



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Diseño de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible de la avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Oscar Manuel, Tineo Contreras (**ORCID:** 0000-0003-3788-8149)

ASESOR:

Ing. José Miguel, Berru Camino (**ORCID:** 0000-0001-8434-3219)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi familia en primer lugar, quienes son el motor y motivo para la consecucion de mis metas, por su apoyo incondicional en todo momento, por sus sabios consejos y sacrificio en esta etapa de mi vida de estudiante.

A mis amigos, compañeros y docentes de esta importante carrera ingenieril, de quienes recibi consejos importantisimos e instrucción constante para alcanzar este objetivo en mi carrera profesional.

Oscar Manuel Tineo Contreras

Agradecimiento

Primeramente, quiero dar gracias a Dios y a Juanita Isabel, mi madre, por ser mi ancla, mi guía y mi fortaleza en todo momento de mi vida y la carrera universitaria; por otro lado, agradezco también a cada uno de los docentes con quienes pude enriquecer los conocimientos necesarios para superar cada desafío tanto como estudiante y amigo; finalmente, a la Universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de ser parte de ella.

Oscar Manuel Tineo Contreras

Página de Jurado

Declaratoria de Autenticidad

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Oscar Manuel Tineo Contreras, Identificado con DNI N° 16704567, Estudiante de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la prestigiosa Universidad Cesar Vallejo; presento la tesis titulada: “Diseño del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para mejorar la transitabilidad vehicular de la avenida Miguel Grau – 2019”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas Internacionales ISO 690, ISO 690-2 y APA de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en el resultado son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presentan se constituyen en aporte a la realidad investigada.

De identificarse algún fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), auto plagio (presentar como nuevo algún trabajo propio previamente publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente la idea de otros); asumo las consecuencias y sanciones que de mis acciones se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 10 de Diciembre del 2019.



Oscar Manuel Tineo Contreras

DNI N° 16704567

Índice

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas.....	viii
Índice de figuras.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Trabajos Previos.....	3
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	6
1.4. Formulación del Problema.....	25
1.5. Justificación del Estudio.....	25
1.6. Hipótesis.....	26
1.7. Objetivo.....	26
II. MÉTODO	27
2.1. Diseño de investigación.....	27
2.2. Variables, Operacionalización.....	28
2.3. Población y muestra.....	29
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad....	29
2.5. Métodos de análisis de datos.....	30
2.6. Aspectos éticos.....	31
III. RESULTADOS	32
3.1. Evaluación del Pavimento – Método PCI.....	32
3.2. Análisis del tránsito Vehicular – Cálculo del IMD.....	33

3.3. Resultados de Diseño del Mortero Asfaltico – Slurry Seal.....	35
3.4. Comparativo de costos de Mantenimiento de un pavimento flexible.....	39
IV. DISCUSIÓN.....	40
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	46
Acta de aprobación de originalidad de tesis	179
Reporte de Turnitin	180
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional	181
Autorización de la versión final del trabajo de investigación	182

Índice de Tablas

	Pág.
Tabla 01: Pruebas realizadas al agregado para Slurry Seal.....	07
Tabla 02: Granulometría para mezclas de Slurry Seal.....	08
Tabla 03: Resumen Granulométrico para mezclas de Slurry Seal.....	09
Tabla 04: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....	10
Tabla 05: Emulsiones asfálticas catiónicas con polímeros.....	11
Tabla 06: Especificación Granulométrica de Morteros Asfálticos.....	13
Tabla 07: Absorción Admisible de Rueda Cargada.....	13
Tabla 08: Ensayos y Normas para el Diseño del Mortero Asfáltico.....	14
Tabla 09: Rango del PCI.....	23
Tabla 10: Comparación Costos de Mantenimientos en Pavimentos flexibles.....	24
Tabla 11: Operacionalización de Variables.....	28
Tabla 12: <i>Resumen de resultados de los datos de PCI de la Av. Miguel Grau.....</i>	32
Tabla 13: <i>Promedio de tráfico vehicular - Junio 2019.....</i>	33
Tabla 14: <i>Calculo del IMDa - JUNIO 2019.....</i>	34
Tabla 15: Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles Método Convencional.....	39
Tabla 16: Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles con Mortero Asfálticos (Slurry Seal)	39

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 01: Rangos de curvas granulométricas para tres tipos de sellos de Slurry Seal....	08
Figura 02: Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible.....	18
Figura 03: Curva de deterioro de un pavimento flexible desarrollada por Prithvi S. Kandhal.....	19
Figura 04: Ciclo de vida del pavimento.....	20
Figura 05: Fallas en pavimentos flexibles	21
Figura 06: Índice PCI.....	22
Figura 07: Ubicación de la Av. Miguel Grau, Chiclayo, Perú.....	47
Figura 08: Ubicación de la Av. Miguel Grau, Chiclayo, Perú.....	48
Figura 09: Ubicación de la vía en estudio. Punto de inicio y final de la zona	50

RESUMEN

El desarrollo de esta investigación se realizó en la ciudad de Chiclayo, específicamente en la Av. Miguel Grau, con el objetivo principal de determinar el “**Diseño del mortero asfáltico (Slurry Seal) para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible de la avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019**”.

El proyecto desarrollado como tema de tesis, comprende identificar las diferentes patologías, causas y soluciones del pavimento flexible existente y que mediante el uso de morteros asfálticos (Slurry Seal) se logra mejorar la funcionalidad y prolongar la vida del pavimento.

Para lograr esto, se realizó el estudio del tráfico para determinar el IMD, la evaluación visual del pavimento para determinar la textura (como son ahuellamientos y micro fisuras) del pavimento; posteriormente se han realizados los ensayos de gabinete – en laboratorio- para determinar el diseño óptimo del mortero que permitirá la mejora en la transitabilidad de la vía.

Finalmente se realizó un comparativo de costos que permitirá establecer cuál técnica de mantenimiento cumple con la regla de costo/beneficio que permita lograr pavimentos eficientes y amigables con el medio ambiente.

Palabras claves: Diseño, Mortero Asfáltico, Transitabilidad vehicular, funcionalidad del pavimento.

ABSTRACT

The development of my research was carried out in the city of Chiclayo, specifically on Miguel Grau Avenue, with the main objective of determining the “Design of the asphalt mortar (slurry seal) for the improvement of the vehicle transitivity of the avenue flexible pavement Miguel Grau - Chiclayo 2019”.

The project developed as a thesis topic, includes identifying the different pathologies, causes and solutions of the existing flexible pavement and that through the use of asphalt mortars (Slurry Seal) it is possible to improve the functionality and prolong the life of the pavement under study and at a lower cost than conventional repair.

To achieve this, the traffic study was carried out to determine the IMD, the visual evaluation of the pavement to determine the texture (such as recesses and micro cracks) of the pavement; Subsequently, the cabinet tests have been carried out - in the laboratory - to identify the optimal design of the mortar that will allow the improvement in the possibility of the track.

Finally a cost comparison was made that will allow to establish which maintenance technique complies with the cost rule / benefit that allows to achieve efficient and environmentally friendly pavements.

Keywords: Design, Asphalt Mortar, Slurry Seal, Vehicular transitivity, pavement functionality.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad problemática:

La infraestructura de transporte terrestre, en las últimas décadas ha venido adquiriendo un alto grado de importancia que se fundamenta en mejorar las condiciones de la calidad de vida de una sociedad y su correspondiente desarrollo sostenido.

Campana (2010). Explica, que “es importante entender que la competitividad y capacidad de exportación de un país tienen relación directa con la infraestructura vial y su condición respectivamente, promoviendo la mejora sostenida con a finalidad de promover condiciones de calidad de vida para la sociedad. Para lograr este objetivo, diferentes países se han enfocado en el mantenimiento preventivo de los mismas, por ejemplo, en España enfatiza las averiguaciones que están relacionadas al mantenimiento preventivo tanto convencionales como no convencionales para evitar reconstrucciones viales en periodos relativamente cortos” (p.17).

La gestión de vías de acceso, actualmente no considera un tipo de mantenimiento preventivo; normalmente estos son realizados cuando se suscita una falla funcional o al generarse un accidente, no permitiendo el uso adecuado de los recursos escasos de una entidad o estado.

Salomón (2009); considera que “la servicialidad de los pavimentos se puede incrementar y reducir sus costos al establecer estrategias de conservación debidamente proyectados y correlacionados a un sistema de Gestión calidad de Pavimentos, donde se consideren modelos de reducción de costos de mantenimiento que permita optimizar los recursos escasos del estado asignados a la conservación de las vías que integran un país”. (p.137)

Finalmente, Salomón (2009), explica que “la conservación de las vías o carreteras, son actividades enfocadas a solucionar y mantener los pavimentos usando procedimientos donde se considere la formula costo/beneficio basado con la vida útil restante (VUR) de la vía pavimentada y su respectivo presupuesto asignado; también señala que el mantenimiento preventivo no se considera a pavimentos nuevos o aquellos que tienen problemas estructurales. (p.153).

A Nivel Internacional:

Brazil.

El País Internacional (2014), en su artículo titulado: “Más carreteras, ¿una solución o un problema para Brasil?”, expertos explican que según la Confederación Nacional de Transporte (CNT), el 63% de las vías en Brasil se encuentran en mal estado, muchas de ellas tienen baches, grietas y otros defectos. Por otra parte, se ha determinado que los costos de sus productos se elevan considerablemente al hacer uso del transporte terrestre para trasladar estos últimos; otra consecuencia de la mala condición de las vías es que son generadoras de riesgos de accidentes tanto para los conductores como para los usuarios de este servicio

Unión Europea

La European Commission (2014), según en su artículo titulado: “Nueva política de infraestructuras de transporte de la Unión Europea – Contexto” advierten que la economía de la Unión Europea tiene una relación directa con las condiciones de las vías; es decir que sin carreteras o vías en buenas condiciones la economía de esta región se vería afectada de manera considerable, por tanto, el transporte terrestre es trascendental para la economía y desarrollo de un país.

En esta parte del mundo, se tiene que afrontar problemas más complejos que hacen de la ingeniería civil un reto al decidir edificar vías funcionales, seguras y confortables, y fundamentalmente amigables con el medio ambiente.

España

El País (2004), en su artículo titulado: “Desastres Naturales y responsabilidad social”, mencionan que España es un país que tiene que afrontar un sin número de fenómenos naturales como mareas negras, terremotos, tornados, avenidas y el cambios en el clima que se está dando en todo nuestro hábitat natural, por lo que hace necesario tener una política de prevención y mantenimiento en la infraestructura vial que permita mantener comunicados de manera eficiente tanto al peatón común y corriente como a las empresas que tienen necesidad de usar las vías en condiciones aceptables.

A Nivel Nacional:

Piura

Según EL Correo (2015), en el artículo publicado: “Sistema vial de la ciudad de Piura es un desastre”, la consultora menciona que en Piura no ha existido un plan de mantenimiento preventivo o rutinario para mantener la red vial urbana en buenas condiciones con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de los usuarios o usufructos de estas vías; agregan además que todo esto genera innumerables accidentes de tránsito y costos elevados de mantenimiento de las unidades vehiculares de los usuarios.

Chiclayo

Municipalidad de Chiclayo (2010), según este informe titulado: “Diagnostico Urbano de la Provincia de Chiclayo”, explican que, de los más de 20 mil kilómetros de la red vial existente en la provincia de Chiclayo, solo el 30% de estos están relativamente asfaltados, mientras que lo restante se encuentra a nivel de afirmado. Aunado a esta debilidad de la infraestructura vial existente en esta importante provincia, se suma un problema de congestión vehicular, deficiente señalización y una débil cultura de prevención de la red vial urbana.

A Nivel Local:

En el diario El Comercio (2019), hacen un informe de la problemática peruana, “Que para entender la problemática existente en los países en desarrollo como lo es el Perú en relación con los altos índices de accidentes de tránsito, se deben considerar diferentes aristas: como la cultura de transporte, la desinformación o desconocimiento del tema y fundamentalmente el deficiente diseño de las redes viales y el escaso o nulo mantenimiento de estas vías; podrían ser consideradas como las generadoras de estos altos índices de accidentes en países como el nuestro”

En este contexto, la problemática de esta investigación, está enfocada en determinar una solución óptima mediante el desarrollo de técnicas de mantenimiento de bajo costo que mejore la transitabilidad y el funcionamiento de las vías de manera eficiente; es allí, donde se consideran los morteros asfálticos como el Slurry Seal como alternativa importante y de bajo costo que permitan alargar la vida de los pavimentos flexibles, que es el tema de estudio de esta investigación.

1.2. Trabajos previos

Se han considerado los siguientes antecedentes que han abordado el tema con anterioridad y que han tenido un aporte relevante para este estudio:

A Nivel Internacional:

Cuba

Batista A. (2014), en su investigación titulada “Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software (MEPDG)” de la universidad Central Marta Abreu de Cuba; El objetivo del estudio permite determinar una técnica de introducción progresiva de la guía de diseño MEPDG 2004 como instrumento de verificación y control del diseño de estructuras de vías con pavimento flexible; es decir, se busca definir el criterio adecuado de control para estructuras prediseñadas por el modelo cubano donde se consideran los elementales beneficios considerados al utilizar los modelos de diseño de la guía AASHTO 2004.

El aporte de importancia en la investigación es que este estudio establece una nueva idea de valores aceptables para los daños en los pavimentos (roderas y piel de cocodrilo), además propone un método para usar de software MEPDG v1.0, instrumento que permite controlar las estructuras de las vías constituidas con pavimentos no rígidos, conocidos también como flexibles.

Argentina

Vázquez J. (2016). En su tesis titulada “Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles: análisis para condiciones típicas de Argentina”. El investigador busca proponer una solución a los daños del pavimento flexible. Para esto propone como objetivo de investigativo determinar los elementos similares que ocasionan deterioro en vías constituidas con pavimento flexible basadas en principios referentes a contextos que busquen lograr espacios territoriales más integrados.

En una de sus conclusiones menciona que las construcciones viales y de conexión de un país vienen a ser la base imprescindible de crecimiento económico, por lo tanto, es imprescindible gestionar con seguridad el desempeño óptimo de la vida útil de las vías o carreteras, por lo que se pueden utilizar mecanismos técnicamente desarrollados que nos asegure la eficacia de los insumos a que formarán parte de la edificación de las mismas, así como en el diseño respectivamente.

A nivel nacional

Sarmiento J. & Arias T. (2015). En la investigación “Análisis y diseño vial de la avenida Mártir Olaya ubicada en el distrito de LURÍN del departamento de LIMA”. En el estudio se explican los problemas en las vías existentes, específicamente en la capa de rodadura son originados por el incremento del flujo de vehicular, fundamentalmente por la existencia de tránsito pesado diferente al diseño original. En esta investigación se utiliza la metodología AASTHO 93.

El objetivo del estudio es realizar un análisis del pavimento flexible afín de promover una la seguridad y calidad del servicio en las carreteras y vías de conexión para los usuarios.

Se concluye que, el método AASTHO 93 es una herramienta más eficiente en relación al método ESAL en el diseño y análisis de pavimentos; se considera esto debido a que este, el método AASTHO 93 analiza deterioros suscitados de diferentes vehículos de forma particular, asimismo considera las patologías de imperfección vial permanente y el resquebrajamiento por fatiga respectivamente.

Se considera esta investigación como estudio de importancia, porque toma en cuenta un método adicional como lo es el método AASTHO 2008, el cual exige datos adicionales como el clima, materiales, tráfico de manera específica del lugar donde realizara el proyecto respectivo.

Yarango E. (2014). En la investigación: “Rehabilitación de la carretera de acceso A la Sociedad Minera Cerro Verde, distrito de Uchumayo, Arequipa. Empleando el Sistema Bitufor”, el cual tuvo como propósito principal que mediante la aplicación del sistema Bitufor dilatar el tiempo de reflexión de grietas, con la finalidad de incrementar el uso eficiente de la vía, que en este caso es de tipo flexible.

En esta investigación, Yarango permite conocer una nueva metodología de rehabilitación de pavimentos flexibles, es decir que al utilizar este proceso de rehabilitación de pavimentos flexibles implicaría el uso de nuevos métodos tecnológico, con mayor eficiencia, rapidez y fundamentalmente una reducción de costos considerable en la construcción de las mismas. Por otra parte, retardaría la aparición de grietas por efecto de reflexión en el pavimento,

permitiendo así una mejoría en la vida útil y funcional del mismo para mejorar la integración y mejora de los servicios públicos de transporte en el área.

A Nivel Local:

Pequeño D. (2015). En la investigación titulada “Comparación de costos y tecnología de mantenimiento utilizando Slurry Seal y mantenimiento convencional en un pavimento flexible”; en la ciudad de Cajamarca. Esta investigación de grado tiene como objetivo principal de utilizar una tecnología mejorada, que permita un mantenimiento de vías conformadas con pavimento flexible con morteros asfálticos económicos en su aplicación como el mortero llamado Slurry Seal, para posteriormente realizar una comparación con un tratamiento convencional de mantenimiento y recuperación de vías asfálticas.

Se concluye que debido a los escasos recursos asignados y a la falta de cultura de prevención de mantenimiento de vías nos conllevan a desplegar distintas técnicas, utilizar tecnología de punta y por qué no nuevos equipos de trabajos fiables y eficientes.

Se considera de importancia porque, se enfoca en la tecnología y uso de equipos de última generación en el mantenimiento con morteros tipo Slurry Seal que generen un rendimiento mayor brindando servicio mejorado y con disponibilidad a los usuarios.

1.3. Teoría relacionada al tema

1.3.1. Teoría de Variables

A. Independientes

a). Diseño de Mortero Asfáltico

Afín de entender el objeto de este estudio y hacerla explícita para los lectores y futuros investigadores que tengan la necesidad de tener como referencia este estudio, a continuación, se presentan las teorías que se han considerado en el desarrollo de la tesis.

a.1. Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

Definición

Según, El Instituto del Asfalto (2010), explica que “El mortero asfáltico llamado Slurry Seal es una mezcla de agregados, emulsión asfáltica, arena, filler, aditivos y agua., de aplicación rápida, utilizada para tratamiento superficial de pavimentos flexibles. Viene a ser una técnica de mantenimiento preventivo y correctivo respectivamente” (p.123).

Por otro lado, la Norma ISSA 105 (2016), define que “la mezcla asfáltica Slurry Seal, es una mixtura asfáltica de ventajas de rendimiento alto en la pavimentación de vías, la cual está constituida por adheridos de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler mineral y agua; esta composición tiene el objetivo de detener la desintegración vial y permite mantener o recuperar las propiedades antiderrapantes y de impermeabilización” (p.75).

a.2. Componentes y Especificaciones

Para diseñar la mezcla asfáltica Slurry Seal, se consideran cinco componentes principales:

1. Agregados.

Los elementos llamados como “agregados” (no se consideran los minerales finos) componen un parámetro de entre 82% y 90% del peso del Slurry Seal; es importante considerar que estos elementos constitutivos de la mezcla deben estar límpidos, duros y libres de químicos, arcillas y otros elementos materiales que afecten el porcentaje de adherencia, facilidad de mezcla y colocación respectivamente.

A continuación, en la tabla N° 1, se presentan los requisitos mínimos del agregado a considerar en la mezcla:

Tabla 1: Pruebas realizadas al agregado para Slurry Seal

Ensayos	Norma	Requerimiento
Pérdida en Sulfato de Mg	MTC E 209	18% máx.
Desgaste Los Ángeles	MTC E 207	25% máx.
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP
Equivalente de Arena ⁽¹⁾	MTC E 114	40% min.
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máx.
Adherencia (Riedel Weber) ⁽²⁾	MTC E 220	4 min.

⁽¹⁾ El equivalente de arena será el del agregado finalmente obtenido mediante la combinación de las distintas fracciones, según las proporciones determinadas en la fórmula de trabajo y antes de la incorporación del polvo mineral de aporte.

⁽²⁾ Corresponde al desprendimiento inicial

Fuente: Norma ISSA A 105, 2016

Una vez probados los ensayos por AASHTO T 27, ASTM C 136 el agregado (incluyendo mineral de relleno) deberá satisfacer las siguientes gradaciones de la tabla.

Tabla 2: Granulometría para mezclas de Slurry Seal

Tabla 420-02
Granulometría de los agregados

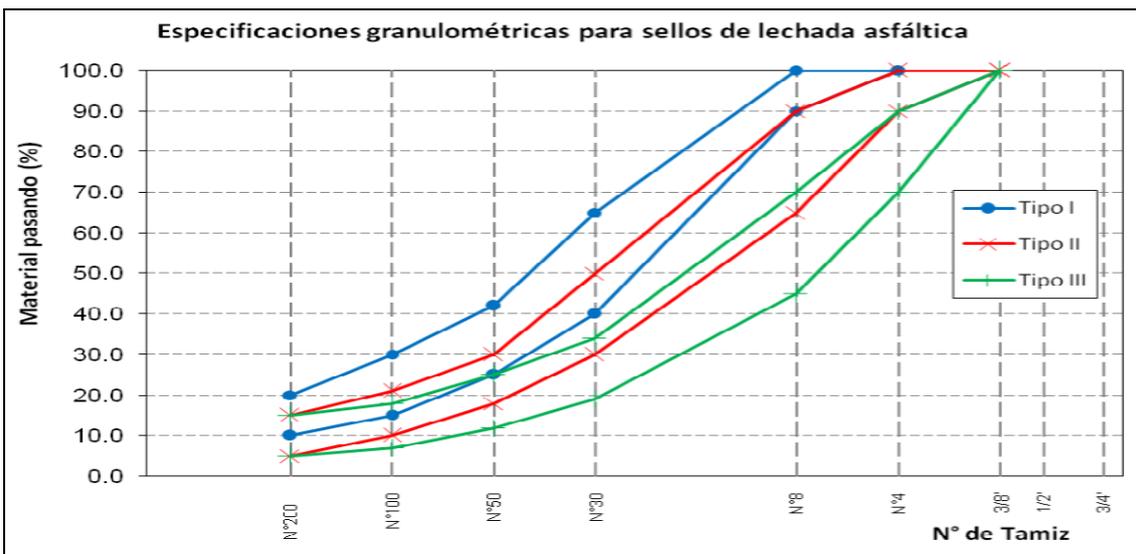
Tipo	I	II	III
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa
3/8" (9,50 mm)	100	100	100
N°. 4 (4,75 mm)	100	90-100	70-90
N°. 8 (2,36 mm)	90-100	65-90	45-70
N°. 16 (1,18 mm)	65-90	45-70	28-50
N°. 30 (0,60 μm)	40-60	30-50	19-34
N°. 50 (0,30 μm)	25-42	18-30	12-25
N°. 100 (0,15 μm)	15-30	10-21	7-18
N°. 200 (0,075 μm)	10-20	5-15	5-15

Fuente: ISSA A 105

Fuente: Norma ISSA A 105 (International Slurry Surfacing Association), 2016

En la siguiente figura se presentan las curvas granulométricas requeridas según la norma ISSA A 105.

Figura 01: Rangos de curvas granulométricas para los tres tipos de sellos de Slurry Seal.



Fuente: Norma ISSA A 105, 2016

2. Filler Mineral o polvo mineral

Según la norma ASTM D 546 – AASHTO T 37 (2016), “Con la finalidad de aumentar las cualidades de manejabilidad de la mezcla e incrementar el tiempo de rotura, es posible utilizar un relleno mineral como: cemento Portland Tipo I, cal hidratada, polvo de piedra caliza o ceniza volcánica, esta se debe considerar en un porcentaje máximo del 2%” (p.18).

Tabla 3. Resumen Granulométrico para mezclas de Slurry Seal

Tamiz	Porcentaje pasando
1,18 mm	100
600 μm	97 – 100
300 μm	95 – 100
75 μm	70 – 100

Fuente: Norma ISSA A 105 (International Slurry Surfacing Association), 2016

3. Agua

El agua establece el equilibrio de la consistencia del mortero asfáltico en el proceso de producción y aplicación, generando la estabilidad de la mezcla asfáltica. La proporción de agua que se debe añadir es alrededor del 10% considerando el peso del agregado seco.

Según el **Manual de Carreteras (2103)**; “Las condiciones básicas del agua son: Elevadas condiciones de pureza, libre de algún tipo de materia álcalis o sustancia deletéreas; su pH, determinado según norma NTP 339.073, estará comprendido entre 5,5 y 8,0 y el contenido de sulfatos, expresado como $\text{SO}_4=$ y establecido según norma NTP 339.074, no deberá estar por los 3.000 ppm, establecido según la norma NTP 339.072” (p.533).

4. Polímero (aditivo)

Manual de Carreteras (2013); “La cantidad de polímeros a utilizar está basado en el contenido del residuo asfáltico, el cual no debe estar comprendido entre el 3% al 4%. Estos polímeros deben ser considerado incluirlos en la mezcla para proyectos de especiales características, donde se requiera tiempos especial de rotura y apertura al tránsito” (p.343).

5. Emulsión asfáltica

Conserminc S.R.L. (2014). Define como “Emulsión que está compuesta por asfalto, agua, y emulsificantes; en ocasiones, de acuerdo a requerimientos especiales, se requerirá cierto tipo de aditivo” (p.321).

En el Manual de Carreteras (2103); se menciona que “la emulsión que se utilizó es de grado (CSS-1, CSS-1h, CQS-1h y CQS-1 de rápida rotura)” (p532).

Tabla 4. Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tabla 415-04														
Especificaciones para emulsiones catiónicas														
Tipo	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta				Rotura rápida	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Prueba sobre Emulsiones														
- Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	20	100	20	100	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a 50°Cs	20	100	100	400	50	450	50	450	-	-	-	-	-	-
- Estabilidad de Almacenamiento, 24h,% ^(**)	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1
Demulsibilidad, 35 cm ³ , 0.8% Diocilsulfosuccinato sódico, %	40	-	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- Revestimiento y Resistencia al agua:														
- Revestimiento agregado seco					Bueno				Bueno					
- Revestimiento, agregado seco después del rociado					Aceptable				Aceptable					
- Revestimiento, agregado húmedo					Aceptable				Aceptable					
- Revestimiento, agregado húmedo después del rociado					Aceptable				Aceptable					
Carga de partícula	Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo		Positivo	
Prueba de Tamiz % ^(***)	-	0,1	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	--	0,10	-	0,10
Mezcla con Cemento, %									-	2,0	-	2,0		
Destilación:														
- Destilación de aceite, por volumen de emulsión	-	3	-	3	-	12	-	12						
- % Residuo	60	-	65	-	65	-	65	-	57	-	57	-	57	-
Pruebas sobre el Residuo de destilación:														
- Penetración, 25°C, 100 g, 5s	100 ^(a)	250 ^(a)	100 ^(a)	250 ^(a)	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
	50 ^(a)	150 ^(a)	50 ^(a)	150 ^(a)										
- Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
- Solubilidad en Tricloretileno, %	97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5		97,5	

(*) CQS – 1H, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la Norma D 3910.
 CQS – 1h, usado para sistemas de mortero asfáltico.
 (***) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.
 (a) En función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 ó 100-250) Fuente: ASTM D 2397 y D 3910.

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

En la Tabla N° 5 se presentan emulsiones para mezclas especiales (Emulsiones asfálticas catiónicas con polímeros).

