La fractura múltiple, resultado de cargas repetidas, un diseño estructural inadecuado y problemas de soporte, es una etapa avanzada de fisuración en pavimentos. Se caracteriza por la formación de una red de grietas que se subdividen en bloques más pequeños debido al tráfico constante y la flexión de las losas. Estos bloques, a menudo delimitados por juntas y fisuras, pueden presentar diversas formas y tamaños.

Probable Desarrollo: Es muy probable que las grietas en bloque evolucionen hacia un deterioro total de la estructura y/o hundimientos.

Grietas en pozos y sumideros (GA): Se agrupan como una categoría aparte debido a su estrecha asociación con la existencia de pozos o sumideros. Este tipo de deterioro puede manifestarse en cualquier tipo de pavimento rígido.

Niveles de Severidad: Considerando la apertura de las grietas, se categorizan los niveles de gravedad de las grietas en pozos o sumideros de la siguiente manera:

- Leve: apertura menor a 0,003 m (3 mm).
- Moderada: apertura de 0,003 m y/o 0,01 m (3 – 10 mm).
- Alta: Aperturas mayores que 0,01 m (10 mm).

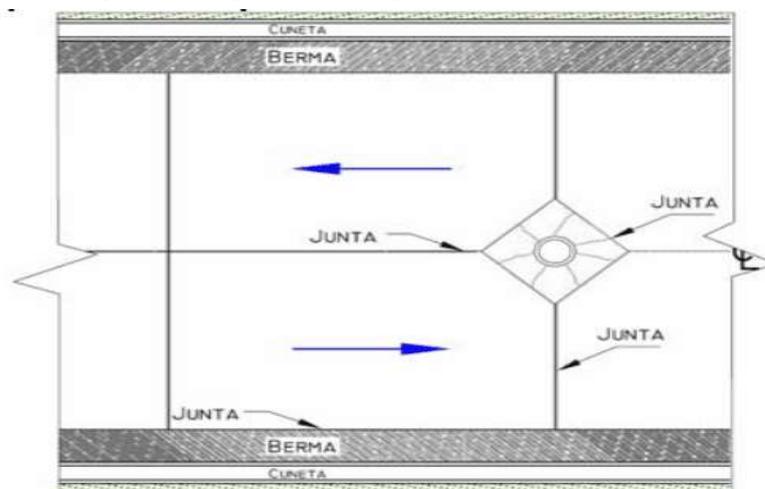
Evaluación del deterioro: Se cuantifica la zona que es afectada por la placa en m².

Causas probables: La desigual distribución de fuerzas puede originarse por la existencia de pozos o sumideros, los cuales se convierten en puntos susceptibles a la generación de grietas debido a la forma irregular de la zona cercana al pozo. Esto dificulta la distribución uniforme de las cargas, lo cual es esencial según las directrices de diseño de losas. En situaciones de geometría irregular, se necesita fortalecer las placas para garantizar su estabilidad.

Probable evolución: Este tipo de daño puede propiciar la aparición de problemas como el deterioro total y el bombeo de la losa.

Ilustración 7:

Particularidades de las grietas en pozos de inspección.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 7:
Panorama típico de grietas en un pozo de inspección.

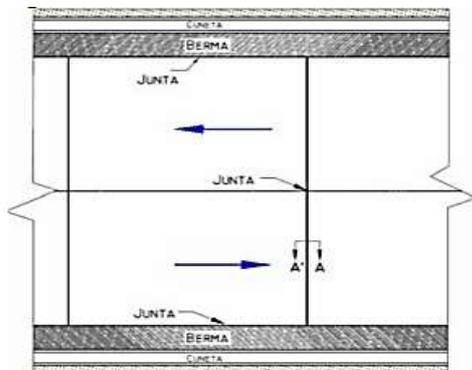


Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

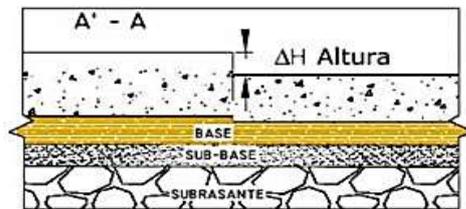
FALLAS EN PAVIMENTOS RÍGIDOS – DETERIOROS SUPERFICIALES

Escalonamiento De Juntas Longitudinales (EJL) Y Transversales (EJT): Esta forma de deterioro se refiere al desplazamiento vertical de una losa en su unión con la losa contigua. (Metro Cali S.A., 2013). Esta deficiencia es causada por el tráfico y se manifiesta como un desplazamiento vertical en la unión de una losa con respecto a otra adyacente. (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Ilustración 8:
Escalonamiento de Juntas



a. Vista en planta. Escalonamiento Junta Transversal.



b. Vista en perfil: Detalle del Escalonamiento

Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 8:
Escalonamiento de Juntas



Fuente: (Metro Cali S.A., 2013)

Imagen 9:
Panorama típico de escalonamiento



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Severidad:

- Ligero: variación vertical inferior a 0,005 m (5 mm).
- Moderado: variación vertical entre 0,005 m (5 mm) y 0,01 m (10 mm).
- Severo: variación vertical superior a 0,01 m (10 mm).

Medición del deterioro: La evaluación de la diferencia de altura entre juntas y/o grietas se puede realizar de la siguiente manera (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006):

- Si la losa que se está midiendo se encuentra más elevada que la adyacente de referencia, anotar el escalonamiento negativo (-); de lo contrario, registrar un escalonamiento positivo (+).
- Identificar si el desnivel ocurre a lo largo o ancho de la losa y calcular su medida en metros. Es importante considerar si el desnivel está relacionado con astillamientos u otras grietas específicas identificadas como otros tipos de daño.

Posibles Causas: Donde el principal eje de la escalada entre las losas se da a conocer:

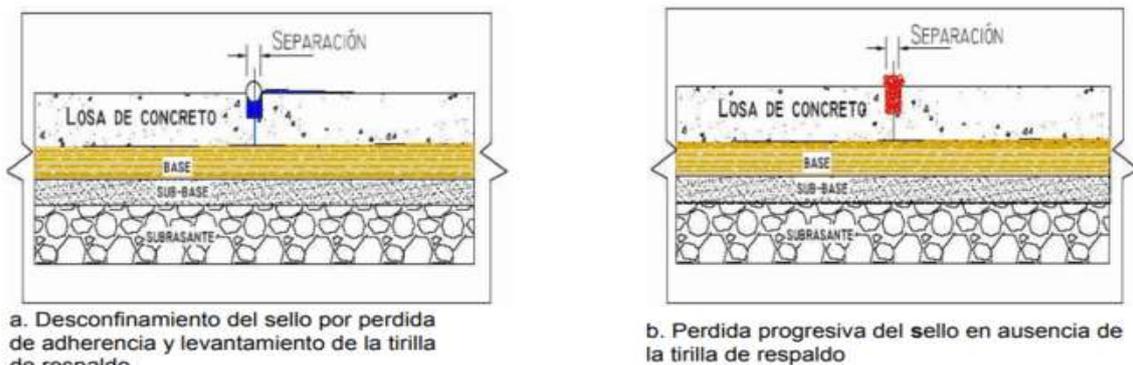
- Falta de transferencia de carga entre las losas o fragmentos de losas.
- Desgaste de la base cerca de la grieta o junta.
- Asentamiento desigual de la subrasante o subbase.
- Insuficiente capacidad de soporte de la subrasante.

Evolución probable: La existencia de escalones en las juntas puede ocasionar la ruptura de la losa, especialmente cuando se combina con el fenómeno de bombeo, que provoca la erosión del material de la base (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Possible Intervención: Si no se observan deformaciones que afecten la comodidad al conducir en la sección transversal, se procederá al sellado. En casos de niveles moderados o altos de deterioro, se realizará la reconstrucción del tramo. Esto implica remodelar y compactar la subrasante, así como instalar barras de amarre en la junta longitudinal.

Deterioro del sello (DST – DSL): Se describe como el desprendimiento o fractura del sellador en las juntas, lo que permite la entrada de materiales no compresibles y la filtración de agua desde la superficie. El deterioro del sellador puede manifestarse de diversas maneras, como la expulsión, endurecimiento, pérdida de adherencia, total o parcial, presencia de materiales extraños incrustados y crecimiento de vegetación. Este tipo de deterioro es común en pavimentos con placas de concreto simple y reforzado.

*Ilustración 9:
Deteriorada de lo Sellado.*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

*Imagen 10:
Panorama típico de un deterioro de sello.*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Severidad: Dado el sellado insuficiente en la longitud de la junta, se clasifica de la siguiente manera:

- Leve: Se refiere a una falta de sellado que cubre menos del 5% de la longitud de la junta, sin riesgo de entrada de agua o material no compresible.
- Moderado: Implica un sellado deficiente que afecta entre el 5% y el 25% de la longitud de la junta, mientras que el resto del material sellante está en condiciones aceptables.
- Alto: Indica un sellado insuficiente que cubre más del 25% de la longitud de la junta, con entrada de agua o material no compresible. En este caso, se requiere reemplazo y resellado.

Medición del deterioro: Se procederá a medir la longitud en metros de la junta afectada en cada placa, lo que permitirá determinar el grado de severidad del deterioro. Además, se registrará la presencia de materiales no compresibles, vegetación o infiltración de agua como parte del proceso de evaluación.

Causas Posibles: Las razones principales del deterioro son:

- El endurecimiento del sellado puede ser atribuido a la baja calidad del producto o al envejecimiento natural del material.
- La pérdida de adherencia entre el sellado y la losa puede ser consecuencia de la mala calidad del material, una aplicación incorrecta del sellado, un diseño deficiente de la junta o la presencia de suciedad en las superficies al momento de su aplicación.
- La pérdida de sellado puede ser causada por diversos factores, como la baja calidad del material, un procedimiento de instalación deficiente, movimientos excesivos entre las losas adyacentes o la falta de consistencia del material de sellado.
- La extrusión del material del sellado puede ser resultado de un exceso de sellado, baja calidad del producto, instalación inapropiada o temperaturas extremas que provoquen el movimiento y ablandamiento del material.
- La incrustación de material no compresible puede ocurrir debido a la proximidad de áreas no pavimentadas o a la caída de materiales de vehículos en tránsito.
- El crecimiento de vegetación en la junta suele ser consecuencia de la humedad presente en la zona.

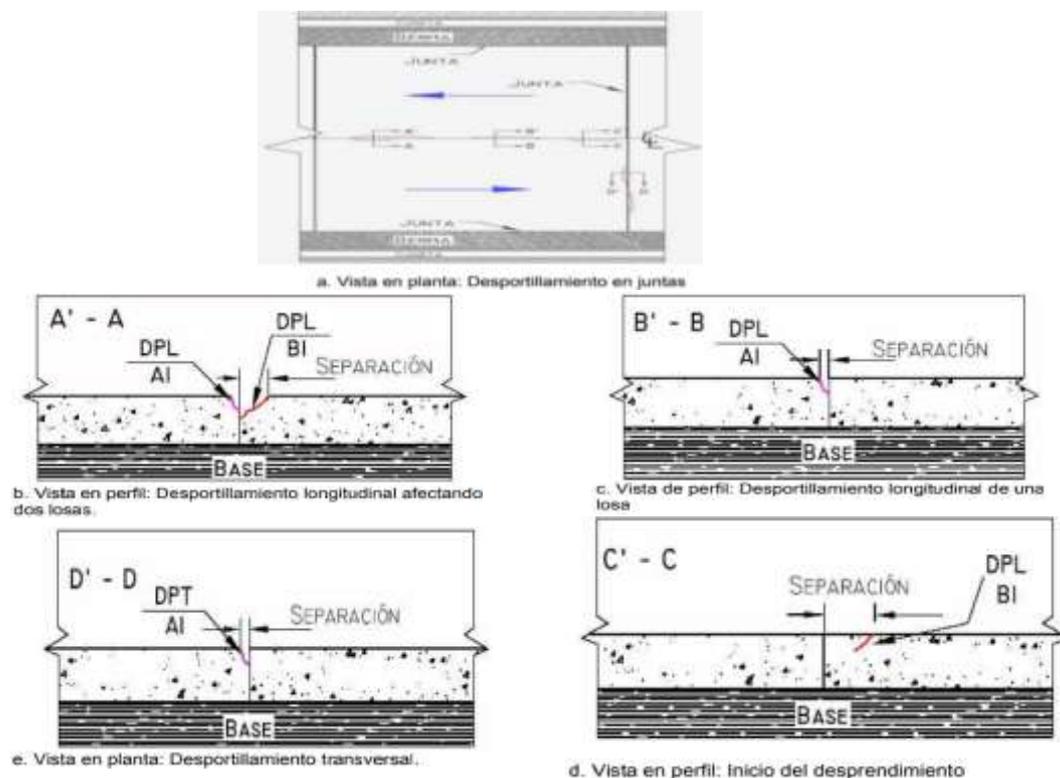
Evolución Probable: La falla del sello puede provocar desportillamiento y bombeo como deterioros más probables.

Desportillamiento de juntas (DPT, DPL): Se refiere a la pérdida de material en los bordes de una junta (longitudinal o transversal), con fragmentos desprendidos, pudiendo abarcar hasta 0,15 m (15 cm) a ambos lados de la junta (Figura 13 y Fotografía 10). Este tipo de degradación se presenta en todos los tipos de pavimento rígido que cuentan con juntas (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Niveles de Intensidad: Los niveles de severidad se establecen al evaluar tanto la condición de los fragmentos formados debido a la fractura cerca de la junta, así como sus dimensiones. Se categorizan de la siguiente manera:

- Baja: Se refiere a pequeñas fracturas que no sobrepasan los 0,08 m (80 mm) de extensión a cada lado de la junta.
- Media: Implica que las fracturas se extienden más allá de los 0,08 m (80 mm) a cada lado de la junta, generando fragmentos relativamente sueltos, pero su profundidad no supera los 0,025 m (25 mm).
- Alta: Se caracteriza por fracturas que se extienden más allá de los 0,08 m (80 mm) a cada lado de la junta, y los fragmentos o trozos han sido desplazados debido al tráfico, teniendo una profundidad mayor a 0,025 m (25 mm).

*Ilustración 10:
Desportillamiento*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 11:

Panorama típico de un desportillamiento con pérdida de bloques



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del Deterioro: Se mide la longitud en metros de la junta afectada en cada placa y se registra la severidad del daño correspondiente.

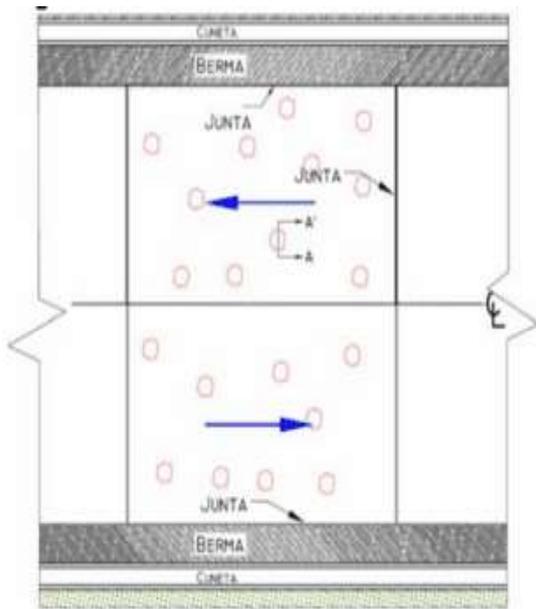
Las principales razones detrás del desportillamiento en las juntas son:

- Debilidad en los bordes de la junta ocasionada por errores durante la construcción.
- Desintegración del concreto como resultado de problemas en la calidad de los materiales.
- Presencia de objetos no compresibles en la junta, los cuales al expandirse crean tensiones concentradas que pueden resultar en fallos cuando los vehículos pasan sobre ellas.
- Corte incorrecto de la junta durante el proceso.
- Aplicación de cargas antes de que el concreto alcance la resistencia mínima recomendada.

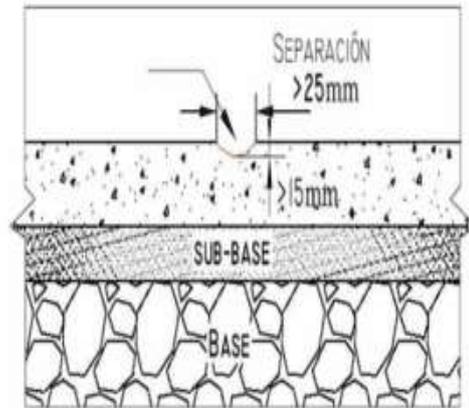
Probable Evolución: La ruta más probable para la aparición de desportillamientos en las juntas es la infiltración de agua en la base, lo que conduce al fenómeno conocido como bombeo.

Descascaramiento (DE): El descascaramiento se refiere a la ruptura de la capa superficial de la losa, alcanzando una profundidad que suele oscilar entre 5 y 15 mm. Este daño, se origina debido al desprendimiento de fragmentos pequeños de concreto.

Ilustración 11:
Descascaramiento



a. Vista en planta. Placas de Pavimento Rígido



b. Vista en perfil: Detalle de descascaramiento

Fuente: Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 12:
Panorama típico de un descascaramiento.



Fuente: Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Severidad: Las categorías de severidad se determinan según la profundidad en la que se observe la pérdida de material superficial, y se clasifican de la siguiente manera:

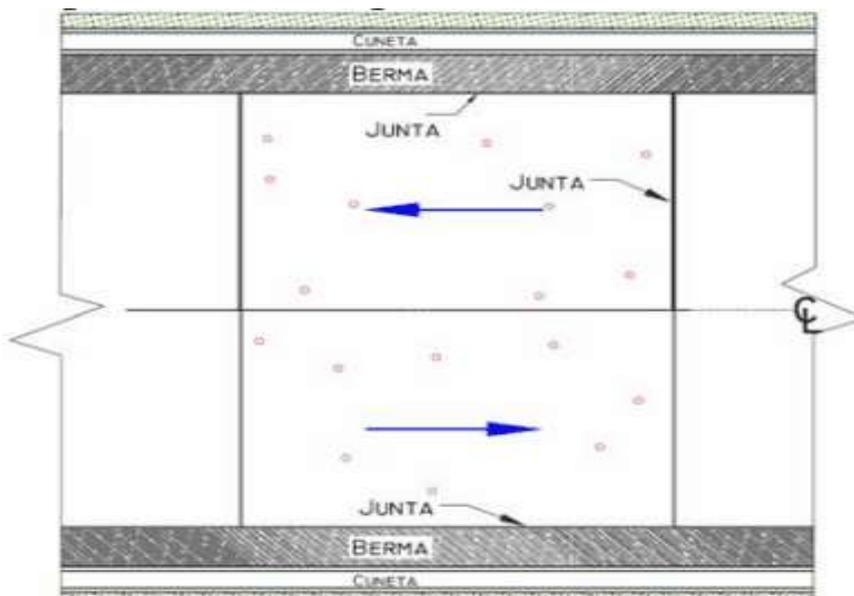
- Baja: Se refiere a la pérdida de material superficial cuando esta es menor a 0,005 metros (5 milímetros) de profundidad.
- Media: Se considera pérdida de material superficial cuando esta tiene una profundidad entre 0,005 metros y 0,015 metros (5 a 15 milímetros).

- Alta: Indica una pérdida de material superficial que excede los 0,015 metros (15 milímetros) de profundidad.

Para medir el deterioro, se evalúa el área afectada por el descascaramiento en cada losa, determinando así su nivel de gravedad. Las posibles causas de este deterioro suelen relacionarse con un exceso de acabado en el concreto fresco, lo que provoca la exudación de mortero y agua, debilitando la superficie del concreto ante la retracción. En algunos casos, las fisuras capilares pueden evolucionar debido al tránsito, dando lugar al descascaramiento. Este proceso puede resultar en un levantamiento gradual del material superficial en profundidad y área. Además, es común observar descascaramiento en pavimentos con refuerzo, especialmente cuando las armaduras están cerca de la superficie. El descascaramiento puede agravarse con el tiempo, llegando incluso a provocar la desintegración del pavimento en casos más graves (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Desintegración (DI): Este tipo de deterioro implica una pérdida continua de la capa de agregado grueso en la superficie. Esto ocurre debido a la gradual desintegración de la capa superficial del pavimento, causada por la liberación progresiva de material fino de la matriz arena – cemento del concreto. Como resultado, se forman pequeñas cavidades en la superficie.

*Ilustración 12:
Desintegración*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Imagen 13:
Panorama típico de la vía con un nivel bajo de desintegración.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del deterioro: implica determinar el área afectada por severidad del daño en cada losa.

Posibles Causas: Este problema surge debido al desgaste abrasivo causado por el tránsito en pavimentos de concreto de baja calidad, que puede ser el resultado de mezclas inadecuadas (falta de cemento, exceso de agua, agregados con granulometría inapropiada) o errores en la construcción (separación de la mezcla, compactación insuficiente, curado deficiente). Otras posibles causas incluyen:

- La inclusión de materiales inapropiados en el concreto, como terrones de arcilla o cal viva.
- La presencia de un mortero poco uniforme.
- La baja calidad de los materiales empleados en la construcción.
- El uso de agregados expansivos o de baja durabilidad en la mezcla.
- Las reparaciones efectuadas sin seguir las recomendaciones técnicas establecidas.

Evolución probable: El deterioro de la superficie del pavimento puede progresar hasta la formación de baches.