Tabla 5. Emulsiones asfálticas catiónicas con polímeros

<i>Tabla 432-01</i>											
<i>Especificaciones para Emulsiones Asfálticas Catiónicas con Polímero</i>											
Tipo	Norma	Rotura Rápida				Rotura Media				Rotura Lenta	
Grado		CRS-1P		CRS-2P		CMS-1P		CMS-2hP		CSS-1P	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Prueba sobre Emulsiones:											
- Viscosidad Saybolt Furol a (25°C), s	MTC E 403	..	..	..	..	..	..	..	..	20	100
- Viscosidad Saybolt Furol a (50°C), s		20	..	20	..	20	..	20	..	..	..
- Estabilidad de Almacenamiento, 24 h%	MTC E 404	..	1	..	1	..	1	..	1	..	1
Carga de partícula	MTC E 407	Positivo									
Residuo de Evaporación, %	MTC E 411	60		65		59		57		60	
Sedimentación (a los 7 días), %	MTC E 404		5		5		5	-	5		5
Prueba de Tamiz, %	MTC E 405	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10	-	0,10
Mezcla con cemento, %	MTC E 410										2
Revestimiento y Resistencia al agua:											
- Revestimiento, agregado seco	MTC E 409					Bueno		Bueno			
- Revestimiento, agregado seco después del rociado						Aceptable		Aceptable			
- Revestimiento, agregado húmedo						Aceptable		Aceptable			
- Revestimiento, agregado húmedo después del rociado						Aceptable		Aceptable			
Pruebas sobre el Residuo de Evaporación:											
- Penetración, 25°C, 100 g, 5s	MTC E 304	100 ^(a) 50 ^(a)	200 ^(a) 90 ^(a)	100 ^(a) 50 ^(a)	200 ^(a) 90 ^(a)	100	220	40	90	100	150
- Punto de ablandamiento (A y B), °C	MTC E 307	45		45		40		40		45	
-Ductilidad, 5ª C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	≥ 10									
-Recuperación elástica, 25° C, %	ASTM D 6084	≥ 30									
-Recuperación elástica, 25 °C, por torsión, %	MTC E 320	≥ 30									

Nota: ^(a) En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 ó 100-200 ó 100-150).

Fuente: ASTM D 2397, NTP 321.141 y AASHTO T316

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

a.3. Clasificación de las emulsiones asfálticas:

Por su Rompimiento, se clasifican de la siguiente manera:

- **Emulsiones de Rotura Rápida:** Los grados RS-2, HFRS-2 Y CRS-2 (de rotura rápida) son de alta viscosidad para evitar el escurrimiento y se utilizan cuando exista cargas pesadas.

- **Emulsiones de Rotura Media:** Este tipo de emulsiones pueden conservarse trabajables por lapsos largos, es decir, lapsos desde algunos minutos a varios meses, según la formulación solicitada por los proyectistas.
- **Las emulsiones de Rotura Lenta (SS):** Esta emulsión posee un largo periodo de trabajabilidad permitiendo cubrimientos buenos de grados densos, de agregados con un alto contenido de finos. Para la utilización de Slurry Seal se utilizará emulsión de tipo SS (Slow Setting).

a. **Por su Carga Eléctrica**, esta clasificación se constituye en:

- **Aniónicas:** estas tienen cargas negativas y tienen afinidad con materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos.
- **Catiónicas:** estas emulsiones muestran cargas eléctricas positivas y poseen buena afinidad con los materiales pétreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (cuarzo).

a.4. Tipos de Morteros Asfálticos

Manual de Carreteras (2013). El manual en referencia considera los siguientes tipos de morteros asfálticos:

- **Tipo 1.** De aplicación es en zonas de bajo tránsito, se busca el óptimo sellado de grietas, relleno de huecos y reparar la erosión en la superficie. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 10 y el 16% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 4,3 a 6,5 kg/m².
- **Tipo 2.** Retarda el envejecimiento de la vía y el daño causado por el agua; así mismo permite una mejora en la fricción superficial de la vía. El contenido de asfalto residual debe encontrarse entre el 7,5 y el 13,5% del peso del agregado seco. Se debe aplicar en una relación comprendida entre 5,4 y 9,8 kg/m².
- **Tipo 3.** Se consideran para lograr altos valores de fricción superficial y es la mejor opción en vías con niveles altos de tránsito. El contenido de asfalto residual deberá estar comprendido entre el 6,5 y el 12% del peso del agregado seco. Debe ser aplicado en una relación de 8,1 a 12 kg/m².

Tabla 6. Especificación Granulométrica dependiendo del tipo de Morteros Asfálticos

Abertura	% de Pase Tipo I	% de Pase Tipo II	% de Pase Tipo III	Tolerancia de Reserva de Materia Prima
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
# 4 (4.75mm)	100	90 – 100	70 – 90	± 5%
# 8 (2.36mm)	90 – 100	65 – 90	45 – 70	± 5%
#16(1.18mm)	65 – 90	45 – 70	28 – 50	± 5%
#30 (600µm)	40 – 65	30 – 50	19 – 34	± 5%
#50 (330µm)	25 – 42	18 – 30	12 – 25	± 4%
#100(150µm)	15 – 30	10 – 21	7 – 18	± 3%
#200(75µm)	10 – 20	5 - 15	5 - 15	± 2%

Fuente: Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010

a.5. Diseño del Slurry Seal o Lechada Asfáltica – ISSA: A 105

La ISSA (internacional Slurry Surfacing Association), institución sin fines de lucro que busca fundamentalmente la aplicación de mejores prácticas, métodos y tecnología en la conservación de pavimentos.

Las normas base para el diseño y aplicación están se fundamentan en la Guía ISSA A-105 (ISSA – International Slurry Surfacing Association) y la Norma ASTM D-3910, así como el EG-2013, Sección 401 (SEAL, 2011).

Tabla 7. Absorción Admisible de Rueda Cargada

Tránsito medio diario (vehículos)	Absorción admisible (g/cm ²)
Menos de 300	0,08
300-1.500	0,07
Más de 1.500	0,06

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Para nuestro diseño óptimo del mortero asfáltico – SLURRY SEAL, se han considerado los procedimientos y ensayos establecido por la ISSA en la Guía A-105 – 2010.

A continuación, presento los ensayos y procedimientos recomendados por la ISSA:

Tabla 8. *Ensayos y Normas para el Diseño del Mortero Asfáltico*

ENSAYOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO DEL MORTERO ASFALTICO-SLURRY SEAL	
ENSAYO	ISSA
Diseño, prueba y construcción de Slurry Seal	A 105
Pérdida por abrasión "pista húmeda"	TB 100
Guía para muestreo	Tb 101
Consistencia	Tb 106
Exceso de asfalto usando Load Wheel Tester	Tb 109
Guía para el diseño de mezcla	Tb 111
Estimación de tasas de esparcimiento y medición de la macrotextura	Tb 112
Mezclas de prueba para establecer tiempos de rotura, curado y apariencia	Tb 113
Desnudamiento por humedad	Tb 114
Determinación de compatibilidad	Tb 115
Cohesión	Tb 139

Fuente: ISSA- A 105-2010.

a.6. Guía para el diseño de mezcla (ISSA TB - 111)

Tiene como objetivo proveer una cantidad adecuada de asfalto residual o de emulsión asfáltica que económicamente estabilice el material granular con el fin de obtener un mortero asfáltico resistente a la abrasión en húmedo y a la exudación del asfalto. Esto mediante la superposición gráfica de los ensayos de desempeño.

La ISSA TB - 111 describe consideraciones preliminares y los procedimientos para el diseño del Slurry Seal, los cuales se detallarán posteriormente.

a) Consideraciones preliminares para el diseño

Con la finalidad que el Slurry Seal, cumpla las funciones para el cual fue diseñado, se deben considerar los siguientes aspectos:

1. Evaluar el pavimento a tratar

La correcta evaluación del pavimento, permite conocer sus deficiencias y los factores que contribuyen a ello. Para lograr esto, se debe definir los siguientes aspectos en un pavimento:

- Estado superficial: textura, absorción, grietas estructurales, ahuellamientos, contaminación superficial, geometría longitudinal y transversal.
- Condiciones climáticas: clima, temperatura, precipitaciones, sombra y viento.
- Trafico de la vía, límites de velocidad.

2. Definir el objetivo del tratamiento

Se debe definir los objetivos del tratamiento, para elegir y desarrollar un tipo adecuado de Slurry Seal; esto basado en las deficiencias existentes del pavimento, que se obtiene en la evaluación del pavimento. Tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Función principal: sellado, relleno de grietas, corrección de deslizamiento, etc.
- Textura superficial.
- Número de capas.
- Tiempo de vida.

3. Evaluación y selección de materiales

Consiste en evaluar y seleccionar las canteras de agregados existentes cerca al proyecto; así como también, los proveedores de la emulsión asfáltica, el filler y el agua, para poder iniciar con el diseño.

Se debe tomar como referencia los certificados de cada material, los mismos que serán constatados en el diseño, durante la caracterización de los componentes del Slurry Seal.

b) Procedimiento de diseño

Los pasos a seguir para realizar el diseño de un Slurry Seal, se muestran a continuación, detallando brevemente cada uno de ellos.

Estos procedimientos son recomendaciones establecidas por la ISSA, por tanto, cada diseñador, tiene la facultad de tener en consideración o no estas recomendaciones.

1. Caracterización de los componentes

Para caracterizar los componentes, se debe seguir las especificaciones establecidas para cada componente, como se indica en la sección 1.2. Agregados.

- Relleno mineral (Filler).
- Emulsión asfáltica.
- Agua.
- Aditivos.

2. Contenido teórico de asfalto residual

Este valor es necesario para iniciar el diseño con mezclas preliminares y evaluar el comportamiento del agregado con la emulsión asfáltica. Se determina en base al análisis granulométrico del agregado y de su capacidad de absorción.

3. Contenido óptimo de agua

La proporción óptima de agua que se necesita en la mezcla se obtiene mediante el ensayo de consistencia en el cono de Kansas, cumpliendo los parámetros establecidos en la ISSA TB - 1 06. Tiene como finalidad garantizar la trabajabilidad de la mezcla durante su colocación.

- Ensayo de consistencia (ISSA TB -106).

4. Compatibilidad de los componentes en la mezcla

Estos ensayos permiten observar el comportamiento de los componentes en la mezcla, incidiendo en el agregado, la emulsión y el filler. Deben cumplir los parámetros establecidos para cada ensayo.

- Tiempo de mezcla (ISSA TB- 113).
- Desnudamiento por humedad (ISSA TB- 114).

5. Pruebas de desempeño

Estos ensayos _permiten predecir el comportamiento del Slurry Seal cuando esté puesto en servicio. Se desarrollará con mayor detalle en el Capítulo 111, sección 3.4.

- Ensayo de abrasión en húmedo (ISSA TB - 1 00): simula una superficie saturada con agua, sometido a la abrasión mecánica por el tránsito de los vehículos. Determina el contenido mínimo de residuo asfáltico.
- Ensayo de rueda cargada (ISSA TB - 1 09): simula una superficie sometido a cargas pesadas de tránsito. Determina el contenido máximo de residuo asfáltico.

6. Contenido óptimo de asfalto residual

Este valor, indica la cantidad de residuo asfáltico en el diseño definitivo del Slurry Seal. Con el cual se realizará la producción en la micropavimentadora para su colocación en obra.

El punto medio del límite será la cantidad óptima, variando en +/- 1.5% de su valor, según las condiciones climáticas en obra.

- Determinación gráfica del contenido óptimo de asfalto (ISSA TB 111).

7. Determinación del tiempo de apertura al tráfico

Se determina mediante el ensayo de cohesión. Si bien es cierto que los resultados no son precisos por realizarse a condiciones de laboratorio, permite otorgar cierta referencia para evaluarlo en obra.

- Ensayo de cohesión (ISSA TB - 139).

B. DEPENDIENTES

b). Transitabilidad vehicular

b.1. Pavimentos

Existen diferentes formas de definir un pavimento; a continuación, presentamos una definición básica de este elemento importante de la transitabilidad vehicular y de personas.

Definición

La Norma AASHTO (2008), explica que “El pavimento viene a ser una estructura que se encuentra gravitado sobre la trayectoria del terreno de fundación conocido como subrasante. Esta parte de la estructura estará condicionada para tolerar un régimen sistemático de capas con grosores diferentes, llamado paquete estructural, establecido con la finalidad de resistir cargas externas en un período determinado de tiempo” (p.341).

Tipos de pavimentos

Armijos C. (2009). Explica que “Se han considerado 4 tipos de pavimentos; estos son: Pavimentos flexibles, rígidos, semirrígidos y articulados; básicamente mantiene una diferencia establecida por la estructura y las capas que las constituyen.” (p.65).

Pavimentos Flexibles

Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013). Explican que “Un pavimento flexible, viene a ser una estructura formada por capas granulares (sub-base, base) y como capa de rodadura una carpeta elaborada con elementos bituminosos como aglomerantes, agregados y en muchos casos aditivos.” (p.30).

b.2. Elementos del Pavimento Flexible

a. Base

Viene a ser la capa de nivel inferior a la capa de rodadura, su función es sostener, distribuir y transmitir las cargas originadas por el tránsito vehicular.

b. Sub Base

Considerada como la capa que soporta la base y la carpeta propiamente dicha. Además, cumple la función de drenaje y controlador de la capilaridad del agua.

c. Subrasante

Viene a ser el nivel más profundo de la estructura vial. Los suelos que pertenecen a la sub rasante serán adecuados y estables con CBR4 igual o mayor a 6%.

d. Carpeta asfáltica

Más conocida como capa de rodadura, viene a ser la capa superior del pavimento flexible y es apostada sobre la base granular con el objeto de sostener directamente el tránsito. Cumple las funciones de ofrecer características de viales de fricción óptima, suavidad, control de ruido y drenaje.

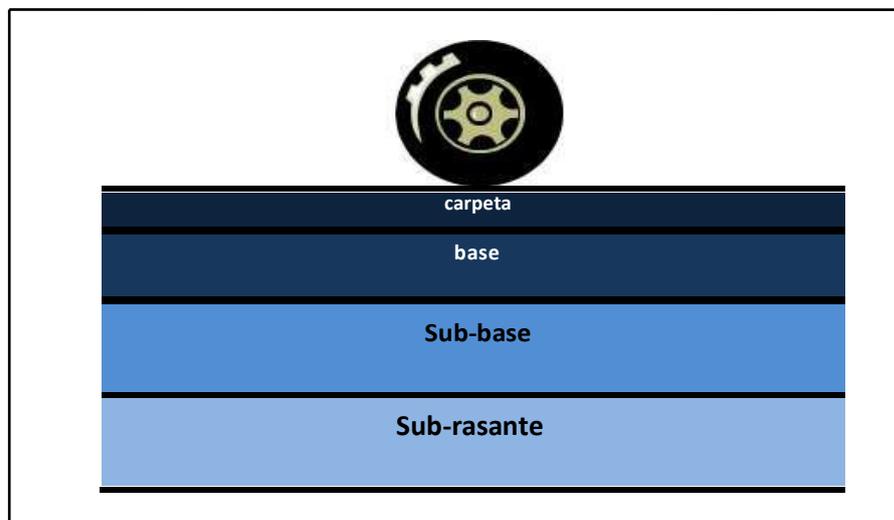


Figura 02. Esquema típico del paquete estructural de un pavimento flexible

b.3. Ciclo de vida de los pavimentos

Según, Gamboa (2009). “El ciclo de vida sin tener en consideración el mantenimiento y rehabilitación, tiene cuatro etapas”. (p.12).

A continuación, se describen las etapas respectivas:

1. **Etapas de Construcción:** En esta etapa la condición del pavimento es excelente y cumple con los estándares de calidad necesarios para satisfacer a los usuarios

2. **Etapa de deterioro imperceptible:** Aquí la vía presenta un desgaste progresivo en relación al tiempo transcurrido. El deterioro es poco visible y tiene un costo de mantenimiento anual de alrededor del 0.4 a 0.6% del costo de construcción.
3. **Etapa de deterioro acelerado:** El pavimento se presenta dañado, se pueden visualizar las fallas en la superficie de rodadura. Aquí la condición de la vía oscila entre regular y muy pobre.
4. **Etapa de deterioro total:** Se considera como el deterioro completo del pavimento. La transitabilidad se verá muy afectada, ocasionando daños severos a los vehículos en sus neumáticos, ejes, entre otro.

En la siguiente figura N° 2 se presenta la condición estructural y funcional de un pavimento y su relación con el tiempo de uso.

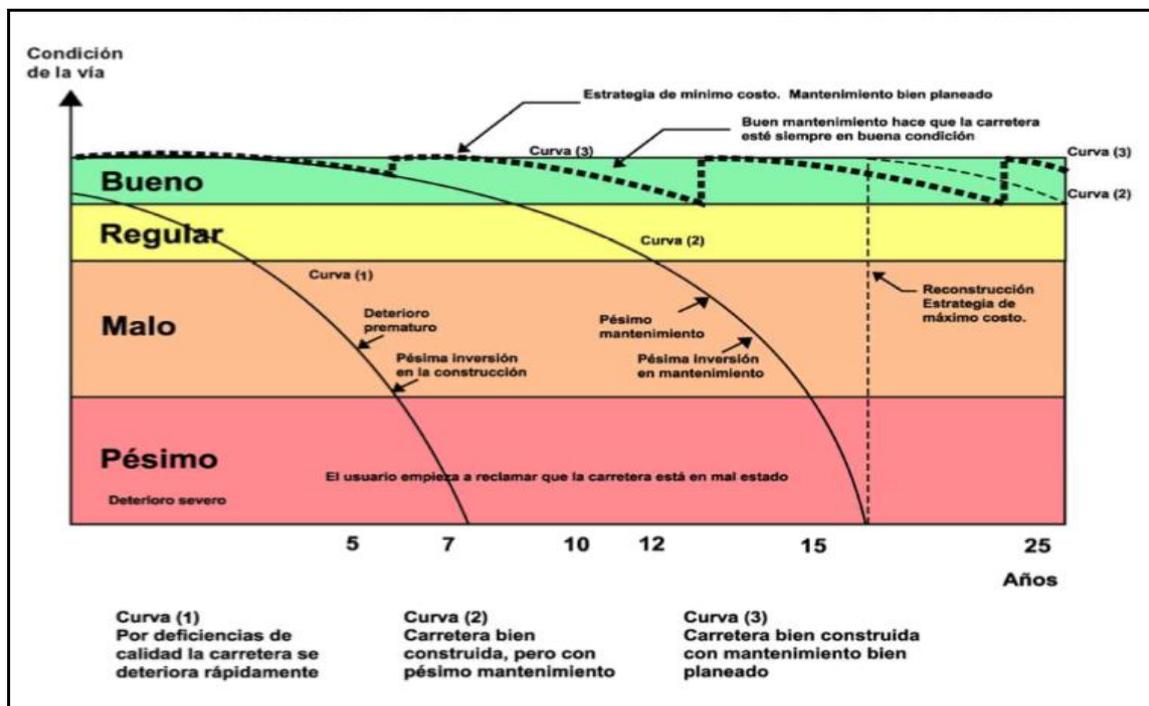


Figura 02. Curva de deterioro de un pavimento flexible desarrollada por Prithvi S. Kandhal

Es de importancia establecer que mediante el índice de serviciabilidad o el índice de condición de un pavimento se puede conocer el estado de un pavimento en particular. Es por ello que se debe conocer el ciclo de vida de los pavimentos, con la finalidad de conocer en qué etapa de este se encuentra para posteriormente proponer un plan que alargue la condición de serviciabilidad y funcionalidad de la vía, que podría darse mediante trabajos de mantenimiento y rehabilitación previamente programada.

En la figura N° 3 se presenta el ciclo de vida de un pavimento:

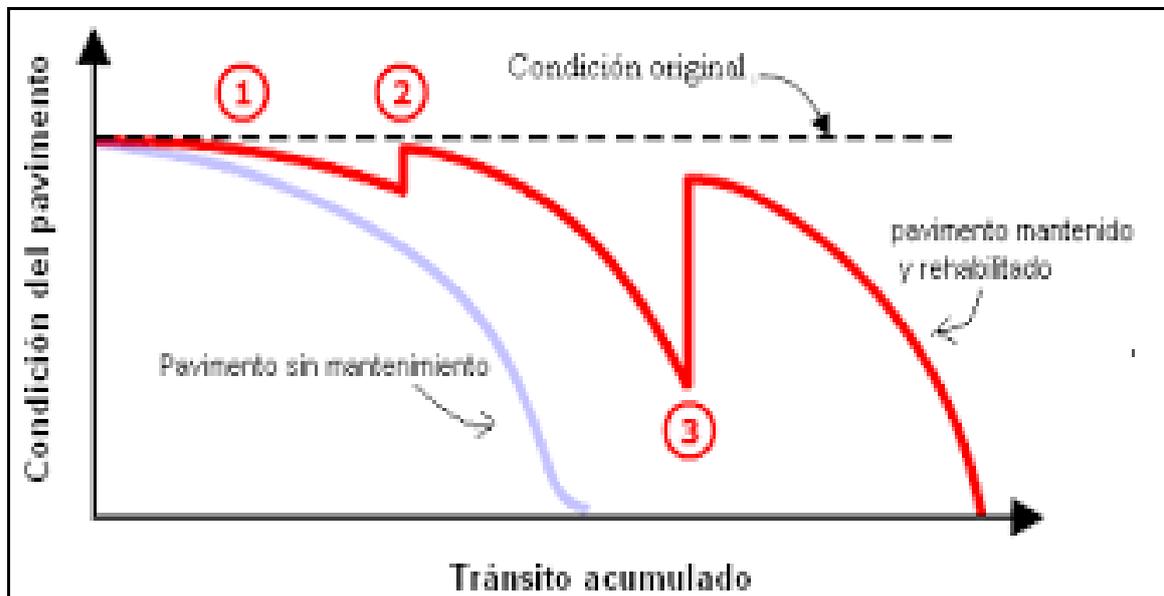


Figura 03. Ciclo de vida del pavimento.

b.4. Fallas en los pavimentos flexibles

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente.

En los pavimentos de tipo flexibles se presentan daños como:

- Fisuras y grietas.
- Deformaciones superficiales.
- Desintegración de pavimentos o desprendimientos.
- Afloramientos y otras fallas.

A continuación, en la figura N° 4, se presentan con más detalle el tipo y categoría de fallas que pueden darse en pavimentos de tipo flexible:

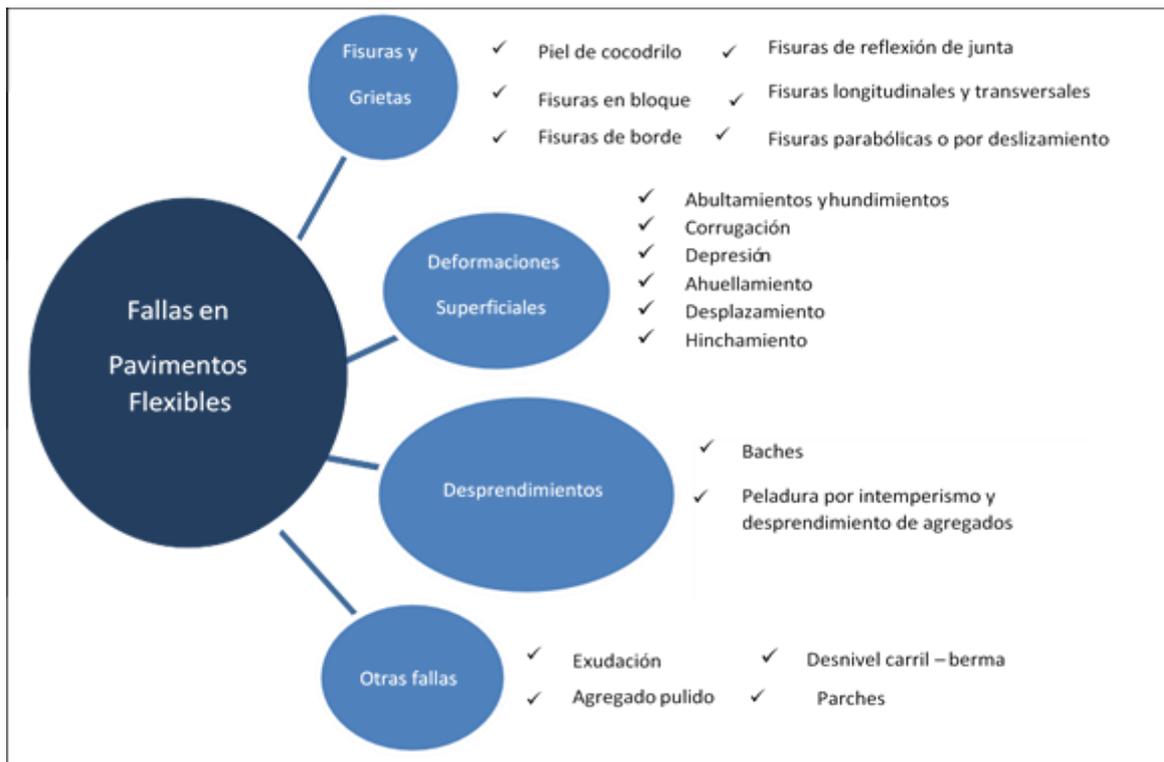


Figura 4. Fallas en pavimentos flexibles.

b.5. Métodos de evaluación de Pavimentos de tipo Flexible

En la investigación realizada, se ha considerado llevar a cabo la evaluación del pavimento en estudio, mediante el método conocido como PCI, el cual se desarrolla a continuación.

Método PCI (*Pavement Condition Index*)

Introducción

El método PCI (*Pavement Condition Index*) es una técnica mediante el cual se establece el proceso metodológico a seguir para determinar la condición del pavimento, la cual se da realizando inspecciones visuales en campo e identificando la clase, severidad y cantidad de fallas existentes en el pavimento evaluado.

Objetivos

El Método PCI y su aplicación generan dos objetivos básicos, que son:

- Identificar la condición en que se encuentra el pavimento tanto en su integridad estructural como en el nivel de servicio que ofrece al usuario.
- Determinar un indicador de comparación, que permita establecer la condición y

comportamiento del pavimento flexible

Índice de condición del pavimento (PCI).

El índice de condición del pavimento viene a ser un grado numérico previamente establecido, el cual nos da a conocer el nivel de la condición funcional en que se encuentra un determinado pavimento. Este valor varía de cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado.

Grado de la condición del pavimento. Básicamente es la descripción cualitativa de la condición del pavimento, como una función del valor de PCI que varía entre “fallado” hasta “excelente”, como se puede ver en la figura N° 5.

100	
85	EXCELENTE
70	MUY BUENO
55	BUENO
40	REGULAR
25	MALO
10	MUY MALO
0	FALLADO

Figura 5. Índice PCI.

b.6. Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos

Se ha considerado dos categorías con el objeto de conservar o dar mantenimiento a una vía las cuales son: preventivas y correctivas.

- **El mantenimiento preventivo;** viene hacer las actividades que tiene el objetivo de proteger el pavimento y reducir su tasa de deterioro.
- **El mantenimiento correctivo;** permite realizar acciones que corrijan fallas específicas identificadas en el pavimento o áreas deterioradas de consideración.

En la tabla N° 8 se puede visualizar los rangos de PCI de un pavimento flexible, así como la categoría de acción a utilizar.