BACHES (BCH)

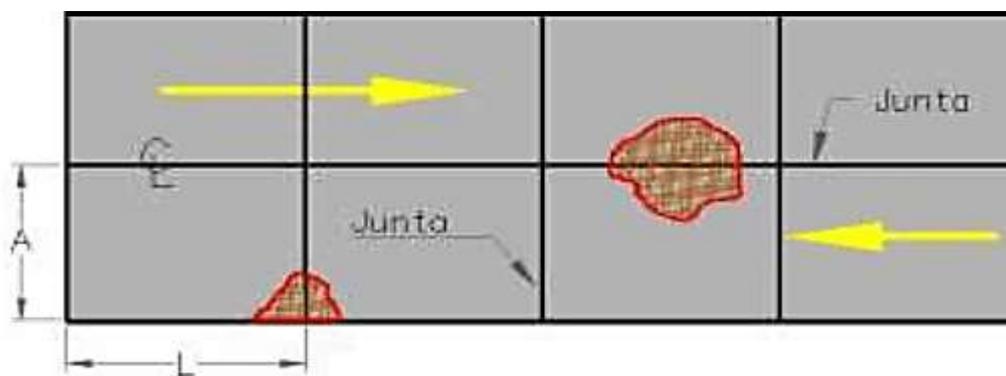
Definición: Se refiere a la disolución de la losa y la eliminación de una parte específica, dando lugar a una cavidad con límites irregulares que podrían exponer el material de soporte de las placas. A continuación, se presenta un esquema que representa este tipo de deterioro. Para ser catalogado como un bache, el deterioro debe tener un área y/o

profundidad mínima que afecten el tránsito normal de vehículos pequeños. (Metro Cali S.A., 2013)

Niveles de Severidad: Es establecida en niveles de gravedad según la hondonada de la pérdida de material, y se categorizan de la siguiente manera:

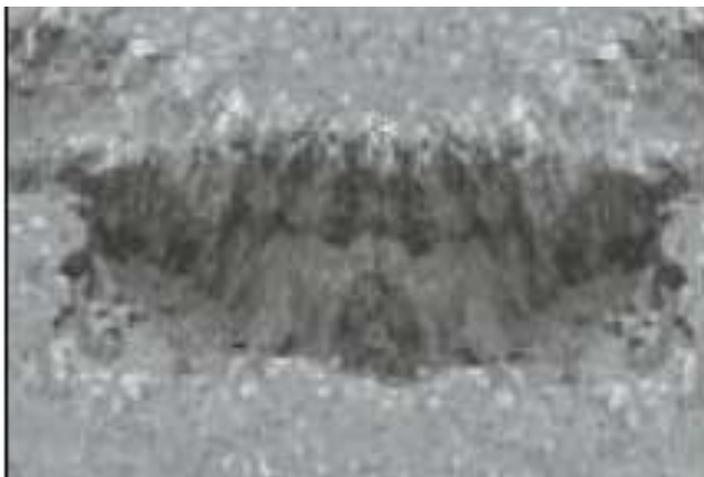
- Leve: Pérdida de material con una profundidad de hasta 25 mm.
- Moderada: Pérdida de material con una profundidad entre 25 mm y 50 mm.
- Alta: Pérdida de material con una profundidad superior a 50 mm.

Ilustración 13:
Esquemización típica de Baches (BCH)



Fuente: (Metro Cali S.A., 2013)

Imagen 14:
Panorama típico de vía con aparición de baches.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

La medición del daño: se realiza en (m²) del área afectado, registrándose el grado de severidad más alta presente en cada losa afectada.

Las posibles causas de los baches: son diversas y pueden ser la combinación de varios factores, entre ellos:

- Inestabilidad en las fundaciones y capas inferiores.
- Espesor insuficiente del pavimento desde el punto de vista estructural.
- Acumulación de agua en áreas con hundimientos o fisuras.
- Impacto abrasivo del tráfico en zonas específicas más vulnerables del pavimento o en áreas con fisuras graves en bloques. Esto ocasiona la desintegración y posterior eliminación de parte de la superficie del pavimento.

Pulimento (PU): Falta o disminución de la rugosidad superficial requerida para garantizar una fricción adecuada entre el pavimento y los neumáticos.

No se establecen *categorías de severidad*. Se debe considerar un alto grado de pulimento en la superficie para su informe.

Medición del deterioro: Se debe registrar el área impactada en cada losa o el número de losas afectadas.

Imagen 15:

Panorama típico de una vía con pulimento de losas de concreto



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Causas posibles: Principalmente, esta deficiencia surge debido al tránsito, que desgasta la superficie de los agregados, especialmente cuando la calidad del concreto y/o los agregados es deficiente, lo que expone los agregados. La disminución de la fricción o la resistencia al deslizamiento puede plantear riesgos para la seguridad del tráfico. La pulitura de los agregados puede detectarse mediante una inspección visual que revele una superficie muy lisa y una sensación de suavidad al tacto.

Evolución probable: donde el pulimento de la parte superficie del pavimento se debe resultar en la formación de cabezas duras.

Parches (PCHA – PCHC): se refiere al área, donde se ha retirado y sustituido parte del pavimento original, utilizando un material similar o, en algunos casos, diferente.

Esta intervención tiene como objetivo reparar la superficie del pavimento existente. Asimismo, un parche también puede surgir como resultado de trabajos de reparación o mantenimiento de servicios públicos subterráneos.

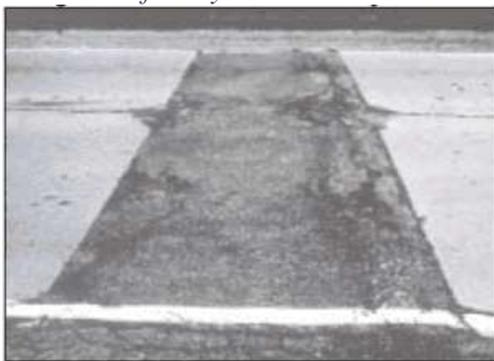
La presencia de secciones con parches puede afectar la calidad del servicio vial y, al mismo tiempo, puede servir como indicador tanto de la frecuencia de mantenimiento requerida por una vía en particular como de la necesidad de fortalecer su estructura. En ocasiones, los parches mal ejecutados pueden dar origen a nuevos problemas. Para los parches en asfalto, se utilizará el símbolo “PCHA”, mientras que para los parches en concreto se utilizará “PCHC”.

Para evaluar la gravedad de los parches, se tendrá en cuenta tanto el grado de deterioro como el hundimiento de la capa. A continuación, se detallan los niveles de gravedad que se asignan a este tipo de daño:

- Baja: está en muy buenas condiciones y cumple con su función de manera satisfactoria.
- Media: presenta daños de severidad leve o moderada, además de deficiencias en los bordes.
- Alta: es la que muestra un deterioro significativo, con daños de severidad alta, y requiere ser reparado en un futuro cercano.

Medir el deterioro: Incluye contar la cantidad de parches y calcular el área en metros cuadrados de cada uno para cada nivel de severidad y por cada placa. Es crucial diferenciar y registrar por separado los parches realizados en asfalto y/o concreto. Además, es necesario hacer anotaciones sobre los tipos de daños presentes en cada parche.

*Imagen 16:
Parches en asfalto y concreto*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Causas Probables de las posibles razones en parches son:

- En parches asfálticos, la falta de capacidad estructural o una construcción defectuosa pueden ser causas de problemas.
- En los parches de concreto de tamaño reducido, la retracción durante el fraguado puede provocar separación del concreto antiguo, a menos que se use un adhesivo epóxico para asegurar la unión.
- Si se ha reemplazado al menos la mitad de una losa de concreto en un parche, la transferencia de carga entre el parche y la losa original podría ser insuficiente debido a la ausencia de pasadores de carga o barras de refuerzo, o debido a defectos en la construcción.

Probable Desarrollo: La degradación de los parches, en concreto o asfalto, puede evolucionar hacia un daño total en el parche y en las áreas circundantes.

Intervención Posible: Para resolver este problema, se recomienda realizar una reparación que cubra todo el espesor afectado, abarcando una franja que incluya el área dañada en su totalidad. En el caso de parches de concreto, puede ser necesario reconstruir la junta de contracción, utilizando pasadores de carga, barras de refuerzo, tirillas de respaldo y selladores de juntas, según sea necesario.

Hundimientos o Asentamientos (HU): Hundimiento o disminución de la elevación en una zona localizada del pavimento, que posiblemente vaya acompañado de grietas notables, causado por el asentamiento de las losas.

Niveles de Severidad: Los niveles de severidad pueden clasificarse en tres categorías (Bajo, Medio y Alto) en función de su impacto en la comodidad del manejo. Estas categorías pueden asignarse a la carretera mediante la observación de vehículos en movimiento y se describen de la siguiente manera:

- **Baja:** Se refiere a hundimientos con una profundidad de menos de 20 mm, los cuales causan una mínima vibración en el vehículo y no incomodan al conductor.
- **Media:** Implica hundimientos con una profundidad entre 20 mm y 40 mm, lo que resulta en una vibración más notable en el vehículo y puede causar cierta incomodidad al conductor.
- **Alta:** Se caracteriza por hundimientos con una profundidad mayor a 40 mm, los cuales generan una vibración excesiva que puede causar un alto nivel de

incomodidad al conductor, requiriendo una reducción de velocidad por motivos de seguridad.

Medición del deterioro: La medición de los hundimientos implica registrar el área afectada en cada losa y clasificarla según los niveles de severidad establecidos.

Posibles Causas: La deformación permanente del pavimento, con o sin grietas, puede tener diversas causas. Una de ellas puede ser el asentamiento o consolidación de la subrasante, especialmente cerca de estructuras de drenaje o retención, donde el relleno puede asentarse debido a una compactación inadecuada o movimientos de la propia estructura. Además, deficiencias durante la construcción de las losas también pueden ser responsables de este problema.

Evolución probable: Los hundimientos en las losas de concreto pueden evolucionar y dar lugar al agrietamiento total de la losa en algunos casos (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

TIPOS DE DETERIORO EN DIVERSAS ZONAS Y CIRCUNTANCIAS

Fisuración por retracción o Tipo malla (FR): Las fisuras se restringen a la capa superficial del pavimento. Con frecuencia, las grietas más amplias tienden a alinearse en dirección longitudinal y están enlazadas por grietas más delgadas que se distribuyen de manera irregular (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Imagen 17:

Fisuras con nivel de severidad bajo por retracción típica.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Severidad: Se evalúa la gravedad de las fisuras de aparición temprana observando si hay desprendimientos en los bordes de las fisuras. Los niveles de gravedad son los siguientes:

- Baja: Fisuras claramente visibles, pero sin desprendimientos.
- Media: Fisuras con desprendimientos que cubren menos del 10% del área afectada.
- Alta: Fisuras con desprendimientos que cubren el 10% o más del área afectada.

Medición del deterioro: es afectada en metros cuadrados (m²) y se registra la gravedad.

Posibles Causas: Principalmente se debe a las fisuras de aparición temprana pueden ser resultado de diversos factores durante el proceso de construcción o debido a condiciones climáticas y químicas adversas. Estos incluyen un curado inadecuado del concreto, un acabado excesivo de la superficie con la adición de demasiada agua, la colocación del refuerzo de malla muy cerca de la superficie y la exposición a condiciones climáticas severas o productos químicos corrosivos.

Evolución probable: Son las fisuras por retracción que evolucionen hacia la generación de desprendimientos en los bordes (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Fisuras ligeras de aparición temprana (FT): Grietas finas que impactan solo la capa superficial de la losa, con una longitud que va de 0.2 m a 1 m. En su mayoría, tienden a alinearse paralelamente entre sí y ocasionalmente adoptan una orientación de 45° con respecto al eje de la vía (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Imagen 18:

Panorama típico de aparición temprana de fisuras ligeras.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Severidad: La gravedad al inicio temprano de las fisuras ligeras, se valora considerando la existencia de descascaramiento en los bordes de las fisuras, y se define de la siguiente manera:

- Baja: No hay descascaramiento presente en los bordes.
- Media: El descascaramiento afecta menos del 10% de la losa.
- Alta: El descascaramiento afecta más del 10% de la losa.

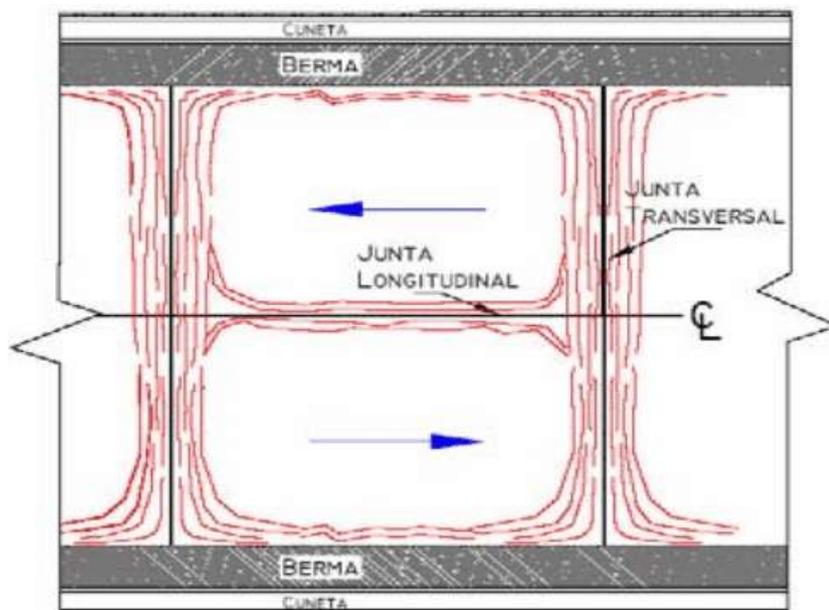
Medición del deterioro: Se determina por el área que se ve afectada.

Posibles Causas: Las fisuras ligeras que aparecen tempranamente se manifiestan en la superficie del concreto y suelen ser resultado de la contracción plástica antes del fraguado completo, lo cual ocurre debido a un secado anticipado.

Evolución probable: Lo más probable es que las fisuras de inicio temprano evolucionen hacia el descascaramiento. (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Fisuración por durabilidad (FD): Este fenómeno consiste en la aparición de grietas delgadas y cercanas entre sí, que surgen cerca de las juntas longitudinales, transversales y en los bordes no confinados de las losas. Estas grietas suelen formar curvas en los puntos de encuentro de las juntas y a menudo muestran un tono más oscuro (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

*Ilustración 14:
Fisuración por Durabilidad*



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Niveles de Gravedad: Los niveles de gravedad relacionados con la fisuración por factores de durabilidad se establecen de manera cualitativa considerando la separación

y apertura de las fisuras, así como la presencia de fragmentos desprendidos de la superficie del concreto. Los niveles de gravedad son los siguientes:

- Baja: Se observan fisuras muy cercanas entre sí, sin fragmentos desprendidos o faltantes.
- Moderada: Las fisuras están bien definidas, con algunos fragmentos pequeños desprendidos o desplazados.
- Alta: El patrón de fisuración está bien desarrollado, con una cantidad considerable de fragmentos sueltos o faltantes.

Medición del Deterioro: Se determina el área afectada en m² para cada nivel de gravedad presente y por cada placa individualmente.

Causas Probables: La fisuración por factores de durabilidad suele manifestarse en el concreto debido a:

- Condiciones alcalinas.
- Reactividad álcali-sílice cuando los agregados se ven afectados por variaciones de temperatura.
- Altos niveles de humedad en los bordes del pavimento junto con cargas pesadas.

Probable Evolución: en las fisuras por factores de durabilidad es la pérdida de material superficial en las losas de concreto, lo que se conoce como descascaramiento.

Intervención Posible: En caso de fisuras por durabilidad de gravedad leve, generalmente no se requiere intervención.

En casos de deterioro moderado y alto, se recomienda remover una franja de losa equivalente al área afectada por las fisuras y reemplazar todo el espesor de la losa con material nuevo.

El bombeo es el proceso mediante el cual partículas finas son expulsadas a través de juntas o fisuras en el pavimento. Esta expulsión, que ocurre principalmente en presencia de agua, es resultado de la flexión experimentada por la losa bajo la carga del tráfico. Durante este proceso de expulsión de agua, se arrastran consigo pequeñas partículas de grava, arena, arcilla o limo, lo que puede conducir a la pérdida gradual del soporte en las losas de concreto. La manifestación del bombeo se hace evidente

por la presencia de este material tanto en las juntas y fisuras de la losa como en la superficie del pavimento (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Niveles de Severidad: estan relacionados con el bombeo se establecen tomando en consideración la discrepancia en las alturas entre la sección afectada y el nivel de las losas no afectadas.

En casos donde el fenómeno de bombeo se manifiesta sin ocasionar hundimiento, resulta inaplicable la categorización de niveles de severidad debido a que el deterioro se encuentra en sus etapas iniciales. No obstante, en términos generales, se debe informar este tipo de situación como una severidad baja y señalar que no se ha producido hundimiento.

Los niveles de severidad para los hundimientos se categorizan de la siguiente forma:

- Bajo: La elevación o depresión de la superficie del pavimento en relación con el nivel de referencia es de menos de 0,050 m (50 mm).
- Medio: La diferencia de altura entre la superficie del pavimento y el nivel de referencia varía entre 0,050 m (50 mm) y 0,150 m (150 mm).
- Alto: La discrepancia de altura entre la superficie del pavimento y el nivel de referencia es mayor a 0,150 m (150 mm).

Imagen 19:

Aspecto común de la aparición de material fino al ser transitado por vehículos de carga y la acumulación de dicho material en la superficie del concreto.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Registro del deterioro: Anotar el número de grietas o juntas afectadas, indicar la longitud, desde el borde del pavimento donde se encuentra el problema (en dirección

transversal) y describir la extensión de la falla en metros. Clasificarlas según su nivel de gravedad y mencionar si están vinculadas a grietas en las observaciones.

Posibles motivos: Las principales causas que contribuyen al fenómeno de bombeo son:

- Acumulación de agua en la superficie que se filtra entre la base y la losa de concreto.
- Presencia de material erosionable en la base del pavimento.
- Tráfico continuo de vehículos pesados sobre la superficie.
- Distribución inadecuada de las cargas entre las losas contiguas.

Probable evolución: El bombeo tiende a evolucionar hacia un patrón de escalonamiento, acompañado por la formación de grietas longitudinales, transversales, en las esquinas o en bloques (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Ondulaciones (ON): Las ondulaciones son deformaciones en la superficie del pavimento que se originan debido a un proceso inadecuado de nivelación durante la construcción.

Niveles de Gravedad: La rigidez de las ondulaciones se establece considerando el impacto en la comodidad del manejo vehicular. Los niveles de severidad se definen de la siguiente manera:

- Baja: Produce una molestia mínima al conducir, apenas perceptible a velocidades normales. La diferencia de altura es menor a 0,005 m (5 mm).
- Media: Causa una incomodidad moderada al conducir, requiriendo reducción de velocidad. La diferencia de altura varía entre 0,005 m (5 mm) y 0,010 m (10 mm).
- Alta: Ocasiona saltos notables del vehículo, pérdida de control, incomodidad considerable y/o peligro para la seguridad, así como daños al vehículo, lo que obliga a disminuir la velocidad de manera drástica. La diferencia de altura es mayor a 0,010 m (10 mm).

Medición del Deterioro: mide la longitud afectada y asignar la severidad en función del desnivel. Se debe ser registrada por cada losa de forma separada.

Posibles Causas: Las ondulaciones generalmente se originan por deficiencias en el proceso de la construcción de las losas de concreto, lo que resulta en la pérdida del nivel de referencia de la vía.

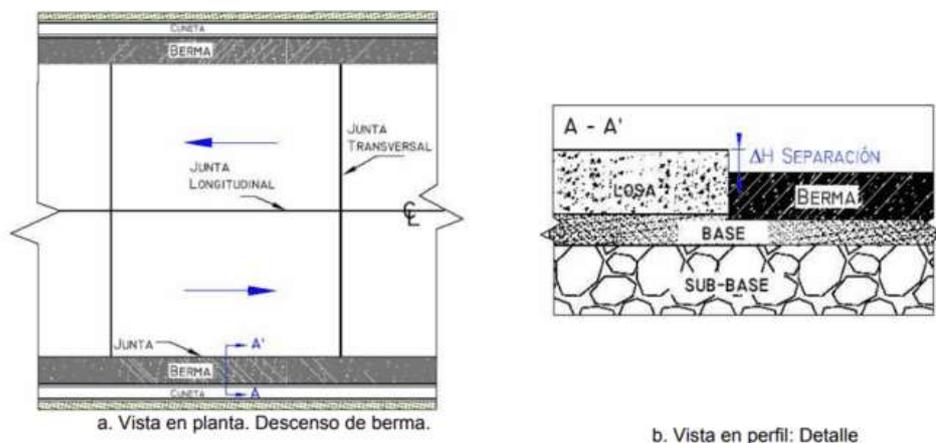
Probable Evolución: se da en las ondulaciones es la aparición de grietas en la parte más baja del hundimiento.

Descenso de la berma (DB): La diferencia de altura entre la superficie de la berma y la superficie de la losa, se produce cuando una de la berma experimenta hundimientos o asentamientos.

Niveles de Severidad: Se han establecido los siguientes niveles de severidad para el descenso de la berma, considerando la variación de altura (ΔH) entre las superficies de la losa y la berma:

- Bajo: La disparidad de altura entre la losa y la berma es de menos de 10 mm (0,010 m).
- Medio: La disparidad de altura entre la losa y la berma se encuentra entre 10 mm (0,010 m) y 30 mm (0,030 m).
- Alto: La disparidad de altura entre la losa y la berma excede los 30 mm (0,030 m).

Ilustración 15:
Descenso de la berma



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Imagen 20:
Panorama típico de descenso de berma.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del Deterioro: Se mide la longitud en metros de la junta afectada y se registra, identificando si hay evidencia de infiltración de agua en la base.

Posibles Causas: Las causas primarias del descenso de la berma incluyen:

- Compactación insuficiente durante la construcción, lo que resulta en el asentamiento de la berma.
- Erosión de la capa superficial en bermas no revestidas debido al tráfico o a la escorrentía de agua desde el pavimento hacia el borde exterior de la losa.
- Inestabilidad de la plataforma de apoyo.

Evolución Probable: Las consecuencias más probables del descenso de la berma a medida que evoluciona son:

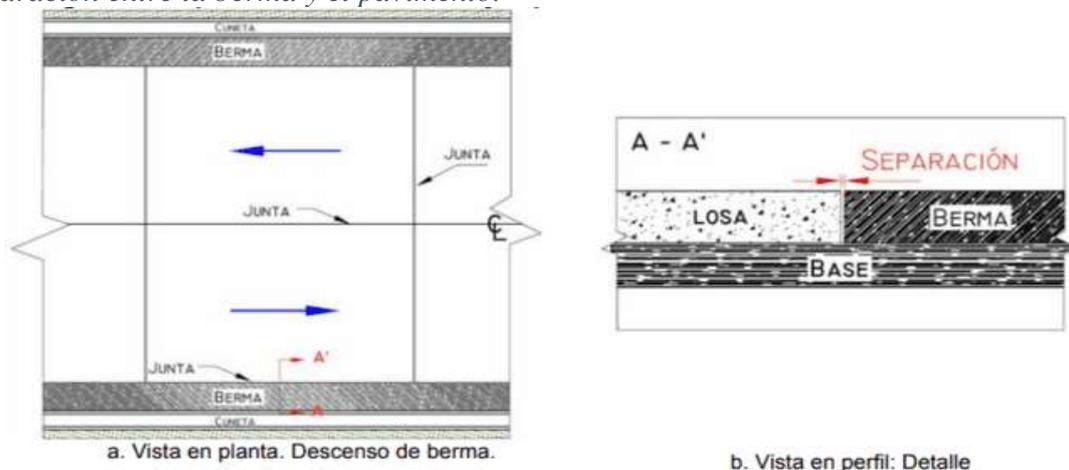
- Separación entre la losa y la berma.
- Desportillamiento en la arista adyacente a la berma.

Separación entre la berma y el pavimento (SB): Aumento en la separación de la junta en la longitud entre el pavimento y la berma (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Niveles de Gravedad: No se categorizan por niveles de gravedad. Sin embargo, si se produce o se sospecha la infiltración de agua entre la junta (con separaciones superiores a 1 mm), se considera como una situación de alta gravedad y se requiere sellar la junta de manera inmediata. Esto se realiza para prevenir la entrada de agua hacia la base. La presencia de finos a lo largo de la junta también puede indicar la posible entrada de agua.

Ilustración 16:

Separación entre la berma y el pavimento.



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Medición del Daño: es medida la extensión de la junta afectada en metros, determinando si ha ocurrido la infiltración de agua hacia la base.

Posibles Razones: Las frecuentes causas de la separación entre el pavimento y la berma son:

- Hundimiento con desplazamiento como resultado de una compactación inadecuada o ausente en el borde del pavimento.
- Flujo de agua sobre la berma cuando existe una diferencia de altura entre esta y el pavimento.

Imagen 21:

Aspecto común de la separación entre la berma y/o el elemento de drenaje y la superficie del pavimento



Fuente: (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

Posible Desarrollo: La separación entre la berma y el pavimento puede evolucionar hacia niveles de severidad más altos, dando lugar a problemas como bombeo, escalonamiento, fisuras longitudinales o dislocación de bloques (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006).

Acciones Sugeridas:

- En bermas sin pavimentación o revestimiento, se sugiere rediseñar la berma y establecer un sistema de drenaje para evitar que el agua se filtre hacia la base de las losas de concreto. Esto es especialmente importante para evitar daños adicionales en las losas y garantizar la estabilidad de la estructura de la carretera.
- En bermas con revestimiento superficial, como aquellas tratadas con grava u otro material, se recomienda reconstruir el revestimiento en una franja cercana al pavimento. Esto ayuda a mantener la integridad del borde de la carretera y evita la erosión que podría afectar la base de las losas de concreto.

- Para bermas pavimentadas con asfalto o concreto y/o cuenten con estructuras de drenaje, si no hay grietas ni pérdida de bloques, se aconseja aplicar selladores en las juntas, previniendo la entrada de agua.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE UN PAVIMENTO

Como se mencionó anteriormente, este estudio empleará el Índice de Condición Actual (PCI), siguiendo las pautas de la norma ASTM 6433-03. Este método, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los Estados Unidos (Shahin, 1976 – 1994), se utiliza para evaluar la condición de aeropuertos, carreteras y áreas de estacionamiento. Es una metodología integral que cubre tanto pavimentos asfálticos como de concreto, lo que lo hace adecuado para evaluar los diferentes tipos de pavimentos presentes en el distrito de Oroya.

La razón fundamental para la elección de esta metodología radica en su objetividad y aplicabilidad, lo cual la convierte en un enfoque idóneo para este estudio. Por tanto, la intención es implementar esta metodología en el distrito de La Oroya, con el propósito de desarrollar un modelo apropiado para el mantenimiento y la rehabilitación de las superficies de los pavimentos en la región.

*Tabla 3:
Rango de clasificación*

100 – 85 Excelente
85 – 70 Muy Bueno
70 – 55 Bueno
55 – 40 Regular
40 – 25 Malo
25 – 10 Muy Malo
10 – 0 Fallado

Fuente: (Celestino, 2016)

2.2.7. ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTO (PCI)

El Índice de Condición de Pavimento (PCI) representa una métrica numérica esencial que analiza la calidad general de una carretera, determinada mediante la observación y medición de áreas afectadas. Este índice facilita la identificación y clasificación de diversos tipos de deterioro, considerando su extensión y gravedad, mediante los niveles de severidad: baja (L), media (M) y alta (H). (Oblitas, Medina, & Paredes, 2022)

METODO DEL PCI (Pavement Condition Index): El método consiste en evaluar la condición del pavimento mediante inspecciones visuales, donde se identifican las clases,

severidad y cantidad de fallos presentes. Este enfoque metodológico se destaca por su sencilla aplicación y prescinde de herramientas especializadas, ya que evalúa la condición del pavimento de forma indirecta.

Entre 1974 y 1976, el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos desarrolló un procedimiento destinado a establecer un sistema de gestión del mantenimiento para pavimentos rígidos y flexibles. Este método, conocido como el Índice de Condición del Pavimento (PCI), ha sido ampliamente reconocido y formalmente adoptado como estándar por varias agencias, incluyendo el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y la Asociación de Obras Públicas de América (APWA). La ASTM lo ha publicado como el método oficial bajo el nombre de “Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos” (ASTM D6433–03).

La determinación del Índice de Condición del Pavimento (PCI) se fundamenta en un análisis visual exhaustivo del estado del pavimento, en el cual se asigna una categoría, severidad y extensión a cada tipo de deterioro observado. Dada la diversidad de combinaciones posibles, el método emplea un factor de ponderación conocido como “valor deducido”, el cual refleja el impacto que tienen las distintas combinaciones de deterioro, severidad y extensión en la condición general del pavimento.

Es importante destacar que este método no busca abordar aspectos de seguridad asociados con su práctica. El PCI se desarrolló con el propósito de proporcionar un índice de la integridad estructural del pavimento y de su condición operativa superficial. Este valor cuantifica el estado del pavimento, facilitando su tratamiento y mantenimiento adecuado. (Celestino, 2016)

OBJETIVIDAD DEL PCI

Los propósitos perseguidos mediante la implementación del Método PCI son los siguientes (Celestino, 2016):

- Evaluar la condición estructural y el rendimiento de un pavimento.
- Crear un indicador que facilite la comparación equitativa de la condición y el desempeño de diferentes pavimentos.
- Establecer un criterio coherente para respaldar la planificación de actividades de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos.

- Recolectar datos pertinentes que proporcionen retroalimentación sobre la efectividad de las decisiones tomadas en el diseño, evaluación y estrategias de mantenimiento de pavimentos.

Cuadro 1:

Intervalos de PCI junto con una descripción cualitativa que refleja la condición del pavimento.

Rango PCI %	Color	Estado
0-10		Falla
11-25		Muy Malo
26-40		Malo
41-55		Regular
56-70		Bueno
71-85		Muy Bueno
86-100		Excelente

Fuente: (Niola, 2015) – (PCI) y Escala de Graduación.

El Índice de Estado del Pavimento (IEP) es el resultado de un análisis visual exhaustivo de la condición del pavimento, en el cual se identifican, cuantifican y categorizan tanto el tipo como la gravedad de cada defecto presente en el pavimento. Estos datos son posteriormente procesados para evaluar el estado global del pavimento. Dado el amplio espectro de posibles condiciones, se han introducido los “Valores Deducidos” como factores de ponderación. Estos valores permiten determinar el impacto de cada combinación específica de tipo de defecto, nivel de gravedad y densidad en la condición general del pavimento.

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

Tabla 4:

Clasificación de los Pavimentos Rígidos según fallas.

Nº	CÓDIGO DE FALLA	FALLA	Nº	CÓDIGO DE FALLA	FALLA
1	21	Pandeo	11	31	Pulimento de Agregados.
2	22	Grieta de esquina.	12	32	Popouts.
3	23	Losa dividida.	13	33	Bombeo.
4	24	Grieta de durabilidad "D".	14	34	Punzonamiento.
5	25	Escala.	15	35	Cruce de vía férrea.
6	26	Sello de junta.	16	36	Desconchamiento.
7	27	Desnivel Carril / Berma	17	37	Retracción
8	28	Grieta lineal.	18	38	Descascaramiento de esquina.
9	29	Parqueo Grande (Área > 0.45m ²).	19	39	Descascaramiento de junta.
10	30	Parqueo Pequeño (Área < 0.45m ²).			

Fuente: (Granda, 2019)

Tabla 5:
Severidad de Fallas en Pavimentos Rígidos según PCI

SEVERIDAD	
Bajo	L
Medio	M
Alto	H

Fuente: (Granda, 2019)

La evaluación de la condición del pavimento comienza con la realización de actividades de campo (Primera Etapa), durante las cuales se identifican diversas fallas presentes en los pavimentos. Estas fallas se clasifican por tipo, severidad y extensión. Los datos recopilados se registran en formatos específicos diseñados para este propósito, como se muestra en la Figura 2, corresponde a la Ficha de Inspección para Pavimentos Rígidos. Esta ficha se basa en el formato propuesto por ASTM D6433-03, pero con ajustes adaptados a nuestro estudio. La Ficha de Inspección para Pavimentos Rígidos registra todos los datos recopilados durante la primera fase, que se refiere al levantamiento de información por unidad de muestreo. Posteriormente, se procesa los datos en la segunda fase (Granda, 2019).

Figura 2:
PCI Formato de inspección de pavimentos rígidos según la condición.

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
PCI-02. CARRETERAS CON PAVIMENTO RÍGIDO
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO
LEVANTAMIENTO DE DATOS EN CAMPO

I. Datos generales

Nombre del inspector :

Zona: Código de vía:

Prog. inicial: Prog final:

II. Código de fallas

COD. DE FALLA	TIPO DE FALLA	COD. DE FALLA	TIPO DE FALLA
21	Pandeo	31	Pulimento de Agregados
22	Grieta de esquina	32	Popouts
23	Losa dividida	33	Bombeo
24	Grieta de durabilidad "D"	34	Punzonamiento
25	Escala	35	Cruce de vía férrea
26	Sello de junta	36	Desconchamiento
27	Desnivel Carril / Berma	37	Retracción
28	Grieta lineal	38	Descascaramiento de esquina
29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	39	Descascaramiento de junta
30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)		

Fuente: (Granda, 2019)

Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones llamadas “Unidades de Muestreo”, cuyas dimensiones varían dependiendo del tipo de vía y la superficie de la capa de rodadura.

En nuestro caso, siguiendo las directrices del ASTM D6433–03 para Pavimentos Rígidos y considerando longitudes de losas menores a 7.60 metros, el área de la unidad de muestreo debe situarse en torno a 20 ± 8 losas.

El apartado 7.5 del estándar ASTM D6433–03 especifica cómo seleccionar las unidades de muestra para la inspección. Se ofrece la opción de examinar todas las unidades de muestra en la sección o al menos el 95% de ellas, garantizando así la confiabilidad de los datos. En nuestro estudio, se optará por inspeccionar todas las unidades de muestra dada la naturaleza investigativa del proyecto.

SEGUNDA FASE: PROCESO DE DATOS

Tras completar la inspección visual en el campo, el siguiente paso es calcular los “Valores Deducidos” para cada falla identificada, considerando la cantidad y severidad reportada. Esto tiene como objetivo determinar el Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestreo y un valor global del PCI (Granda, 2019).

El cálculo del PCI se lleva a cabo mediante los siguientes procedimientos:

a) Valores Deducidos según cálculos:

- I. En el Formato PCI02, se registra el número de losas que presentan cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad. Este número se denomina “Cantidad de Falla”.
- II. La cantidad de losas registradas en el paso anterior se divide entre el número total de losas en la unidad de muestreo. El resultado se expresa como un porcentaje (%), lo que representa la “Densidad” de falla por unidad de muestreo para cada combinación de tipo y severidad de falla.
- III. Se utiliza la Densidad por unidad de muestreo para calcular los “Valores Deducidos” correspondientes a cada combinación de tipo de falla y nivel de severidad. Estos valores se obtienen aplicando las curvas de “Valor Deducido de Falla” apropiadas, que se detallan en el Anexo II: “Curvas de Valor Deducido por Falla”. Este proceso de cálculo permite cuantificar el impacto de cada tipo y nivel de severidad de falla en la condición del pavimento,

contribuyendo así a la obtención del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestreo y para la evaluación global.

b) El Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).

1. Si solo uno de los “Valores Deducidos” excede 2, se emplea el “Valor Deducido Total” en lugar del “Valor Deducido Corregido” más alto (CVD), obtenido en la Cuarta Etapa. De lo contrario, siga los pasos 2 y 3 de la sección b).
2. Elabore una lista de los Valores Deducidos Individuales en orden descendente.
3. Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m) utilizando la Ecuación N° 1:

$$mi = 1.00 + (9.98 * (100 - HDVi))$$

Ecuación N° 1: Ecuación para calcular “m” en Pavimentos Rígidos.

Donde:

mi: Número Máximo Admisible de “Valores Deducidos”, incluyendo fracciones, para la unidad de muestreo i.

HDVi: El valor deducido individual más alto para la unidad de muestreo i.

4. Reduzca el número de valores deducidos individuales a m, incluyendo la parte fraccionaria. Si dispone de menos valores deducidos que m, utilice todos los que tenga disponibles.

c) Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” (CDV).

El proceso para calcular el Valor Deducido Corregido máximo (CDV máximo) se realiza en varias etapas:

1. Determinar cuántos valores deducidos (q) superan el umbral de 2.00.
2. Calcular el “Valor Deducido Total” sumando todos los valores deducidos individuales.
3. Utilizar la cantidad (q) y el “Valor Deducido Total” para calcular el CDV máximo, aplicando una curva de corrección específica para pavimentos rígidos según se detalla en el Anexo III: Cálculo del Valor Deducido Corregido. Este proceso iterativo garantiza una evaluación precisa de la condición del pavimento.
4. El proceso de iteración para calcular el Valor Deducido Corregido máximo (CDV máximo) implica lo siguiente:

5. Se reduce el valor más bajo entre los valores deducidos individuales que superan 2.00 a 2.00. Este proceso se repite hasta que solo quede un valor deducido mayor que 2.00.
6. El CDV máximo es el valor más alto obtenido durante esta iteración.

Este proceso iterativo se realiza utilizando el Formato PCI-0201 y los resultados se presentan en la Figura 3, lo que garantiza una evaluación precisa de la condición del pavimento.

Figura 3:
(Formato PCI-0201) Índice de condición de pavimentos

INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO
FORMATO PARA LA OBTENCION DEL MAXIMO VALOR DEDUCIDO CORREGIDO

No.	VALORES DE DUCIDOS									TOTAL	q	CDV

Fuente: (Granda, 2019)

d) Unidad de muestreo con Cálculo del PCI:

Se lleva a cabo al restar 100 al valor máximo del CDV.

SECCIÓN DE PAVIMENTO CON CÁLCULO DEL PCI

En el contexto de una sección de pavimento, que abarca múltiples unidades de muestreo, el PCI se determina promediando los valores individuales obtenidos para cada unidad de muestreo. Es decir, si se evalúan todas las unidades de muestreo en la sección, el PCI de esa sección se calcula como el promedio de los PCI de cada una de estas unidades. Este enfoque permite obtener una representación general de la condición del pavimento en toda la sección, considerando las variaciones que pueden existir entre las diferentes áreas de muestreo. (Granda, 2019).

2.2.8. DISEÑOS DE LOS PAVIMENTOS

En el diseño de pavimentos flexibles, los profesionales a menudo recurren a fórmulas empíricas basadas en experiencias individuales en lugar de seguir estándares reconocidos. Esto puede afectar la capacidad del pavimento para resistir el tráfico y las condiciones del

suelo. Para determinar los espesores de las capas del pavimento, se utilizan diferentes enfoques metodológicos, aunque los estándares establecidos por entidades como SHELL y AASHTO ofrecen métodos más ampliamente aceptados, que se describen a continuación:

<i>Métodos empíricos:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Reglas prácticas. • CBR (California <u>Bearing Ratio</u>), método Kansas. • Esfuerzo cortante límite. • Deflexión límite. • Método MOPT 75.
<i>Método semi-empírico o mecanístico-empírico:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto del Asfalto. • El método Shell, basado en fundamentos teóricos. • AASHTO 2002.
<i>Mecanístico:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Soluciones analíticas de Westergaard. • Soluciones numéricas (métodos de elementos finitos, probabilísticos).
<i>Programas basados en metodología racional:</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de cómputo Depav – <u>Weslea</u>. • Determinación de parámetros elásticos admisibles. • Cálculo de parámetros elásticos. • Análisis de resultados.

Programa UNALCAPA.

En este contexto, es esencial considerar la variedad de enfoques y métodos disponibles para el diseño de pavimentos flexibles, con el objetivo de garantizar la integridad y la durabilidad de las estructuras viales.

2.2.9. FACTORES DEL DISEÑO DE PAVIMENTO

Tráfico: Para el diseño de pavimentos, es esencial considerar las cargas más significativas por eje (ya sean individuales o tándem) que se anticipan en el carril de diseño más demandado de la carretera durante el período de diseño establecido. Estas cargas determinarán la estructura del pavimento. El cálculo del pavimento no solo considera la fatiga causada por la repetición de las cargas de tráfico, sino también otros factores significativos. Esto incluye las presiones de contacto máximas, las fuerzas tangenciales en áreas específicas como curvas y zonas de frenado, así como las velocidades de operación de los vehículos, especialmente en áreas de estacionamiento de vehículos

pesados. Además, la canalización del tráfico y otros elementos son tomados en cuenta para un diseño preciso del pavimento.

Subrasante: La calidad de la capa de subrasante tiene un impacto significativo en el espesor necesario para un pavimento, ya sea flexible o rígido. La capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas de tráfico se utiliza como parámetro de evaluación para esta capa. Es fundamental considerar la respuesta del suelo a la humedad, tanto en términos de resistencia como de posibles cambios volumétricos (expansión y contracción). En particular, los suelos expansivos pueden experimentar cambios volumétricos que podrían causar daños importantes a las estructuras que se apoyan en ellos. Por lo tanto, cuando se construye un pavimento sobre este tipo de suelos, es necesario tomar precauciones para controlar las variaciones de humedad. Esto podría implicar medidas como la impermeabilización de la estructura. Otra alternativa para abordar este desafío es estabilizar el suelo expansivo mediante la incorporación de aditivos. En nuestro contexto, la estabilización con cal ha demostrado ser especialmente efectiva para obtener resultados óptimos.

Clima: Las condiciones climáticas predominantes en nuestra área ejercen una influencia significativa en la durabilidad y estabilidad del pavimento, siendo las precipitaciones y las fluctuaciones de temperatura los factores más destacados. Las lluvias, al incrementar el nivel freático, afectan directamente la resistencia, compresibilidad y cambios volumétricos de los suelos de subrasante, lo que puede tener repercusiones en diversas etapas de la construcción, como el movimiento de tierras y la compactación de capas granulares y asfálticas.

Las variaciones de temperatura ejercen esfuerzos considerables en las losas de pavimentos rígidos, a veces incluso superando aquellos generados por el tráfico vehicular. En pavimentos flexibles, donde el asfalto es altamente sensible a la temperatura, los cambios térmicos pueden provocar una alteración significativa en el módulo de elasticidad de las capas asfálticas. Esto podría resultar en deformaciones o fisuras que impacten negativamente en el nivel de servicio de la carretera.

Materiales: La selección de la estructura de pavimento más adecuada desde el punto de Panorama técnico y económico depende en gran medida de los materiales disponibles. Esto implica considerar los agregados que se pueden obtener de canteras y depósitos aluviales en la zona. Además de cumplir con requisitos de calidad, como homogeneidad

deseada, se debe tener en cuenta el volumen disponible, facilidades de extracción y precio, influido en gran parte por la distancia de transporte.

Otro aspecto crucial es la evaluación de los materiales fundamentales con costos significativos, como ligantes y conglomerantes. El análisis de costos de construcción debe integrar la proyección del comportamiento del pavimento durante el período de diseño, los requerimientos de mantenimiento y su costo actualizado, así como estimaciones para futuras mejoras estructurales, renovaciones superficiales o reconstrucciones. Además, se deben considerar los costos para los usuarios, relacionados con su seguridad y las posibles demoras en carreteras afectadas por trabajos de conservación y repavimentación en momentos de tráfico intenso.

2.2.10. DISEÑO DE PAVIMENTO CON DATA NECESARIA

a) Estudios de tráfico

Uno de los elementos de máxima relevancia, y posiblemente el más determinante para el diseño, es la definición del flujo vehicular. Esto implica identificar los tipos de vehículos que circulan por la zona de análisis, siguiendo la clasificación establecida en el Reglamento Nacional de Vehículos (Ministerio de Transportes, 2003), así como determinar la frecuencia con la que transitan.

Una vez que se ha recopilado esta información, es crucial realizar una estimación de la tasa de crecimiento para proyectar el flujo vehicular durante los años contemplados en el diseño. Para cuantificar este flujo de vehículos, se utiliza un parámetro conocido como ESAL (Equivalent Single Axle Load) o carga equivalente de eje simple, donde se considera que un eje simple es equivalente a 18 kips. Este parámetro refleja el impacto adverso que los vehículos ejercen sobre el pavimento, abarcando tanto el desgaste por fatiga como el daño por erosión, según la metodología de la PCA.

I. Categorización de la unidad vehicular

El Reglamento Nacional de Vehículos proporciona pautas para la clasificación de vehículos en función de su configuración y número de ejes, como simples, tándem o trídem. Además, establece límites de peso máximo permitido para cada tipo de vehículo. Por ejemplo, el peso bruto vehicular máximo es de 48 toneladas, y se definen límites específicos de peso por eje:

- Eje simple: 7 toneladas para ruedas simples y 11 toneladas para ruedas dobles.
- Eje tándem: 12, 16 y 18 toneladas.
- Eje trídem: 16, 23 y 25 toneladas.

Esta clasificación es fundamental, ya que determina qué tipo de vehículo circula por la zona según su configuración de ejes y cantidad. Esto es crucial porque el peso que cada eje lleva consigo afectará la vía de manera diferente, dependiendo del tipo de pavimento utilizado.

II. Evaluación de la tasa de crecimiento

Se precisa disponer de datos históricos que brinden una visión del aumento progresivo del flujo vehicular en la carretera. Esto se ve influenciado por las actividades locales, el crecimiento demográfico y otros factores relevantes.

III. Elementos destructivos

Para calcular el número de ejes equivalentes en un tramo, se estandariza el tipo de vehículo según un estándar común, basado en un factor de carga equivalente por eje. Este factor se deriva de ejes de 18 kips o 80 kN, conocido como factor destructivo. Cada eje de un vehículo puede tener un peso diferente al estándar, por lo que se aplican factores de ajuste. Además, se emplean ecuaciones específicas dependiendo del tipo de pavimento utilizado: para pavimentos flexibles se usan valores del Instituto del Asfalto y para pavimentos rígidos se utilizan los de la AASHTO.