Tabla 9. Rango del PCI

RANGOS DE CALIFICACIÓN DEL PCI	
Rango	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: Manual de Carreteras EG – 2013

Técnicas de mantenimiento de pavimentos

- **Sellado de grietas:** Viene a ser la limpieza y sellado de grietas con productos asfálticos, lechada o mezcla asfáltica, con la finalidad de prevenir el ingreso de agua y otros materiales a la estructura del pavimento.
- **Bacheo o parche:** Vienen a ser la reparación de fallas severas en pavimentos.
- **Tratamiento Superficial (Sello) Localizado:** Es la aplicación de un sello asfáltico o tratamiento superficial sobre pavimentos envejecidos y oxidados, que presenten grietas finas y/o pérdida de agregado por disgregación menor.
- **Nivelación localizada con mezcla asfáltica:** viene a ser un bacheo superficial, que permite corregir fallas como hundimientos, ahuellamientos, zanjas, entre otros.
- **Micro-fresado y/o texturizado localizada:** Proceso de remoción del pavimento hasta una profundidad entre 3 a 10 mm. con el propósito de optimizar la fricción del pavimento.

b.7. Costo anual equivalente

Es determinar establecer el mejor mantenimiento vial basado en el menor costo efectivo; teniendo en consideración los costos básicos como mano de obra, equipo y materiales necesarios para cada trabajo. Con esta información, procedemos a calcular el costo unitario de cada alternativa de tratamiento recomendada.

$$\text{COSTO UNITARIO} = \text{Mano de obra} + \text{Equipo} + \text{Materiales} / \text{Rendimiento diario}$$

Para realizar una comparación de un tratamiento en particular se deben considerar no solamente el costo unitario, el cual en sí mismo no es relevante para hacer una comparación; sino más bien debe considerarse también la vida de servicio que se generará después de realizado el mantenimiento o reparación respectivo de la vía. En este proceso, se deberá promediar el costo de una reparación durante los años en los que es necesario hacerla de nuevo, a esto se le conoce como Costo Anual Equivalente:

COSTO ANUAL EQUIVALENTE = Costo Unitario / Vida Esperada de la alternativa (años)
--

Según, Vivar G. (1996); basado en el enunciado anterior, se puede decir que “el tratamiento de mantenimiento o reparación que obtenga el menor Costo Anual Equivalente es el de mejor costo efectivo entre todas las alternativas y deberá ser el escogido, a menos que prevalezcan otros factores” (p.378).

En la tabla N° 10 se presentan los elementos a considerar en la determinación del Costo Anual Equivalente.

Tabla 10. Comparación Costos de Mantenimientos en Pavimentos Flexibles

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
NORMA TÉCNICA		
MATERIALES Y AGREGADOS		
PROCESO CONSTRUCT.		
VISUAL y CALIDAD		
ASPECTOS AMBIENTALES		
TRANSITAB.		
COSTOS		
DESVENTAJAS		

Fuente: Pequeño D. (2016).

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño óptimo del mortero asfáltico (Slurry Seal) para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular del pavimento flexible de la avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019?

1.5. Justificación del estudio:

1.5.1. Científica

La justificación científica del estudio se expone porque, utiliza el método científico, donde se realiza un análisis y evaluación de la vía, para finalmente determinar la importancia de esta en la actividad social y económica de la comunidad afectada; así mismo se profundiza el estudio del diseño óptimo del mortero asfáltico (Slurry Seal) que mejore la transitabilidad vehicular del pavimento asfáltico de la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo. En esta investigación, se aplicaron las teorías, técnicas y métodos vigentes teniendo en cuenta las normas peruanas correspondientes. Además, se ha tenido en cuenta enunciados distintos en contextos en relación con la recuperación de pavimentos flexibles.

1.5.2. Técnica

Durante el desarrollo del estudio investigativo, se utilizó métodos de innovación aplicados en la recuperación de pavimentos asfálticos, en este caso se diseñó un mortero asfáltico – Slurry Seal que permita la mejora de la funcionalidad de la vía, la cual se llevó a cabo bajo las normas peruanas de infraestructura vial

1.5.3. Social

La investigación se justifica socialmente porque busca mejorar las condiciones de vida y el desarrollo sostenible del área de influencia. Por otra parte, permanecerán a disposición los resultados obtenidos en el estudio para investigaciones futuras en temas relacionados con el diseño y mantenimientos económicos y eficientes de pavimentos flexibles con morteros asfálticos que buscan una mejor transitabilidad y funcionalidad (confort y seguridad) del pavimento flexible en beneficio de todos los usuarios de esta importante vía urbana.

1.5.4. Económica

La relevancia económica del mantenimiento y conservación de la Av. Miguel Grau es bastante alta, ya que es considerada como una vía de gran importancia en el distrito de Chiclayo, debido a que esta vía permite el acceso tanto para el centro histórico de la ciudad

como una conexión directa entre los principales distritos de la provincia; por lo tanto, se hace necesario realizar una mejora en la transitabilidad y funcionalidad del pavimento además de promover una prolongación de vida útil de la vía en estudio.

1.5.5. Ambiental

La ejecución del proyecto tiene un mayor beneficio a la sociedad afectada que elementos negativos medioambientales; específicamente existen tres beneficios de importancia como son: Reducción de afectación ambiental en un aproximado del 20% y llevar a niveles aceptables el proceso de mantenimiento de vías en aquellas áreas de las que identificamos como críticas; en segundo lugar, mejorara la fluidez en el tránsito de manera considerable, reduciendo así el consumo de combustible y finalmente al tener vías en muy buen estado de conservación y serviciabilidad permitirá la reducción del ruido en el ambiente.

1.6. Hipótesis

El diseño óptimo del Mortero Asfáltico (Slurry Seal) **mejorará** la transitabilidad vehicular del pavimento flexible de la Avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019.

1.7. Objetivos

1.7.1. General

Diseñar el Mortero Asfáltico (Slurry Seal) para el mejoramiento de la Transitabilidad Vehicular del pavimento flexible de la Avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019.

1.7.2. Objetivos Específicos:

- a.** Determinar la condición de serviciabilidad del pavimento flexible de la Avenida Miguel Grau - Chiclayo 2019.
- b.** Determinar el tipo de tránsito, volumen y carga al cual será sometido durante el periodo de diseño para su puesta en servicio el pavimento flexible de la Avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019.
- c.** Diseñar el mortero asfáltico óptimo para mejorar la transitabilidad Vehicular del pavimento flexible de la Avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019.

- d. Establecer y comparar la estructura de Costos de rehabilitación y mantenimiento mediante morteros asfálticos (Slurry Seal) y el método convencional del pavimento en estudio.

II. MÉTODO.

2.1. Diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo a la orientación. - la investigación es aplicada, No experimental.

De acuerdo a la técnica de contrastación. - La investigación es Cuantitativa, Descriptiva.

2.1.2. Diseño de investigación

Acorde con Hernández S. (2010), el diseño es no experimental - Transeccional – Descriptivo



Dónde:

M: Representa la Muestra en estudio

A: Representa el análisis y evaluación

E: Representa el diseño

C: Comportamiento de la muestra en estudio

2.2. Variables, Operacionalización.

2.2.1. Variable dependiente. - Transitabilidad Vehicular de los pavimentos flexibles.

2.2.2. Variable independiente. - Diseño de Mortero Asfáltico (Slurry Seal).

2.2. Variables – Operacionalización

Tabla 11. Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicador	Instrumentos de medición
Variable Independiente: Diseño de Mortero Asfáltico (Slurry Seal)	Norma ISSA 105 (2016); define que “el Slurry Seal, es una mezcla asfáltica de alto rendimiento en la pavimentación de vías, se compone de agregados de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, filler mineral y agua, la cual es aplicada de manera efectiva como sello de pavimentos envejecidos, sello de grietas superficiales, detienen la desintegración y dotan de propiedades antiderrapantes, por otro lado, tiene propiedades impermeabilizantes” (p.75).	Diseño de Mortero Asfáltico (Slurry Seal) tipo II	Diseño 01 de mortero asfáltico (Slurry Seal) Diseño 02 de mortero asfáltico (Slurry Seal)	Ensayos de Diseño de Mortero Asfáltico
Variable Dependiente: Transitabilidad Vehicular de los pavimentos flexibles.	Thenoux y Gaete (2012); “Viene a ser la condición mínima de un pavimento para proveer a los usuarios un manejo seguro, económico y confortable en un momento establecido. Se debe tener en cuenta factores como, la calidad de la superficie y el estado general de las condiciones del pavimento, teniendo consideración todos aquellos factores que afectan la comodidad, seguridad y economía”. (p.02).	Seguridad Funcionalidad Economía Superficie de Rodadura	Resistencia al Deslizamiento. Regularidad Superficial. Costo Usuario. Textura de la superficie. Porosidad (vacíos de la mezcla). Rigidez de la mezcla.	Fichas de Observación. Fichas de Inventario Vial.

Fuente: Elaboración propia

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

En la investigación, la población está conformada por todas las avenidas diseñadas con pavimento flexible y que tienen problemas de transitabilidad vehicular en la ciudad de Chiclayo.

2.3.2. Muestra

Borja S. (2012), “la Muestra es de tipo no probabilística, porque la elección de esta no depende de la probabilidad sino más bien del juicio técnico del investigador, además en este tipo de técnica muestral no es posible calcular el error estándar” (p.32).

En el caso de este estudio investigativo, la muestra en estudio estará formada por la Av. Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas principales que se utilizaron en este estudio fueron, la observación, levantamiento topográfico y estudios y ensayos en laboratorio que me permitieron obtener el diseño del mortero asfáltico.

2.4.1.1. Observación

Borja S. (2012), “permite la comprobación de manera general sobre la información principal de los hechos a investigar, tener un conocimiento de la estructura de la misma, las actividades a realizar y comprobar los planteamientos formulados en la investigación y se registran en formatos previamente diseñados” (p.33).

Todo esto nos conducirá al logro del objetivo del proyecto que es el análisis y evaluación del comportamiento de morteros asfálticos en la Av. Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo.

2.4.1.2. Estudio Topográfico.

Técnica utilizada en la ingeniería civil con finalidad de obtener datos primarios que permitirán determinar la ubicación, dimensiones y representación gráfica o plano de la vía y los puntos de interés para realizar el estudio.

2.4.1.3. Cálculo del PCI.

Método mediante el cual se llevará a cabo la evaluación correspondiente del comportamiento de la vía en estudio, básicamente viene a ser un proceso de tipo estándar que permite inspeccionar y determinar de manera eficiente índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos - (ASTM D6433-03).

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

2.4.2.1. Guía de Observación.

Medio mediante el cual se investiga, evalúa y se recolecta de datos, en referencia a un objetivo específico, donde se establecen variables puntuales. Generalmente es usado para recoger datos con la finalidad de brindar recomendaciones para mejorar un determinado evento o fenómeno.

2.4.2.2. Ficha de Análisis Técnico.

Documento que tiene como finalidad registrar información de importancia de una determinada investigación; por otra parte, permite organizar y registrar datos de acuerdo a su importancia, genera extractos o resúmenes que agilizan la investigación, mejorando los tiempos establecidos.

Para este caso se realizaron pruebas y ensayos de Control de Calidad de los materiales.

2.4.3. Validación de los Instrumentos

Cada uno de los instrumentos utilizados en este estudio, serán calibrados por técnicos especialistas en el ramo y validados por los expertos en cada materia a validar.

2.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad de la información y los resultados obtenidos en el estudio se basarán en la exactitud y consistencia de cada ensayo e instrumento utilizado en la evaluación funcional del pavimento asfáltico estudiado.

2.5. Métodos de análisis de datos

Se analizaron los datos mediante el uso de medios descriptivos con la finalidad de relacionar las variables de estudio, consecuentemente se utilizarán medidas de inferencia para probar la hipótesis previamente establecida en la investigación.

2.6. Aspectos éticos

Basados en principios éticos y honestidad, la información que se presenta en este informe del estudio, es verdadero y seguro; por otra parte, se realizó bajo conocimiento relevante generado por asesores expertos en la investigación científica para ingenieros civiles.

III. RESULTADOS.

3.1. Evaluación del pavimento – Método PCI

Registrados los datos obtenidos en campo y determinados los índices de condición respectivos para cada unidad muestral, calculamos el PCI promedio de las 5 secciones previamente establecidas, lo cual nos permite conocer claramente la condición de la vía asfáltica conocida como la Av. Miguel Grau. Los resultados obtenidos después de la inspección de campo son presentados en la tabla N° 12.

Tabla N° 12. Resumen de resultados de los datos de PCI de la Av. Miguel Grau.

RESUMEN DE RESULTADOS								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
TRAMO 01								
UM02	0 + 000	0 + 37.5	1	228.75	53	Regular	54	Regular
UM08	0 + 37.5	0 + 75.0	1	228.75	51	Regular		
UM14	0 + 75.0	0 + 112.5	2	228.75	50	Regular		
UM20	0 + 112.5	0 + 131.33	2	114.88	51	Regular		
	0 + 131.3	0 + 150.0	2	113.87	66	Bueno		
TRAMO 02								
UM01	0 + 187.5	0 + 225.0	1	228.75	64	Bueno	57	Bueno
UM07	0 + 225.0	0 + 262.5	2	228.75	41	Regular		
UM13	0 + 262.5	0 + 300.0	3	228.75	59	Bueno		
UM19	0 + 300.0	0 + 337.5	3	228.75	68	Bueno		
UM25	0 + 337.5	0 + 375.0	3	228.75	60	Bueno		
UM31	0 + 375.0	0 + 412.5	2	228.75	55	Regular		
UM37	0 + 412.5	0 + 450.0	2	228.75	55	Regular		
UM43	0 + 450.0	0 + 487.5	1	228.75	56	Bueno		

Fuente: Elaboración propia

3.2. Análisis del tráfico vehicular de la avenida Miguel Grau de Chiclayo – 2019. – cálculo del IMD.

3.2.1. Estudio del Tráfico Vehicular

El objetivo de este estudio es cuantificar, clasificar y conocer el volumen de las unidades vehiculares que transitan por la vía, así como determinar el origen y destino de estos: se consideran estos elementos fundamentales para evaluar el valor económico de la vía estudiada y establecer las características de diseño del mortero asfáltico – Slurry Seal que permita un mantenimiento óptimo de cada tramo de la vía.

3.2.2. Cálculo de tráfico medio diario

El Índice Medio Diario o simplemente IMD a considerar es, el volumen promedio de tránsito durante 24 horas de una muestra vehicular.

En el caso de estudio, se ha considera el promedio obtenido en las tres (03) estaciones de conteo vehicular, la cual se presenta en la tabla N° 013.

Tabla 13. Promedio de tráfico vehicular - Junio 2019 (acumulado de tres estaciones)

	TOTAL SEMANAL	PROMEDIO TOTAL	%
Auto	324,559	108,186	74.90%
Station Wagon	12,353	4,118	2.85%
PICK UP	39,368	13,123	9.09%
Panel	4,184	1,395	0.97%
Combi	40,256	13,419	9.29%
Micro	4,879	1,626	1.13%
Bus < 2E	1,528	509	0.35%
Bus > = 3E	864	288	0.20%
Camión 2 Ejes.	4,663	1,554	1.08%
Camión 3 Ejes.	659	220	0.15%
TOTAL	433,313	144,438	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el promedio del tráfico vehicular de la semana se ha considerado la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio Vehicular Semanal} = \text{suma del volumen diario} / 7$$

Se debe tener en consideración la aplicación de los factores de corrección tal y como se presentan en los cuadros adjuntos en el presente informe.

3.2.3. Cálculo del IMD Anual (IMDa).

En la Av. Miguel Grau, se tiene un flujo vehicular en dos sentidos y de dos tipos: carga y pasajeros (livianos y pesados). El comportamiento de tráfico que se da en tramo los tramos 01 y 02 de la vía es definitivo, el cual está conformado tanto por vehículos de pasajeros, como de mercancías, por otra parte, se consideran los vehículos ligeros y pesados.

El promedio de la semana multiplicado por el factor de corrección del mes del Índice Medio Diario Anual se presenta en los cuadros adjuntos al presente proyecto.

Tabla 14. Cálculo del IMDa - JUNIO 2019

	TOTAL SEMANAL	IMDs= $S_{vi}/7$	FC	IMDa = IMDs*FC
Auto	197,281	28,183	1.01028042	28,473
Station Wagon	8,332	1,190	1.01028042	1,203
PICK UP	26,388	3,770	1.01028042	3,808
Panel	2,847	407	1.01028042	411
Combi	26,818	3,831	1.01028042	3,871
Micro	3,272	467	1.10709709	517
Bus < 2E	1,023	146	1.10709709	162
Bus > = 3E	586	84	1.10709709	93
Camión 2 Ejes.	3,157	451	1.10709709	499
Camión 3 Ejes.	474	68	1.10709709	75
TOTAL	270,178	38,597		39,112

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

IMDs=Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular tomada.

IMDa=Índice Medio Diario Anual.

Vi =Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

FC =Factor de Corrección Estacional.

$$IMDs = S_{Vi}/7$$

$$IMDa = IMDs*FC$$

IMDa total actual es de: **39,112 Veh**

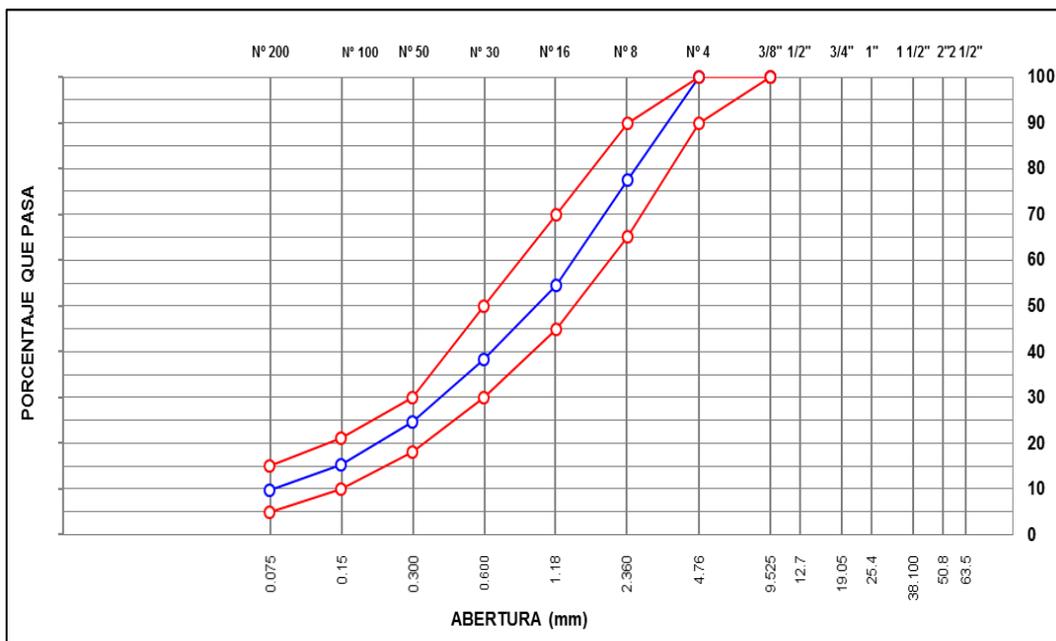
3.3. Resultados del diseño del mortero asfáltico - Slurry Seal Tipo III

A continuación, se presenta el resultado del diseño propuesto para este proyecto de mantenimiento de la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo:

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : Cantera La Victoria (Arena Chancada)
Referencia : Formular Slurry Seal Tipo III.
Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO III
3/8"	9.525	100.0	100
# 4	4.760	100.0	90 - 100
# 8	2.380	77.4	65 - 90
# 16	1.190	54.4	45 - 70
# 30	0.590	38.2	30 - 50
# 50	0.297	24.6	18 - 30
# 100	0.149	15.3	10 - 21
# 200	0.074	9.6	5 - 15
< # 200	(A S T M C - 117)	0.0	



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN ISSA A 105	RESULTADO CANTERA LA VICTORIA	CONDICIÓN
GRANULOMETRÍA	TIPO III	TIPO III	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	72%	CUMPLE
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	REPORTAR	7 mg/g	ACEPTABLE
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)	REPORTAR	1579 Kg/m ³	CUMPLE
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MTC E-111)	NP	NP	CUMPLE

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión: Emulsión Catiónica de Rotura Lenta - CSS-1hp. Referencia: MINIPLANTA CSS-1hp.

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	61.40	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	58	50 - 90 dmm

III. Análisis de Agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
POTABLE	(5.5 - 8)	MÁXIMO 380 ppm	7.70	285 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.8 %
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.63 %

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109)
Abrasión en húmedo (ISSA TB 100)

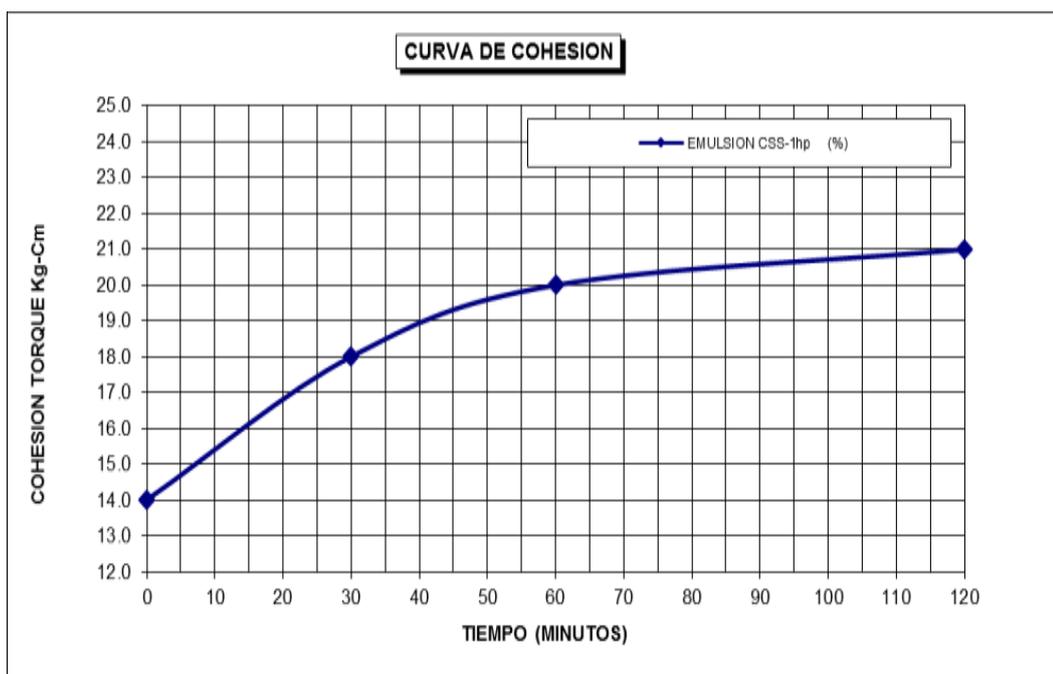
Asfalto teórico (%)	Emulsión teórica (%)	Agua (%)	Filler (%)
9.8	14.63	10.0	1.0

- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler: Cemento
- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

VI. **CONSISTENCIA:** La mezcla se tiene una consistencia de 3.0 cm.

VII. **COHESIÓN**

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
						30 Min	60 min
27 °C aprox.	7.8	12.22	1.0	10.0	>180	18.0	20.0



Nota: Inicio de cohesión a partir de 3.0 Horas.

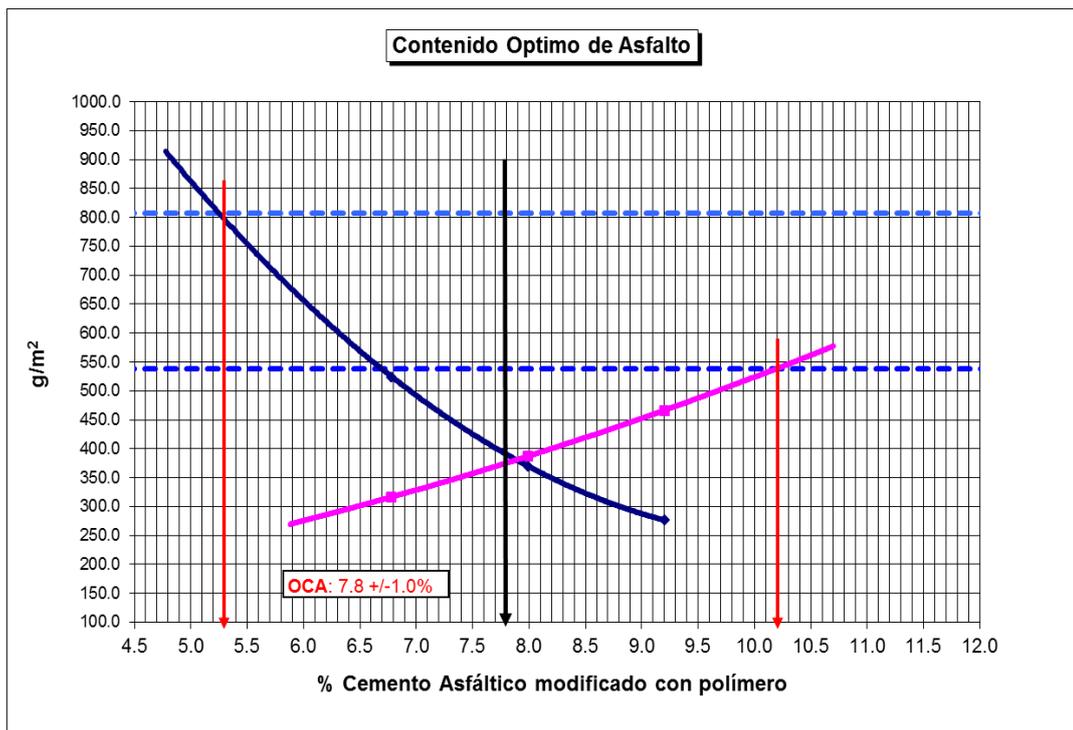
VIII. **Recubrimiento:** mayor a 90%

IX. **Especificación ISSA A 105**

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de Mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

X. Resultados de los Especímenes Ensayados

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
6.8	11.2	524.7	316.4
8.0	13.2	370.1	386.9
9.2	15.2	276.3	466.4



XI. Conclusiones

Diseño Slurry Seal TIPO III de 12mm.

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1hp. : 12.22%
(Rango de tasa de aplicación: 11.2% a 14.5%)
- Cantidad de agua : 10.0%
(Agua añadida)
- Cantidad de filler (Cemento) : 1.0%

3.4. Resultado del análisis comparativo de costos de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles

Tabla 15. Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante el método Convencional

FORMATO DE COMPARACIÓN DE COSTOS						
Costo Base de Micro-pavimento en Caliente de 12mm				Área base: 1 m2		
Ítem	Descripción	Unitario	Metrado	C.U.	Parcial	Total Mantenimiento Convencional
1	APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO EN CALIENTE					
02.02.01	LIMPIEZA DEL ÁREA/VÍA DE TRABAJO	m2	0.07	55.00	3.85	
02.02.02	PREPARACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	m3	0.035	124.50	5.86	
02.02.03	EXTENDIDO DE MEZCLA ASFÁLTICA	m2	1.00	3.45	3.45	
02.02.04	CEMENTO ASFÁLTICO PEN 120/150	Gl	0.025	42.50	1.80	
02.02.05	FILLER MINERAL	m3	0.050	45.50	2.47	
02.02.06	ARENILLA NATURAL	m3	0.012	37.00	0.44	
02.02.07	ARENA	m3	0.025	60.00	1.50	
02.02.09	COMPACTACIÓN DEL MORTERO ASFÁLTICO	Hm	0.005	130.00	0.65	
TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO						S/. 19.02

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles con Morteros Asfálticos (Slurry Seal).