IV. Influencia del tráfico

Después de calcular el promedio diario anual de tráfico (AADT) para la región, junto con la tasa de crecimiento (r) y los factores de carga equivalente para cada eje en los distintos vehículos, se comienzan a establecer los componentes esenciales del diseño, que engloban:

- Factor de crecimiento (G)
- Factor de distribución de carril (L)
- Factor de distribución direccional (D)
- Período de diseño (Y)

b) Memoria de la mecánica de suelos

Estos análisis son fundamentales para determinar las características del material granular que se utilizará en la base o subbase del pavimento. Asimismo, permiten obtener una de las variables clave en el diseño: el módulo de resiliencia de la subrasante. Esta estimación puede basarse en una correlación con el índice CBR del suelo original.

I. Prueba de granulometría

Se llevarán a cabo análisis de granulometría tanto en el suelo original de la subrasante como en el material proveniente de canteras destinado para la base o subbase. Conforme a las pautas de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) del MTC, es esencial cumplir con una distribución granulométrica precisa para que el agregado sea considerado conforme. En secciones posteriores, se proporcionarán detalles adicionales sobre estos criterios.

II. Límites de Atterberg

Facilita la comprensión de las Particularidades del material, incluyendo su límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, especialmente en el caso de suelos cohesivos.

III. Prueba de compactación Proctor modificado (Método C)

Se lleva a cabo el ensayo de Proctor modificado utilizando el método C, que consiste en aplicar 56 impactos por cada capa de suelo (en un total de 5 capas) dentro de un molde de dimensiones estándar. El propósito de este ensayo es establecer la densidad máxima seca que el material puede alcanzar y el contenido de humedad óptimo necesario para lograr esta condición. Este procedimiento está regulado por la Norma MTC E 115.

IV. Prueba de valor de soporte de California o CBR

Este ensayo compara el comportamiento de un suelo específico con el de una roca triturada de calidad estandarizada. Se aplica una carga sobre la muestra que ha sido previamente compactada mediante el ensayo Proctor y luego saturada con agua durante 4 días. Durante este proceso, se registra la carga necesaria para lograr la penetración en el material en intervalos de 0.1” a 0.5”. Una vez que se ha obtenido el valor de carga necesario para

generar penetraciones de 0.1” y 0.2” en todas las muestras compactadas a diferentes densidades, se procede a dividir este valor entre 1000 psi en el primer caso y 1500 psi en el segundo caso. El resultado se expresa en forma de porcentaje y representa el Índice de Capacidad de Soporte (CBR) del suelo. Luego, para la densidad requerida, se selecciona el valor más alto de CBR entre los obtenidos para 0.1” y 0.2”, y este se convierte en el CBR de diseño. En este contexto, la densidad seca máxima necesaria es del 95%. Este ensayo sigue las directrices de la Norma MTC E 132.

c) Estudios hidrológicos – pluviométricos

Para garantizar un diseño preciso de pavimentos, es crucial recopilar datos climáticos y de tráfico a lo largo de varios años. La información sobre la precipitación promedio y la temperatura media anual del aire se utiliza para calcular parámetros como el coeficiente de drenaje y el espesor de la capa asfáltica. Estos datos son esenciales para ajustar los coeficientes estructurales de las capas en diferentes tipos de pavimentos, ya sean rígidos o flexibles.

d) Ilustraciones de canteras y fuentes de agua

La disponibilidad y calidad del material en la zona son factores críticos para determinar la capacidad de soporte del pavimento. Es esencial asegurarse de que el material granular cumpla con especificaciones como la granulometría y el CBR mínimo. Además, al evaluar las fuentes de agua disponibles, es importante considerar la presencia de sulfatos, sólidos en suspensión y el pH del agua, ya que estos pueden afectar la durabilidad y estabilidad del pavimento.

2.3. Términos básicos

BERMA: La franja paralela y contigua a la carretera, conocida como “berma”, sirve para contener la capa de rodadura y ofrece un espacio adicional seguro para estacionar vehículos en caso de emergencia (MTC, 2013).

CARPETA ASFÁLTICA: Se trata de la capa superior de un pavimento flexible que constituye la superficie de rodadura para los vehículos, y se construye utilizando materiales pétreos y productos asfálticos (SCT, 2016).

CONSTRUCCIÓN: Se refiere al conjunto de acciones manuales y automáticas que lleva a cabo el contratista durante la realización de la obra, siguiendo los planos y especificaciones. Estas acciones están divididas convencionalmente para facilitar la medición y el pago, e involucran la provisión de los materiales necesarios cuando sea requerido. (Patiño, Ovalles, & Gutiérrez, 2006)

DETERIORO: es una función en el que depende de la naturaleza del daño, su grado de severidad y la cantidad o densidad que se presente. La creación de un índice que considerara estos tres elementos ha resultado desafiante debido a la multitud de condiciones posibles. (Vásquez, 2002)

EL PAVIMENTO RÍGIDO: Se trata de una estructura compuesta por una losa de concreto que descansa sobre una base o directamente sobre la subrasante. Esta losa transfiere los esfuerzos al suelo de manera eficiente, es inherentemente resistente y requiere una cantidad precisa de concreto. (DNP, 2022)

FALLAS DEL PAVIMENTO. Las deficiencias pueden clasificarse en categorías funcionales o estructurales. Las deficiencias funcionales influyen en la comodidad del tráfico, mientras que las deficiencias estructurales comprometen la integridad de la estructura, lo que tiene un efecto adverso en su funcionamiento general. (Godoy & Ramírez, 2006).

FISURACIÓN: Se refieren a fracturas que comúnmente emergen en la superficie del material, ocasionadas por tensiones que exceden su capacidad de resistencia. Estas tensiones pueden surgir debido a retracciones térmicas, hidráulicas o cambios volumétricos, y se presentan principalmente en las superficies expuestas. (Asocreto, 2022)

GRADO DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO. Consiste en una representación descriptiva de la condición del pavimento, estableciendo una relación cualitativa con el valor del PCI que abarca desde “deficiente” hasta “excelente”. (Oblitas, Medina, & Paredes, 2022).

GRANULOMETRÍA: Se trata de la evaluación de los componentes granulares de una formación sedimentaria y la determinación de la proporción de aquellos que se encuentran dentro de cada rango de tamaño establecido en una escala granulométrica. Este proceso se realiza con el propósito de analizar tanto el origen

como las Particularidades mecánicas de dichos componentes. (CONSTRUNEIC, 2022)

ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI). Consiste en una representación descriptiva de la condición del pavimento, estableciendo una relación cualitativa con el valor del PCI que abarca desde “deficiente” hasta “excelente”. (Vásquez, 2002).

MANTENIMIENTO: Consiste en una serie de actividades técnicas realizadas de manera periódica para supervisar y gestionar el deterioro de estas estructuras. Estas actividades abarcan desde la evaluación inicial hasta la restauración del estado del pavimento. (DEEPEX, 2021)

MUESTRA ADICIONAL. es una muestra extra que se inspecciona aparte de las muestras seleccionadas al azar. Se utiliza para incluir unidades que podrían no ser representativas en la evaluación de la condición del pavimento. Estas muestras adicionales comprenden casos atípicos de muy baja o alta calidad que no son representativos de la sección ni de las muestras seleccionadas al azar. Incluyen daños poco comunes como cortes para instalaciones de servicios públicos (por ejemplo, tuberías de agua, desagüe, electricidad, teléfono, etc.) (Celestino, 2016).

MUESTRA AL AZAR. Se trata de una porción del pavimento elegida para la inspección mediante métodos de selección al azar. (Celestino, 2016).

PAVIMENTO: Corresponde a la superficie horizontal de una edificación específica que actúa como soporte para personas, animales o objetos. Un pavimento puede presentar una variedad de recubrimientos (como concreto, madera, cerámica, entre otros) y generalmente se compone de tres estratos: subbase, base y capa de rodadura. (Andullana de Pinturas, 2020)

RED DE PAVIMENTO. Corresponde a un conjunto de pavimentos bajo administración, formando una única entidad con una función particular. Ejemplos incluyen aeropuertos y avenidas, constituyendo una red de pavimento. (Celestino, 2016)

REHABILITACIÓN: Se refiere al proceso de reparar, restaurar y rehabilitar superficies de pavimentos ya existentes con el propósito de prolongar su vida útil,

optimizar su desempeño y/o aumentar la resistencia de las estructuras del pavimento (TENCATEGEO, 2020).

SECCIÓN DE PAVIMENTO. Una “sección” corresponde a una porción continua de pavimento que exhibe uniformidad en aspectos como su construcción, mantenimiento, historia de uso y estado general. En esta porción, se mantiene constante tanto el volumen de tráfico como la carga que soporta a lo largo de su extensión. (IBCH, 2012).

SERVICIABILIDAD: dada desde el Índice de Serviciabilidad de Pavimento (PSI), cuyo objetivo es proporcionar una medida del nivel de comodidad y seguridad que ofrece un pavimento en relación al desplazamiento natural y típico de los vehículos. (De La Cruz, Ibañez, & Coaquira, 2022).

SEVERIDAD o GRAVEDAD: Evalúa el deterioro típicamente anticipado causado por el fallo en cuestión, desde la perspectiva del cliente o usuario. Además, se tiene en cuenta el daño máximo probable, que está relacionado con su probabilidad de ocurrencia. (NTP 679, 2004)

SUBRASANTE: La subrasante es la capa que se encuentra debajo de la capa final de la carretera, después de realizar las operaciones de movimiento de tierras como excavación y relleno. Esta capa sirve como base directa para la estructura del pavimento o la capa de afirmado. Forma parte del prisma de la carretera, que se extiende desde el terreno natural nivelado o explanada hasta la estructura del pavimento (Loayza, 2020).

TRÁFICO: El término proviene de una palabra italiana y se relaciona con el movimiento de vehículos, personas u objetos a lo largo de rutas o vías. El concepto de tráfico engloba tanto la acción del desplazamiento como las repercusiones resultantes de esta circulación. (Pérez & Gardey, 2014)

TRAMO DE PAVIMENTO. Un segmento identificable dentro de la red de pavimento. Cada carretera o área de estacionamiento representa un tramo individual. (IBCH, 2012)

TRÁNSITO: Se refiere a la cantidad de vehículos que transitan en diversas vías de circulación. En la mayoría de las ciudades, existe la problemática del tráfico debido

a que las Particularidades urbanas no están adecuadas para el flujo de vehículos existente. (Ferrer, 2022)

UNIDAD DE MUESTRA DEL PAVIMENTO. Se refiere a una subdivisión estándar de una sección de pavimento, que puede tener un tamaño típico de alrededor de 225 metros cuadrados, con una variación de aproximadamente 90 metros cuadrados. Esta medida se ajusta según sea necesario, por ejemplo, si el área no es exactamente divisible entre 2500 metros cuadrados o para adaptarse a condiciones específicas del terreno. (IBCH, 2012)

VÍA: Se refieren a las vías principales que conectan las regiones productoras y consumidoras del país, así como con naciones vecinas. Estas carreteras incluyen rutas troncales, transversales y accesos a las capitales de los departamentos, cumpliendo un papel fundamental en la integración económica y comercial. (INVÍAS, 2016)

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General

La evaluación de la condición del pavimento rígido utilizando el enfoque del Índice de Condición de Pavimento (PCI), se concluye que el estado actual del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli se clasifica como DEFICIENTE.

3.2. Hipótesis Específica (s)

- El Índice de Condición del Pavimento Rígido del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli, evaluado mediante el Método PCI para el año 2023, arroja un valor de 30.
- Las fallas más frecuentes identificadas en el Pavimento Rígido del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023 son las Losas Divididas y el pulimiento de agregado.
- Las deficiencias de mayor gravedad observadas en el Pavimento Rígido del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023 corresponden a las fallas de tipo pulimiento de agregados.

3.3. Variables (definición conceptual y operacional)

De este estudio titulado “Evaluación de la condición del pavimento rígido mediante el método PCI en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023”, se han definido las variables dependientes e independientes de la manera siguiente:

– **VARIABLES DEPENDIENTES**

Evaluación de la condición del pavimento rígido.

– **VARIABLES INDEPENDIENTES**

Método PCI.

Dado que esta variable es de naturaleza cualitativa, no cuantificable en términos numéricos, y se relaciona con Particularidades o atributos (Quezada, 2015), en nuestro contexto, se trata de una variable descriptiva que sigue una estructura jerárquica de 7 niveles, abarcando desde “excelente” hasta “fallado”.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Tabla 6:
Operacionalización de la Variable Dependiente.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN / VALORACIÓN	INSTRUMENTO
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO	Trabajo de Campo o Inspección Visual	Parámetros de Evaluación	Tipo de Falla	Formato de Registro PCI-02 y Evaluación en Gabinete
			Grado de Severidad de la falla	
			Nº de Losas	
	Trabajo en Gabinete o Cálculo del PCI	Índice de la Condición del Pavimento	Proceso de Análisis	
Condición del Pavimento		Determinación de la Condición del pavimento		

Nota: Elaborado para la consolidación

Tabla 7:
Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE	INDICADOR	SUB INDICADOR	MEDICIÓN / VALORACIÓN	INSTRUMENTO
MÉTODO ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	Parámetros de Evaluación	Tipo de Falla	Tipos de fallas.	Formato PCI-02
		Grado de Severidad de la falla	Bajo / Medio / Alto	
		N° de Losas	N° de Veces que se repite dicha falla en la U.M.	
	Índice de Condición de Pavimento	Resultantes de Valores Deducidos (VD).	V.D. por cada tipo de falla.	Curva de Valores Deducidos.
		Resultantes del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).	Número Máximo Admisible de Valores Deducidos	Ecuación N° 1
		Resultantes del “Máximo Valor Deducido Corregido” (CDV).	Mayor valor de los CDVs.	Formato PCI-02-01
		Cálculo del PCI.	100 – Máx. CDV	
	Condición del Pavimento	Rangos del PCI.	100 – 85 85 – 70 70 – 55 55 – 40 40 – 25 25 – 10 10 – 0	Evaluación en Gabinete
		Determinación de la Condición del pavimento	Muy Bueno Bueno Regular Malo Muy Malo Fallado	Evaluación en Gabinete

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de Investigación

Según Mario Tamayo y Tamayo (2011), el método científico se define como un procedimiento utilizado para descubrir las condiciones bajo las cuales ocurre un evento específico. Esta definición destaca la importancia del método científico como un enfoque sistemático que se emplea para investigar, analizar y comprender los fenómenos en el mundo natural y social.

El método científico, de acuerdo con esta definición, se caracteriza por su enfoque en la búsqueda de causas y condiciones que explican un evento o fenómeno particular. Implica la formulación de hipótesis, la recopilación de datos a través de observaciones y experimentos, el análisis de estos datos y la derivación de conclusiones basadas en evidencia empírica.

El enfoque de Sampieri enfatiza la importancia de la planificación meticulosa, la revisión de la literatura, y la rigurosidad en la recopilación y el análisis de datos como componentes esenciales del método científico en el contexto de la investigación social y de las ciencias humanas. Su enfoque es ampliamente utilizado en la investigación en estas áreas.

4.2. Tipo de Investigación

Según su objetivo: Dado que nuestra meta es abordar un problema específico, nuestra investigación puede ser categorizada como de tipo aplicada. Esto se debe a que

estamos enfocados en el objetivo de “Evaluar la condición del pavimento rígido”, buscando proporcionar una solución concreta.

Según los datos aplicados: Al emplear una conceptualización matemática en la realización del objetivo de estudio, es decir, el Método del PCI, esta investigación se puede clasificar como de enfoque cuantitativo.

4.3. Nivel de Investigación

Esta investigación es categorizada como descriptiva, puesto que su propósito fue detallar los hechos tal como fueron observaciones, en este caso, a través del análisis visual de las vías en estudio. Mediante esta metodología, se obtendrá el PCI y se determinará la alternativa óptima de mantenimiento realizadas en dichas vías.

4.4. Diseño de la Investigación

La presente tesis se basa en un diseño de investigación no experimental, ya que no implica la manipulación de la variable independiente “Índice de Condición del Pavimento”. La recopilación de datos en campo se lleva a cabo en un único momento, lo que caracteriza a este diseño como transversal o transeccional.

4.5. Población y muestra

Población

La población objeto de estudio en esta investigación abarca todas las vías que conforman el tramo de la carretera central (3S), en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli.

Muestra

La muestra de este estudio incluye un conjunto selecto de vías pertenecientes al recorrido de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría, establecida en el Plan de Rutas en el departamento de la Sub Gerencia de Transportes y Vialidad de la Municipalidad Provincial de Yauli.

4.6. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

En relación a la variable dependiente, se utilizó el Formato de Evaluación PCI-02 como herramienta para recopilar datos. Este formato se diseñó tomando como

base la estructura de la Norma ASTM D 6433–03, con adecuaciones realizadas para reflejar nuestra metodología de evaluación.

En cuanto a la variable independiente, se recopilaron datos mediante cuestionarios que contenían preguntas sobre la metodología PCI para cada unidad muestral.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Utilizamos hojas de cálculo elaboradas siguiendo los principios establecidos en la metodología PCI de la Norma ASTM D 6433–03. Además, se realizó un análisis detallado del procedimiento mediante la creación de gráficos, tablas y otros recursos visuales para representar los resultados obtenidos a partir de los datos recopilados en el terreno.

4.8. Aspectos éticos de la Investigación

La Universidad Peruana Los Andes promueve una investigación ética y humana a través de su reglamento y código de ética para la investigación científica. Aunque no se proporciona una definición explícita de “aspectos éticos” en los documentos consultados, podemos inferir que los principios éticos incluyen:

Respeto por los derechos y la dignidad humana: Los investigadores deben garantizar que sus investigaciones respeten los derechos de las personas involucradas, protegiendo su dignidad y privacidad.

Imparcialidad y exactitud: Los investigadores deben llevar a cabo sus investigaciones de manera imparcial y precisa, evitando sesgos y proporcionando información precisa y verificable.

Cumplimiento de normativas éticas: Deben cumplir con las normativas éticas y legales aplicables a la investigación, lo que implica respetar la confidencialidad, obtener consentimiento informado y garantizar la integridad de los datos.

Promoción de la ética en la investigación: La Universidad Peruana Los Andes fomenta la promoción de principios éticos en la investigación científica, lo que incluye la formación de investigadores en prácticas éticas.

Finalmente, ser imparciales, precisos y el dar cumplimiento a las normativas éticas como parte integral y código de ética para la investigación científica.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Los resultados serán presentados por zonas, las cuales se describen a continuación.

5.1. Tasación del estado del pavimento en la zona la Oroya

5.1.1. Descripciones preliminares.

La región en análisis denominada Zona de La Oroya abarca tres vías, cuyas longitudes y están denominadas como carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría. Cada una de estas vías presenta dos carriles sin separación, sumando una longitud total de 464 metros. En esta zona se ha establecido un total de 24 unidades de muestreo para la evaluación.

El punto de inicio de la evaluación se sitúa en la intersección entre carretera central (3S) y calle Malecón Odría (B.M. "A"), marcando la progresiva 0+000. La evaluación de esta zona se dividió en tres segmentos, correspondientes a cada una de las calles detalladas en los apartados (Código de Vía) y (Calle) en la Tabla 8.

La siguiente figura ilustra la Zona de La oroya en estudio:

Imagen 22:
Zona de Estudio



Fuente: Google Earth

Tabla 8:
Unidades de Muestreo Zona Z1 – La Oroya

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	CALLE	PROGRESIVA	UNID. DE MUESTREO
La Oroya	Z1-01	La carretera central (3S)	0+00 al 0+270	10
La Oroya	Z1-02	Calle Malecón Odría	0+270 al 0+389	12
La Oroya	Z1-03	Calle Piura	0+389 al 0+464	2

Nota: Elaborado para la consolidación

5.1.2. OBSERVACIÓN DE LA ZONA

Se aplicó el método del “Pavement Condition Index” (PCI) para evaluar la superficie del pavimento rígido en la Zona Z1 La Oroya, cubriendo las 24 unidades de muestreo distribuidas en tres vías distintas. Este enfoque de evaluación se detalló en la sección 4.3 del informe.

Los hallazgos son presentados utilizando los indicadores proporcionados por la metodología PCI, que abarcan los parámetros de evaluación, el índice de condición y la situación del pavimento. Estos aspectos serán expuestos con detalle en las secciones siguientes.

A) ESTUDIO EN LA Z1- LA OROYA VÍA Z1-01 (CARRETERA CENTRAL 3S)

En la tabla 9 se muestran los datos recopilados en campo clasificados por tipo de deterioro, nivel de gravedad y cantidad de deterioro, los cuales fueron procesados para calcular el PCI de la Zona 1 (La Oroya) en la Vía Z1-01 (Carretera Central 3S).

*Tabla 9:
Datos obtenidos en la inspección de campo sobre los parámetros de evaluación*

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		SEVERIDAD		
				H	M	L
Z1	Z1-01	21	Pandeo	0	0	1
		22	Grieta de esquina	5	16	0
		23	Losa dividida	12	7	2
		24	Grieta de durabilidad "D"	0	2	1
		25	Escala	0	0	3
		26	Sello de junta	0	86	0
		27	Desnivel Carril / Berma	6	0	0
		28	Grieta lineal	5	49	2
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	15	2	0
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0	0	0
		31	Pulimento de Agregados	134	12	0
		32	Pop outs	0	41	0
		33	Bombeo	0	0	0
		34	Punzonamiento	0	0	0
		35	Cruce de vía férrea	0	0	0
		36	Desconchamiento	0	0	0
		37	Retracción	0	0	0
		38	Descascaramiento de esquina	8	27	5
		39	Descascaramiento de junta	6	12	13

Nota: Elaborado para la consolidación

*Tabla 10:
Recuento de losas afectadas por cada tipo de falla.*

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		CANT. DE LOSAS
Z1	Z1-01	21	Pandeo	1
		22	Grieta de esquina	21
		23	Losa dividida	21
		24	Grieta de durabilidad "D"	3
		25	Escala	3
		26	Sello de junta	86
		27	Desnivel Carril / Berma	6
		28	Grieta lineal	47
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	17
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0
		31	Pulimento de Agregados	136
		32	Popouts	32
		33	Bombeo	0
		34	Punzonamiento	0
		35	Cruce de vía férrea	0
		36	Desconchamiento	0
		37	Retracción	0
		38	Descascaramiento de esquina	40
		39	Descascaramiento de junta	25

Nota: Elaborado para la consolidación

Tabla 11:

Datos sobre la distribución de losas según el tipo de falla.