FORMATO DE COMPARACIÓN DE COSTOS						
Costo Base de Slurry Seal – Tipo III de 12mm				Área base: 1 m2		
Ítem	Descripción	Unitario	Metrados	C.U.	Parcial	Total Mantenimiento con Slurry Seal
2	APLICACIÓN DEL MORTERO SFÁLTICO (SLURRY SEAL)					
02.02.01	LIMPIEZA DEL ÁREA/VÍA DE TRABAJO	m2	1.000	0.45	0.450	
02.02.02	EMULSIÓN ASFÁLTICA SS 1h	GL	0.13	15.00	1.95	
02.02.04	ARENA	m3	0.015	60.00	0.900	
02.02.05	FILLER (CEMENTO PORTLAND)	Kg	0.090	23.50	2.115	
02.02.06	AGUA	m3	0.003	20.00	0.060	
02.02.06	PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DEL SLURRY SEAL	m2	1.000	1.20	9.200	
TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO						S/. 14.61

Fuente: Elaboración propia 2019

IV. DISCUSIÓN

Luego de haber realizado la evaluación superficial del pavimento flexible estudiado, se llegó a determinar la condición del mismo – PCI- el cual había sido seccionado en dos tramos, considerando para ello el nivel y tipo de tráfico existente en cada tramo. El resultado de esta evaluación nos ha permitido conocer realmente la condición de esta vía, siendo esta condición en el Tramo I, como regular y una condición buena para el tramo II, no llegando ninguno de los dos tramos a la condición de muy bueno o excelente, según lo indicado en el Método PCI aplicado para la investigación; por tanto, se hace necesario realizar el mantenimiento propuesto en este proyecto investigativo del mantenimiento de la vía con Mortero Asfáltico o Slurry Seal Tipo III. Se ha considerado realizar el mantenimiento con Slurry Seal Tipo III de 15mm debido a la condición de desgaste existente de la vía y la cantidad de afluencia vehicular que transita en esta importante avenida; la cual se determinó mediante el cálculo del IMDa Vehicular, donde se obtuvo aproximadamente una circulación vehicular de 34,000 vehículos diarios, convirtiéndola en una de las vías más importantes de acceso en la provincia de Chiclayo y consecuentemente al distrito de la Victoria.

Para entender mejor el tipo de mantenimiento a realizar, es importante definir el elemento que será aplicado en el mantenimiento de la vía, el cual es conocido como mortero asfáltico que es sinónimo del término lechada asfáltica o Slurry Seal y se define como la mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y aditivos; rigiéndose según la especificación del ISSA A105, el cual sirve para un mantenimiento superficial mas no estructural, de curado rápido y que permite extender la vida del pavimento de tres a cinco años.

Una vez identificado el nivel de daño existente en la vía mediante la evaluación del pavimento a través del método PCI y determinado el IMDa existente y proyectado a diez años, se realizó el Diseño del Mortero Asfáltico o Slurry Seal, el cual se presenta en el anexo N°03; teniendo como principal elemento el porcentaje de emulsión asfáltica en un porcentaje de 12.8% respecto del porcentaje total del mortero y para obtener una trabajabilidad optima de la lechada asfáltica se determinó un 9 % de agua respectivamente. Con la aplicación de este diseño de Slurry Seal en el mantenimiento del pavimento en estudio se espera recuperar la transitabilidad y funcionalidad de la vía por al menos tres -03- años.

Finalmente, como alternativa de conservación vial, mediante esta técnica de aplicación de un Mortero Asfáltico o Slurry Seal, hemos determinado que se puede llevar a cabo de manera eficiente y lo que es más importante de manera económica en un porcentaje considerable de 67% - Tablas N° 27 y 28 - respecto del mantenimiento de pavimentos flexibles mediante métodos o técnicas convencionales.

V. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones determinadas, después de haber realizado las investigaciones respectivas según el modelo y método científico recomendado por la universidad:

- Realizada la evaluación del pavimento flexible de la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo, se ha podido determinar que esta se encuentra en nivel regular en el Tramo I y en el Tramo II en un nivel bueno, acorde a los parámetros establecidos por el Método PCI, el cual ha sido considerado en esta investigación ha a ser aplicado; resultando que es de necesidad realizar un mantenimiento superficial con Slurry Seal a fin de recuperar la transitabilidad y funcionalidad de la vía, y porque no extender la vida de esta vía importante en al menos tres años.
- En referencia al nivel de tránsito que se suscita en esta importante vía, se ha realizado el cálculo mediante la determinación del IMDa Vehicular; el cual ha resultado en que transitan diariamente más de 34, 000 vehículos por esta vía, transportando más de 100,000 habitantes de la zona – según Tabla N° 11 Ocupabilidad Vehicular, que transitan principalmente para realizar actividades comerciales y de servicios; convirtiéndola así una de las más importantes vías de acceso para la ciudad de Chiclayo y el distrito de La Victoria respectivamente.
- Una vez identificado la condición de la avenida Miguel Grau de Chiclayo y calculado el IMDa respectivo se concluyó que se hace necesario realizar un mantenimiento de la vía que permita mejorar la transitabilidad vehicular y su funcionalidad óptima requerida; para lograr esto se hizo necesario establecer la fórmula de trabajo de diseño del Mortero Asfáltico o Slurry Seal, donde se determinó el porcentaje óptimo de cada uno de los elementos que conformaron en este diseño de Mortero asfáltico, garantizando así la resistencia de la mezcla a la abrasión en húmedo, la exudación del asfalto, la trabajabilidad de colocación y el tiempo de rotura o tiempo de apertura al tráfico; siendo estas características de diseño presentadas en el anexo N° 03.
- Durante la Evaluación del pavimento, también se pudo observar que la señalización de la vía es pobre, haciendo que la transitabilidad vehicular no sea la más adecuada; por otro lado, también se observó que no existe un sistema de drenaje que garantice la serviciabilidad del pavimento de manera eficiente durante el periodo de vida útil del diseño.
- Finalmente, se concluye que realizar el mantenimiento de un pavimento flexible mediante el uso de un Mortero Asfáltico o Slurry Seal, resulta más eficiente y principalmente más económico en un aproximado 23.20% respecto de un mantenimiento convencional con Micropavimento.

VI. RECOMENDACIONES

- Al inicio de esta investigación se presentó la importancia que tienen las vías de acceso en el desarrollo de un país, además de lo costoso que resulta tener estas vías en condiciones óptimas; bajo esta perspectiva, se puede mejorar ésta investigación al establecer, analizar y estudiar aquellos agentes externos que ocasionan daños severos en los pavimentos flexibles, reduciendo así el periodo de serviciabilidad propuesto inicialmente; por tanto, se recomienda tener un plan de mantenimientos de vías donde se incluyan nuevos modelos y técnicas que permitan reducir costos de mantenimiento y mantener la transitabilidad vehicular en sus niveles aceptables.
- Durante el diseño del Slurry Seal, se determinó que tanto los agregados como la emulsión asfáltica cumplen un rol decisivo en la vida útil esperada del mantenimiento en sí; por tanto, se recomienda que exista un control de calidad estricto o se debería mantener una correcta caracterización de estos elementos que conforman el diseño acorde a la norma ISSA A- 05 si se espera lograr el objetivo del mantenimiento.
- Se recomienda realizar un plan de señalización de la vía; especialmente en las Zonas escolares, intersecciones importantes y donde exista reductores de velocidad.
- Con la finalidad de extender la vida útil del pavimento, es necesario que a la par del mantenimiento periódico de la vía se debería implementar un sistema de drenaje, que permita responder eficientemente ante las inundaciones generadas por los fenómenos del niño o niña respectivamente.
- Finalmente, se puede decir que el método de mantenimiento mediante el mortero asfáltico Slurry Seal, es económico y de aplicabilidad rápida, resultando una técnica bastante eficiente y económica que se debería implementar en la recuperación de la ciudad y sus vías importantes que tienen el problema de deficiencia en la transitabilidad vehicular y se pudo lograr en menor tiempo y costo.

REFERENCIAS

- Wordpress.com** - *Problemática del Transporte*. (2011). Fonte: Wordpress.com.
- Agosta, R. (2011)**. *Voces en el Fénix - Problemática general del sector transporte en la Argentina*. Fonte: Voces en el Fenix:
<http://www.vocesenelfenix.com/content/problem%C3%A1tica-general-del-sector-transporte-en-la-argentina>
- Arthur H., N. (2001)**. *DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO* . Bogota: Mc Graw Hill.
- Asociacion Mundial de Carreteras PIARC. (2016)**. *Estado del arte del seguimiento el estado de las carreteras y de la ineraccion de la carretera/vehiculo*. La defence CEDEX, Francia: PIARC.
- Banco Mundial. (04 de Abril de 2014)**. *Banco Mundial - Transporte: Resultados del sector*. Fonte: Banco Mundia:
<http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/transport-results-profile>
- Blanco H. (2016)**. <http://www.academia.edu>. Acceso em 05 de Octubre de 2016, disponible em
http://www.academia.edu/7799970/GLOSARIO_DE_TERMINOS_Ingenier%C3%ADa_civil
- Borja S., M. (2012)**. *Metodologia de la Investigacion Cientifica para Ingenieros*. Chiclayo: BSM.
- Campos, W. (2015)**. *Metodologíade la Investigación Científica*. Chiclayo: grijaldo.
- Cementos Lima S.A.A. (Mayo de 2012)**. <http://www.unacem.com.pe>. Acceso em 05 de Octubre de 2016, disponible em <http://www.unacem.com.pe/wp-content/uploads/2012/07/Manual-de-Construccion.pdf>
- Crespo, R. (1999)**. *Jornadas sobre la calidad en el proyecto y la construcción de carreteras Barcelona: AEPO Ingenieros Consultores* . España: AEPO.
- Diaz, E. (1999)**. *Evaluación de las características superficiales del pavimento de carreteras con procedimientos de bajo costo*. . Habana, Cuba: FIC -HABANA.
- El Mundo. (03 de 23 de 2011)**. *El Mundo: Los Edificios Japoneses los mejores preparados para resistir un sismo*. Fonte: www.elmundo.com.
- El Pais. (14 de 04 de 2004)**. *El Pais: Deasatres naturales y responsabilidad social*. Fonte: www.elpais.com.

- Fundación Laboral de la Construcción,.** (s.d.). *Glosario de Términos*. España.
- Hibbeler R., C. (2016).** *Analisis Estructural*. Mexico D.F.: Pearson educacion.
- Instituto Mexicano de Transporte.** (2002). *CONSIDERACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL EN CARRETERAS DE MÉXICO*. Sanfandila, Mexico: IMT.
- LANAMME. (2005).** *NORMATIVA PARA EVALUAR LA RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS*. MADRID, ESPAÑA: LANAMME.
- Lopez, M. (15 de Enero de 2014).** Problematica del sector transporte. *Diario El Comercio*, p. 16.
- Maylin Corros, H. U. (2009).** *Manual de Evaluacion de Pavimentos*. Caracas , Venezuela: INVEAS.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones - MTC. (2000).** *Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento con el Pendulo del TRRL*. Lima - Peru: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Agosto de 2008).**
<http://www.proviasnac.gob.pe>. Acceso em 05 de Octubre de 2016, disponível em http://www.proviasnac.gob.pe/Archivos/file/glosario_final_con_RM.pdf
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2006).** Reglamento Nacional de Edificaciones. *Norma A.010 Condiciones Generales de Diseño*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2009).** Norma Tecnica de Edificación. *E.060 Concreto Armado(Decreto Supremo 010-2009-VIVIENDA)*. Lima.
- MTC- EG 2013. (2013).** *Manual de carreteras*. LIMA: MTC.
- Municipalidad de Chiclayo. (2010).** *Modernizacion de la gestion del Desarrollo Urbano de la Provincia de Chiclayo: Plan de Desarrollo Urbano Ambiental*. Chicalyo: Municipalidad de Chiclayo.
- RNE. (2015).** *Reglamento Nacional de Edificaciones - E20 Cargas , Acapite 4.2.4*. Lima: El Peruano.

ANEXOS

Anexo N° 01: Evaluación del pavimento flexible de la Av. Miguel Grau-Chiclayo.

En esta Investigación se inicia con la descripción, ubicación y determinación de las unidades de muestreo, para luego realizar las inspecciones de campo, la calibración de instrumentos, ejecución de ensayos respectivos y finalmente emitir los resultados de la evaluación pertinente.

Descripción del área de estudio.

El área de Investigación, es conocida como la Avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo, la cual está diseñada con pavimento flexible de dos carriles en cada dirección. Actualmente y debido al “fenómeno de la niña” suscitado el año 2017 en el Perú y nuestra región, esta avenida fue rehabilitada y dado el mantenimiento respectivo de la superficie, pero en la actualidad la vía ha venido presentando problemas de transitabilidad vehicular por el deterioro en el uso de la misma.

La longitud de la avenida es de 3,316 metros y como longitud transversal de 6.5 m en cada sentido.

Ubicación geográfica.

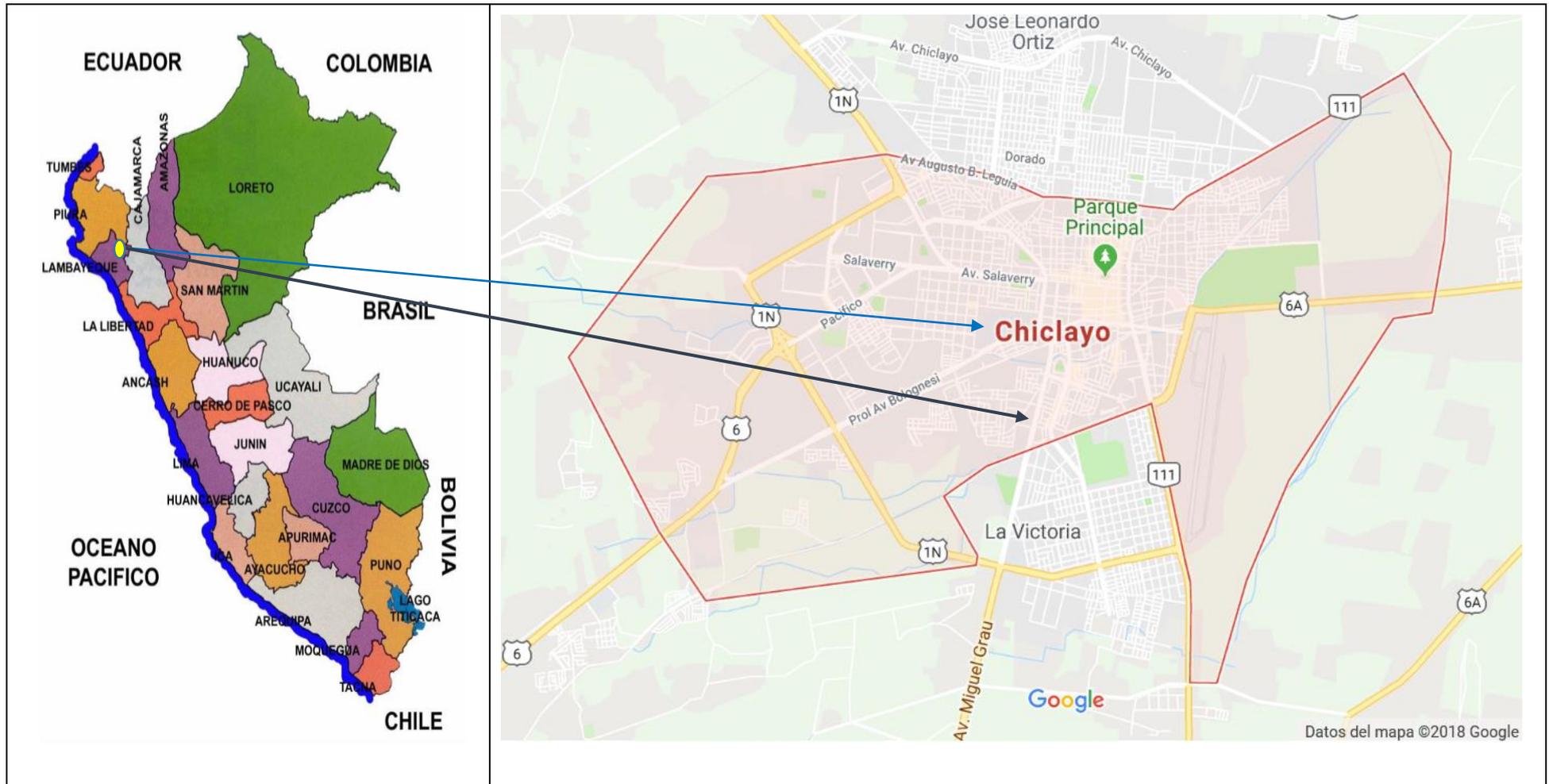


Figura 7. Ubicación de la Av. Miguel Grau, Chiclayo, Perú.

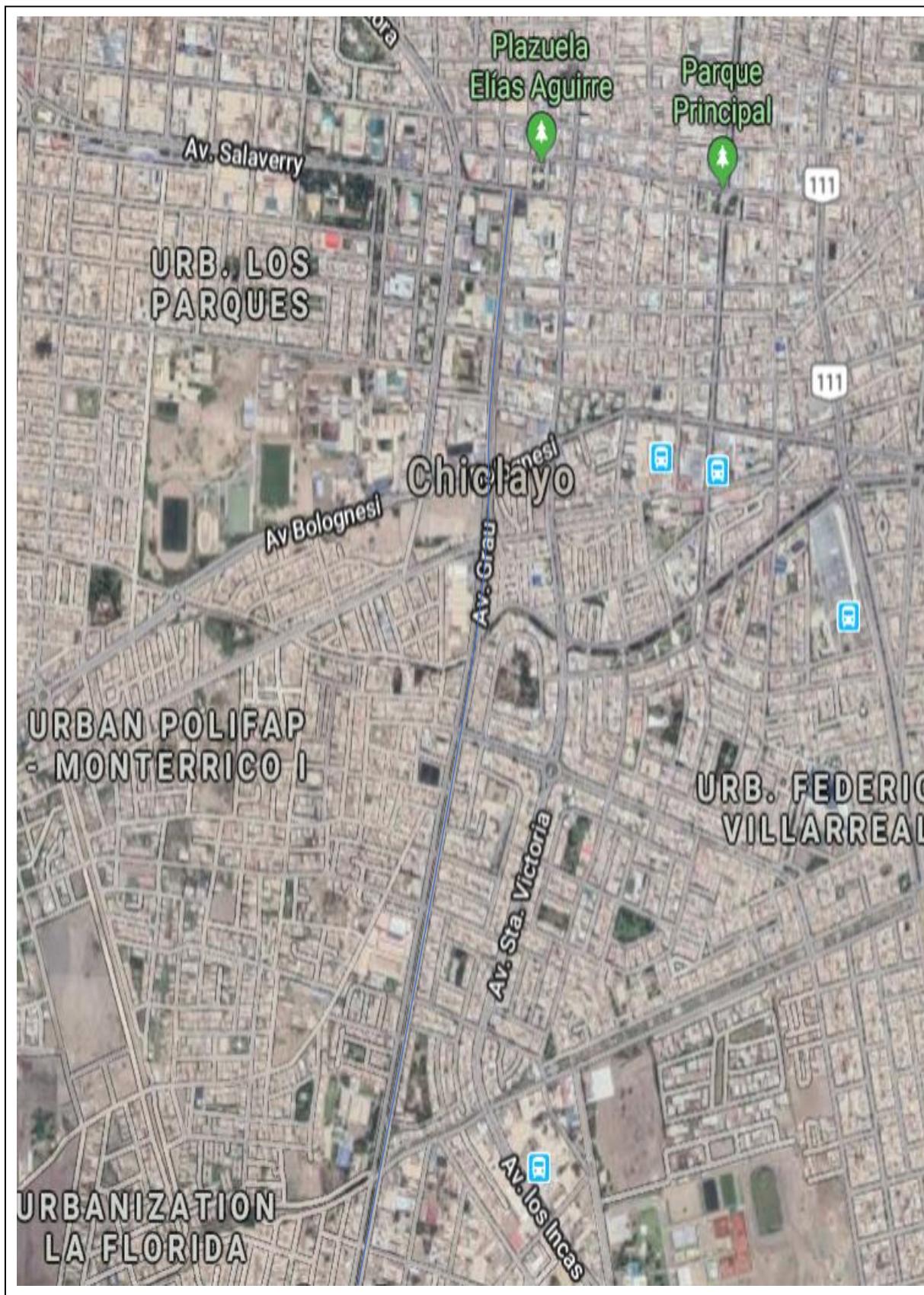


Figura 8. Ubicación de la Av. Miguel Grau, Chiclayo, Perú.

Evaluación del pavimento mediante el Método PCI

Información preliminar

A continuación, se dará una explicación general de la zona en estudio, donde se llevó a cabo la inspección visual; con el fin de conocer el lugar de trabajo y tener en cuenta las características de tránsito de la avenida a analizar.

Ubicación

La zona a estudiar se ubica en la Av. Miguel Grau, de los Distritos de la Victoria y Chiclayo respectivamente, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque; y comprende aproximadamente de tres mil trescientos veinte metros lineales de pavimento flexibles.

La Av. Miguel Grau en estudio, tiene la característica particular de tener doble sentido, con dos carriles en cada sentido, por tanto, se analizarán un total de 6,640 metros lineales de pavimento flexible.

El punto de inicio de la evaluación de la vía en estudio, se suscita en la intersección de la Vía de Evitamiento y con la Av. Miguel Grau, exactamente donde inicia la vía hacia el distrito de Monsefú. Ver figura 4.1. A partir de ahí, se recorren 3,320 metros lineales, para cada sentido, de la Av. Miguel Grau, quedando definido el punto de término de la zona de trabajo. El punto final se encuentra a aproximadamente 80 metros de la intersección de la Av. Miguel Grau con la Calle Elías Aguirre. Ver figura 09.

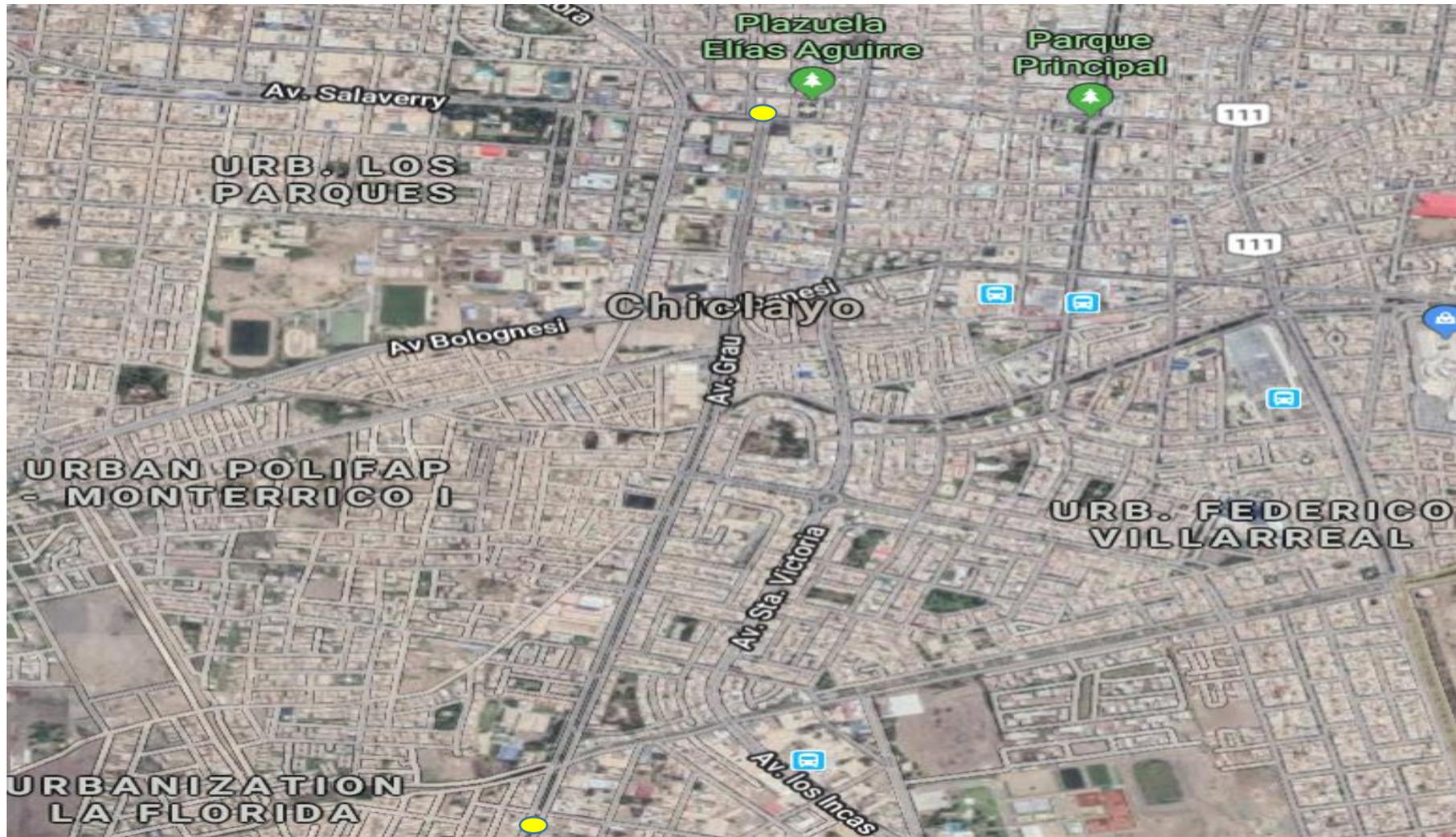


Figura 9. Ubicación de la vía en estudio. Punto de inicio y final de la zona de estudio marcada de color amarillo. De rojo se señalan los dos sentidos de vía de la Av. Miguel Grau.

Antecedentes

En los antecedentes, se hace referencia a las obras de reparación previas a la auscultación vial, que han sido ejecutadas en la avenida estudiada. Se tiene información de haberse realizado obras de recuperación y mantenimiento en el año 2017, después del fenómeno de la niña, la cual afectó de manera considerable diferentes avenidas de importancia en la ciudad de Chiclayo.

El mantenimiento y recuperación realizada de la avenida estudiada, comprendió la rehabilitación estructural y superficial, así como la reconstrucción de veredas y sardineles, incluyendo trabajos de demolición de sardinales y veredas existentes. Es por ello que se ha considerado el bacheo de vía con el fin de reparar las zonas aledañas de vía asfaltada, que puedan dañarse con la demolición. Los trabajos que se realizaron en el proyecto fueron:

Carga de tránsito

Las cargas de tránsito hacen referencia a las tensiones producidas por solicitaciones externas debido al flujo o circulación constante de vehículos en una calle o avenida. Todo pavimento debe ser diseñado para resistir una determinada carga de tránsito, ya que, de lo contrario, la pista sufriría daños permanentes, pues soportaría cargas mucho mayores a las esperadas.

Es por esto, que es de suma importancia conocer el tipo de vehículos que van a transitar una determinada vía. Para nuestro caso, los vehículos que recorren la avenida Miguel Grau son los siguientes: motos lineales, mototaxis, autos combis, camiones (volquetes) y buses. Éstos últimos son los que van a ejercer mayor influencia en el deterioro del pavimento.

El flujo vehicular que circula en la red de pavimento es constante; pero se destaca una variación significativa del tránsito entre los tramos existentes pertenecientes a los distritos de la Victoria (tráfico vehicular menor) y Chiclayo (mayor tráfico vehicular). Se ha determinado que, en los 3,320 metros lineales de pavimento, al tráfico vehicular no es el mismo.

Aplicación del método PCI

Durante el desarrollo de la investigación, la metodología aplicada en la evaluación del pavimento flexible de la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo, se basan en los lineamientos definidos por la norma ASTM D6433-03, el cual es un procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos.

Muestreo y unidades de muestra

El muestreo se llevará a cabo siguiendo el procedimiento detallado a continuación:

1.- Identificar tramos o áreas en el pavimento con diferentes usos en el plano de distribución de la red, tales como caminos y estacionamientos. Para ello tiene que quedar completamente definido el sistema de pavimentos a ser analizados, es decir, la red de pavimento.

Se ha definido como red de pavimento, a 3,320 metros lineales de pavimento flexible que forman parte de la avenida Miguel Grau para cada sentido de la vía estudiada. Como se puede apreciar en la figura 12, se ha llamado tramo 1 a la pista que limita entre la Vía de Evitamiento la Av. Chinchaysuyo en ambos sentidos de la vía, señalado de color rojo; y como tramo 2 a la vía en estudio ubicada entre la av. Chinchaysuyo y la calle Elías Aguirre también en ambos sentidos, la cual se encuentra señalado de color azul.



Zona de estudio.

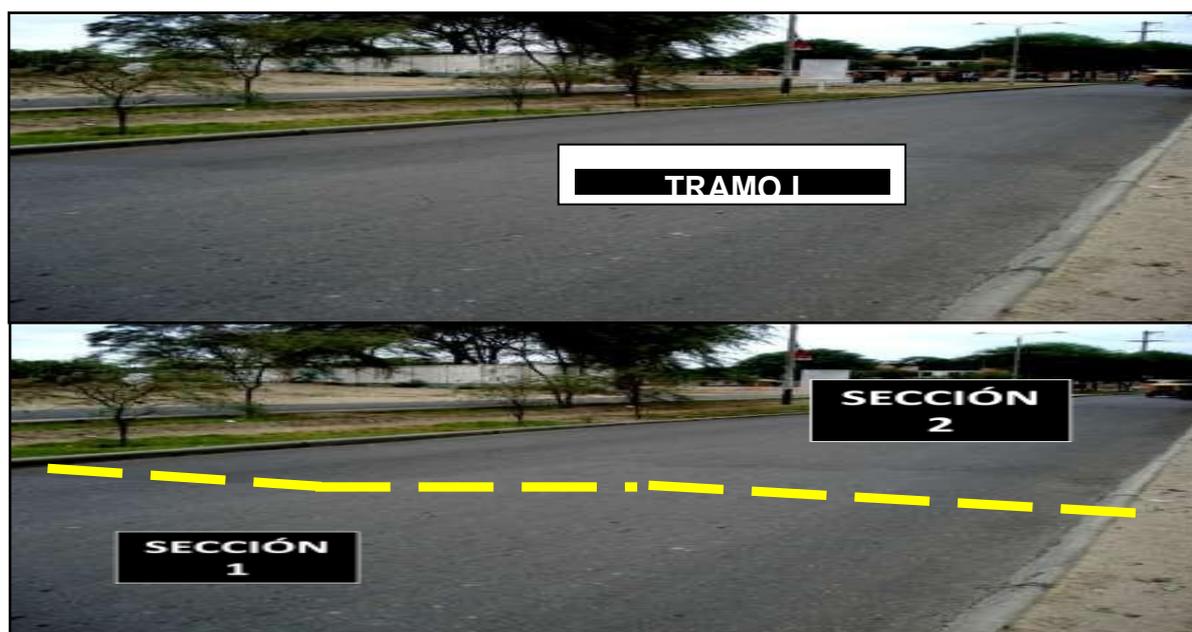
Distribución de la zona de estudio: red de pavimento (color verde) que se divide en dos tramos (color rojo y azul).

2.- Dividir cada tramo en secciones basándose en criterios como diseño del pavimento, historia de construcción, tráfico y condición del mismo.

Como se vio en el punto 4.1.2, se presentan variaciones de tránsito importantes entre un tramo de la vía y el otro; por lo que el tráfico vehicular debe ser considerado como criterio de división de tramos.

En el caso del diseño de la vía no existe diferencia de consideración por tanto también es descartado, pues la presente investigación abarca únicamente pavimentos urbanos flexibles. Otro tipo de diseño de pavimento no ha sido tema de estudio de esta tesis, por lo que no ha sido evaluado.

Para hacer la división de tramos, se toma en cuenta el estado en que se encuentra el pavimento. Se hace un recorrido por cada tramo, observando la condición de la vía e identificando los cambios de estado de la pista. Así, se identificaron un total de cuatro secciones bien marcadas. El tramo 1 se dividió en dos secciones, mientras que el tramo 2 se dividió en tres secciones que mantuvieron una misma característica en particular en cada una en toda su longitud. En la figura 13 se muestra claramente el primer cambio de sección de pavimento encontrado en el tramo 1.339



Zona de Estudio: Tramo I - Secciones 1 y 2

En la figura 10 se muestra el segundo cambio de sección de pavimento encontrado en el tramo 1, definiéndose las secciones 2 y 3.



Zona de Estudio: Secciones 3 y 4, perteneciente al tramo II de la Av. Miguel Grau.

Dividir las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra. Para definir las unidades de muestra y sus dimensiones se ha tenido en consideración el Sistema PAVER. Para ello se ha considerado el ancho de la vía en cada sentido – el cual tiene un valor constante igual a 8.50 metros y la longitud de la misma que hace un total de 3,320 metros por cada sentido.

Establecidas las dimensiones de la vía, se definieron el número de unidades de muestra, que hacen un total de 74 ($3,320\text{m}/42\text{m}$ de longitud) y las dimensiones para cada unida de muestra es de 8.50×42 metros, abarcando un área de 273 m^2 - la misma que se encuentra dentro del rango recomendado por el Sistema PAVER ($230\text{m} \pm 90\text{m}$).

En el análisis de las unidades de muestreo, en primer lugar, se estableció que en el primer tramo de la vía en estudio se calcularon 24 unidades de muestreo, de las cuales se analizarán 04 unidades de muestreo (dos por cada carril de la vía); para el segundo tramo el cálculo realizado determino que se analizarán 08 unidades de muestra, haciendo un total de 12 unidades a ser inspeccionadas en toda la red.

1. Cada unidad de muestra es señalada en el pavimento e identificada por medio de un código, como, por ejemplo, U-5 indica que se trata de la Unidad de muestra 5. Esto permitirá

su fácil localización en caso se quiera verificar alguna información. Ver figura 15.



Zona de Estudio: Unidad de muestra debidamente señalizada en el pavimento e identificada con su respectivo código.

2. Para seleccionar las unidades de muestra a ser inspeccionadas, se tuvo que calcular el intervalo de unidad de muestra (i). En este caso, el (i) calculado fue de seis (6), es decir que cada seis (6) unidades de muestra se realizara la evaluación correspondiente del pavimento; siendo la primera escogida de manera aleatoria.

Procedimiento de inspección

1. Inspeccionar cada unidad de muestra seleccionada.
2. Registrar el tramo y número de sección, así como el número de unidad de muestra.
3. Registrar el tamaño de unidad de muestra medido con el odómetro manual (de 42 metros de longitud, por 6.50 metros de ancho de vía en cada dirección).
4. Realizar la inspección de las fallas, cuantificando cada nivel de severidad y llenando la información obtenida en las hojas de registro. Los tipos de fallas y el grado de severidad se encuentran descritos en el Capítulo I de la tesis.
5. Repetir este procedimiento para cada unidad de muestra a ser inspeccionada.

Determinación del índice de estado del pavimento

A continuación, se explican los datos de campo obtenidos durante la inspección visual de fallas en la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo; así como el cálculo del índice de condición de pavimento de cada unidad de muestra analizada. Las fotografías de las

principales fallas de las unidades de muestra se encuentran detalladas en el anexo 5.

Resultado del tramo 01

El tramo 01 ocupa la vía ubicada entre la Vía de Evitamiento y la Av. Chinchaysuyo, la cual tiene una longitud total de 1,000 metros lineales de longitud. Cuenta también con dos sentidos de vía y dos carriles por cada sentido. El ancho es de 8.50 metros (ancho de vía) y toda el área es dividida en 24 unidades de muestra, cada una de 273 m².

Unidad de muestra UM02

La unidad de muestra UM02 tiene 273 m² y pertenece al tramo 01 de la avenida Miguel Grau. No presenta cambios de sección dentro de su área, por lo que se le ha denominado sección 01 a dicha región de pavimento.

Las fallas encontradas con nivel de severidad baja fueron: fisuras longitudinales/transversales, ahuellamiento, agregado pulido y peladura. Además, se registraron parches de baja severidad. Ver tabla 5.1.

La falla más influyente en el deterioro del pavimento es la peladura, la que no es una falla estructural (no afectan considerablemente al paquete estructural), se presenta en toda la superficie analizada. Seguida de esta falla está el agregado pulido que es una falla funcional (influye en la carpeta asfáltica solamente) y que se extiende en toda el área.

Asimismo, se encontraron ahuellamientos de severidad baja, que también contribuyen al daño de la pista. Las fallas que menos afectan al pavimento son el parche de mediana severidad y la depresión, pues sus áreas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada.

Las fisuras de borde, desplazamiento, hinchamiento y el parche de baja severidad, no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 5.2 se obtuvieron 5 valores deducidos: 39, 15, 14, 5 y 4. Siguiendo el procedimiento del PCI, se obtiene como máximo valor deducido corregido 47, dando como resultado un índice de 53 que corresponde a un pavimento regular.

Se recomienda aplicar un riego de liga para incrementar el PCI de la unidad de muestra analizada. Este riego de liga puede ser una lechada asfáltica (*Slurry Seal*). La lechada asfáltica consiste en una mezcla compuesta por una emulsión asfáltica de quiebre lento, árido bien graduado, filler, agua y eventualmente aditivos.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM02, tramo 1, sección 1, de la Avenida Miguel Grau – Chiclayo 2019.

MÉTODO PCI						ESQUEMA					
ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: _____		Av. Miguel Grau		Sección: _____		1		Unidad de muestra: _____		UM02	
Ejecutor: _____		Oscar Manuel Tineo Contreras		Fecha: _____		14/09/2019		Área: 273.00 m ²			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento		5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
1L	0.0228	0.0021	0.002	0.018	0.69	0.784	1.5189	0.66	0		
12M	13.44	24.15	41.16	25.6	46	78.4	273.00	100.00	39		
6L	0.42	0.25	0.3	0.9	0.375	0.435	2.68	1.17	5		
7L	0.09	0.14					0.23	0.10	0		
11L	0.276						0.276	0.12	4		
14L	0.0754						0.0754	0.03	0		
14L	0.125	0.06	1.28	2.3	0.44		4.205	1.84	14		
15L	0.104	0.08	0.065	0.084	0.055		0.388	0.17	0		
17L	0.64						0.64	0.28	0		
18M	13.44	24.15	41.16	25.6	45.724	78.4	272.474	99.88	15		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM02.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	39	15	14	5	4		77	5	40
2	39	15	14	5	2		75	4	42
3	39	15	14	2	2		72	3	46
4	39	15	2	2	2		60	2	44
5	39	2	2	2	2		47	1	47
6									
7									

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 47

PCI = 53

Rating = REGULAR

Unidad de muestra UM07

La unidad de muestra UM07, de 273 m², pertenece al tramo 1 de la Av. Miguel Grau y no presenta cambios de sección. Esta área sigue formando parte de la sección 1 junto con la unidad de muestra anterior (UM02).

Las fallas de nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, ahuellamiento, desplazamiento, y peladura. También se registraron parches alta severidad y peladuras de severidad media. Ver tabla 5.3.

La falla que más afecta al deterioro del pavimento es el agregado pulido, pues se presenta casi en toda la superficie. Seguida a esta falla está las fisuras longitudinales de nivel bajo que también se extiende en toda el área y la peladura de mediana severidad que cubre cerca de 5.60 m² de área. También se encontraron ahuellamientos de severidad baja, que también contribuyen al daño de la pista.

Las fallas menos influyentes son un parche de alta severidad y dos depresiones de severidad baja que tienen área despreciable, comparada con el área total inspeccionada.

El tamaño de las fallas de exudación, fisuras longitudinales y transversales y los desplazamientos, no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 5.4 se obtuvieron 6 valores deducidos: 39, 15.5, 10.5, 11, 9 y 4. Siguiendo el procedimiento, se obtiene como máximo valor deducido corregido 49, dando como resultado un índice de 51 que corresponde a un pavimento regular.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda aplicar un mortero asfáltico o riego de liga.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM08, tramo 01, sección 01, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI					ESQUEMA						
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía:		Av. Miguel Grau			Sección:		01		Unidad de muestra:		UM08
Ejecutor:		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha:		16/09/2019		Área:		273.00m ²
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido		17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados				
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento						
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
2L	0.0319	0.006				0.0379	0.02	0			
12L	37.625	54.18	56.125	80.82		273.00	100.00	39			
6L	0.105	0.832				0.937	0.41	4			
10L	1.9	0.3				2.2	0.96	0			
11I	0.45					0.45	0.20	9			
14L	0.9	0.602	0.16	1.6		3.262	1.43	11			
15L	0.03	0.025				0.055	0.02	0			
18L	37.625	50.535	54.18	80.37		262.71	97.36	15.5			
18M	5.59					5.59	2.44	10.5			

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM08.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	39	15.5	10.5	11	9	4		89	6	44
2	39	15.5	10.5	11	9	2		87	5	45
3	39	15.5	10.5	11	2	2		80	4	45
4	39	15.5	10.5	2	2	2		71	3	45
5	39	15.5	2	2	2	2		62.5	2	46
6	39	2	2	2	2	2		49	1	49
7										
8										

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 49

PCI = 51

Rating = REGULAR

Unidad de muestra U14

La unidad de muestra UM14 tiene 273 m² y pertenece al tramo 01 y a la sección 02 de la Av. Miguel Grau. No presenta cambios de sección.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: fisuras longitudinales y transversales, baches, Ahuellamiento, agregado pulido y peladura. Ver tabla 5.5.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son la agregado pulido, por presentarse en gran porcentaje de la superficie analizada; los dos baches y la peladura que se extiende en casi toda la superficie.

Las fallas que menos afectan al pavimento son el Ahuellamiento, los parches de mediana severidad, y la exudación, pues sus áreas son pequeñas, comparada con el área total inspeccionada.

Los parches y el desplazamiento no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 5.6 se obtuvieron 6 valores deducidos: 38.7, 17.8, 15.8, 6.7, 5.5 y 0.2. Siguiendo el procedimiento del PCI, se obtiene como máximo valor deducido corregido 50, dando como resultado un índice de 50 que corresponde a un pavimento regular.

Se recomienda aplicar un riego de liga y un bacheo en los baches para incrementar el PCI de la unidad de muestra analizada.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM14, tramo 01, sección 02, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA		
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: <u>Av. Miguel Grau</u>		Sección: <u>02</u>		Unidad de muestra: <u>UM14</u>				
Ejecutor: <u>Oscar Manuel Tineo Contreras</u>		Fecha: <u>17/09/2019</u>		Área: <u>273 m²</u>				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
2L	0.3496	1.444	0.4255	0.703		2.9221	1.28	0.2
5L	43.7	72.2	42.55	70.3		0.26	0.11	0
10L	0.11	0.15				273.00	100.00	38.7
10M	0.14					0.14	0.06	0
11L	0.0049	0.0064				0.0113	0.005	0
12M	0.7854					0.7854	0.34	5.5
13L	1	1				2	0.87	17.8
14L	0.95	0.925				1.875	0.82	6.7
15L	0.016					0.016	0.01	0
18L	43.7	72.2	42.55	69.5033		272.9533	99.65	15.8

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM14.

#	Valor Deducido								Total	q	CDV
1	38.7	17.8	15.8	6.7	5.5	0.2			84.7	5	45
2	38.7	17.8	15.8	6.7	2	0.2			81.2	4	47
3	38.7	17.8	15.8	2	2	0.2			76.5	3	50
4	38.7	17.8	2	2	2	0.2			62.7	2	47
5	38.7	2	2	2	2	0.2			46.9	1	47
6											
7											
8											

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 50

PCI = 50

Rating = REGULAR

Unidad de muestra UM20

Unidad de muestra UM20, sección 2

Las fallas de nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras de borde, ahuellamiento, desplazamiento, y peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados. No se registraron fallas de mediana o alta severidad. Ver tabla 5.7.

Las fallas que más afectan al deterioro del pavimento son la piel de cocodrilo y la peladura porque se presentan en toda la superficie. Seguida a estas fallas se encontró un ahuellamiento y una depresión, ambas de baja severidad, que también contribuyen al daño de la pista.

Las fallas menos influyentes son la exudación y la fisura de borde. El desplazamiento no afecta para nada al estado del pavimento, pues su tamaño no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. El valor deducido del desplazamiento es cero.

Como se aprecia en la tabla 5.9 se obtuvieron 6 valores deducidos: 39, 15.8, 6.4, 4.0, 1.3 y 0.2. Siguiendo el procedimiento, se obtiene como máximo valor deducido corregido 49, dando como resultado un índice de 51 que corresponde a un pavimento regular.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra se recomienda aplicar mortero asfáltico.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM20, tramo 1, sección 2, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA		
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE								
HOJA DE REGISTRO								
Nombre de la vía: _____ Av. Miguel Grau _____		Sección: _____ 02 _____		Unidad de muestra: _____ UM20 _____				
Ejecutor: _____ Oscar Manuel Tineo Contreras _____		Fecha: _____ 18/09/2019 _____		Área: _____ 273 m ² _____				
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento						
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO
1L	0.40825	1.11075				1.519	1.32	0.2
7L	40.825	74.05				273.00	100.00	39
6L	0.48					0.48	0.42	4
12L	0.58					0.58	0.50	1.3
14L	0.8875					0.8875	0.77	6.4
15L	0.056	0.02				0.076	0.07	0
18L	40.825	74.05				273.00	100.00	15.8

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM20, sección 02.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	39	15.8	6.4	4	1.3	0.2		66.7	4	37
2	39	15.8	6.4	2	1.3	0.2		64.7	3	43
3	39	15.8	2	2	1.3	0.2		60.3	2	45
4	39	2	2	2	1.3	0.2		46.5	1	49
5										
6										
7										
8										

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 49

PCI = 51

Rating = REGULAR

Resultados del tramo 2

El tramo 2 ocupa la vía ubicada entre la avenida Chinchaysuyo y la Calle Elías Aguirre, la cual tiene una longitud total de 2,000 metros lineales. Cuenta también con dos sentidos de vía y dos carriles por cada sentido como el tramo 01. El ancho es de 6.50 metros (ancho de vía) y toda el área es dividida en 48 unidades de muestra, cada una de 273 m².

El tramo 2 no presenta ningún cambio de sección, es decir, mantiene una sola sección a lo largo de toda su longitud. A ésta se le denomina sección 4.

Otro detalle que cabe resaltar es que se detectó una falla nueva en la unidad de muestra UM25. Se encontró un bache de severidad alta (4H) originado por fatiga, con una longitud de 4.00 m.

Esta falla es la que más influye en el deterioro del pavimento, por tratarse de una falla estructural muy perjudicial para la pista. El PCI obtenido fue de 32, es decir, un pavimento en mal estado. El resto de fallas encontradas, son repetidas de aquellas localizadas en todo el tramo 1.

Unidad de muestra UM01

La UM01 tiene 273 m² pertenece al tramo 2, de la sección 01 de la Av. Miguel Grau. No presenta cambios de sección.

Las fallas encontradas con grado de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras de borde, fisuras longitudinales y transversales, ahuellamiento, desplazamiento, fisura parabólica y peladuras. Con nivel de severidad medio tenemos un parche de 1.44 m² de superficie. Ver tabla 31.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son la peladura, por encontrarse en casi toda el área de la unidad de muestra; las fisuras longitudinales y transversales y por último el parche de mediana severidad.

La falla que menos afectan al pavimento es la exudación. Las fisuras de borde, los desplazamientos y la fisura parabólica son despreciables, por lo que su valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 32 se obtuvieron 7 valores deducidos: 26.6, 17.1, 14, 11.4, 10.2, 7.7 y 0.1. Así, se obtiene como máximo valor deducido corregido 43, dando como resultado un índice de 57 que corresponde a un pavimento bueno.

Para las fallas localizadas más influyentes, se recomienda aplicar un riego de liga o riego asfáltico.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM01, tramo 2, sección 1, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI							ESQUEMA				
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: Av. Miguel Grau			Sección: 01			Unidad de muestra: UM01					
Ejecutor: Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha: 20/01/2019			Área: 273 m ²					
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento	2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento	3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento		5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento					
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
2L	0.7125	0.24	1.35	0.23	0.018	0.22	2.7705	1.21	0.1		
3L	33.25	6.84	15	18.75	5.328		89.168	34.61	26.6		
6L	0.5	2.4	16.2				19.1	8.35	14		
7L	0.48	0.2					0.68	0.30	0		
10L	13.9	12.7	0.4	0.9	0.1	4.6	32.6	14.25	10.2		
11M	1.44						1.44	0.63	7.7		
14L	0.132	0.57	0.555	5.625			6.882	3.01	17.1		
15L	0.019	0.0264	0.008	0.025	0.0315		0.1099	0.05	0		
16L	0.1525						0.1525	0.07	0		
18L	17.56	24.7	27.75	22.2			98.21	40.31	11.4		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM01.

#	Valor Deducido								Total	q	CDV
1	26.6	17.1	14	11.4	10.2	7.7	0.1		87.1	6	42
2	26.6	17.1	14	11.4	10.2	2	0.1		81.4	5	43
3	26.6	17.1	14	11.4	2	2	0.1		73.2	4	42
4	26.6	17.1	14	2	2	2	0.1		63.8	3	41
5	26.6	17.1	2	2	2	2	0.1		51.8	2	39
6	26.6	2	2	2	2	2	0.1		36.7	1	38
7											
8											

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 43

PCI = 57

Rating = BUENO

Unidad de muestra UM07

La UM07 también tiene 273 m² pertenece al tramo 2, de la sección 02 de la Av. Miguel Grau. No presenta cambios de sección.

Todas las fallas encontradas en la unidad de muestra UM07, presentan un nivel de severidad bajo: exudación, corrugación, depresión, fisuras de borde, fisuras longitudinales y transversales, parches, ahuellamientos y peladuras. Ver tabla 33.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son las fisuras longitudinales y la peladura que está presente en casi toda el área de la unidad de muestra.

Las fallas que menos afectan al pavimento son las depresiones, el ahuellamiento, las fisuras de borde y mínimamente la exudación.

Los parches no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Es por ello que el valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 5.14 se obtuvieron 6 valores deducidos: 25.3, 15.8, 7.2, 5.1, 1.7 y 0.1. Siguiendo el procedimiento del PCI, se obtiene como máximo valor deducido corregido 36, dando como resultado un índice de 64 que corresponde a un pavimento bueno.

Se recomienda aplicar un riego de liga para eliminar las fallas de corrugación y peladura que son las que más afectan al pavimento.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM07, tramo 2, sección 2, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA					
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: _____		Av. Miguel Grau		Sección: _____		2		Unidad de muestra: _____		UM07	
Ejecutor: _____		Oscar Manuel Tineo Contreras		Fecha: _____		21/09/2019		Área: _____		273 m ²	
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión		11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación		7. Fisura de borde		12. Agregado pulido		17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta		13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma		14. Ahuellamiento							
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales		15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
2L	0.45	0.065	0.45	0.625	0.9	2.49	1.09	0.1			
10L	7.5	21.6	8.5	32.4		70	30.60	25.3			
6L	4.34	3	0.28			7.62	3.33	7.2			
7L	0.1	2.4				2.5	1.09	1.7			
10M	2.5	0.2	1			3.7	1.62	0			
5L	0.3	0.04	0.24			0.58	0.25	0			
14L	0.616	0.75				1.366	0.60	5.1			
18L	31.25	45	62.5	89.42		270.17	99.75	15.8			

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM07.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	25.3	15.8	7.2	5.1	1.7	0.1		55.2	4	30
2	25.3	15.8	7.2	2	1.7	0.1		52.1	3	33
3	25.3	15.8	2	2	1.7	0.1		46.9	2	36
4	25.3	2	2	2	1.7	0.1		33.1	1	34
5										
6										
7										
8										

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 36

PCI = 64

Rating = BUENO

Unidad de muestra UM13

La unidad de muestra UM13 pertenece a la sección 3, tramo 2, de la Av. Miguel Grau y tiene un área de 273 m², dividida por una intersección de pavimento rígido. Este tipo de pavimento no ha sido tomado en cuenta durante la inspección, pues esta tesis abarca sólo pavimento flexible.

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisura de borde, fisuras longitudinales y transversales, parches, desplazamiento y peladuras. Se registraron también una depresión, fisuras longitudinales y transversales, y peladuras de mediana severidad. Ver tabla 35.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son la depresión, pulido de los agregados y la peladura, ambas de severidad media. Después continúan la peladura de baja severidad, las fisuras de mediana severidad y la depresión de baja severidad.

Las fallas que menos afectan al pavimento son las fisuras de borde, longitudinales y transversales de baja severidad.

La exudación, los parches y el desplazamiento no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Su valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 35 se obtuvieron 8 valores deducidos: 42.5, 18.2, 16.6, 15.2, 12.2, 10.7, 2.0 y 1.5. Siguiendo el procedimiento del PCI, se obtiene como máximo valor deducido corregido 58, dando como resultado un índice de 41 que corresponde a un pavimento regular. Se recomienda aplicar un riego de liga y un bacheo para las depresiones.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM13, tramo 1, sección 3, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA				
INDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:		Av. Miguel Grau			Sección:		3		Unidad de muestra: UM13	
Ejecutor:		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha:		22/00/2019		Área: 273 m ²	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabólica o por deslizamiento				
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido				17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados				
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento								
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento								
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
2L	0.0225	0.0025	0.0049	0.0081		0.038	0.02	0		
12L	6.25	2.25	7.2	2.4	15	43.1	14.47	16.6		
6L	12	1.5				13.5	5.90	10.7		
6M	51					51	22.30	42.5		
7L	3.6					3.6	1.57	2		
10L	2.4	0.18	3.8			6.38	2.79	1.5		
10M	6.6	1	1	3.5		12.1	5.29	12.2		
11L	0.005	0.0027	0.0025			0.0102	0.004	0		
15L	0.75					0.75	0.33	0		
18L	30	43.2	63.75	63		219.95	87.41	15.2		
18M	24					29	10.49	18.2		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM13.

#	Valor Deducido									Total	q	CDV
1	42.5	18.2	16.6	15.2	12.2	10.7	0.56	0.42		116	6	57
2	42.5	18.2	16.6	15.2	12.2	2	0.56	0.42		108	5	57
3	42.5	18.2	16.6	15.2	2	2	0.56	0.42		97.5	4	58
4	42.5	18.2	16.6	2	2	2	0.56	0.42		84.3	3	54
5	42.5	18.2	2	2	2	2	0.56	0.42		69.7	2	52
6	42.5	2	2	2	2	2	0.56	0.42		53.5	1	54
7												
8												
9												
10												

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 58

PCI = 41

Rating = REGULAR

=

Unidad de muestra UM 19

La unidad de muestra UM19, de 273 m², pertenece al tramo 2 de la Av. Miguel Grau y no presenta cambios de sección. Esta área sigue formando parte de la sección 3.

Las fallas de nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, parches, desplazamiento, hinchamiento y peladuras. De severidad mediana se encontraron fisuras longitudinales y transversales y parches de mediana severidad. Ver tabla 37.

La falla que más afecta al deterioro del pavimento es el pulido del agregado, las depresiones (de bajo y medio nivel de severidad), y la peladura.

Las fallas menos influyentes son los parches de baja y mediana severidad. Todos los parches de baja severidad, causan un daño similar al originado por tan sólo un parche, pero de severidad media.

Ninguna de las fisuras longitudinales y transversales encontradas afectó significativamente al pavimento, ya que se detectaron sólo dos y de longitud despreciable comparada con toda la unidad de muestra. Lo mismo ocurrió con la exudación, el desplazamiento y el hinchamiento, pues su valor deducido es igual a cero.