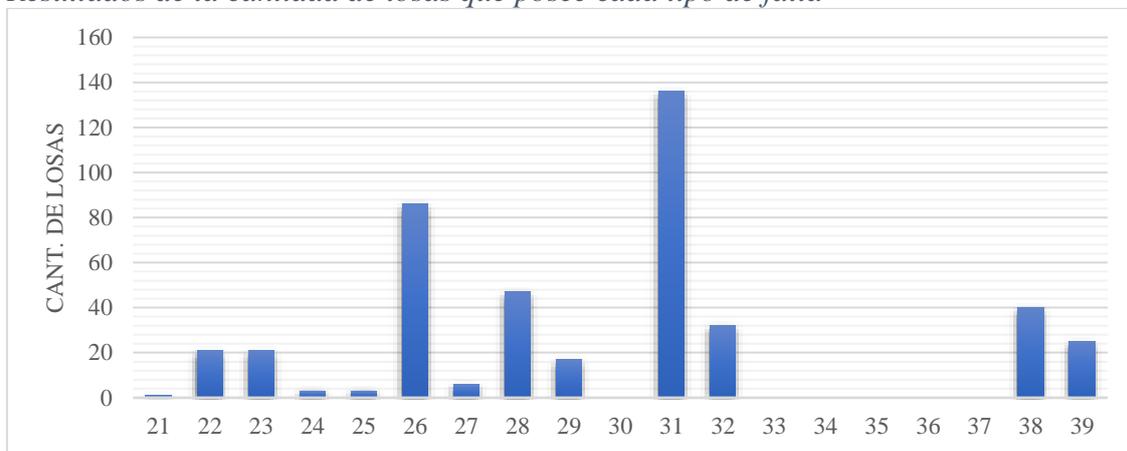
ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		CANT. DE LOSAS
Z1	Z1-01	21	Pandeo	1
		22	Grieta de esquina	21
		23	Losa dividida	21
		24	Grieta de durabilidad "D"	3
		25	Escala	3
		26	Sello de junta	86
		27	Desnivel Carril / Berma	6
		28	Grieta lineal	47
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	17
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0
		31	Pulimento de Agregados	136
		32	Popouts	32
		33	Bombeo	0
		34	Punzonamiento	0
		35	Cruce de vía férrea	0
		36	Desconchamiento	0
		37	Retracción	0
		38	Descascaramiento de esquina	40
		39	Descascaramiento de junta	25

Nota: Elaborado para la consolidación

Basándonos en los datos recopilados en la Tabla 11, hemos realizado una comparativa de la cantidad de losas según el tipo de falla, como se ilustra en el Gráfico 1. El propósito de este análisis fue determinar cuál es el tipo de falla más predominante en la Zona Z1-01.

Los resultados obtenidos del Gráfico 1 revelan que la falla más común es el “Pulimiento de Agregados” (Falla 31), presente en 136 losas de las 10 Unidades de Muestreo evaluadas en esta Zona. Le sigue la “Sello en Junta” (Falla 26), que afecta a 86 losas. Es importante destacar que no se registraron las fallas de tipo “Bombeo” (Falla 33), “Punzonamiento” (Falla 34), “Cruce de Vía Férrea” (Falla 35), “Desconchamiento” (Falla 36) y “Retracción” (Falla 37).

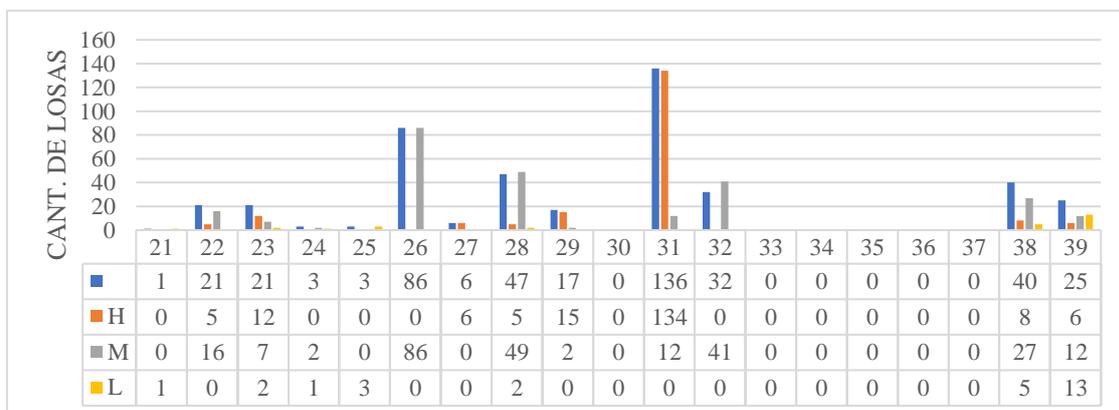
*Gráfico 1:
Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla*



Nota: Elaborado para la consolidación

A partir de los datos calculados en la Tabla 9, se generó el Gráfico 1, el cual ilustra las frecuencias sobre las losas según el tipo de falla y el nivel de severidad de las 10 unidades ubicadas en la Zona Z1-01.

*Gráfico 2:
Distribución de losas afectadas por cada tipo de falla y su nivel de severidad.*



Nota: Elaborado para la consolidación

La información presentada en el Gráfico.2 revela que la falla más común es el Pulimiento de Agregados (Falla 31) con una severidad Alta (H), identificada en 134 losas. En segundo lugar, se encuentra la Falla 26 Sello en Junta, con una severidad Media (M), que afecta a 86 losas.

Tabla 12:

Resultados del Índice de Condición de la Z1-01- Carretera Central (3S)

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	UND DE MUESTRA	PCI	CONDICIÓN	PCI DE LA ZONA	CONDICIÓN DE LA ZONA
Z1	Z1-01	UM-01	50,6	REGULAR	43,06	REGULAR
Z1	Z1-01	UM-02	49	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-03	41	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-04	36,6	MALO		
Z1	Z1-01	UM-05	40,5	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-06	51,6	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-07	16	MUY MALO		
Z1	Z1-01	UM-08	44,8	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-09	50	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-10	50,5	REGULAR		

Nota: Elaborado para la consolidación

De acuerdo a los cálculos registrados en la Tabla 12, según el Índice de Condición del Pavimento Rígido en la Zona Z1-01 alcanza un valor de 43,06. Basándonos en este índice, se clasifica esta condición como “REGULAR”

Gráfico 3:

Perfil de los Índices de Condición del Pavimento (PCI) obtenidos para cada unidad de muestreo en la Zona Z1-01.



Nota: Elaborado para la consolidación

La Gráfica 3 presenta los resultados del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestreo en la Zona Z1-01. En esta gráfica, se observa que el valor máximo de PCI es 51,6 en la UM-06, lo cual corresponde a una condición “REGULAR”. Por otro lado, el valor mínimo de PCI es 16 en la UM-07, siendo clasificado como una condición “MUY MALA”.

Además, la Tabla 12 proporciona los datos necesarios para determinar la condición de pavimento más frecuente en la Zona Z1-01, como se ilustra en la Gráfica 4.

Gráfico 4:

El tipo de pavimento que prevalece con mayor frecuencia en la zona Z1-01.



Nota: Elaborado para la consolidación

La Gráfica 4 ilustra sobre el estado del pavimento más común en la Zona Z1-01 es la categoría “REGULAR”, la cual se observa en 8 unidades del total de muestreo.

B) ANÁLISIS DE LA Z1 – LA OROYA VÍA Z1-02 (CALLE MALECÓN ODRÍA)

RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN

La Tabla 13 presenta los datos calculados según el tipo de falla, su severidad y la cantidad de veces que se registró en campo, con el propósito de posteriormente procesar esta información y calcular el PCI de la Zona 1 (La Oroya), correspondiente a la Vía Z1-02 (Calle Malecón Odría).

Tabla 13:

Hallazgos de campo para los parámetros de evaluación en la Zona Z1-02

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		SEVERIDAD		
				H	M	L
Z1	Z1-02	21	Pandeo	0	7	17
		22	Grieta de esquina	5	16	4
		23	Losa dividida	4	5	2
		24	Grieta de durabilidad "D"	0	11	3
		25	Escala	0	0	0
		26	Sello de junta	0	11	0
		27	Desnivel Carril / Berma	0	0	0
		28	Grieta lineal	3	39	4
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	6	8	0
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0	0	0
		31	Pulimento de Agregados	201	0	0
		32	Popouts	8	1	0
		33	Bombeo	0	0	0
		34	Punzonamiento	0	0	0
		35	Cruce de vía férrea	0	0	0
		36	Desconchamiento	2	8	38
		37	Retracción	0	16	0
		38	Descascaramiento de esquina	8	18	9
		39	Descascaramiento de junta	6	32	12

Nota: Elaborado para la consolidación

Tabla 14:

Consolidación de losas por tipo de falla en la Zona Z1-02

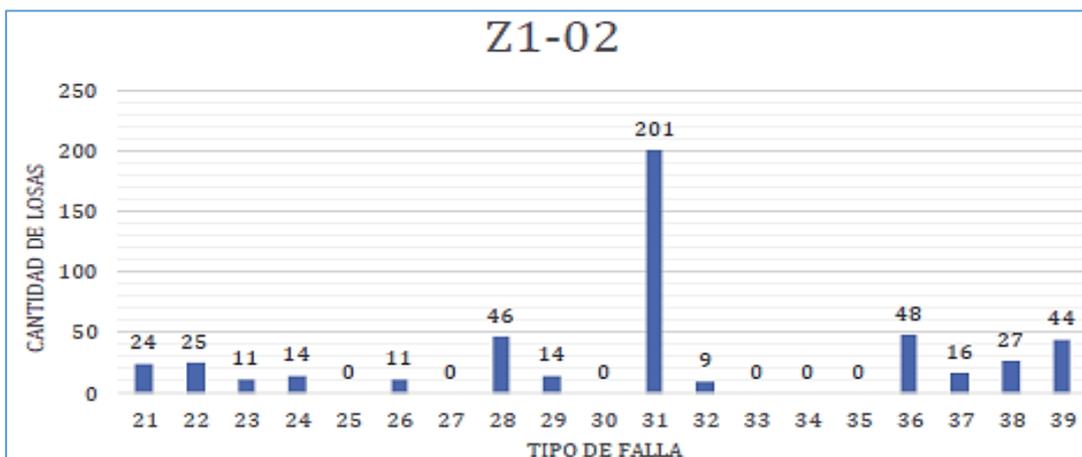
ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		CANT. DE LOSAS
Z1	Z1-02	21	Pandeo	24
		22	Grieta de esquina	25
		23	Losa dividida	11
		24	Grieta de durabilidad "D"	14
		25	Escala	0
		26	Sello de junta	3
		27	Desnivel Carril / Berma	0
		28	Grieta lineal	49
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	17
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0
		31	Pulimento de Agregados	201
		32	Popouts	9
		33	Bombeo	0
		34	Punzonamiento	0
		35	Cruce de vía férrea	0
		36	Desconchamiento	48
		37	Retracción	9
		38	Descascaramiento de esquina	27

Nota: Elaborado para la consolidación

De la tabla 14, los resultados demuestran de la cantidad de losas afectadas por cada tipo de falla en la Zona Z1-02 se derivaron de los datos recopilados, como se muestra en la Tabla 14. Una comparación detallada de estas cifras se presenta en el Gráfico 5 con el propósito de identificar las fallas más prevalentes en esta área específica.

El Gráfico 5 revela que la falla más frecuente es el Pulimiento de Agregados (Falla 31), presente en 201 losas de las 12 Unidades de Muestreo evaluadas. Asimismo, se destaca la presencia de la Falla 36, Desconchamiento, en 48 losas. Es notable que no se hayan registrado las fallas de tipo 25 Escala, 27 Desnivel Carril/Berma, 30 Parche Pequeño, 33 Bombeo, 34 Punzonamiento y 35 Cruce de Vía Férrea. Este análisis resalta la importancia de entender las fallas predominantes en la Zona Z1-02 para desarrollar estrategias efectivas de mantenimiento y rehabilitación del pavimento.

Gráfico 5:
Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla.



Nota: Elaborado para la consolidación

Gráfico 6:
Distribución de las losas según el tipo de falla y su nivel de severidad.



Nota: Elaborado para la consolidación

La información representada en la Gráfica 6 revela que la falla más común es el Pulimiento de Agregados (Falla 31) con una severidad Alta (H), presente en 201 losas. Asimismo, la Grieta Lineal (Falla 28) de severidad Media (M) se encuentra en 39 losas.

CONDICIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LA ZONA Z1-02 SEGÚN ÍNDICE

Luego de recopilar los parámetros de evaluación en las 12 unidades de muestreo de la Calle Malecón Odría, procedimos a aplicar la metodología Pavement Condition Index (PCI) con el propósito de calcular el índice de condición y así determinar su estado actual. Presentamos los resultados del análisis en la Tabla 15.

Tabla 15:
Consolidación del Índice de Condición de la Z1-02 Calle Malecón Odría

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	UND DE MUESTRA	PCI	CONDICIÓN	PCI DE LA ZONA	CONDICIÓN DE LA ZONA
Z1	Z1-02	UM-11	50.5	REGULAR	50,98	REGULAR
Z1	Z1-02	UM-12	40.5	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-13	54	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-14	73.9	MUY BUENO		
Z1	Z1-02	UM-15	51.6	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-16	32	MALO		
Z1	Z1-02	UM-17	31.7	MALO		
Z1	Z1-02	UM-18	69	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-19	55.2	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-20	55.4	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-21	49	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-22	49	REGULAR		

Nota: Elaborado para la consolidación

Los cálculos realizados en la tabla 15 revelan que el Índice de Condición del Pavimento Rígido fue de 50,98, en la Zona Z1-02, lo que se traduce en una categorización de estado REGULAR.

Gráfico 7:
Perfil de los PCI obtenidos por cada unidad de muestreo de la zona Z1-02.

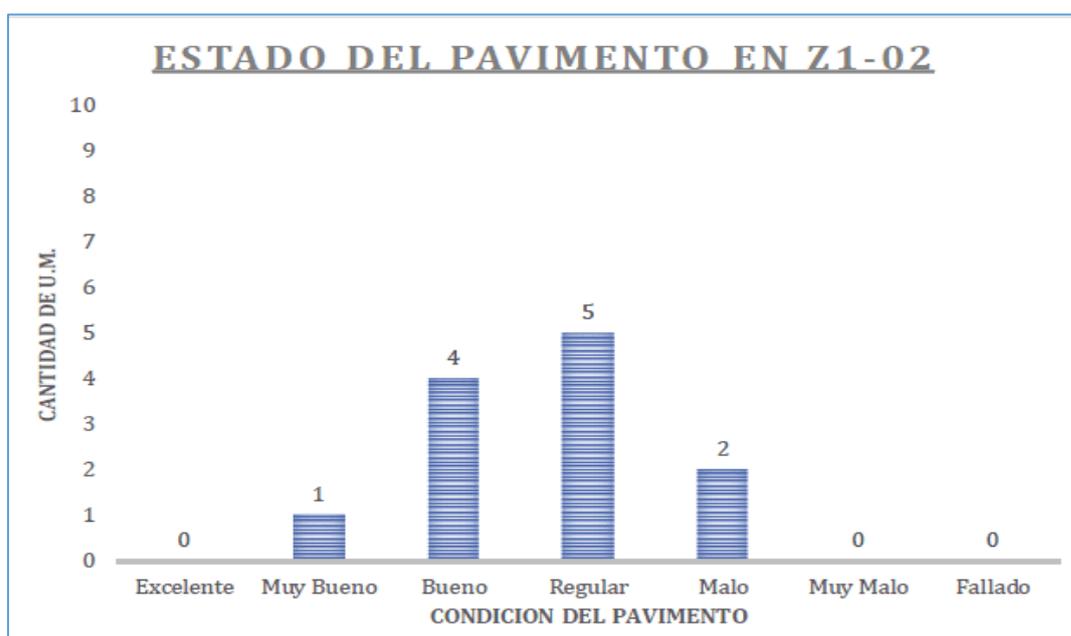


Nota: Elaborado para la consolidación

Los datos del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestreo en la Zona Z1-02 se presentan en la Gráfica 7. En ella, se destaca que el PCI máximo registrado es de 73,9 en la UM-14, indicando una condición considerada como MUY BUENA. En contraste, se observa que el valor mínimo de PCI es de 31,7 en la UM-17, lo que representa una condición catalogada como MALA.

Del mismo modo, los datos computados en la Tabla 15 permitieron determinar en la Zona Z1-02, la condición de pavimento más frecuente, lo cual se ilustra en la Gráfica 8.

*Gráfico 8:
Condición de pavimento más frecuente en la zona Z1-02*



Nota: Elaborado para la consolidación

La Gráfica 8 ilustra que la condición más común de los pavimentos en la Zona Z1-02, fue la categoría REGULAR, la cual se presenta en 5 unidades de muestreo seguida de bueno con 4 unidades de muestreo.

C) ESTUDIO DE LA Z1- LA OROYA VÍA Z1-03 (CALLE PIURA)

CONSOLIDACIONES DE LOS HALLAZGOS EN LOS PARÁMETROS EVALUADOS

La Tabla 16 muestra los datos calculados según el tipo de falla, severidad y cantidad de fallas registradas en el campo, con el propósito de posteriormente procesarlos y calcular el Índice de Condición del Pavimento (PCI) de la Zona 1 (La Oroya) Vía Z1-03 (Calle Piura).

Tabla 16:

Resultados de la evaluación de los parámetros obtenidos en el campo para la Zona Z1-03.

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA		SEVERIDAD		
				H	M	L
Z1	Z1-03	21	Pandeo	0	0	0
		22	Grieta de esquina	4	0	0
		23	Losa dividida	0	3	0
		24	Grieta de durabilidad "D"	0	0	0
		25	Escala	0	6	0
		26	Sello de junta	0	0	0
		27	Desnivel Carril / Berma	0	0	0
		28	Grieta lineal	1	0	0
		29	Parche Grande (Área > 0.45m ²)	0	0	0
		30	Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0	0	0
		31	Pulimento de Agregados	20	6	0
		32	Popouts	0	0	0
		33	Bombeo	0	0	0
		34	Punzonamiento	0	0	0
		35	Cruce de vía férrea	0	0	0
		36	Desconchamiento	2	8	9
		37	Retracción	0	0	6
		38	Descascaramiento de esquina	0	9	0
		39	Descascaramiento de junta	0	17	0

Nota: Elaborado para la consolidación

La Tabla 17 presenta el recuento de las losas que muestran cada tipo de falla.

Tabla 17:

Resultados de la cantidad de losas que posee cada tipo de falla de la Z1-03

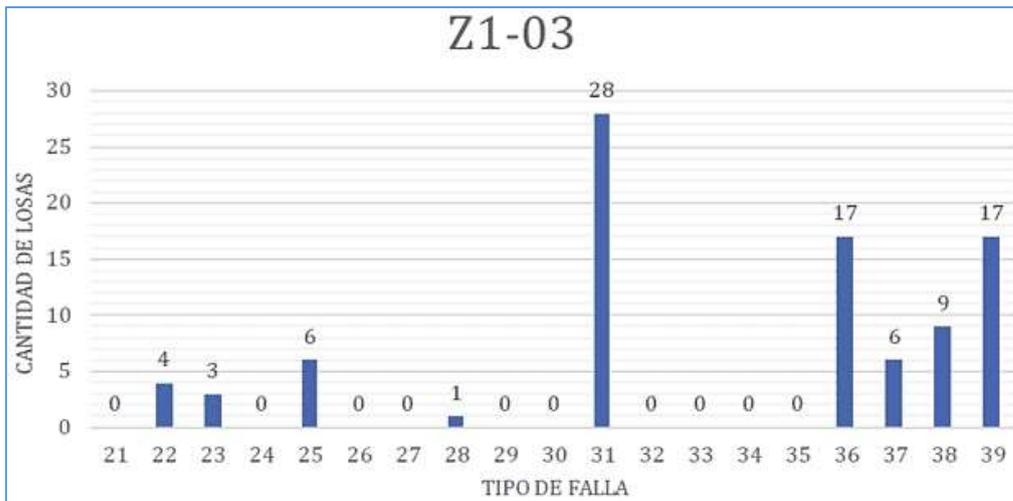
ZONA	CÓDIGO DE VÍA	TIPO DE FALLA	CANT. DE LOSAS
Z1	Z1-03	21 Pandeo	0
		22 Grieta de esquina	4
		23 Losa dividida	3
		24 Grieta de durabilidad "D"	0
		25 Escala	6
		26 Sello de junta	0
		27 Desnivel Carril / Berma	0
		28 Grieta lineal	1
		29 Parche Grande (Área > 0.45m ²)	0
		30 Parche Pequeño (Área < 0.45m ²)	0
		31 Pulimento de Agregados	28
		32 Popouts	0
		33 Bombeo	0
		34 Punzonamiento	0
		35 Cruce de vía férrea	0
		36 Desconchamiento	17
		37 Retracción	6
		38 Descascaramiento de esquina	9
		39 Descascaramiento de junta	17

Nota: Elaborado para la consolidación

Se realizó una comparación entre la Cantidad de Losas por tipo de Falla utilizando los datos presentados en la Tabla 17, con el objetivo de identificar la falla más recurrente en la Zona Z1-03. Los resultados, representados en el Gráfico 9, revelan que la falla más común es el Pulimento de Agregados (Falla 31), presente en 28 losas de las 2 Unidades

de Muestreo evaluadas en esta área. Le siguen la Falla 36 (Desconchamiento) y la Falla 39 (Descascaramiento de Junta), ambas encontradas en 17 losas. Además, no se registraron las fallas de tipo 21 (Pandeo), 24 (Grieta de Durabilidad), 26 (Sello de Junta), 27 (Desnivel Carril/Berma), 29 (Parche Grande), 30 (Parche Pequeño), 32 (Popouts), 33 (Bombeo), 34 (Punzonamiento) y 35 (Cruce de Vía Férrea), y se confirmó la falta de intersección en este último caso.

*Gráfico 9:
Hallazgos sobre la distribución de losas según el tipo de falla detectada.*



Nota: Elaborado para la consolidación

A partir de los datos calculados y consignados en la tabla 16, se generó la Gráfica 10, la cual exhibe la distribución de las losas según el tipo de falla y su nivel de severidad en las 2 Unidades de Muestreo ubicadas en la zona Z1-03.