Como se aprecia en la tabla 38 se obtuvieron 6 valores deducidos: 19, 18.5, 16.3, 15.5, 4.5 y 4.0. Siguiendo el procedimiento, se obtiene como máximo valor deducido corregido 41, dando como resultado un índice de 59 que corresponde a un pavimento bueno.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda aplicar un riego asfáltico (riego de liga).

Hoja de registro de la unidad de muestra UM19, tramo 2, sección 3, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA				
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:		Av. Miguel Grau			Sección:		3		Unidad de muestra: UM19	
Ejecutor:		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha:		23/09/2019		Área: 273 m ²	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido			17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento								
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento								
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
2L	0.02	0.06	0.01				0.09	0.04	0	
12L	3	14.8	12	11.1			47.9	17.88	19	
6L	25	0.72	1.05				26.77	11.70	18.5	
6M	9						9	3.93	16.3	
10L	0.1						0.1	0.04	0	
10M	0.3						0.3	0.13	0	
11L	0.0232	0.44	3.243	0.3	0.006	0.005	4.0122	1.75	4	
11M	0.49						0.49	0.21	4.5	
15L	0.05						0.05	0.02	0	
17L	0.84	0.54					1.38	0.60	0	
18L	11.25	60	46.25	92.5			248	91.80	15.5	

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM19.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	19	18.5	16.3	15.5	4.5	4		77.8	6	38
2	19	18.5	16.3	15.5	4.5	2		75.8	5	39
3	19	18.5	16.3	15.5	2	2		73.3	4	41
4	19	18.5	16.3	2	2	2		59.8	3	38
5	19	18.5	2	2	2	2		45.5	2	33
6	19	2	2	2	2	2		29	1	28
7										
8										

Fuente: Elaboración Propia

Max CDV = 41

PCI = 59

Rating = **BUENO**

Unidad de muestra UM25

La unidad de muestra UM25 pertenece a la sección 3, tramo 2, de la Av. Miguel Grau y tiene un área de 273 m².

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, ahuellamiento, hinchamiento y peladuras. Se encontraron los tres niveles de severidad en parches, y una severidad alta en las fisuras de borde y fisuras longitudinales y transversales. Ver tabla 39.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son la peladura, por ser una falla que se presenta en un buen porcentaje de la muestra y un bache de 4 metros de longitud, por ser de severidad alta.

Las fallas que menos afectan al pavimento son: el único parche de severidad media, las depresiones y el ahuellamiento.

El resto de fallas como son: la exudación, las fisuras longitudinales y transversales de baja y alta severidad y el hinchamiento, no afectan el estado del pavimento, pues el tamaño de estas fallas no es representativo comparado con toda la unidad de muestra. Su valor deducido es cero.

Como se aprecia en la tabla 40 se obtuvieron 6 valores deducidos: 21, 14.5, 6.2, 5.8, 4.8 y 1.7. Se obtiene como máximo valor deducido corregido 32, dando como resultado un índice de 68 que corresponde a un pavimento bueno.

Se recomienda aplicar un riego asfáltico y un bacheo profundo para la depresión de severidad alta.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM25, tramo 2, sección 3, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA				
ÍNDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE										
HOJA DE REGISTRO										
Nombre de la vía:		Av. Miguel Grau			Sección:		3		Unidad de muestra: UM25	
Ejecutor:		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha:		23/09/2019		Área: 273 m ²	
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios			16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido			17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches			18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento								
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento								
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
2L	0.1292	0.04	0.893	0.7035	0.04	1.37	1.8057	0.79	0	
14L	5	5	5	5	28.8	14.4	68.8	21.33	21	
6L	0.4	0.8	0.8	3.3			5.3	2.32	5.8	
7H	9						9	3.93	14.5	
10L	3.4	0.19					3.59	1.57	0	
10H	0.19						0.19	0.08	0	
11L	0.0081						0.0081	0.004	0	
11M	0.98520576						0.9852	0.43	6.2	
11H	0.036						0.036	0.02	0	
14L	0.378						0.378	0.17	1.7	
17L	0.72						0.72	0.31	0	
18L	3.6	20					27.6	10.32	4.8	

Fuente: elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM25.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	21	14.5	6.2	5.8	4.8	1.7		54	5	26
2	21	14.5	6.2	5.8	2	1.7		51.2	4	27
3	21	14.5	6.2	2	2	1.7		47.4	3	29
4	21	14.5	2	2	2	1.7		43.2	2	32
5	21	2	2	2	2	1.7		30.7	1	31
6										
7										
8										

Fuente: elaboración Propia

Max CDV = 32

PCI = 68

Rating = BUENO

Unidad de muestra UM31

La unidad de muestra UM31 sigue perteneciendo a la sección 2 y tiene un área de 273 m², al igual que sus predecesoras.

Las fallas de nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, parches, baches, ahuellamiento y peladura. Se presenta además un parche con nivel de severidad alto. Ver tabla 41.

La falla que más afecta al deterioro del pavimento es el agregado pulido, seguida de la piel de cocodrilo y de peladura de baja y mediana severidad.

Las fallas menos influyentes son el ahuellamiento, las depresiones, los parches y las fisuras longitudinales y transversales. La única falla que no afecta al pavimento es la exudación de valor deducido igual a cero.

Como se aprecia en la tabla 42 se obtuvieron 7 valores deducidos: 22.8, 17.8, 12, 8.4, 4.7, 3.4 y 0.5. Siguiendo el procedimiento, se obtiene como máximo valor deducido corregido 39, dando como resultado un índice de 61 que corresponde a un pavimento bueno.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda aplicar un riego de liga, un bacheo para los huecos y realizar la sustitución del parche.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM31, tramo 2, sección 2, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI				ESQUEMA							
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía: _____		Av. Miguel Grau			Sección: _____		2		Unidad de muestra: _____		UM31
Ejecutor: _____		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha: _____		04/02/2009		Área: _____		273 m ²
1. Piel de cocodrilo		6. Depresión			11. Parches y parches de cortes utilitarios		16. Fisura parabólica o por deslizamiento				
2. Exudación		7. Fisura de borde			12. Agregado pulido		17. Hinchamiento				
3. Fisuras en bloque		8. Fisura de reflexión de junta			13. Baches		18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados				
4. Abultamientos y hundimientos		9. Desnivel carril-berma			14. Ahuellamiento						
5. Corrugación		10. Fisuras longitudinales y transversales			15. Desplazamiento						
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO			
2L	0.01	0.16	0.03			0.2	0.09	0			
1L	20	15	21.6			67.6	24.74	22.8			
6L	1.35	1.36	0.65			3.36	1.47	4.7			
12L	3	2				5	2.19	0.5			
12M	0.0121	0.018	3.456			3.4861	1.52	3.4			
11H	0.7854					0.7854	0.34	12			
13L	1	1				2	0.87	17.8			
14L	1.25					1.25	0.55	4.7			
18L	18.25	31.25				59.5	21.64	8.4			

Fuente: elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM31.

#	Valor Deducido								Total	q	CDV
1	22.8	17.8	12	8.4	4.7	3.4	0.5		69.6	6	32
2	22.8	17.8	12	8.4	4.7	2	0.5		68.2	5	35
3	22.8	17.8	12	8.4	2	2	0.5		65.5	4	36
4	22.8	17.8	12	2	2	2	0.5		59.1	3	39
5	22.8	17.8	2	2	2	2	0.5		49.1	2	36
6	22.8	2	2	2	2	2	0.5		33.3	1	34
7											
8											

Fuente: elaboración Propia

Max CDV = 39

PCI = 61

Rating = **BUENO**

Unidad de muestra UM37

La unidad de muestra UM37 pertenece a la sección 1, tramo 2, de la Av. Miguel Grau y tiene un área de 273 m².

Las fallas encontradas con nivel de severidad bajo fueron: exudación, corrugación, depresión, fisuras longitudinales y transversales, fisuras parabólicas y peladura. Además, hay parches de mediana severidad, y fisuras longitudinales y transversales de severidad media y alta. Ver tabla 43.

Las fallas más influyentes en el deterioro del pavimento son las fisuras longitudinales y transversales, los parches de severidad baja y las peladuras por estar en un considerable porcentaje de la muestra.

Las fallas que menos afectan al pavimento son: piel de cocodrilo y la exudación que tiene valor deducido cero.

Como se aprecia en la tabla 44 se obtuvieron 5 valores deducidos: 29, 22.2, 16.4, 9.2 y 1.9. Se obtiene como máximo valor deducido corregido 45, dando como resultado un índice de 55 que corresponde a un pavimento regular.

Se recomienda aplicar un riego asfáltico, un bacheo profundo para la depresión y la sustitución de los tres parches encontrados.

Hoja de registro de la unidad de muestra U37, tramo 2, sección 1, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA			
INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTOS EN VIAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE									
HOJA DE REGISTRO									
Nombre de la vía: <u>Av. Miguel Grau</u>			Sección: <u>1</u>			Unidad de muestra: <u>UM37</u>			
Ejecutor: <u>Oscar Manuel Tineo Contreras</u>			Fecha: <u>23/09/2019</u>			Área: <u>273 m²</u>			
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios	16. Fisura parabólica o por deslizamiento						
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido	17. Hinchamiento						
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches	18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados						
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento							
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento							
FALLA	CANTIDAD					TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO	
2L	0.16	0.048	0.016	0.0225	0.2	0.4465	0.20	0	
10L	10	21.6	30	36		114.6	42.67	29	
10M	2	8.4	6	0.5	5.04	27.34	10.20	16.4	
11L	0.8	1	1.6	0.9		4.3	1.88	0	
11M	1.1	0.7				1.8	0.79	1.9	
6L	0.2	0.15	0.13	0.1		0.58	0.25	0	
13L	1.76715	4.2	5.25			13.21715	4.90	22.2	
16L	0.035	0.05				0.085	0.04	0	
18L	26.25	12.6	9.72	9.46		63.03	25.37	9.2	

Fuente: elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM37.

#	Valor Deducido						Total	q	CDV
1	29	22.2	16.4	9.2	1.9		78.7	4	44
2	29	22.2	16.4	2	1.9		71.5	3	45
3	29	22.2	2	2	1.9		57.1	2	42
4	29	2	2	2	1.9		36.9	1	37
5									
6									
7									
8									

Fuente: elaboración Propia

Max CDV = 45

PCI = 55

Rating = REGULAR

Unidad de muestra UM43

La unidad de muestra UM43 sigue perteneciendo a la sección 1, del tramo 2 y tiene un área de 273 m², al igual que las unidades anteriores.

Todas las fallas localizadas tuvieron un nivel de severidad bajo: exudación, corrugación, depresión, parches y peladura. Ver tabla 45.

Las fallas que más afectan al deterioro del pavimento son: la piel de cocodrilo, que abarca casi la mitad del área de la unidad; las fisuras longitudinales y la peladura que se extiende más de la mitad del área de la unidad.

Las únicas fallas que no influyen en el pavimento son la exudación y el parche. Sus valores deducidos son iguales a cero.

Como se aprecia en la tabla 46 se obtuvieron 3 valores deducidos: 30.5, 27.9 y 14.4. Siguiendo el procedimiento, se obtiene como máximo valor deducido corregido 45, dando como resultado un índice de 55 que corresponde a un pavimento regular.

Para mejorar el estado de la unidad de muestra analizada se recomienda aplicar un riego de liga o riego asfáltico.

Hoja de registro de la unidad de muestra UM43, tramo 2, sección 1, de la Av. Miguel Grau.

MÉTODO PCI						ESQUEMA					
ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTOS EN VÍAS DE PAVIMENTO FLEXIBLE											
HOJA DE REGISTRO											
Nombre de la vía:		Av. Miguel Grau			Sección:		1		Unidad de muestra:		UM43
Ejecutor:		Oscar Manuel Tineo Contreras			Fecha:		24/09/2019		Área:		273 m ²
1. Piel de cocodrilo	6. Depresión	11. Parches y parches de cortes utilitarios				16. Fisura parabólica o por deslizamiento					
2. Exudación	7. Fisura de borde	12. Agregado pulido				17. Hinchamiento					
3. Fisuras en bloque	8. Fisura de reflexión de junta	13. Baches				18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados					
4. Abultamientos y hundimientos	9. Desnivel carril-berma	14. Ahuellamiento									
5. Corrugación	10. Fisuras longitudinales y transversales	15. Desplazamiento									
FALLA	CANTIDAD						TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO		
2L	0.04	0.78	0.015	0.1	0.03	0.04	1.075	0.44	0		
1L	25	50.4	20	15			130.4	48.26	30.5		
10L	6.24	18.48	8.125	10			48.845	18.73	27.9		
11L	0.384846						0.484846	0.17	0		
18L	62.5	32.5	31.25	45			201.25	74.86	14.4		

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del PCI de la unidad de muestra UM43.

#	Valor Deducido							Total	q	CDV
1	30.5	27.9	14.4					72.8	3	41
2	30.5	27.9	2					60.4	2	45
3	30.5	2	2					34.5	1	34
4										
5										
6										
7										
8										

Fuente: elaboración Propia

Max CDV = 45

PCI = 55

Rating = REGULAR

Interpretación de resultados

Una vez registrados todos los datos de campo, y obtenidos los índices de condición respectivos para cada unidad de muestra, se puede calcular el PCI promedio de las 5 secciones consideradas, para tener una idea global de cuál es el estado del pavimento de la Av. Miguel Grau. En la tabla 47 se muestra un resumen de estos resultados.

Resumen de resultados de los datos de PCI de la Av. Miguel Grau.

RESUMEN DE RESULTADOS								
UNIDAD DE MUESTRA	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL	SECCIÓN	ÁREA	PCI UNIDAD DE MUESTRA	DESCRIPCIÓN	PCI SECCIÓN	DESCRIPCIÓN
TRAMO 01								
UM02	0 + 000	0 + 37.5	1	228.75	53	Regular	54	Regular
UM08	0 + 37.5	0 + 75.0	1	228.75	51	Regular		
UM14	0 + 75.0	0 + 112.5	2	228.75	50	Regular		
UM20	0 + 112.5	0 + 131.33	2	114.88	51	Regular		
	0 + 131.3	0 + 150.0	2	113.87	66	Bueno		
TRAMO 02								
UM01	0 + 187.5	0 + 225.0	1	228.75	64	Bueno	57	Bueno
UM07	0 + 225.0	0 + 262.5	2	228.75	41	Regular		
UM13	0 + 262.5	0 + 300.0	3	228.75	59	Bueno		
UM19	0 + 300.0	0 + 337.5	3	228.75	68	Bueno		
UM25	0 + 337.5	0 + 375.0	3	228.75	60	Bueno		
UM31	0 + 375.0	0 + 412.5	2	228.75	55	Regular		
UM37	0 + 412.5	0 + 450.0	2	228.75	55	Regular		
UM43	0 + 450.0	0 + 487.5	1	228.75	56	Bueno		

Fuente: Elaboración Propia

En el Anexo D, se presenta el plano de planta de la Av. Miguel Grau, donde se aprecia la red de pavimento (3,320 metros lineales de pavimento flexible), dividida en 74 unidades de muestra, cada una con su respectivo valor del PCI.

Agrupando los resultados en tramos, el tramo 1, que comprende desde la unidad de muestra UM1 hasta la UM24, presenta un PCI promedio de 54, lo que corresponde a un pavimento regular. El tramo 2, que contiene las unidades de muestra restantes (UM24-UM74), tiene un PCI de 57, un pavimento bueno. Se puede afirmar, por lo tanto, que la Av. Miguel Grau, en los 3,320 metros lineales analizados, tiene un pavimento bueno (de PCI ponderado igual a 55.6, incluyendo a todas las 74 unidades de muestra) y que la pista del tramo 2 está en mejores condiciones que la del tramo 1.

En el tramo 1, la sección 1 muestra una calidad de pavimento regular, de PCI igual a 51, pues cada una de sus unidades de muestra presenta la misma calificación. La siguiente sección, constituida por la unidad de muestra U5 y parte de la U4, presenta un pavimento de buena calidad, pues su PCI es de 60, el mayor de todos los valores obtenidos en una sección.

La sección 3, al igual que la sección anterior, sigue teniendo una calidad de pavimento buena, pero con un PCI igual a 56. De las once unidades de muestra que forman parte de dicha sección, tres son regulares y tan sólo una es de calidad mala. Del resto, seis unidades son buenas y la U15 tiene un pavimento de muy buena condición.

Por último, ya en el tramo 2, la sección 3 posee un pavimento de condición regular, con un índice promedio de 43. Del total de 16 unidades de muestra inspeccionadas, se presentaron 5 regulares, 3 buenas y una muy buena. El resto de unidades tuvieron pavimentos de regular y mal estado.

El mayor valor de PCI lo tienen las unidades de muestra U15 y U17, igual a 72 y de condición muy buena. El menor PCI, de 12, corresponde a la unidad de muestra U23 de muy mal estado.

Siguiendo con el análisis de resultados, se hablará de las fallas más frecuentes encontradas en las distintas unidades de muestra. Éstas son la peladura (18L), agregado pulido (15L) y depresión (12L), todas de nivel de severidad bajo. Estos tipos de deterioro del pavimento, se localizaron en todas las unidades de muestra inspeccionadas. A veces cubrían toda el área de la unidad, o parte de ella, pero todos los 32 paños presentaron estos dos tipos de falla.

La densidad, es el porcentaje de área de la unidad de muestra en la que se encuentra una determinada falla. Por ejemplo, si la falla tipo corrugación (5L) tiene una densidad de 60%, quiere decir que 60% del área de la unidad de muestra está corrugada a un nivel de severidad bajo. Dicho de otra manera, 137 m² de la unidad de muestra se encuentran con peladura a un nivel bajo de severidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede afirmar que para la peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, un 3% de las unidades de muestra, presentan peladura en todos los 273 m² de su área. Un 72% de las unidades presentan esta falla en más de la mitad del área. Y finalmente, un 25% de las unidades de muestra tienen pelada menos de la mitad de su área de pavimento.

Fallas que más daño producen al pavimento. Se presentan las 3 fallas más representativas por cada sección, por cada tramo y en general.

Sección 1 (S1)			Sección 2 (S2)		
Falla	V.D.	Unidad	Falla	V.D.	Unidad
Corrugación (L)	9.0	U2	Corrugación (L)	6.6	U5
Baches (L)	17.8	U3	Ahuellamiento (L)	17.1	U5
Peladura (L)	15.8	U3 - U4	Depresión (L)	14.0	U5

Sección 3 (S3)			Sección 4 (S4)		
Falla	V.D.	Unidad	Falla	V.D.	Unidad
Baches (H)	49.9	U14	Baches (M)	61.7	U25
Depresión (M)	42.5	U7	Baches (H)	49.9	U20
Corrugación (L)	10.5	U12	Depresión (L)	42.3	U26

Tramo 1 (S1, S2, S3)			Tramo 2 (S4)		
Falla	V.D.	Unidad	Falla	V.D.	Unidad
Baches (H)	49.9	U14 (S3)	Baches (M)	61.7	U25 (S4)
Depresión (M)	42.5	U7 (S3)	Baches (H)	49.9	U20 (S4)
Corrugación (L)	9.0	Todas de S1	Depresión (L)	42.3	U26 (S4)

En general		
Falla	V.D.	Unidad
Baches (M)	61.7	U25 (S4)
Baches (H)	49.9	U14 - U20 (S3-S4)
Depresión (M)	42.5	U7 (S3)

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla se aprecia que en las secciones 1 y 2 la falla 5L, peladura de nivel de severidad bajo, es la falla que más daña al pavimento. En las secciones 3 y 4, en cambio, los baches de severidad mediana, deterioran de manera significativa a la pista.

Pero agrupando las fallas de acuerdo a los dos tramos considerados, son las peladuras los que ocupan el primer lugar de daño al pavimento.

Las fallas de menor valor deducido son las que menos deterioro causan en el pavimento. Un valor deducido de cero, significa que el tamaño de la falla es despreciable comparado con las dimensiones de la unidad de muestra.

En las curvas de valor deducido, el valor mínimo de densidad porcentual con el que hay que ingresar es 0.1 en todas las fallas. Densidades menores a ese valor, no son consideradas, pues no influyen en el estado de la pista. En la tabla 49 se resumen las fallas registradas de valor deducido nulo, indicando las densidades de cada una y las unidades de muestra en donde se encuentran.

Fallas que menos daño producen al pavimento. Se presentan las fallas más representativas por cada sección, por cada tramo y en general.

Sección 1 (S1)			Sección 2 (S2)		
Falla	Densidad %	Unidad	Falla	Densidad %	Unidad
Parches (L)	0.005	U3	Parches (L)	0.02	U4
Desplazamiento (L)	0.01	U3	Desplazamiento (L)	0.05	U5
Exudación (L)	0.02	U2	Fisura parabólica (L)	0.05	U5

Sección 3 (S3)			Sección 4 (S4)		
Falla	Densidad %	Unidad	Falla	Densidad %	Unidad
Parches (L)	0.004	U7 -U9	Exudación (L)	0.04	U24
Fisura parabólica (L)	0.01	U15	Parches (H)	0.07	U28
Exudación (L)	0.02	U7	Hinchamiento (L)	0.07	U18
Parches (H)	0.02	U9	Exudación (L)	0.08	U32
Desplazamiento (L)	0.02	U8			

Tramo 1 (S1, S2, S3)			Tramo 2 (S4)		
Falla	Densidad %	Unidad	Falla	Densidad %	Unidad
Parches (L)	0.004	U7 - U9 (S3)	Exudación (L)	0.04	U24 (S4)
Parches (L)	0.005	U3 (S1)	Parches (H)	0.07	U28 (S4)
Desplazamiento (L)	0.01	U3 (S1)	Hinchamiento (L)	0.07	U18 (S4)
Fisura parabólica (L)	0.01	U15 (S3)	Exudación (L)	0.08	U32 (S4)

En general		
Falla	Densidad %	Unidad
Parches (L)	0.004	U7 - U9 (S3)
Parches (L)	0.005	U3 (S1)
Desplazamiento (L)	0.01	U3 (S1)
Fisura parabólica (L)	0.01	U15 (S3)

De la tabla anterior, las fallas que menos influyen en el deterioro del pavimento son los parches de baja severidad, de las unidades U7 y U9, sección 3, del tramo 1.

Pero no se encontraron todas las 18 fallas consideradas en el método. Durante la inspección visual de la avenida, se registraron algunas fallas como: a) piel de cocodrilo, b) desnivel carril-berma, c) fisuras de reflexión de junta, y d) agregado pulido.

Debido a las obras de reparación en la Av. Miguel Grau, la falla tipo piel de cocodrilo se localizó en pocas unidades de muestra. Las fisuras que se encontraron no formaban mallas o redes, eran independientes y muy espaciadas entre sí. Es por ello que la mayor parte de unidades de muestra presentan un estado regular y bueno.

Las fisuras de reflexión de junta no se encontraron porque no existe pavimento rígido debajo de la carpeta asfáltica. El pavimento flexible está construido sobre base y sub-base granular, mas no sobre losas de concreto.

Finalmente, como se vio en el Capítulo 1, en los criterios de inspección, si la exudación es considerada, entonces el agregado pulido no será tomado en cuenta en la misma área. No se registró exudación la mayoría de las unidades de muestra, excepto en U25.

Anexo N° 02: Análisis del tráfico vehicular de la avenida Miguel Grau de Chiclayo – 2019.
– cálculo del IMD.

Estudio de tráfico vehicular

El estudio de tráfico vehicular tiene por finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de los vehículos que se movilizan por la vía, así como estimar el origen - destino de los vehículos, elementos indispensables para la evaluación económica de la vía estudiada y la determinación de las características del diseño del mortero asfáltico – Slurry Seal que permita un mantenimiento óptimo de cada tramo de la vía.

El tráfico se define como el desplazamiento de bienes y/o personas en los medios de transporte; mientras que, el tránsito viene a ser el flujo de vehículos que circulan por la carretera, pero usualmente se denomina tráfico vehicular.

Metodología

Cabe indicar que el desarrollo de la recopilación se basó en el conteo de vehicular en varias estaciones, de acuerdo a esto se determinó los IMDs, asimismo mediante observaciones realizadas en la zona de trabajo, durante el desarrollo de los trabajos de ingeniería básica, se determinaron cuatro etapas metodológicas claramente definidas:

1. Recopilación de la información.
2. Conteo de tráfico.
3. Determinación del Tipo de tránsito.
4. Cálculo del tráfico medio diario.

1. Recopilación de la información

La información básica para la elaboración del estudio procede de dos tipos de fuentes diferentes: referenciales y directas.

Con el propósito de recopilar la información necesaria se recurrió a la utilización de los métodos de conteo de tráfico y encuestas de origen - destino. Estas labores exigieron una etapa paralela al trabajo de campo (levantamiento topográfico).

En esta primera etapa de recopilación de información básica para el estudio mediante métodos directos, el trabajo de gabinete consistió en el diseño de la ficha para el conteo de tráfico y en la ubicación de las estaciones de control para el trabajo de campo.

El formato para el conteo de tráfico, incluye también la estación de control y la identificación de la carretera en la que se llevó a cabo; la hora, día y fecha del conteo; la clasificación de los vehículos, considerando un ítem de tráfico ligero de autos, combis o camionetas, y dos ítems de tráfico pesado (camiones y buses de 2 y 3 ejes).

Para la ejecución del conteo de tráfico se establecieron tres (03) estaciones como se detalla a continuación:

- a) **Estación 01:** La ubicación de esta primera estación de conteo vehicular se encuentra entre la Vía de Evitamiento y la avenida Miguel Grau.
- b) **Estación 02:** La segunda estación de conteo vehicular se estableció entre las avenidas Chinchaysuyo y Miguel Grau respectivamente.
- c) **Estación 03:** Esta última estación de conteo vehicular se ubicó entre las avenidas Bolognesi y Miguel Grau.

El conteo volumétrico se realizó durante siete (07) días consecutivos y las veinticuatro horas correspondientes de cada día, con la finalidad de obtener información exacta que permita el cálculo eficiente del IMDa.

2. Conteo de tráfico y clasificación vehicular

La metodología utilizada para realizar el conteo vehicular fue realizada mediante la técnica de la observación Directa, es decir, que el Conteo Vehicular fue realizado in situ.

En los cuadros siguientes, se muestra la información obtenida en referencia al conteo de tráfico vehicular realizado en campo, así como las variaciones horarias vehiculares por sentido de circulación y la clasificación horaria y total para cada día de trabajo; así como el promedio diario por sentido y el consolidado para ambos sentidos, para la estación de conteo.

Resultados del Conteo Vehicular por Estación

A continuación, se muestran los resultados del conteo respectivo y se resume los recuentos del conteo de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos, para los tramos correspondientes. Posteriormente se Presenta un cuadro del IMDa por estación. Es importante señalar que los resultados están expresados en cifras absolutas y relativas (%) respectivamente.

Cabe indicar que el desarrollo de la recopilación se basó en las observaciones realizadas en la zona de trabajo durante el desarrollo de los trabajos de ingeniería básica, así como las encuestas desarrolladas a algunos transeúntes encontrados a lo largo de la vía. El conteo y clasificación de vehículos por sentido de tráfico según su tipo, se iniciaron el lunes 10 de junio y concluyeron el domingo 16 de junio del 2019.

a. Estación 01 - Resultado del Conteo Vehicular

En el cuadro respectivo se resume los recuentos del conteo de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos, para los tramos correspondientes. Los resultados están expresados en cifras absolutas solamente.

Conteo Volumétrico de Vehículos de la Estación - 01 Junio 2019 clasificación vehicular diaria ambos sentidos

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	11527	11526	11513	11865	11810	11960	9488
Station Wagon	598	604	610	598	608	552	564
PICK UP	1897	1892	1869	1883	1891	1866	1763
Panel	206	207	210	214	199	215	165
Combi	1945	1915	1927	1951	1975	1897	1568
Micro	237	230	222	244	253	237	200
Bus < 2E	82	72	66	72	74	70	64
Bus > = 3E	49	41	36	45	45	43	37
Camión 2 Ejes.	302	294	278	309	309	297	52
Camión 3 Ejes.	46	38	36	41	40	34	29
TOTAL	16889	16819	16767	17222	17204	17171	13930

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se muestran consideran el tránsito contabilizado en ambos sentidos, debido a que la vía en estudio es de dos sentidos con dos carriles en cada sentido.

Esta primera estación fue considerada por que está ubicada en un distrito diferente al distrito en estudio, además de que el tráfico y su restricción respectiva es diferente a la del distrito de Chiclayo, donde se pudo identificar vehículos de mayor tonelaje respecto del distrito en estudio, además que la Vía de Evitamiento viene a ser una conexión entre la ciudad y la Panamericana Norte donde se permite todo tipo de vehículo (no vehículos menores).

b. Estación 02 - Resultado del Conteo Vehicular

En el cuadro respectivo se resume los recuentos del conteo de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos, para los tramos correspondientes. Los resultados están expresados en cifras absolutas solamente.

Conteo Volumétrico de Vehículos de la Estación 02 - Junio 2019 clasificación vehicular diaria ambos sentidos.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	19238	19238	19238	19238	19515	11960	9165
Station Wagon	604	604	574	604	604	604	604
PICK UP	1894	1894	1963	1894	1894	1894	1894
Panel	206	207	194	206	206	206	206
Combi	1945	1945	1970	1945	1945	1945	1945
Micro	237	237	227	237	237	237	237
Bus < 2E	82	74	71	74	74	74	74
Bus > = 3E	41	41	44	41	41	41	41
Camión 2 Ejes.	302	302	294	302	302	302	26
Camión 3 Ejes.	29	29	36	29	29	29	29
TOTAL	24578	24571	24611	24570	24847	17292	14221

Fuente: Elaboración propia.

Los valores que se muestran consideran el tránsito contabilizado en ambos sentidos, debido a que la vía en estudio es de dos sentidos con dos carriles en cada sentido.

En esta parte del conteo vehicular inicia en el tramo dos de la vía en estudio la cual inicia en la Av. Miguel Grau y termina en la Av. Bolognesi; esta última es considerada una calle que forma parte del centro de la ciudad de Chiclayo, donde está permitido solo la circulación de vehículos de menor tonelaje.

c. Estación 03 - Resultado del Conteo Vehicular

En el cuadro respectivo se resume los recuentos del conteo de tráfico y la clasificación diaria por sentido y el total en ambos sentidos, para los tramos correspondientes. Los resultados están expresados en cifras absolutas solamente.

Conteo Volumétrico de Vehículos de la Estación 03 - Julio 2019 clasificación vehicular diaria ambos sentidos

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Auto	21803	20320	20320	20512	20596	14514	9213
Station Wagon	564	572	572	572	572	565	604
PICK UP	1727	1888	1888	1888	1888	1807	1894
Panel	189	189	189	189	189	186	206
Combi	1960	1960	1960	1960	1960	1922	1716
Micro	229	229	229	229	229	225	237
Bus < 2E	72	72	72	72	72	71	74
Bus > = 3E	40	40	40	40	40	40	38
Camión 2 Ejes.	272	294	294	294	294	286	26
Camión 3 Ejes.	26	26	26	26	26	26	29
TOTAL	26882	25590	25590	25782	25866	19642	14037

Fuente: Elaboración propia.

Los valores que se muestran consideran el tránsito contabilizado en ambos sentidos, debido a que la vía en estudio es de dos sentidos con dos carriles en cada sentido.

Del mismo modo que la estación anterior (estación 02), esta parte del conteo vehicular inicia en el tramo dos de la vía en estudio la cual inicia en la Av. Chinchaysuyo y termina en la calle Elías Aguirre; esta última es considerada una calle que forma parte del centro histórico de la ciudad de Chiclayo.

3. Tipo de tránsito

El tipo de tránsito observado está constituido básicamente por vehículos ligeros, como autos, cambios de servicio público, camionetas pick up, Buses de transporte de pasajeros interprovincial y camiones de 2 ejes, empleados básicamente para el transporte de personas y de productos propios de las actividades desarrolladas en la región.

Por otra parte, se pudo observar la existencia de un tránsito peatonal medio en la zona de investigación, este tráfico peatonal tiene una tendencia de incremento considerable en la próxima década.

4. Cálculo de tráfico medio diario

El volumen considerado es el Índice Medio Diario o simplemente IMD, el cual es el volumen promedio de tránsito durante 24 horas de una muestra vehicular. En el caso de estudio, se ha considera el promedio obtenido en las tres (03) estaciones de conteo vehicular, la cual se presenta en el cuadro N° 04.

Promedio de tráfico vehicular - Junio 2019 (acumulado de tres estaciones)

	TOTAL SEMANAL	PROMEDIO TOTAL	%
Auto	324,559	108,186	74.90%
Station Wagon	12,353	4,118	2.85%
PICK UP	39,368	13,123	9.09%
Panel	4,184	1,395	0.97%
Combi	40,256	13,419	9.29%
Micro	4,879	1,626	1.13%
Bus < 2E	1,528	509	0.35%
Bus > = 3E	864	288	0.20%
Camión 2 Ejes.	4,663	1,554	1.08%
Camión 3 Ejes.	659	220	0.15%
TOTAL	433,313	144,438	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

En el presente estudio el promedio del tráfico vehicular de la semana de conteo se ha calculado aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Promedio Vehicular Semanal} = \text{suma del volumen diario} /$$

Además de aplicar los factores de corrección tal y como se muestran en los cuadros respectivos adjuntos al presente informe.

Los volúmenes de tráfico se mantienen constantes cada mes durante todo el año, salvo el caso de festividades, feriados o época de vacaciones donde difiere ligeramente el promedio regular sea en incremento o disminución del tráfico; debido a esto y demás circunstancias técnicas de diseño se hace necesario afectar los valores calculados por un factor de corrección que lleve esto a la determinación exacta del Promedio Diario Anual de tráfico vehicular.

5. Cálculo del IMD Anual (IMDa).

En la Av. Miguel Grau, se tiene dos tipos de flujo: carga y pasajeros (livianos y pesados). El comportamiento de tráfico que se da en los tramos 01 y 02 de la vía es definitivo, el cual está conformado tanto por vehículos de pasajeros, como de mercancías, por otra parte, se consideran los vehículos ligeros y pesados.

El promedio de la semana multiplicado por el factor de corrección del mes del Índice Medio Diario Anual se presenta en los cuadros adjuntos al presente proyecto.

Cálculo del IMDa - JUNIO 2019

	TOTAL SEMANAL	IMDs=S_{vi}/7	FC	IMDa = IMDs*FC
Auto	197,281	28,183	1.01028042	28,473
Station Wagon	8,332	1,190	1.01028042	1,203
PICK UP	26,388	3,770	1.01028042	3,808
Panel	2,847	407	1.01028042	411
Combi	26,818	3,831	1.01028042	3,871
Micro	3,272	467	1.10709709	517
Bus < 2E	1,023	146	1.10709709	162
Bus > = 3E	586	84	1.10709709	93
Camión 2 Ejes.	3,157	451	1.10709709	499
Camión 3 Ejes.	474	68	1.10709709	75
TOTAL	270,178	38,597		39,112

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

IMDs=Índice Medio Diario Semanal de la Muestra vehicular tomada.

IMDa=Índice Medio Diario Anual.

Vi =Volumen vehicular diario de cada uno de los 7 días de conteo.

FC =Factor de Corrección Estacional.

$$IMDs = S_{Vi}/7$$

$$IMDa = IMDs*FC$$

IMDa total actual es de: **39,112 Veh. /Día**

6. Variación Diaria

De acuerdo al resumen del conteo vehicular diario, el mayor volumen de tráfico, en la estación E – 03 se presenta en la tabla N° 55 respectiva.

Variación diaria de tráfico ambos sentidos– Estación 03 - Junio 2019

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL
Auto	21,803	20,320	20,320	20,512	20,596	14,514	9,213	127,278
Station Wagon	564	572	572	572	572	565	604	4,021
PICK UP	1,727	1,888	1,888	1,888	1,888	1,807	1,894	12,980
Panel	189	189	189	189	189	186	206	1,337
Combi	1,960	1,960	1,960	1,960	1,960	1,922	1,716	13,438
Micro	229	229	229	229	229	225	237	1,607
Bus < 2E	72	72	72	72	72	71	74	505
Bus > = 3E	40	40	40	40	40	40	38	278
Camión 2 Ejes.	272	40	294	294	294	286	26	1,506
Camión 3 Ejes.	26	26	26	26	26	26	29	185
TOTAL	26,882	25,336	25,590	25,782	25,866	19,642	14,037	163,135

Fuente: Elaboración propia.

7. Variación Horaria

El volumen horario empieza a incrementarse a partir de la 6.00 horas y disminuye desde las 20.00 horas en las estaciones E - 2 y E - 3, mientras que en la estación E - 01 la disminución del tráfico vehicular inicia a partir de la 18:00 horas. En la tabla que a continuación se presenta, se puede visualizar la variación horaria del promedio semanal del conteo de tráfico.

Variación de tráfico vehicular

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMIÓN		TOTAL TRAFICO VEHICULAR	VAR. %
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E		
DIAGRA. VEH.													
0 A 6	E	107	5	9	1	5	1	2	2	2	2	136	1%
	O	101	6	7	1	7	3	2	3	1	0	131	1%
6 A 12	E	1423	96	324	47	397	65	14	5	65	7	2,443	15%
	O	1487	147	345	49	403	59	17	6	81	8	2,602	17%
12 A 18	E	1678	302	35	48	467	55	2	73	8	0	2,668	17%
	O	1802	345	59	45	402	603	3	78	9	0	3,346	21%
18 A 24	E	1689	44	267	5	122	5	14	16	6	4	2,172	14%
	S	1797	53	246	11	117	6	13	15	8	3	2,269	14%
TOTAL		10,084	998	1,292	207	1,920	797	67	198	180	24	15,767	100%

Fuente: Elaboración propia

8. Encuesta Origen - Destino

La encuesta Origen – Destino tuvo lugar en las estaciones E – 1 y E – 2.

9. Ocupabilidad de los Vehículos

En el cuadro se muestra la Ocupabilidad de los vehículos de pasajeros y carga, según clasificación.

Ocupabilidad de los vehículos (pasajeros)

Vehículo	Nº salidas	Ocupantes	Ocupabilidad
Auto	17,084	4.00	68,336.00
Station Wagon	998	4.00	3,992.00
PICK UP	1592	3.00	4,776.00
Micro/Combi	1607	12.00	19,284.00
Bus	82	45.00	3,690.00
Camión 2 Ejes.	97	3.00	291.00
Camión 3 Ejes.	28	3.00	84.00
TOTAL	21,488	74	100,453

Fuente: Elaboración propia

10. Motivos de Viaje

En los cuadros se muestra los motivos de viaje de los pasajeros que transitan por la vía en estudio.

Motivos de viaje

MOTIVO	TRABAJO/ESTUDIO	RECREACION	SALUD
%	80%	14.0%	6.0%

Fuente: Elaboración propia

Estudio de velocidad del tráfico

Resultados del Estudio de Velocidad

Las observaciones de campo estuvieron a cargo de la brigada de tráfico ubicadas en las estaciones de control E-1 y E-3.

Velocidad media

TIPO DE VEHICULO	VELOCIDAD
	E – 1
Auto	45 Km/h
Camioneta Pick Up	35 Km/h
Combi	40 Km/h
Bus	25 Km/h
Camión 2 Ejes	20 Km/h
Camión 3 Ejes	20 Km/h

Fuente: Elaboración propia

Estudio de pesos por eje

Resultados del Estudio de Pesos.

Para obtener el pesaje de vehículos de Carga (camiones) y Pasajeros (camioneta rural) fueron obtenidos de las especificaciones de los vehículos donde se obtuvo los valores que se muestran a continuación.

Peso de Vehículos

TIPO DE VEHICULO	PESO (Ton)
	E – 1 & E – 2
Auto	1.5 Ton
Camioneta	2.0 Ton
Combi	4.0 Ton
Camión 2 Ejes	8.0 Ton
Camión 3 Ejes	20.0 Ton

Fuente: Elaboración propia

Los procedimientos de diseño para carreteras de tercera de clase, están basadas en las cargas acumuladas de ejes simples equivalentes de 18,000 lbs (EALS) ó 8.2 toneladas durante el periodo de análisis o diseño.

Proyección de tránsito a futuro

Proyecciones del tráfico

En el caso del flujo de vehículos de carga se observa que tiene como origen y/o destino la ciudad de Chiclayo.

En el flujo de vehículos de pasajeros, considerando sólo los vehículos ligeros, como origen y/o destino el cercado de la ciudad de Chiclayo y consecuentemente acceso a instituciones públicas y privadas así como los mercados principales de la región donde se desarrolla la carretera se observa claramente que prevalece el flujo de tráfico local.

Para el cálculo de la proyección del tráfico en un horizonte de diez años, se hace necesario determinar la tasa de crecimiento de la población en relación al mismo periodo; la cual se presenta a continuación.

Tasas de crecimiento (i)

Datos estadísticos, Población urbana y rural del Distrito de CHICLAYO:

Población de Chiclayo

Censo	Habitantes
1981	213,366
1993	265,344
2007	317,624

Fuente: INEI según los censos de los años descritos.

Según la Fórmula Geométrica Obtenemos que la tasa de Crecimiento es de:

rvP: Tasa de crecimiento anual de la población

La tasa correspondiente la calcularemos con la fórmula siguiente:

$$r_{po} = \left[\left(\frac{P_f}{P_o} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \times 100$$

Dónde:

Pf = Población Final. (Año 2007)

Po = Población inicial. (Año 1993)

n = variación del tiempo.

rpo = tasa de crecimiento anual de la población.

$$rpo = 1.30\%$$

Tasa de crecimiento anual del PBI regional

$$rvC = 3.275\%$$

* Información del INEI.

Periodo de diseño (n)

Para obtener las proyecciones del tráfico vehicular se considera un periodo de diseño de 10 años contabilizados a partir del término de la construcción, además se prevé que el proceso de revisión, licitación y construcción del proyecto puede durar meses, tiempo adicional a considerar en la proyección del tráfico.

Se considera que la vía entra en servicio para el año 2019 – 2029, es decir que el número de años hasta llegar a la vida útil del pavimento es de 10 años. Los valores de la tasa de crecimiento se indican en los cuadros respectivos.

El cálculo del tránsito proyectado también se detalla en la tabla siguiente, considerando la fórmula de proyección a 10 años.

Aplicaremos siguiente formula:

$$T_n = T_o (1 + r)^{(n-1)}$$

Dónde: **T_n**: Tránsito proyectado al año n en vehículo/día

T_o: Tránsito actual (año base) en vehículo/día

n = año futuro de proyección (2029,
n=10)

r = tasa anual de crecimiento del tránsito (depende del tipo de tráfico)

Proyección para tráfico normal(veh./día)

VEHÍCULO	Tas Cre. %	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Auto	1.293%	18369	18369	18606	18847	19091	19338	19588	19841	20097	20357	20620
Station Wagon	1.293%	580	580	587	595	603	611	618	626	635	643	651
PICK UP	1.293%	1873	1873	1897	1922	1947	1972	1997	2023	2049	2076	2103
Panel	1.293%	193	193	195	198	201	203	206	208	211	214	217
Combi	1.293%	1939	1939	1964	1989	2015	2041	2068	2094	2121	2149	2177
Micro	3.963%	254	254	264	275	285	297	308	321	333	347	360
Bus < 2E	3.963%	80	80	83	86	90	93	97	101	105	109	114
Bus > = 3E	3.963%	44	44	46	48	49	51	53	56	58	60	62
Camión 2 Ejes.	3.963%	278	278	289	300	312	325	338	351	365	379	394
Camión 3 Ejes.	3.963%	29	29	30	31	33	34	35	37	38	40	41
SUB TOTAL		23,639	23,639	23,963	24,292	24,626	24,964	25,309	25,658	26,013	26,373	26,739

Fuente: Elaboración propia.

Área de Influencia

La identificación de esta área es importante, por cuanto constituye el punto de partida para el análisis de las variables macro económica y/o socioeconómica y la estimación de los beneficios atribuibles a la carretera mejorada.

En el presente caso, la identificación del área de influencia se ha definido tomando en cuenta las características y la composición del tráfico.

Determinación del Área de Influencia

El área de influencia de la vía en estudio, lo conforman principalmente los distritos de la Victoria y Chiclayo, vía por la cual se tiene acceso al centro histórico de la provincia de Chiclayo por el lado este y por el lado oeste permite un acceso directo hacia la Vía de Evitamiento la cual conecta con la Panamericana Norte; así mismo la Avenida Miguel Grau reduce el tiempo de traslado a los distritos de Monsefú, Puerto Eten, Ciudad Eten y el puerto de Santa Rosa siendo que el 90% del tráfico que conforma es el traslado de pasajeros.

El área de influencia indirecta, que incluye las zonas del entorno poblacional que son exportadores y/o importadores de productos hacia o desde la zona de estudio, a través de esta vía; además, ayuda a la mejora y disminución de la congestión vehicular al ser la conexión entre otras avenidas de importancia dentro de la zona.

Características del Área de Influencia

Esta carretera permite la salida de importantes flujos de pasajeros, principalmente el traslado de personas hacia sus trabajos, estudiantes y personas que buscan tener acceso rápido a los principales mercados de la región, como son el mercado central, mercado modelo y el mercado de mayoristas de Moshoqueque.

• Aspectos Demográficos

La provincia de Chiclayo está conformada por los distritos de La Victoria, José Leonardo Ortiz y el distrito de Chiclayo respectivamente, la cual tiene una población aproximada de 716, 732 habitantes y el área metropolitana tiene una población de 264, 680 habitantes.

• Actividad Económica

Dentro de las actividades económicas que se desarrollan dentro de la ciudad son de servicios y comercialización en su mayoría; siendo esta vía una alternativa de importancia para gran parte de la población para el acceso a sus centros laborales o comerciales.

• Perspectivas de Desarrollo

Para el horizonte de proyección, se asume que se tenderá a impulsar una sostenida recuperación de la economía de los pobladores de esta zona lo que les permitirá mejorar su calidad de vida, porque hará más rentable los negocios que es la actividad más importante en esta zona. En esta perspectiva de la dinámica regional, considerando la estructura económica y las potencialidades del área de influencia, se estima que el tráfico normal seguirá creciendo.

Cálculo del número de ejes simples equivalentes (EAL 8.2ton)

$$EAL_{8.2TON(10 \text{ años})} = N^{\circ} \text{ de Vehiculos} \times 365 \times \text{Factor Camión} \times \text{Factor de Crecimiento}$$

Dónde:

$$\text{Factor de Crecimiento} = 10.57 \text{ (Cuadro 2.19)}$$

Factor Camión:

- Vehículo de Diseño: C2
- Longitud: 12.30 m
- Carga por eje: - Eje Delantero = 7 Tn (2 neumáticos)
- Eje Posterior = 11 Tn (4neumáticos)

Interpolando en el cuadro 2.20 (Factores de Equivalencia de Carga) tenemos:

- Para 7000 Kg. tenemos un F.E.C. de 0.5407
- Para 11000 Kg. tenemos un F.E.C. de 3.1714

Entonces tenemos:

Equivalencias de Carga

C2	Peso (Kg.)		Factor Equivalencia Carga	
	Cargado	Descargado	Cargado	Descargado
Eje Delantero (simple)	7,000	7,000	0.5407	0.5407
Eje Posterior (Simple)	11,000	7,000	3.1714	0.5407
TOTAL	18,000	14,000	3.7121 (I)	1.0814 (II)

Fuente: Elaboración Propia

Factor Camión = Promedio (Factor Equivalencia Carga Cargado y Descargado)

$$\text{Factor Camión} = [(I) + (II)] / 2$$

$$\text{Factor Camión} = (3.7121 + 1.0814) / 2$$

$$\text{Factor Camión} = \mathbf{2.3968}$$

Reemplazando la información disponible tenemos que el Número de Ejes Simples Equivalentes a 8.2 ton para un vehículo de 2 ejes con 6 ruedas, durante el periodo de diseño será:

$$EAL_{8.2TON(10 \text{ años})} = 34 \times 365 \times 2.3968 \times 10.57$$

$$EAL_{(10 \text{ años})} = \mathbf{314,397.12416}$$

Anexo N° 03:

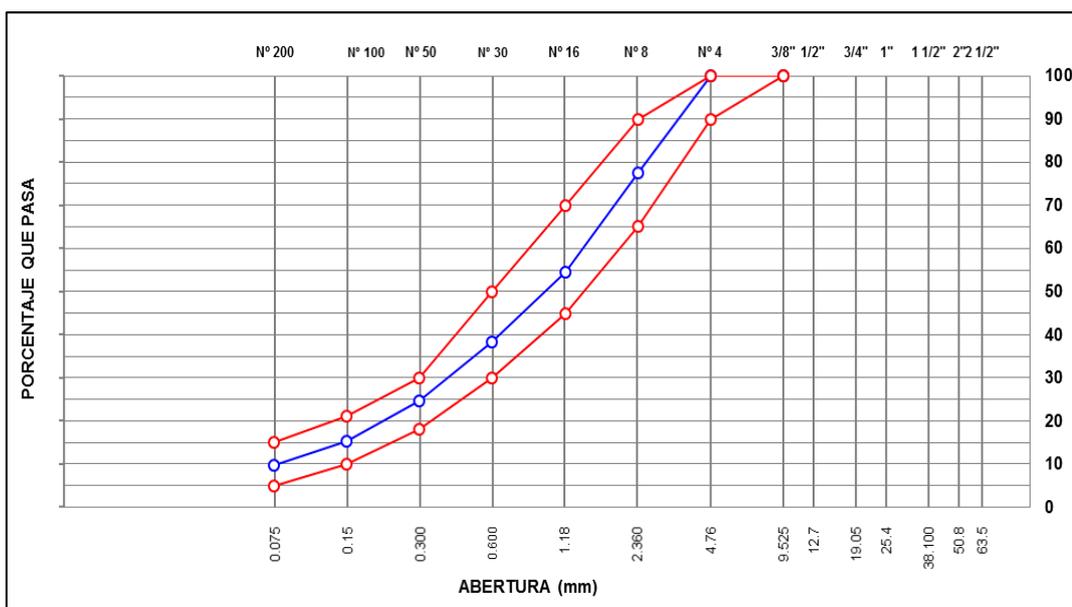
3.3. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL MORTERO ASFALTICO - SLURRY SEAL TIPO III

A continuación, se presenta el resultado del diseño propuesto para este proyecto de mantenimiento de la avenida Miguel Grau de la ciudad de Chiclayo:

I. Caracterización de Agregados

Procedencia de la muestra : Cantera La Victoria (Arena Chancada)
Referencia : Formular Slurry Seal Tipo III.
Observaciones : Agregado muestreado por los interesados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACIÓN SLURRY SEAL TIPO III
3/8"	9.525	100.0	100
# 4	4.760	100.0	90 - 100
# 8	2.380	77.4	65 - 90
# 16	1.190	54.4	45 - 70
# 30	0.590	38.2	30 - 50
# 50	0.297	24.6	18 - 30
# 100	0.149	15.3	10 - 21
# 200	0.074	9.6	5 - 15
< # 200	(A S T M C - 117)	0.0	



ENSAYO	ESPECIFICACIÓN ISSA A 105	RESULTADO CANTERA LA VICTORIA	CONDICION
GRANULOMETRIA	TIPO III	TIPO III	CUMPLE
EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419)	MÍNIMO 45%	72%	CUMPLE
AZUL DE METILENO (ISSA TB 145)	REPORTAR	7 mg/g	ACEPTABLE
PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C 29)	REPORTAR	1579 Kg/m ³	CUMPLE
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MTC E-111)	NP	NP	CUMPLE

II. Características de la Emulsión Asfáltica

Tipo de emulsión: Emulsión Catiónica de Rotura Lenta - CSS-1hp. Referencia: MINIPLANTA CSS-1hp.

ENSAYO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO	ESPECIFICACIÓN
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	%	61.40	Mínimo 60%
Penetración (25 °C, 100g, 5 seg)	ASTM D 5	dmm	58	50 - 90 dmm

III. Análisis de Agua

PROCEDENCIA	ESPECIFICACIÓN		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
POTABLE	(5.5 - 8)	MAXIMO 380 ppm	7.70	285 ppm

IV. Contenido Teórico de Asfalto

Asfalto teórico en base a la granulometría : 9.8 %
Emulsión asfáltica teórica calculada : 14.63 %

V. Calidad de Mezcla

A partir del contenido teórico de emulsión y teniendo en cuenta la manejabilidad de la mezcla con el agregado, se fabricaron moldes para someterlos a las pruebas de:

Rueda cargada (ISSA TB 109) Abrasión
en húmedo (ISSA TB 100)

Asfalto teórico (%)	Emulsión teórica (%)	Agua (%)	Filler (%)
9.8	14.63	10.0	1.0

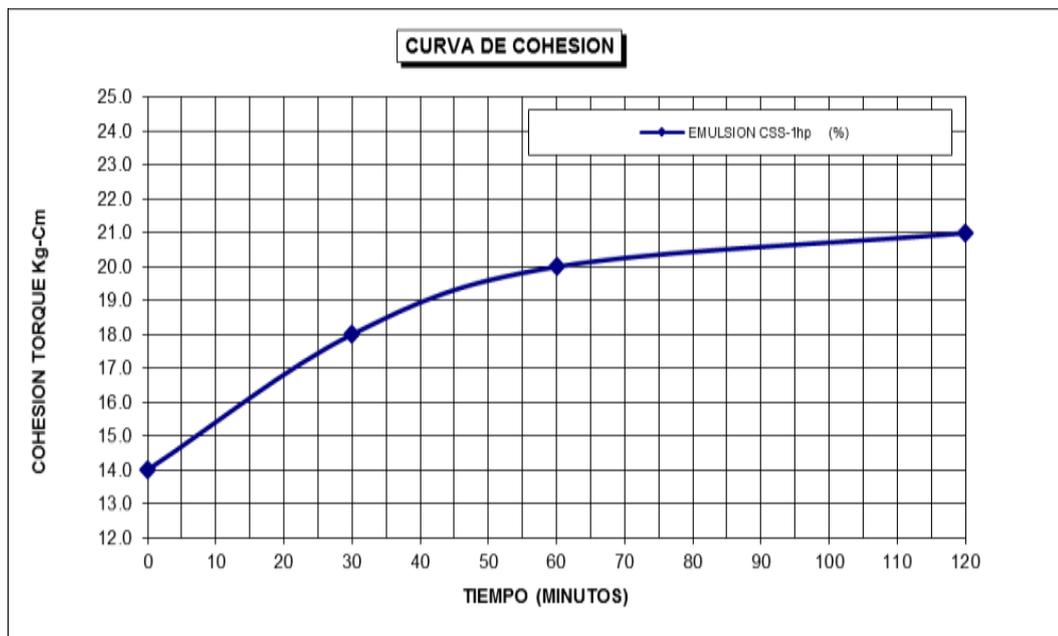
- El porcentaje de agua que se indica es la añadida al agregado.
- Filler: Cemento

- Tiempo de mezclado >180segundos.
- Porcentajes en peso del agregado seco.