*Gráfico 10:
Hallazgos de la cantidad de losas afectadas por tipo de falla y nivel de severidad.*



Nota: Elaborado para la consolidación

Los resultados reflejados en la Gráfica 10 indican que la falla más común es el Pulimiento de Agregados (Falla 31) con una severidad Alta (H), detectada en 20 losas. Le sigue en frecuencia la falla de Descascaramiento de Junta (Falla 39) con una severidad Media (M), identificada en 17 losas.

PUNTUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ZONA Z1-03.

Luego de recolectar los parámetros de evaluación de las 2 unidades de muestreo en la Calle Piura procedimos a la aplicación de la metodología del Índice de Condición del Pavimento (PCI), donde se calcula su índice de condición y así determinar su estado actual. En la tabla 18 se detallan los resultados del análisis correspondiente.

Tabla 18:
Índice de Condición del Pavimento en la Zona Z1-03, Calle Piura.

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	UND DE MUESTRA	PCI	CONDICIÓN	PCI DE LA ZONA	CONDICIÓN DE LA ZONA
Z1	Z1-03	UM-23	47.7	REGULAR	44,75	REGULAR
Z1	Z1-03	UM-24	41.8	REGULAR		

Nota: Elaborado para la consolidación

Al examinar detalladamente los datos consignados en la tabla 18, se calcula un Índice de Condición del Pavimento Rígido para la Zona Z1-03 de 44,75. Este índice proporciona una clasificación que sitúa el estado del pavimento en la categoría de REGULAR. Esta evaluación se basa en los parámetros y criterios establecidos por la metodología utilizada para la medición y análisis del pavimento, reflejando así la condición general del pavimento en la zona evaluada.

Gráfico 11:
Distribución de los PCI por cada unidad de muestreo en la Zona Z1-03.

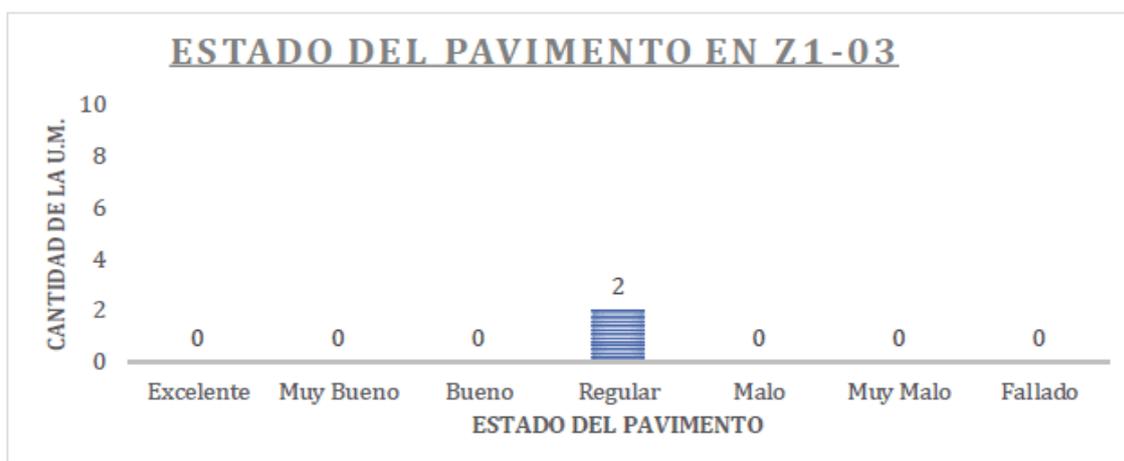


Nota: Elaborado para la consolidación

En el Gráfico 11 se puede apreciar la distribución del Índice de Condición del Pavimento (PCI) para cada unidad de muestreo en la Zona Z1-03. Es esencial destacar que este índice es una medida crucial que refleja la salud general de la superficie del pavimento, considerando diversos factores como la presencia de grietas, deformaciones y otros tipos de deterioro. En este contexto, es importante notar que el valor máximo del PCI, alcanzado en la UM-23 con 47,7, aunque se clasifique como REGULAR, sugiere una condición aceptable del pavimento en esa ubicación específica. Por otro lado, el valor mínimo del PCI, registrado en la UM-24 con 41,8, también catalogado como REGULAR, señala una situación similar en términos de condición.

Gráfico 12:

La condición predominante del pavimento en la Zona Z1-03



Nota: Elaborado para la consolidación

La Gráfica 12 exhibe que la condición más común de los pavimentos es la categoría REGULAR, la cual se encuentra presente en 2 unidades de muestreo en la Zona Z1-03.

5.1.3. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI) Y ESTADO DEL PAVIMENTO EN LA ZONA 1 – LA OROYA

La Tabla 19 cumple un papel crucial al proporcionar un resumen detallado de los resultados del Índice de Condición y la evaluación del estado del pavimento rígido en las tres zonas que componen la Z1 – La Oroya. Este análisis se lleva a cabo con el objetivo específico de derivar un Índice de Condición Pavimentaria General para la mencionada zona.

Tabla 19:
 Datos sobre el Índice de Condición en La Oroya Z1.

ZONA	CÓD. DE VÍA	UM	PCI	CONDICIÓN	PCI DE LA ZONA	CONDICIÓN DE LA ZONA	PCI GENERAL	CONDICIÓN GENERAL
Z1	Z1-01	UM-01	50.6	REGULAR	43,06	REGULAR	46,26	REGULAR
Z1	Z1-01	UM-02	49	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-03	41	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-04	36.6	MALO				
Z1	Z1-01	UM-05	40.5	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-06	51.6	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-07	16	MUY MALO				
Z1	Z1-01	UM-08	44.8	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-09	50	REGULAR				
Z1	Z1-01	UM-10	50.5	REGULAR				
Z1	Z1-02	UM-11	50.5	REGULAR	50,98	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-12	40.5	REGULAR				
Z1	Z1-02	UM-13	54	BUENO				
Z1	Z1-02	UM-14	73.9	MUY BUENO				
Z1	Z1-02	UM-15	51.6	REGULAR				
Z1	Z1-02	UM-16	32	MALO				
Z1	Z1-02	UM-17	31.7	MALO				
Z1	Z1-02	UM-18	69	BUENO				
Z1	Z1-02	UM-19	55.2	BUENO				
Z1	Z1-02	UM-20	55.4	BUENO				
Z1	Z1-02	UM-21	49	REGULAR				
Z1	Z1-02	UM-22	49	REGULAR				
Z1	Z1-03	UM-23	47.7	REGULAR				
Z1	Z1-03	UM-24	41.8	REGULAR				

Nota: Elaborado para la consolidación

Los datos presentados en la Tabla 19 ofrecen una visión clara del Índice de Condición del pavimento en la Zona 1 de La Oroya. Con un valor de 46,26, el pavimento se clasifica como REGULAR según los criterios establecidos. Esta información es crucial para comprender el estado general de las carreteras en esta área y para tomar decisiones informadas sobre cualquier acción necesaria de mantenimiento o rehabilitación.

Tabla 20:

Resumen de la Evaluación del Pavimento y el Índice de Condición en toda la Zona de Estudio

ZONA	CÓDIGO DE VÍA	UND DE MUESTRA	PCI	CONDICIÓN	PCI DE LA ZONA	CONDICIÓN DE LA ZONA
Z1	Z1-01	UM-01	50,6	REGULAR	43,06	REGULAR
Z1	Z1-01	UM-02	49	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-03	41	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-04	36,6	MALO		
Z1	Z1-01	UM-05	40,5	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-06	51,6	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-07	16	MUY MALO		
Z1	Z1-01	UM-08	44,8	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-09	50	REGULAR		
Z1	Z1-01	UM-10	50,5	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-11	50,5	REGULAR	50,98	REGULAR
Z1	Z1-02	UM-12	40,5	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-13	54	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-14	73,9	MUY BUENO		
Z1	Z1-02	UM-15	51,6	REGULAR		
Z1	Z1-02	UM-16	32	MALO		
Z1	Z1-02	UM-17	31,7	MALO		
Z1	Z1-02	UM-18	69	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-19	55,2	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-20	55,4	BUENO		
Z1	Z1-02	UM-21	49	REGULAR	44,75	REGULAR
Z1	Z1-03	UM-22	49	REGULAR		
Z1	Z1-03	UM-23	47,7	REGULAR	44,75	REGULAR
Z1	Z1-03	UM-24	41,8	REGULAR		

Nota: Elaborado para la consolidación

La subdivisión de la Zona de Estudio en tramos específicos permite un análisis detallado del estado del pavimento en diferentes áreas de la carretera central (3S), así como en las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya. Estos tramos se identifican mediante códigos específicos que facilitan la recopilación y presentación de datos. La Tabla 20 resume los resultados de la evaluación del pavimento y los índices de condición obtenidos para cada uno de estos tramos, lo que proporciona una visión general de la calidad del pavimento en toda la zona de estudio.

5.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

5.2.1. Hipótesis general

Los hallazgos de la Evaluación de la Condición del Pavimento en el tramo del Anillo Vial de la carretera central (3S), junto con las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, indican que el estado actual de las vías es REGULAR. Esto confirma la validez de la hipótesis planteada inicialmente.

5.2.2. Hipótesis específicas

- Se empleó el método del Índice de Condición PCI para evaluar el estado del pavimento rígido en el tramo de la carretera central (3S), así como en las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya. Se obtuvo un índice PCI de 32, aproximándose al valor propuesto en la primera Hipótesis Específica, lo que confirma su validez.
- Durante el análisis exhaustivo de todo el pavimento rígido en este tramo, se destacó la prevalencia de la falla tipo 31, conocida como Pulimiento de Agregados, encontrada en 857 losas de las 72 Unidades de Muestreo evaluadas. Asimismo, la falla tipo 23, denominada Losa Dividida, estuvo presente en 438 losas, respaldando la segunda hipótesis planteada.
- En el tramo del Anillo Vial La Oroya, distrito de la provincia de Yauli, se identificó que la falla más severa fue el tipo 31, Pulimiento de Agregados, catalogada con un Grado de Severidad Alta (H). Esta anomalía se observó en 627 losas de las 72 unidades de muestreo, reforzando la validez de la tercera hipótesis específica.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de la condición del pavimento en el anillo vial del tramo de la carretera central (3S), así como en las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, arrojó resultados reveladores que respaldan las hipótesis planteadas en este estudio.

En primer lugar, la evaluación general del estado actual del pavimento indica que se encuentra en un estado clasificado como “REGULAR”. Este resultado confirma la hipótesis general que sostiene que la condición del pavimento en esta área específica es motivo de preocupación. El empleo del método del Índice de Condición PCI proporcionó un valor de 32, aproximándose al valor predicho en la primera hipótesis específica. Esto valida la premisa de que la aplicación de este método proporcionaría información precisa sobre la condición del pavimento.

En un análisis más detenido, la identificación de fallas específicas revela que el pulimiento de agregados, designado como falla de tipo 31, es la más recurrente en el pavimento rígido evaluado. Este hallazgo respalda la segunda hipótesis específica, que postula la presencia significativa de esta falla. La magnitud de esta problemática se evidencia al encontrarse en 857 losas de las 72 Unidades de Muestreo evaluadas. La Losa Dividida, categorizada como falla de tipo 23, también se presenta con frecuencia, reforzando así la validez de la segunda hipótesis específica.

En términos de severidad, la tercera hipótesis específica, que sugiere que la falla de Pulimiento de Agregados (Tipo 31) es la de mayor gravedad, se confirma al clasificarla como “Alta Severidad (H)” en 627 losas de las 72 unidades de muestreo. Este dato resalta la importancia de abordar de manera prioritaria esta problemática específica para mantener la integridad y seguridad del pavimento en el área evaluada.

En conjunto, estos resultados no solo confirman las hipótesis planteadas, sino que también proporcionan información crucial para la planificación de intervenciones y mantenimiento en el pavimento de la zona estudiada. La presencia frecuente de ciertos tipos de fallas y su clasificación según su severidad destacan áreas críticas que requieren atención inmediata para garantizar la durabilidad y la seguridad de la infraestructura vial en cuestión.

La evaluación de la condición del pavimento en el anillo vial del tramo de la carretera central (3S) y las calles Piura y Malecón Odría en La Oroya, provincia de Yauli, se inscribe en un contexto donde la infraestructura vial se enfrenta a desafíos significativos a nivel mundial. Examinando antecedentes y conectando los resultados con bases teóricas, se pueden establecer vínculos valiosos para comprender mejor el impacto y la gestión de las condiciones del pavimento.

Se han realizado diversas evaluaciones de pavimentos a nivel global, y la tendencia general es la preocupación por el deterioro progresivo de las carreteras, especialmente en áreas urbanas y zonas de alto tráfico. Comparativamente, los resultados obtenidos en La Oroya reflejan un estado de pavimento clasificado como “REGULAR”, lo cual concuerda con hallazgos previos en situaciones similares. Esta consistencia destaca la universalidad de los desafíos asociados con la infraestructura vial y subraya la necesidad de enfoques efectivos de mantenimiento.

La aplicación del Índice de Condición PCI como método de evaluación se alinea con las bases teóricas que sostienen la importancia de métricas cuantitativas para evaluar la integridad del pavimento. La teoría respalda la noción de que un índice cuantitativo proporciona una evaluación más objetiva y reproducible de la condición del pavimento en comparación con métodos subjetivos. El valor de PCI obtenido (32) se aproxima a lo anticipado, respaldando la efectividad del método y fortaleciendo la validez teórica de su aplicación.

Al conectar los resultados con la literatura existente sobre tipos de fallas en pavimentos rígidos, se confirma que el pulimiento de agregados (Falla 31) es una preocupación recurrente. Investigaciones anteriores indican que este tipo de falla puede estar asociado con factores como la calidad de los materiales y la intensidad del tráfico. La identificación de la Losa Dividida (Falla 23) también está respaldada por la teoría, destacando la variabilidad de las condiciones del pavimento y la necesidad de abordar problemas estructurales.

La clasificación de la falla de Pulimiento de Agregados como de “Alta Severidad (H)” refleja la teoría de que ciertos tipos de fallas pueden tener impactos más significativos en la durabilidad y la seguridad de la infraestructura vial. Esto refuerza la importancia de un enfoque estratégico y prioritario para abordar estas áreas críticas.

En conclusión, la comparación con antecedentes y la conexión con las bases teóricas validan y enriquecen los resultados obtenidos en la evaluación del pavimento en La Oroya. Este análisis contextual proporciona una comprensión más profunda de los desafíos específicos que enfrenta la zona estudiada y ofrece perspectivas valiosas para futuras investigaciones y acciones de mantenimiento.

CONCLUSIONES

La metodología del Índice de Condición PCI proporciona una evaluación del estado de un pavimento mediante el cálculo de su índice de condición, basado en el análisis de parámetros definidos por la Norma ASTM D 6433. Al aplicar esta metodología al tramo de las calles el tramo del Anillo Vial de la carretera central (3S), así como las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, se determinó que su estado es REGULAR.

El índice promedio del tramo examinado, que incluye las calles del Anillo Vial de la carretera central (3S) y las calles Piura y Malecón Odría en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, se calculó a partir de los valores del Índice de Condición PCI obtenidos en las tres zonas evaluadas. Específicamente, en la Zona Z1 – La Oroya, se registró un índice de 46.26, también clasificado como REGULAR. Este promedio refleja el estado general del pavimento en el área estudiada, proporcionando una visión global de su condición y sirviendo como referencia para futuras acciones de mantenimiento y gestión de la infraestructura vial en la región.

Durante el análisis realizado a lo largo de los 4.64 kilómetros de extensión, se detectaron un total de 18 tipos de fallos, de los 19 establecidos por la norma ASTM D 6433. Entre estos, los más frecuentes son el Pulimiento de Agregados, las Losas Divididas, los Popouts y el Descascaramiento de Junta, como se evidencia en las tablas y gráficos correspondientes. Este hallazgo subraya la diversidad de problemas que afectan al pavimento en la zona estudiada, proporcionando una visión integral de las deficiencias presentes y destacando áreas clave que requieren atención y posible intervención para mejorar la calidad y seguridad de la infraestructura vial.

Durante el análisis, se determinó que la falla más grave es el Pulimiento de Agregados (tipo 31), que afecta a 627 losas en la zona estudiada. Le sigue en frecuencia la falla de Losa Dividida (tipo 23), la cual fue identificada en 370 losas. Este hallazgo resalta la importancia del Pulimiento de Agregados como un problema significativo que requiere atención prioritaria para mejorar la calidad y seguridad del pavimento en la región.

La degradación del pavimento en las calles que abarcan desde la carretera central (3S) hasta las calles Piura y Malecón Odría, en el distrito de La Oroya, provincia de Yauli, en un estado regular, se debe principalmente a la ausencia de mantenimiento adecuado en estas vías. Al analizar el tramo por zonas, se observa que los pavimentos tienen diferentes

años de antigüedad, lo que también influye en su deterioro general. Esta falta de mantenimiento y las disparidades en la edad de los pavimentos son factores clave que contribuyen al estado actual del pavimento en la región.

RECOMENDACIONES

Basándome en las conclusiones proporcionadas, aquí tienes cuatro recomendaciones específicas:

Implementar un Programa de Mantenimiento Prioritario: Dada la identificación de fallas críticas, especialmente el Pulimiento de Agregados y las Losas Divididas, se recomienda establecer un programa de mantenimiento específico que priorice la reparación y el refuerzo de las áreas afectadas. Esta acción preventiva puede ayudar a evitar un deterioro más extenso del pavimento.

Desarrollar Estrategias Específicas para Pulimiento de Agregados: Dado que la falla de Pulimiento de Agregados se identifica como la de mayor severidad, se sugiere desarrollar estrategias específicas para abordar esta problemática. Esto puede incluir la aplicación de tratamientos superficiales, el uso de materiales más resistentes o técnicas de reparación especializadas.

Programa de Monitoreo Continuo para Evaluar la Efectividad de las Intervenciones: Establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar la efectividad de las intervenciones de mantenimiento. Esto permitirá un seguimiento cercano de la evolución de las condiciones del pavimento después de las reparaciones y facilitará ajustes inmediatos si es necesario.

Planificación de Mantenimiento Diferenciado según la Antigüedad del Pavimento: Dado que se observa que los pavimentos tienen distintas antigüedades a lo largo del tramo, se recomienda una planificación de mantenimiento diferenciado. Este enfoque consideraría las necesidades específicas de cada sección, abordando de manera más efectiva las áreas que puedan requerir intervenciones más urgentes debido a su mayor antigüedad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, L. M., & Zarate, M. (7 de Octubre de 2010). *importancia y ventajas de la evaluación de pavimentos antes de entrar en operación*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Asociacion Mexicana Del Asfalto, AC: <https://trid.trb.org/view/948311>
- Barragán, B., & Botache, H. R. (2021). *Evaluación funcional del pavimento rígido, mediante la metodología PCI de La Carrera 8 entre Calles 2 hasta La Calle 21 del municipio de El Espinal Tolima*. Facultad De Ingenieria – Programa De Ingenieria Civil. Girardot, Co: Universidad Piloto De Colombia. Recuperado el 30 de Julio de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11511/MONOGRAFIA%20BLADIMIR%20BARRAGAN%20Y%20HERNAN%20BOTACHE%20%205%20DE%20NOV.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- BECOSAN. (27 de Septiembre de 2020). *¿Cuál es la diferencia entre hormigón pretensado y hormigón postensado?* Recuperado el 31 de Julio de 2023, de BECOSAN: <https://www.becosan.com/es/faq/cual-es-la-diferencia-entre-hormigon-pretensado-y-hormigon-postensado/>
- Beltrán Armenta, J. L. (2020). *Revisión De Los Factores Que Influyen En El Desempeño Del Concreto Hidráulico Elaborado Con Adiciones De Plástico Reciclado*. Mexicali, B. C.: Universidad Autónoma De Baja California.
- Bermudez, C. C., Ramirez, J. A., & Soto, J. F. (2020). *Evaluación patológica del pavimento rígido para el tramo K0+480 hasta el K0+960 de la Avenida Ferrocarril ubicada en el municipio de Ibagué departamento del Tolima*. Facultad De Ingenieria – Programa De Ingenieria Civil. Ibagué: Universidad Cooperativa De Colombia. Recuperado el 30 de Julio de 2023, de <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/5bff1f5b-c5a0-4421-b653-04f722ce2821/download>
- Bravo, M. (2020). *Evaluación superficial de pavimentos asfálticos mediante las metodologías del MTC Perú y PCI*. Facultad De Ingeniería – Escuela Profesional De Ingeniería Civil. Lima: Universidad Ricardo Palma. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/3895/CIV-T030_10547333_T%20%20%20BRAVO%20REYES%20%20MIGUEL.pdf?sequence=1
- Celestino, J. A. (2016). *Evaluación del nivel de patologías del pavimento en el distrito de Ica durante el periodo de marzo a agosto del año 2016*. Facultad De Ingenierías Y Arquitectura – Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil. Ica: Universidad Alas Peruanas. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uap.edu.pe/jspui/bitstream/20.500.12990/2951/1/Tesis_evaluaci%C3%B3n.nivel_patolog%C3%ADas.pavimento_distrito%20ica_perodo%20marzo-agosto_2016.pdf

- Chaname, K. G., & Tineo, O. G. (2020). *Evaluación de las patologías del pavimento en las calles del distrito de Monsefú, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, año 2018 – 2019*. Facultad De Ingeniería Y Arquitectura – Escuela Profesional De Ingeniería Civil. Chiclayo: Universidad de San Martín de Porres. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/7641>
- Chang, C. (4 de Mayo de 2010). *Evaluación De Pavimentos: Criterios y Aplicaciones*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de RePanorama Vial: <https://rePanoramavial.com/evaluacion-de-pavimentos-criterios-y-aplicaciones-26154/>
- Chauca, M. A., & Pomatoca, B. R. (2022). *Evaluación del ciclo de vida del pavimento rígido y flexible en vías arteriales y colectoras de la ciudad de Riobamba*. Facultad De Ingeniería – Carrera Ingeniería Civil. Riobamba, Ec.: Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10104>
- Fuertes, L. F., & Mora, M. P. (2021). *Evaluación funcional del pavimento de la Diagonal 8 y la Av. El Peñón desde la calle 40 hasta la calle 48 del municipio de Girardot, mediante la metodología PCI*. Facultad De Ingeniería – Programa De Ingeniería Civil. Girardot, Co: Universidad Piloto De Colombia – Seccional Del Alto Magdalena. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/11083/MONOGRAF%C3%8DA%20PAULA%20MORA%20-%20LUISA%20FUERTES.pdf?sequence=2>
- Godoy, A. J., & Ramírez, R. F. (11 de Noviembre de 2006). *Patología de pavimentos rígidos de la ciudad de asunción*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Ingenieros Civiles, FIUNA: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://ing.una.py/pdf/1er-congreso-nacional-ingcivil/01pa-vi01.pdf>
- Granda, C. G. (2019). *Evaluación de la condición del pavimento rígido por el Método PCI en el anillo vial tramo Chaupimarca–Yanacancha–Pasco 2018*”. Facultad De Ingeniería – E.F.P. De Ingeniería Civil. Pasco: Universidad Nacional Daniel Alacides Carrión. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/622/1/T026_70871624_T.pdf
- Herrera, Y., Herrera, Y., & Rodriguez, H. (2021). *Evaluación patológica del pavimento rígido en el segmento de vía ubicada en la calle 13b y 14, con carrera sexta del municipio de Ambalema– Tolima*. Facultad De Ingeniería Civil. Ibagué:

- Universidad Cooperativa De Colombia. Recuperado el 30 de Julio de 2023, de <https://repository.ucc.edu.co/items/8f74a139-3c65-4c4b-8f9e-41fc823b5110>
- IBCH. (16 de Octubre de 2012). *Manual De Pavimentos Rígidos*. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón – IBCH: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/LOTAIP2015_tomo_2__normas.pdf
- IDPP. (20 de Febrero de 2013). *Guia AASHTO 93 Version en Español – Diseño de estructuras de pavimento*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Scribd. Com: <https://es.scribd.com/doc/126459232/Guia-AASHTO-93-version-en-espanol#>
- Lugo Mejía, J. E., & Torres Pérez, Y. S. (2019). *Caracterización Del Comportamiento Mecánico Del Concreto Simple Con Adición De Fibras Poliméricas Recicladas Pet*. Bogotá: Universidad Católica De Colombia.
- Metro Cali S.A. (27 de Mayo de 2013). *Metodología De Inspección Visual De Pavimentos*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Metro Cali S.A.: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://metrocali.gov.co/wp/wp-content/uploads/2019/07/MC-5.8.2.01.13/Anexo-03-Inspeccion-Visual.pdf
- Mocondino, J. J. (11 de Marzo de 2020). *Pavimentos – ¿Qué son los pavimento y cómo se clasifican?* Recuperado el 31 de Julio de 2023, de LinkedIn Corporation: <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-son-los-pavimento-y-c%C3%B3mo-se-clasifican-jhonn-jairo-mocondino-r/?originalSubdomain=es>
- Niola, M. M. (2015). *Analisis de las fallas del pavimento flexible de la Av. Arízaga entre Nueve de Mayo y Ayacucho*. Unidad Académica De Ingeniería Civil – Carrera De Ingeniería Civil. Machala: Universidad Técnica De Machala. Recuperado el 4 de Agosto de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/5003/1/TTUAIC_2015_IC_CD0063.pdf
- Oblitas, B. E., Medina, I. I., & Paredes, C. R. (16 de Mayo de 2022). Índice de regularidad internacional e índice de condición de pavimento para definir niveles de serviciabilidad de pavimentos. *Iteckne*, XVIII(2), 170–175. doi:<https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i2.2616>
- ONU-PNUMA. (21 de Octubre de 2021). *Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente*. Obtenido de ONU-Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente : <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Patiño, G. A., Ovalles, F. A., & Gutiérrez, F. A. (3 de Octubre de 2006). *Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de

Instituto Nacional de Vías – INVIAS: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/manuales-de-inspeccion-de-obras/664-manual-para-la-inspeccion-visual-de-pavimentos-rigidos/file

- Pérez, J. F., & Ramirez, J. K. (2018). *Evaluación y determinación de las patologías del pavimento asfáltico en la Av. Los Tréboles – Distrito De Chiclayo – Provincia De Chiclayo – Departamento Lambayeque*. Facultad De Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo – Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5534/P%C3%A9rez%20Le%C3%B3n%20%26%20Ramirez%20Leyva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quispe, J. R., & Condor, A. (2020). *Condición de superficie de pavimentos rígidos analizados mediante métodos convencionales–calles Andrés Avelino Cáceres y Casa Blanca, Santo Tomas, Cusco–2020*. Facultad De Ingeniería – Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. Arequipa: Universidad Continental. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9753/4/IV_FIN_105_TI_Quispe_Condor_2020.pdf
- Ratía, C. (11 de Noviembre de 2017). *Fallas en pavimentos rígidos*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Steemit: <https://steemit.com/science/@cindyratia/fallas-en-pavimentos-rigidos>
- Rondón, H. A., & Reyes, F. A. (2022). *Pavimentos – Materiales, construcción y diseño* (Segunda ed.). (F. A. Reyes, Ed.) Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Recuperado el 31 de Julio de 2023, de https://www.google.com.pe/books/edition/Pavimentos_2da_edici%C3%B3n/UBt1EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1
- Sánchez, H., & Reyes, C. (2017). *Metodología y Diseños de la Investigación Científica* (Quinta ed.). Lima–Perú: Bussiness Support Aneth.
- Sánchez, X. A. (2003). *Diseños de pavimentos articulados para tráfico medio y alto*. Facultad de Ingeniería – Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá: Universidad Los Andes. Recuperado el 31 de Julio de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/20919/u245809.pdf
- Tamayo y Tamayo, M. (2012). *El proceso de la investigación científica*. México: Limusa.
- Terrones, J. N. (2021). *Evaluación de pavimentos rígidos barrio Cumbe Mayo – Cajamarca, 2019*. Facultad De Ingeniería – Carrera de Ingeniería Civil . Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Recuperado el 29 de Julio de 2023, de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.upn.edu.pe/bit

stream/handle/11537/29251/Terrones%20Ruiz%20Juan%20Nilson.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Vásquez, L. R. (15 de Febrero de 2002). *Pavement Condition Index (PCI) – para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Recuperado el 3 de Agosto de 2023, de Ingepav –Ingeniería de Pavimentos: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-pci1.pdf
- Villamar, W. (20 de Julio de 2023). *Método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos rígidos 1.1*. Recuperado el 1 de Agosto de 2023, de Academia: https://www.academia.edu/30286453/CAPITULO_I_M%C3%89TODO_AASHTO_93_PARA_EL_DISE%C3%91O_DE_PAVIMENTOS_R%C3%8DGIDOS_1_1_RESUMEN
- Villarreal García, G. A., & Toro Tipán, E. A. (2019). *Análisis Comparativo De Las Propiedades Fisico-Mecánicas De Un Hormigón Alivianado Con Poliestireno Expandido Con Relacion A Un Hormigón De Peso Normal*. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Vinicio, M., & Serment, A. (12 de Junio de 2012). *Pavimentos Rígidos y Flexibles, Ventajas y Desventajas*. Recuperado el 31 de Julio de 2023, de Asociación Mexicana De Ingeniería De Vías Terrestres, A. C.: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.amivtac.org/spanelWeb/file-manager/Biblioteca_Amivtac/Reuniones-Nacionales/XIX/XIX-006-a-Pavimentos-Rigidos-y-Flexibles-Ventajas-y-Desventajas.pdf
- WISE. (23 de Febrero de 2018). *¿Qué es un pavimento flexible y cuándo conviene usarlo?* Recuperado el 30 de Julio de 2023, de WISE: <https://blog.wise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo#:~:text=Se%20entender%C3%A1%20por%20pavimento%20flexible,los%20productos%20de%20la%20hulla.>

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Evaluación de la condición del pavimento rígido por el método PCI, provincia de Yauli, 2023

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
General	General	General	VARIABLE DEPENDIENTE	MÉTODO: Método científico
¿Cuál es el estado del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?	Realizar una evaluación del estado del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli utilizando el método del Índice de Condición de Pavimento (PCI) durante el año 2023.	La evaluación de la condición del pavimento rígido utilizando el enfoque del Índice de Condición de Pavimento (PCI), se concluye que el estado actual del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli se clasifica como DEFICIENTE.	CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada
Específicos	Específicos	Específicos	VARIABLE INDEPENDIENTE	ENFOQUE: Mixto
¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?	Realizar la evaluación del Índice de Condición del Pavimento Rígido en el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli utilizando el método del Índice de Condición de	El Índice de Condición del Pavimento Rígido del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli, evaluado mediante el Método PCI para el año 2023, arroja un valor de 30. Las fallas más frecuentes identificadas en el	MÉTODO PCI	NIVEL DE INVESTIGACIÓN: descriptiva
				DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: no Experimenta
				POBLACIÓN La población objeto de estudio en esta investigación abarca todas las vías que conforman el tramo de la carretera central (3S), en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli.

<p>¿Cuáles son las principales deficiencias encontradas en el pavimento rígido el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?</p> <p>¿Cuáles son las fallas de mayor gravedad presentes en el pavimento rígido el tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli en el año 2023?</p>	<p>Pavimento (PCI) durante el año 2023.</p> <p>Determinar las deficiencias más recurrentes en el pavimento rígido del tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023.</p> <p>Identificar las deficiencias de mayor gravedad presentes en el pavimento rígido del tramo de las calles de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023.</p>	<p>Pavimento Rígido del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023 son las Losas Divididas y el pulimiento de agregado.</p> <p>Las deficiencias de mayor gravedad observadas en el Pavimento Rígido del del tramo de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría en el distrito de La Oroya de la provincia de Yauli durante el año 2023 corresponden a las fallas de tipo pulimiento de agregados.</p>		<p>MUESTRA La muestra de este estudio incluye un conjunto selecto de vías pertenecientes al recorrido de la carretera central (3S), calle Piura y calle Malecón Odría</p> <p>MUETREO No probabilístico</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Dependiente

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	MEDICIÓN / VALORACIÓN	INSTRUMENTO
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO	Primera Etapa Trabajo de Campo o Inspección Visual	Parámetros de Evaluación	Tipo de Falla	Formato de Registro PCI-02 y Evaluación en Gabinete
			Grado de Severidad de la falla	
			N° de Losas	
	Segunda Etapa Trabajo en Gabinete o Cálculo del PCI	Índice de la Condición del Pavimento	Proceso de Análisis	
Condición del Pavimento		Determinación de la Condición del pavimento		

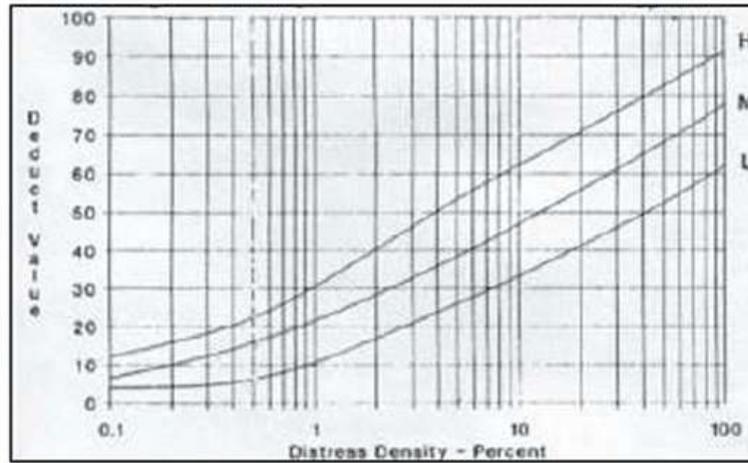
Nota: Elaborado para la consolidación

Variable Independiente

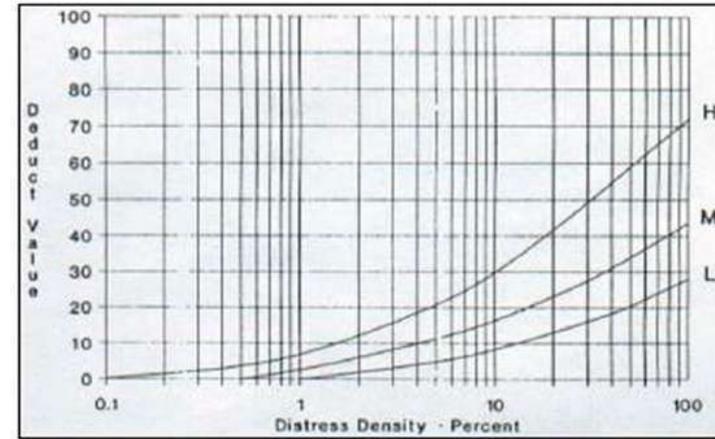
VARIABLE	INDICADOR	SUB INDICADOR	MEDICIÓN / VALORACIÓN	INSTRUMENTO
MÉTODO ÍNDICE DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)	Parámetros de Evaluación	Tipo de Falla	Tipos de fallas.	Formato PCI-02
		Grado de Severidad de la falla	Bajo / Medio / Alto	
		N° de Losas	N° de Veces que se repite dicha falla en la U.M.	
	Índice de Condición de Pavimento	Cálculo de Valores Deducidos (VD).	V.D. por cada tipo de falla.	Curva de Valores Deducidos.
		Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).	Número Máximo Admisible de Valores Deducidos	Ecuación N° 1
		Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido” (CDV).	Mayor valor de los CDVs.	Formato PCI-02-01
		Cálculo del PCI.	100 – Máx. CDV	
	Condición del Pavimento	Rangos del PCI.	100 – 85	Evaluación en Gabinete
			85 – 70	
	70 – 55			
55 – 40				
40 – 25				
25 – 10				
10 – 0	Muy Bueno	Evaluación en Gabinete		
Determinación de la Condición del pavimento	Bueno			
	Regular			
	Malo			
	Muy Malo			
	Fallado			

EVIDENCIAS DEL INFORME

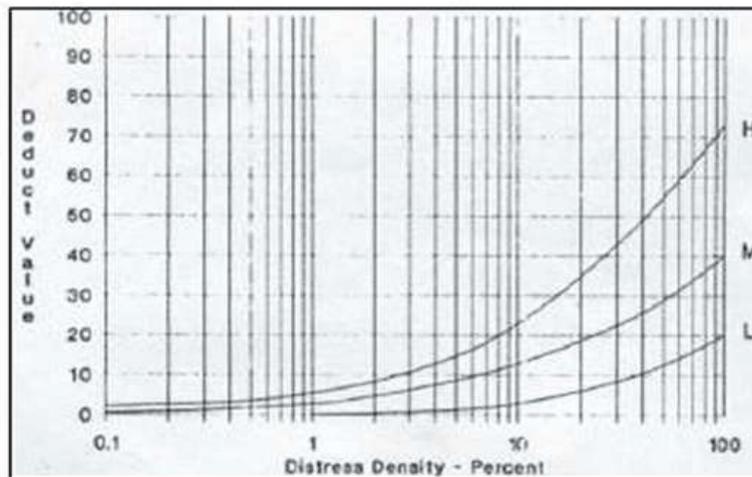
1. Piel de Cocodrilo



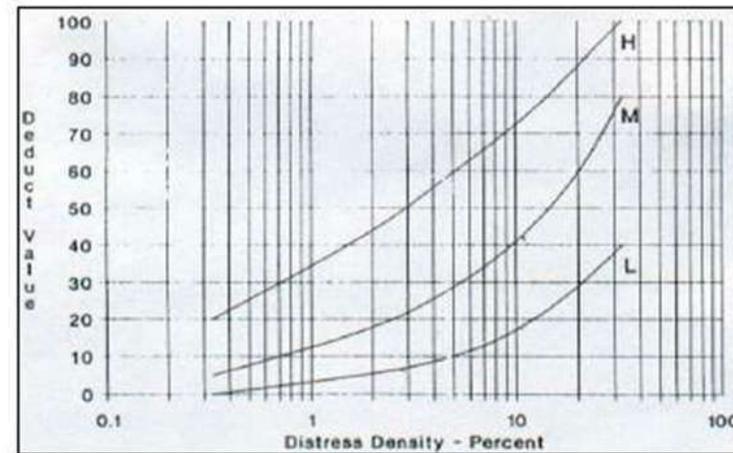
3. Fisuras en bloque



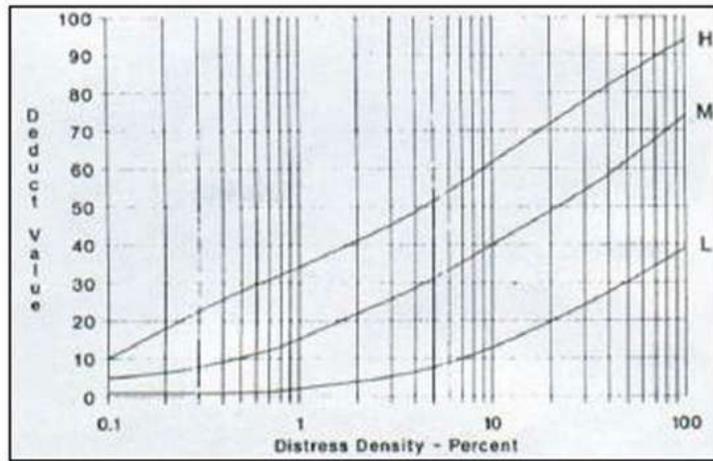
2. Exudación



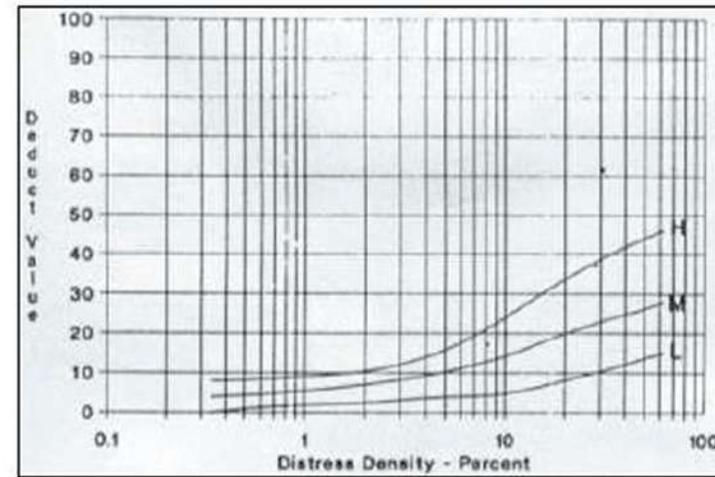
4. Abultamientos y hundimientos



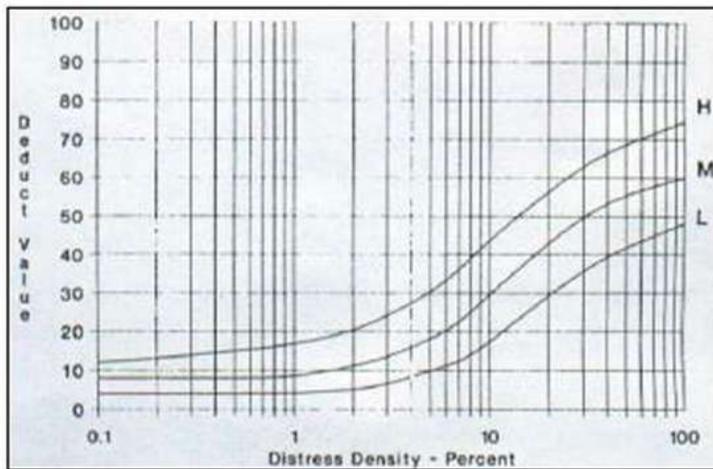
5. Corrugación



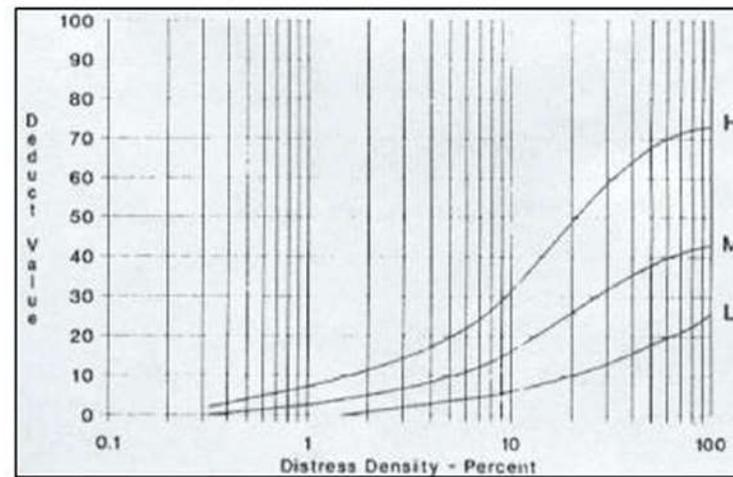
7. Fisuras de borde



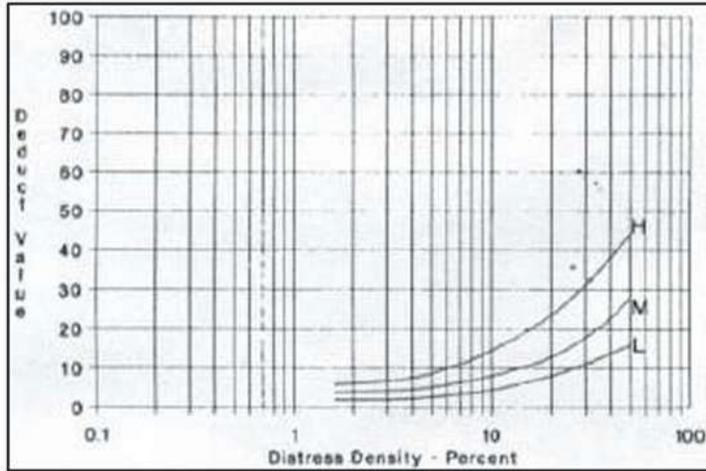
6. Depresión



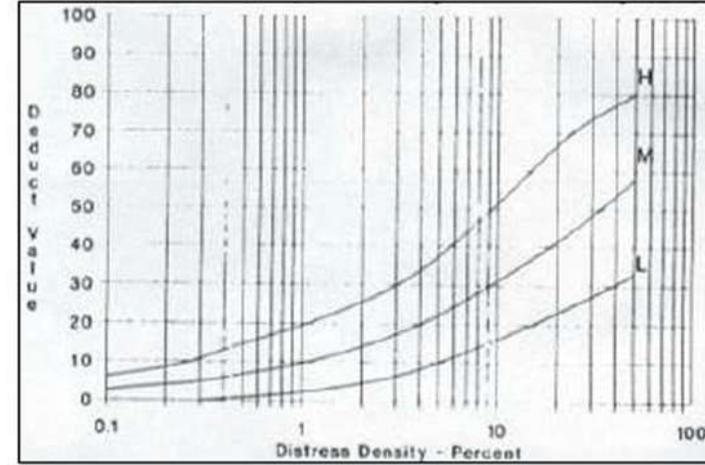
8. Fisuras de reflexión de junta



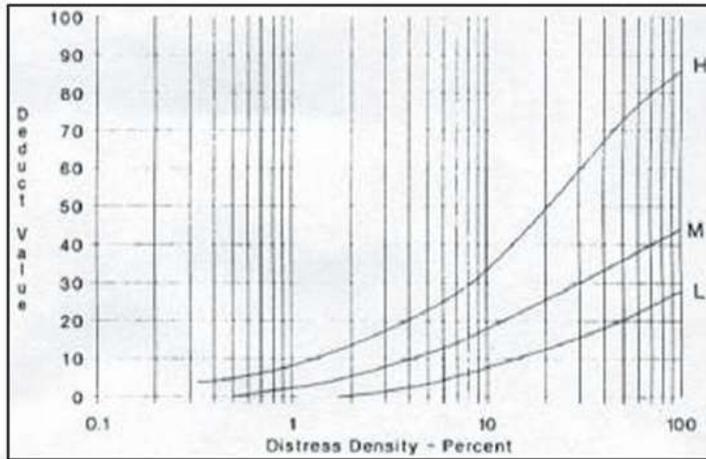
9. Desnivel carril - berma



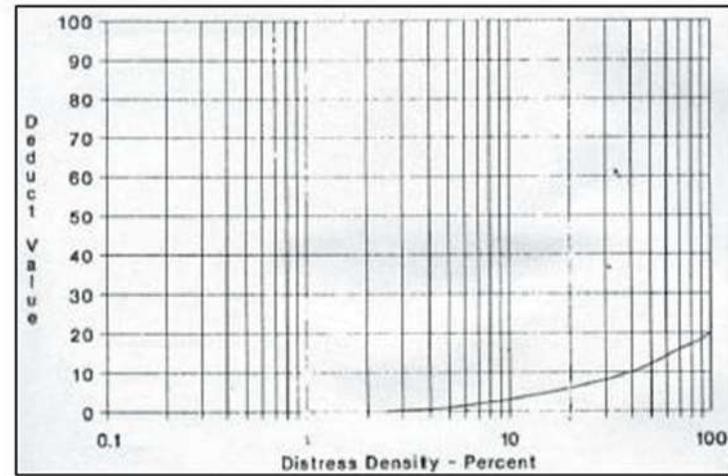
11. Parches y parches de cortes utilitarios



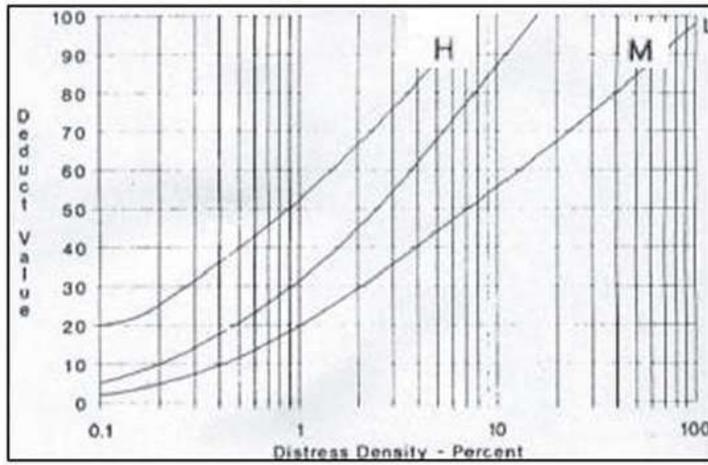
10. Fisuras longitudinales y transversales



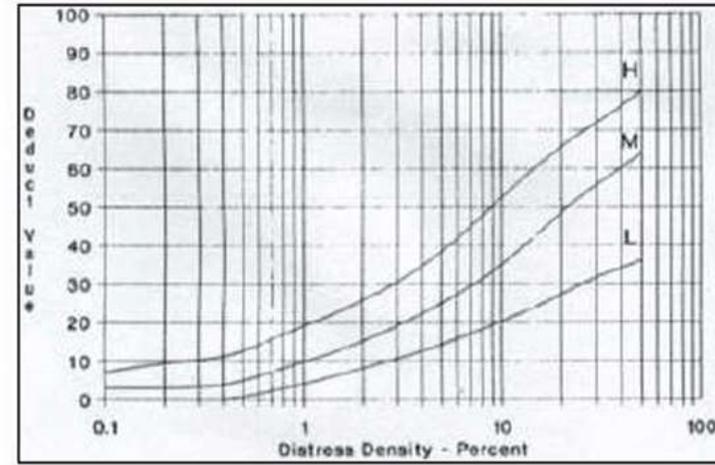
12. Pulimiento de agregados



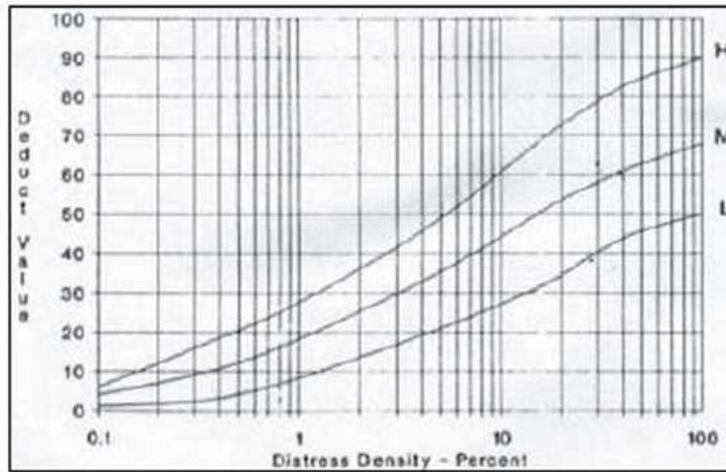
13. Baches



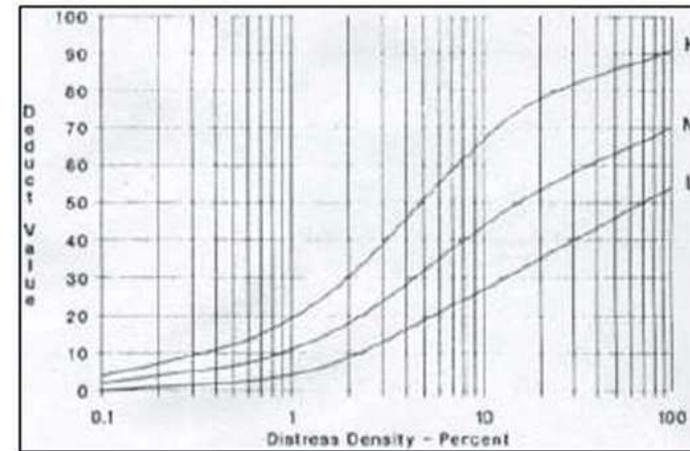
15. Desplazamiento



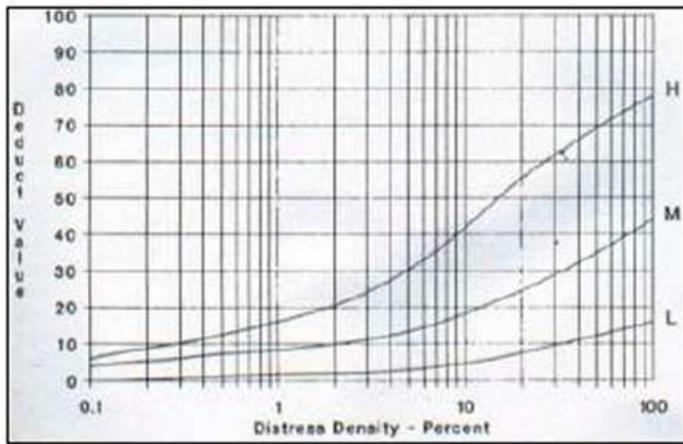
14. Ahuellamiento



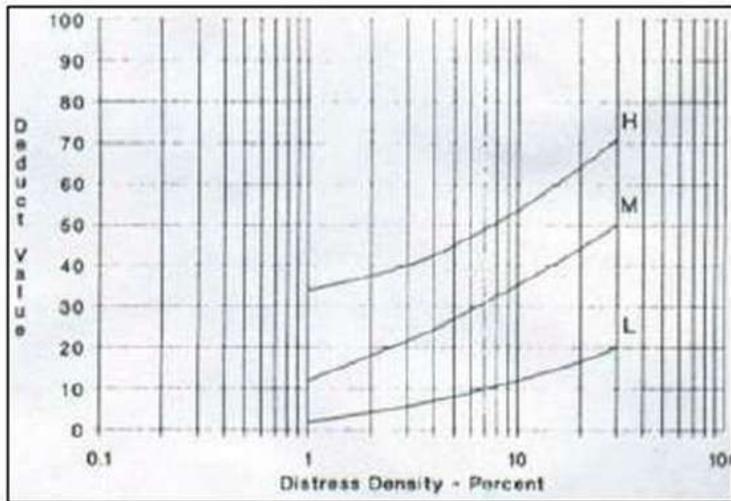
16. Fisura parabólica



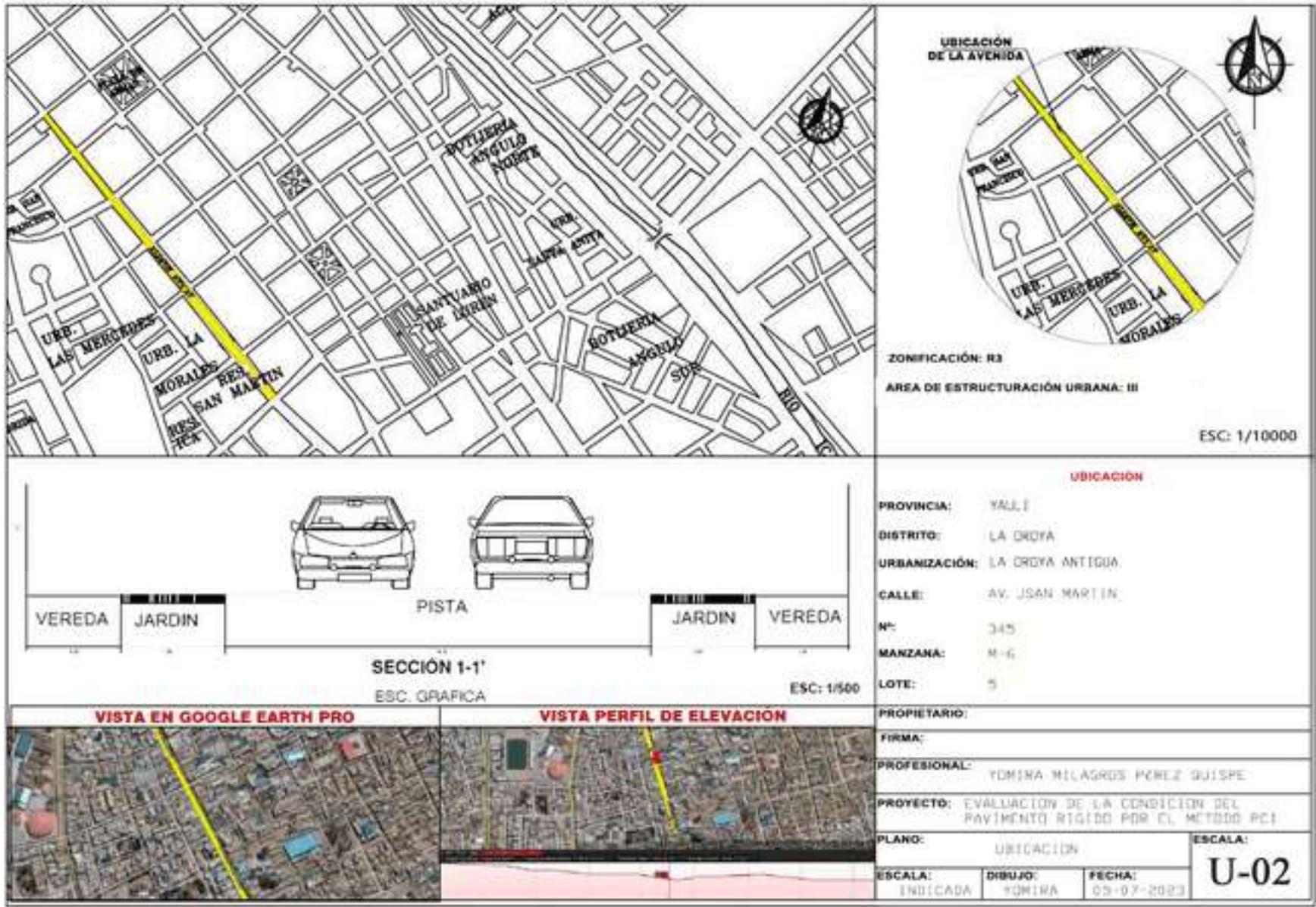
17. Peladura y desprendimiento

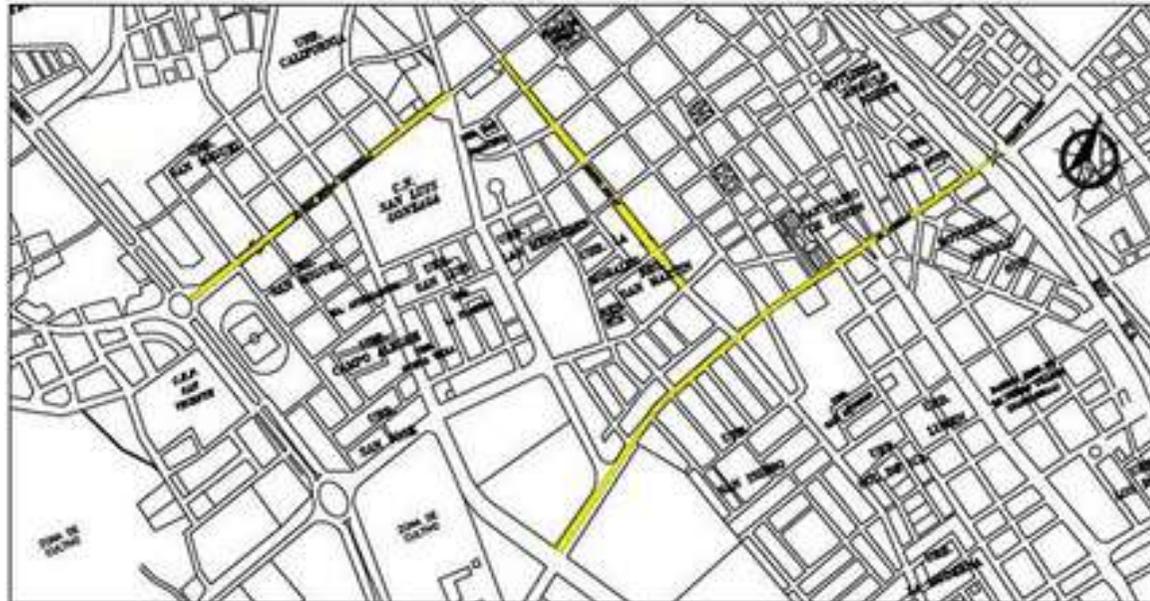


18. Hinchamiento









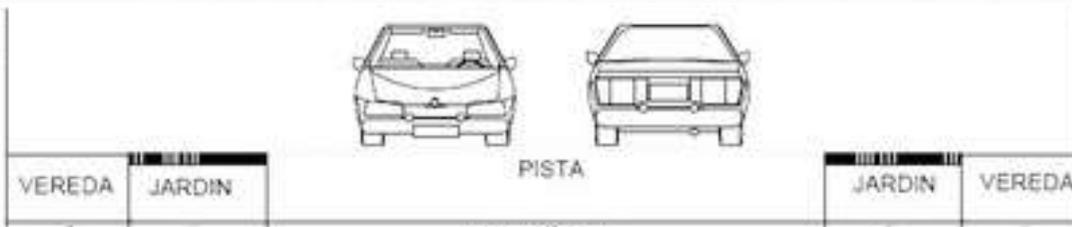
UBICACIÓN DE LA AVENIDA



ZONIFICACIÓN: R3

AREA DE ESTRUCTURACIÓN URBANA: III

ESC: 1/10000



SECCIÓN 1-1'

ESC: GRÁFICA

ESC: 1/500

UBICACION

PROVINCIA: YALLI
 DISTRITO: LA DROYA
 URBANIZACIÓN: LA DROYA ANTIGUA
 CALLE: AV. CUTERVOS
 Nº: 360
 MANZANA: H-3
 LOTE: 25

VISTA EN GOOGLE EARTH PRO



VISTA PERFIL DE ELEVACION



PROPIETARIO:

FIRMA:

PROFESIONAL: YONIRA MELAGROS PEREZ QUISPE

PROYECTO: EVALUACION DE LA CONDICION DEL PAVIMENTO RIGIDO POR EL METODO PCI

PLANO: UBICACION

ESCALA:

ESCALA: INDICADA

DIBUJO: YONIRA

FECHA: 05-07-2023

U-03



FOTO N° 1: SE PUEDE VISUALIZAR QUE SE ESTA REGISTRANDO EL TIPO DE FALLA Y TOMANDO LOS APUNTES NECESARIOS



FOTO N° 2: SE PUEDE VISUALIZAR QUE SE ESTA REALIZANDO LAS MEDIDAS DEL ANCHO DE LA FALLA



FOTO N°3: SE PUEDE VISUALIZAR VISTA PANORAMICA DE LA FALLA DONDE SE REGISTRARA COMO FALLA EN PULIMENTO DE AGREGADO

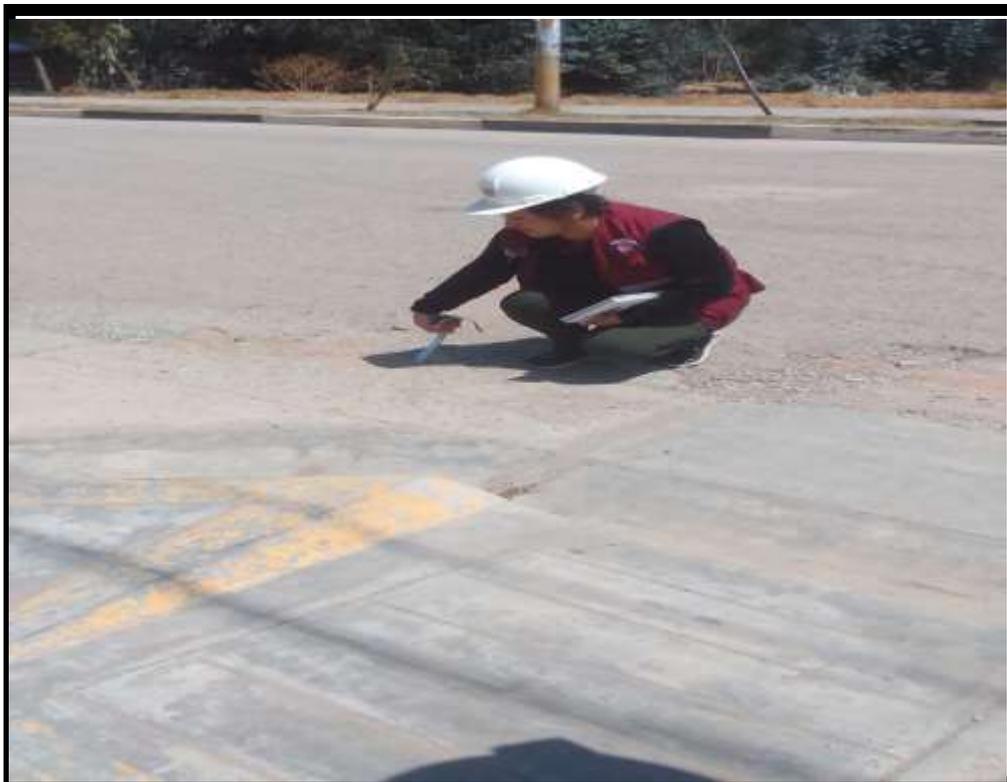


FOTO N°4: SE PUEDE VISUALIZAR QUE SE ESTA REALIZANDO LA MEDIDA DE LA PROFUNDIDAD DE LA FALLA



FOTO N°5: SE PUEDE VIZUALIZAR QUE SE ENCONTRO UN TIPO DE FALLA DENOMINADO GRIETAS EN POZOS Y SUMIDEROS



FOTO N°6: SE PUEDE VIZUALIZAR QUE SE ENCONTRO OTRO TIPO DE FALLA DENOMINADO GRIETAS EN BLOQUE



FOTO N°7: VISTA PANORAMICA DONDE SE PUEDE VIZUALIZAR LA CALLE MALECON DE ODRIA DISTRITO DE LA OROYA



FOTO N°8: VISTA PANORAMICA DONDE SE PUEDE VISUALIZAR LA CALLE PIURA DEL DISTRITO DE LA OROYA



FOTO N°9: SE PUEDE VIZUALIZAR QUE SE ENCONTRO OTRO TIPO DE FALLA DENOMINADA COMO BACHES



FOTO N°10: SE PUEDE VIZUALIZAR QUE SE REALIZANDO LAS MEDIDAS DEL ANCHO DE LA FALLA DEL BACHES



FOTO N°11: SE PUEDE VIZUALIZAR QUE SE ESTA REALIZANDO LAS ANOTACIONES DE LOS TIPOS DE FALLA ENCONTRADO EN LA CARRETERA CENTRAL



FOTO N°12: SE PUEDE VISUALIZAR QUE SE ESTA REALIZANDO LOS INSPECTOS VISUALES PARA LA IDENTIFICACION DE FALLAS



**FOTO N°13: SE ENCONTRO OTRO TIPO DE FALLA DENOMINADO
COMO SELLADO DE JUNTAS**



**FOTO N°14: SE PUEDE VISUALIZAR LA VISTA PANORAMICA DE LA
CARRETERA DE LA CALLE MALECON DE ODRIA**



FOTO N°15: SE PUEDE VIZUALIZAR LA VISTA PANORAMICA DE LA CARRETERA CENTRAL DEL DISTRITO DE LA OROYA



FOTO N°16: CONTINUAMOS CON LAS LAS MEDIDAS DE LAS ALTURAS DE CADA FALLA ENCONTRADA



FOTO N°17: SE PUEDE VISUALIZAR QUE SE ESTA REGISTRANDO Y RELLENANDO LOS PROTOCOLOGOS PARA PODER OBTENER RESULTADOS PRECISOS



FOTO N°18: CONTINUAMOS CON LOS APUNTES DE CADA FALLA Y OBTENIENDO LOS NIVELES DE SEVERIDAD