VI. **CONSISTENCIA:** La mezcla se tiene una consistencia de 3.0 cm.

VII. **COHESIÓN**

TEMPERATURA LABORATORIO	% ASFALTO	% EMULSIÓN	% FILLER	% AGUA	TIEMPO DE MEZCLADO (Segundos)	COHESIÓN (kg-cm)	
						30 Min	60 min
27 °C aprox.	7.8	12.22	1.0	10.0	>180	18.0	20.0



Nota: Inicio de cohesión a partir de 3.0 Horas.

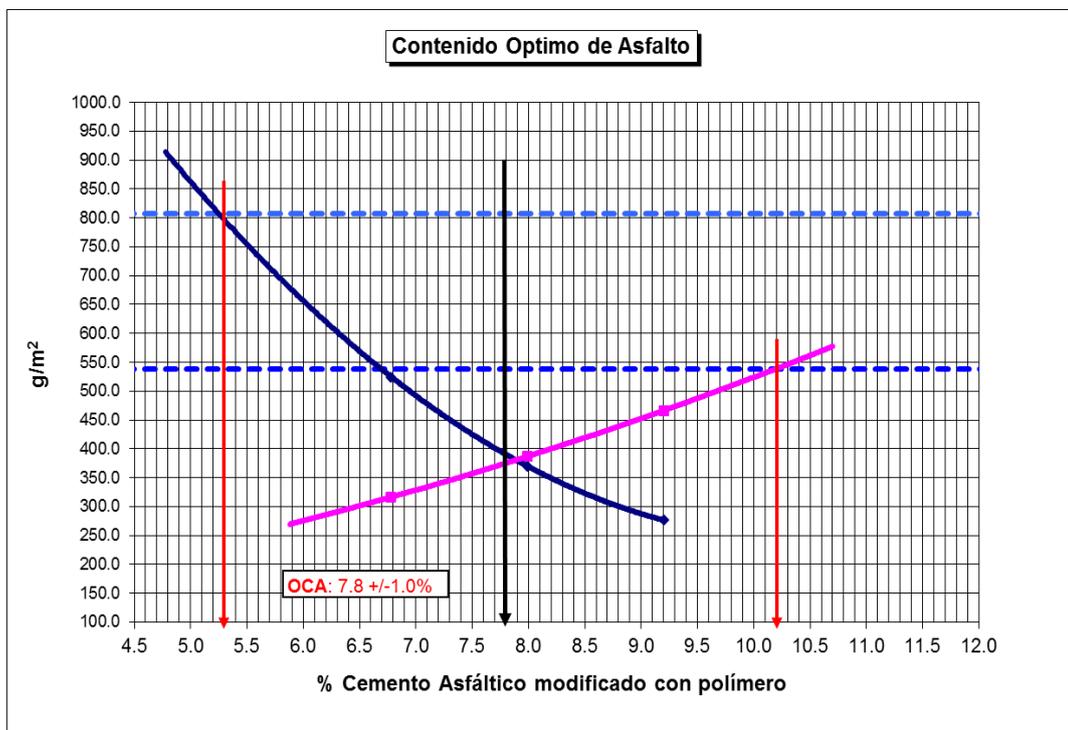
VIII. **Recubrimiento:** mayor a 90%

IX. **Especificación ISSA A 105**

ENSAYO	MÉTODO	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de Mezclado	ISSA TB 113	Mínimo 180 seg.
WTAT	ISSA TB 100	Máximo 807 g/m ²
LWT	ISSA TB 109	Máximo 538 g/m ²

X. Resultados de los Especímenes Ensayados

Cemento Asfáltico Mod. con Polímero	Emulsión (%)	WTAT (g/m ²)	LWT (g/m ²)
6.8	11.2	524.7	316.4
8.0	13.2	370.1	386.9
9.2	15.2	276.3	466.4



XI. Conclusiones

Diseño Slurry Seal TIPO III de 12mm.

- Cantidad optima de emulsión asfáltica CSS-1hp. : 12.22%
(Rango de tasa de aplicación: 11.2% a 14.5%)
- Cantidad de agua : 10.0%
(Agua añadida)
- Cantidad de filler (Cemento) : 1.0%

EMULTEC CSS-1HP

EMULSIÓN CATIONICA DE RUPTURA LENTA MODIFICADA CON POLIMERO

REFERENCIAS: EXPEDIENTE SS. 056- 2019 - LAB TDMASFALTOS.

TANQUE: _____

CINTILLO DE SEGURIDAD N°: _____

LOTE DE PRODUCCIÓN: MINIPLANTA _____

CANTIDAD: 2 KILOGRAMOS _____

FECHA DE PRODUCCIÓN: 10/11/2019 _____

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	31
CONTENIDO DE AGUA, % VOLUMEN	D 95	%	.-	40	39.5
RESIDUO POR EVAPORACION	D 6934	%	60	.-	60.5
SEDIMENTACION A LOS 7 DIAS	D 6930	%	.-	5	2
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	.-	0.1	0.00
MEZCLA CON CEMENTO	D 6935	%	.-	2	0.5
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	50	90	58
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	55	.-	55
DUCTILIDAD, 5°C, 5 cm/min	D 113	cm	10	.-	31
RECUPERACION ELASTICA TORSIONAL, 25°C	NLT 329	%	12	.-	22

OBSERVACIONES: El producto cumple especificaciones NTP 321.141-2003 Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada PE: 1.00

Anexo N° 04: Determinación de Costos

Proceso de Mantenimiento y Rehabilitación

Comparación de procesos constructivos de Mantenimiento

Ítem comparativo	Mantenimiento	
	Slurry Seal	Convencional (Micropavimento)
Traslado de Materiales y equipo	✓	✓
Implementación de Seguridad y Control de Trafico	✓	✓
Limpieza de la vía o área de trabajo	✓	✓
CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150		✓
Colocación de Mezcla Asfáltica		✓
Colocación de Mortero Asfáltico (Slurry Seal)	✓	
Compactación del mortero asfáltico		✓
Apertura de Tráfico	✓	✓
Vida Útil (en años)	4	5

Fuente: Elaboración propia

Análisis comparativo de costos de rehabilitación y mantenimiento de pavimentos flexibles (Se consideran elementos básicos)

Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles mediante el método Convencional

FORMATO DE COMPARACIÓN DE COSTOS						
Costo Base de Micropavimento en Caliente de 15mm			Área base: 1 m2			
Ítem	Descripción	Unitario	Metrado	C.U.	Parcial	Total Mantenimiento Convencional
1	APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO EN CALIENTE					
02.02.01	LIMPIEZA DEL AREA/VIA DE TRABAJO	m2	0.07	55.00	3.85	
02.02.02	PREPARACION DE MEZCLA ASFALTICA	m3	0.035	124.50	5.86	
02.02.03	EXTENDIDO DE MEZCLA ASFALTICA	m2	1.00	3.45	3.45	
02.02.04	CEMENTO ASFALTICO PEN 120/150	Gl	0.025	42.50	1.80	
02.02.05	FILLER MINERAL	m3	0.050	45.50	2.47	
02.02.06	ARENILLA NATURAL	m3	0.012	37.00	0.44	
02.02.07	ARENA	m3	0.025	60.00	1.50	
02.02.09	COMPACTACION DEL MORTERO ASFALTICO	Hm	0.005	130.00	0.65	
TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO						S/. 19.02

Fuente: Elaboración propia

Costos de Mantenimiento y Rehabilitación de pavimentos flexibles con Morteros Asfálticos (Slurry Seal).

FORMATO DE COMPARACIÓN DE COSTOS						
Costo Base de Slurry Seal – Tipo III de 15mm			Área base: 1 m2			
Ítem	Descripción	Unitario	Metrado	C.U.	Parcial	Total Mantenimiento con Slurry Seal
2	APLICACIÓN DEL MORTERO SFALTICO (SLURRY SEAL)					
02.02.01	LIMPIEZA DEL AREA/VIA DE TRABAJO	m2	1.000	0.45	0.450	
02.02.02	EMULSIÓN ASFÁLTICA SS 1h	GL	0.13	15.00	1.95	
02.02.03	ARENA	m3	0.015	60.00	0.900	
02.02.04	FILLER (CEMENTO PORTLAND)	Kg	0.090	23.50	2.115	
02.02.05	AGUA	m3	0.003	20.00	0.060	
02.02.06	PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DEL SLURRY SEAL	m2	1.000	1.20	9.200	
TOTAL COSTO DIRECTO UNITARIO						S/. 14.61

Fuente: Elaboración propia

Costos comparativos.

La Comparación de costos se há realizado teniendo en cuenta al **Costo Anual Equivalente** (German Vivar Romero, 1996).

a) Expectativa de vida de Pavimentos Rehabilitados /Mantenidos

Expectativa de vida del Mantenimiento sobre Pavimento

EXPECTATIVA DE VIDA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	AÑOS
MANTENIMIENTO CONVENCIONAL	5
MANTENIMIENTO SLURRY SEAL	4

Fuente: Elaboración propia

b) Mantenimiento Convencional (Micropavimento en caliente)

Costo Unitario de Mantenimiento Convencional

COSTO UNITARIO DE MANTENIMIENTO CONVENCIONAL		
RENDIMIENTO DIARIO	2000.0000	m2/día
COSTO POR m2	21.0000	s./m2
COSTO UNITARIO	0.0105	s./m2/día

Fuente: Elaboración propia

Costo Anual Equivalente Mantenimiento Convencional

COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE MANTENIMIENTO CONVENCIONAL		
COSTO UNITARIO	0.0105	s./m2/día
EXPECTATIVA DE VIDA	5.0000	
C.A.E.	0.021	s./m2/día/año

Fuente: Elaboración propia

c) Mantenimiento con Morteros Asfálticos (Slurry Seal).

Costo Unitario de Mantenimiento con Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

COSTO UNITARIO DE MANTENIMIENTO CON MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)		
RENDIMIENTO DIARIO	4200.0000	m2/día
COSTO POR m2	14.66	s./m2
COSTO UNITARIO	0.0039	s./m2/día

Fuente: Elaboración propia 2019

Costo Anual Equivalente Mantenimiento con Mortero Asfáltico (Slurry Seal)

COSTO ANUAL EQUIVALENTE DE MANTENIMIENTO CON MORTERO ASFÁLTICO (SLURRY SEAL)		
COSTO UNITARIO	0.0010	s./m2/día
EXPECTATIVA DE VIDA	4.0000	
C.A.E.	0.0097	s./m2/día/año

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de Costos unitarios que se presentan en las tablas anteriores (Tabla 65 y 66), se puede apreciar que el Mantenimiento con Morteros Asfálticos (Slurry Seal) son, más económicos y considerada como una mejor alternativa de funcionalidad y serviciabilidad del mismo que la Rehabilitación y Mantenimiento de la manera tradicional (Micropavimento en caliente). Además, se presentan los Costos Equivalentes que confirman lo explicado con anterioridad referente a los Costos de Mantenimiento de pavimentos flexible.

Anexo 05: Caracterización de los agregados



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

ABSORCION DE AZUL DE METILENO AASHTO TP 57			
PROYECTO	: DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MIGUEL GRAU CHICLAYO - 2019		
SOLICITA	OSCAR MANUEL TINEO CONTRERAS		
MUESTRA	: CANTERA LA VICTORIA - PATAPO		
USO	SLURRY SEAL		
UBICACIÓN	CHICLAYO - LAMBAYEQUE		
FECHA	: 04/11/2019		
CANTIDAD DE SOLUCION DE TRABAJO (ML)	50		
Csol CANTIDAD DE SOLUCION DE TRABAJO (ML) AL TERMINAR	44		
Wf - MASA DE LA PORCION DE PRUEBA (1g)	1		
Am- AZUL METILENO (mg/g)	6		
$AM \frac{50 - Csol}{Wf}$			
OBSERVACIONES :			
$\geq 10 \text{ mg/g}$ no cumple $\leq 10 \text{ mg/g}$ si cumple			
A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.  Miguel A. Arrunategui Chunan LABORATORISTA _____ INGENIERO	A&C Exploración Geotécnica S.R.L.  Cristhian Miguel Arrunategui Brindley INGENIERO CIVIL Reg. CIP. N° 17420 _____ LABORATORISTA		

Ensayo: Absorción de Azul de Metileno



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Roturas de testigos
- Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.aycexploraciongeotecnicasrl.com

PROYECTO : DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL) MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD
: VEHICULAR DE PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MIGUEL GRAU CHICLAYO 2019

SOLICITA OSCAR MANUEL TINEO COONTRERAS

EMULSION : CATIONICA DE ROTURA LENTA CSS-1h

AGREGADOS : ARENA DE LA CANTERA LA VICTORIA - PATAPO

FECHA 04/11/2019

ENSAYO DE ADHERENCIA PIEDRA)

MTC - E 220 - REDEL WEBER
ARENA PARA SLURRY SEAL

CANTERA	Tipo de Asfalto	Aditivo	GRADO
LA VICTORIA	EMULSION	0	4

Observación :

.....

.....

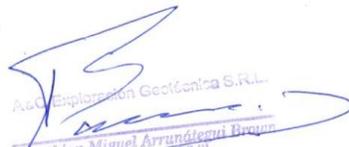
.....

.....

A&C-111-ERW-10

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L

Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 474530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

**EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM - D2419**

PROYECTO : DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEA) PAREAS EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD
UBICACIÓN VEHICULAR DEL AVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MIGUEL GRAU - CHICLAYO 2019
SOLICITA OSCAR MANUEL TINEO CONTRERAS
CANTERA LA VICTORIA - PATAPO
FECHA : 04/11/2019

Tamaño Máximo mm.	4.75	4.75		
Muestra N°	M - 1	M - 2		
Hora de Entrada	8.43	9.30		
Hora de Salida	8.53	9.40		
Hora de Entrada	9.00	9.50		
Hora de Salida	9.20	10.10		
Altura máx. del mat. Fino cm.	5.6	5.7		
Altura máx. de la Arena cm.	3.0	2.9		
Equivalente de Arena	53.6	50.9		
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO :	52.3 %			

OBSERVACIONES :

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Miguel A. Arrunátegui Chuman
Miguel A. Arrunátegui Chuman
LABORATORISTA

Reg. Marca INDECOPI -C-00033437

Cristhian Miguel Arrunátegui Brown
A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunátegui Brown
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 17457

A & C60



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

IMPUREZAS ORGANICAS MTC E 213-2000

PROYECTO : DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL) MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL PAVIMENTO
 SOLICITANTE : FLEXIBLE DE LA AVENIDA MIGUEL GRAU CHICLAYO 2019
 MUESTRA : CANTERA LA VICTORIA - PATAPO
 UBICACIÓN : CHICLAYO
 MATERIAL : ARENA PARA SLURRY SEAL
 FECHA : 05/11/2019

EQUIPO	COLOR STANDARD CHART -MODEL CT-97			
P R U E B A	La Tabla e colores estándar del aparato es utilizada en lugar de las soluciones de color estandar y eliminar la necesidad de preparar una neva solucion para cada prueba			
	PESO MUESTRA :	600 GR.	SOLUCION NaOH (3%) :	
	FECHA DE PREPARACION :	02/11/2019	HORA :	8.30 AM.
	FECHA DE LECTURA :	03/11/2019	HORA :	8.30 AM.
	TABLA DE COLORES TANDARS	RESULTADOS DE LA PRUEBA		
		COLOR DEL LIQUIDO DE LA MUESTRA	INTERPRETACION	CONCLUSION
	↑ ••••• MAS CLARO	1	X	POCO O NINGUN CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DANINO
		2		
	COLOR ESTANDAR DE REFERENCIA	32		CONTENIDO DE COMPONENTE ORG. ACEPTABLE
	••••• MAS OSCURO ↓	42		POSIBILIDAD DE CONTENIDO DE COMPONENTE ORGANICO DAÑINO
	42		ADVERTENCIA! NECESITA DE OTRAS PRUEBAS DE VERIFICACION	
OBSERVACIONES				

LABORATORISTA

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.

Cristhian Miguel Arrandegui Brown
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 17457

INGENIERO JEFE

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Miguel A. Arrandegui Chuman
 LABORATORISTA



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolog. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
 ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

LIMITES DE ATTERBERG
ASTM D-4318

PROYECTO : DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL) PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL
CANTERA : PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MIGUEL GRAU - CHICLAYO 2019
MUESTRA : MATERIAL AGREGADOS PARA FABRICACION DE SLURRY SEAL
SOLICITA : OSCAR MANUEL TINEO CONTRERAS
FECHA : 04/11/2019

LIMITE LIQUIDO PASANTE LA MALLA N° 200 (0.074 mm)

MUESTRA N°	M - 1			---		
MATERIAL						
Número de golpes	15	23	30	---	---	---
1. Recipiente N°	28	20	17	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)	47.88	49.34	52.69	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	43.80	45.20	48.38	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	13.40	12.52	13.34	---	---	---
5. Peso del agua (gr)	4.08	4.14	4.31	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	30.40	32.68	35.04	---	---	---
7. Humedad (%)	13.42	12.67	12.30	---	---	---

LIMITE PLASTICO

MUESTRA N°	M - 1			---		
MATERIAL						
1. Recipiente N°		---	---	---	---	---
2. Peso suelo húmedo + Tara (gr)		---	---	---	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)		---	---	---	---	---
4. Peso de la Tara (gr)		---	---	---	---	---
5. Peso del agua (gr)		---	---	---	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)		---	---	---	---	---
7. Humedad (%)		---	---	---	---	---



MUESTRA		
	M - 1	---
L.L.	12.62	---
L.P.	NO PO	---
I.P.	NO PO	---

CLASIFICACION		
MUESTRA	SUCS	AASHTO
---	---	---

Observaciones:
 Reg. Marca Indecopi - C-00033437

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
 Miguel A. Arrandátegui Chuman
 LABORATORISTA

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.
 Cristian Miguel Arrandátegui Brizuela
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 17417



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecanica de Suelos - Concreto - Asfalto - Roturas de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyectos de Carreteras

Chiclayo Prolg. Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 59 - Saul Cantoral Telf. 074 - 228446 Rpm 978175503
ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com - www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com

PESO VOLUMETRICO

OBRA	:	DISEÑO DE MORTERO ASFALTICO (SLURRY SEAL) PARA MEJORAMIENTO DE LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. MIGUEL GRAU CHICLAYO 2019
SOLICITA	:	OSCAR MANUEL TINEO CONTRERAS
MUESTRA	:	ARENA GRUESA PARA FABRICACION DE SLURRY SEAL
FECHA	:	05/11/2019
CANTERA	:	LA VICTORIA - PATAPO

PESO POR METRO CUBICO SUELTO AGREGADOFINO (ZAPOTAL)

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
9059	5739	3320	2100	1581	
9062	5739	3323	2100	1582	
9068	5739	3329	2100	1585	1583

PESO POR METRO CUBICO COMPACTADO AGREGADO GRUESO (CANTERA ZAPOTAL)

PESO MOLDE + MATERIAL ⁹⁴⁸⁴	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
9212	5740	3472	2110	1645	
9235	5760	3475	2100	1655	
9241	5760	3481	2110	1650	1650

OBSERVACIONES : MESCLA :

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.

Miguel A. Afranategui Chuman
LABORATORISTA

A&C Exploración Geotécnica S.R.L.

Cristhian Miguel Arrandátegui Brown
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 17453th

Recommended Performance Guideline For Emulsified Asphalt Slurry Seal A105 (Revised February 2010)



NOTICE

It is not intended or recommended that this guideline be used as a verbatim specification. It should be used as an outline, helping user agencies establish their particular project specification. Users should understand that almost all geographical areas vary as to the availability of materials. An effort should be made to determine what materials are reasonably available, keeping in mind system compatibility and specific job requirements. Contact ISSA for answers to questions and for a list of ISSA member contractors and companies.

International Slurry Surfacing Association
800 Roosevelt Road
Building C-312
Glen Ellyn, IL 60137
www.slurry.org

© 2010 by International Slurry Surfacing Association
No reproduction of any kind may be made without written permission of ISSA.

RECOMMENDED PERFORMANCE GUIDELINE FOR POLYMER-MODIFIED EMULSIFIED ASPHALT SLURRY SEAL

1. **SCOPE**

The intent of this guideline is to aid in the design, testing, quality control, measurement and payment procedures for the application of polymer-modified emulsified asphalt slurry seal.

2. **DESCRIPTION**

Polymer-modified emulsified asphalt slurry seal shall consist of a mixture of a polymer-modified emulsified asphalt, mineral aggregate, water, and additives, proportioned, mixed and uniformly spread over a properly prepared surface as directed by the Buyer's Authorized Representative (B.A.R.). The polymer-modified emulsified asphalt slurry seal shall be applied in a single layer as a homogeneous mat, adhere firmly to the prepared surface, and have a skid-resistant texture throughout its service life. This is not a product to be utilized for reprofiling, leveling, or rut filling applications.

3. **SPECIFICATIONS**

It is not normally required to run all tests on every project. A compilation of results from the listed tests should be indicative of system performance. Failure to meet specification for an individual test does not necessarily disqualify the system. If, for example, the system to be used on the project has a record of good performance, individual requirements for testing may be waived. Test methods are listed in Appendix A and form an integral part of this Guideline.

4. **MATERIALS**

4.1 **POLYMER-MODIFIED EMULSIFIED ASPHALT**

The emulsified asphalt, and emulsified asphalt residue, shall meet the requirements of AASHTO M 140 or ASTM D 977 for SS-1 or SS-1h. For CSS-1, CSS-1h, or CQS-1h, it shall meet the requirements of AASHTO M 208 or ASTM D 2397.

Each load of emulsified asphalt shall be accompanied with a Certificate of Analysis/Compliance to indicate that the emulsion meets the specifications.

4.2 **AGGREGATE**

4.2.1 **GENERAL**

The mineral aggregate used shall be the type specified for the particular application requirements of the slurry seal. The aggregate shall be crushed stone such as granite, slag, limestone, chat, or other high-quality aggregate, or combination thereof. To assure the material is 100 percent crushed, the parent aggregate will be larger than the largest stone in the gradation to be used.

4.2.2 QUALITY TESTS

The aggregate should meet agency specified polishing values and these minimum requirements:

TEST	TEST METHOD		SPECIFICATION
	AASHTO	ASTM	
Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate	T 176	D 2419	60 Minimum
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate	T 104	C 88	15% Maximum w/Na ₂ SO ₄ 25% Maximum w/MgSO ₄
Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine ¹	T 96	C 131	30% Maximum

¹The abrasion test is run on the parent aggregate.

4.2.3 GRADATION

When tested in accordance with AASHTO T 27 (ASTM C 136) and AASHTO T 11 (ASTM C 117), the mix design aggregate gradation shall be within one of the following bands (or one recognized by the local paving authority):

SIEVE SIZE	TYPE I PERCENT PASSING	TYPE II PERCENT PASSING	TYPE III PERCENT PASSING	STOCKPILE TOLERANCE FROM THE MIX DESIGN GRADATION
3/8 (9.5 mm)	100	100	100	
# 4 (4.75 mm)	100	90 - 100	70 - 90	± 5%
# 8 (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70	± 5%
# 16 (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50	± 5%
# 30 (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34	± 5%
# 50 (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	10 - 20	5-15	5-15	± 2%

The gradation of the aggregate stockpile shall not vary by more than the stockpile tolerance from the mix design gradation (indicated in the table above) while also remaining within the specification gradation band. The percentage of aggregate passing any two successive sieves shall not change from one end of the specified range to the other end.

The aggregate will be accepted at the job location or stockpile based on five gradation tests sampled according to AASHTO T 2 (ASTM D 75). If the average of the five tests is within the stockpile tolerance from the mix design gradation, the material will be accepted. If the average of those test results is out of specification or tolerance, the contractor will be given the choice to either remove the material or blend additional aggregate with the stockpile material to bring it into compliance. Materials used in blending must meet the required aggregate quality test specifications in Section 4.2.2 before blending and must be blended in a manner to produce a consistent gradation. Aggregate blending may require a new mix design.

Screening shall be required at the stockpile if there are any problems created by oversized materials in the mix.

Type I. This aggregate gradation is used to fill surface voids, address moderate surface distresses, and provide protection from the elements. The fineness of this mixture provides the ability for some crack penetration.

Type II. This aggregate gradation is used to fill surface voids, address more severe surface distresses, seal, and provide a durable wearing surface.

Type III. This aggregate gradation provides maximum skid resistance and an improved wearing surface.

4.3 MINERAL FILLER

Mineral filler may be used to improve mixture consistency and to adjust mixture breaking and curing properties. Portland cement, hydrated lime, limestone dust, fly ash, or other approved filler meeting the requirements of ASTM D 242 shall be used if required by the mix design. Typical use levels are normally 0.0 - 3.0 percent and may be considered part of the aggregate gradation.

4.4 WATER

The water shall be free of harmful salts and contaminants. If the quality of the water is in question, it should be submitted to the laboratory with the other raw materials for the mix design.

4.5 ADDITIVES

Additives may be used to accelerate or retard the break/set of the slurry seal. Appropriate additives, and their applicable use range, should be approved by the laboratory as part of the mix design.

5. LABORATORY EVALUATION

5.1 GENERAL

Before work begins, the contractor shall submit a signed mix design covering the specific materials to be used on the project. This design will be performed by a laboratory which has experience in designing Polymer-Modified Emulsified Asphalt Slurry Seal. After the mix

design has been approved, no material substitution will be permitted unless approved by the B.A.R.

ISSA can provide a list of laboratories experienced in slurry seal design.

5.2 MIX DESIGN

Compatibility of the aggregate, emulsified asphalt, water, mineral filler and other additives shall be evaluated in the mix design. The mix design shall be completed using materials consistent with those supplied by the contractor for the project. Recommended tests and values are as follows:

TEST	ISSA TB NO.	SPECIFICATION
Mix Time @ 77°F (25°C)	TB 113	Controllable to 150 Seconds Minimum
Wet Cohesion @ 30 Minutes Minimum (Set) @ 60 Minutes Minimum (Traffic)	TB 139 (For quick-traffic systems)	12 kg-cm Minimum 20 kg-cm or Near Spin Minimum
Wet Stripping	TB 114	Pass (90% Minimum)
Wet-Track Abrasion Loss One-hour Soak	TB 100	60 g/ft ² (647 g/m ²) Maximum
Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion	TB 109 (Critical in heavy-traffic areas)	50 g/ft ² (538 g/m ²) Maximum

The Wet Track Abrasion Test is performed under laboratory conditions as a component of the mix design process. The purpose of this test is to determine the minimum asphalt content required in a slurry seal system. The Wet Track Abrasion Test is not recommended as a field quality control or acceptance test. ISSA TB 136 describes potential causes for inconsistent results of the Wet Track Abrasion Test.

The mixing test is used to predict the time the material can be mixed before it begins to break. It can be a good reference check to verify consistent sources of material. The laboratory should verify that mix and set times are appropriate for the climatic conditions expected during the project.

The laboratory shall also report the quantitative effects of moisture content on the unit weight of the aggregate (bulking effect) according to AASHTO T19 (ASTM C29). The report must clearly show the proportions of aggregate, mineral filler (if used) and polymer-modified emulsified asphalt, based on the dry weight of the aggregate.

The percentages of each individual material required shall be shown in the laboratory report. Based on field conditions, adjustments within the specific ranges of the mix design may be required.

The component materials shall be designed within the following limits:

COMPONENT MATERIALS	SUGGESTED LIMITS
Polymer-Modified Residual Asphalt	Type I: 10 - 16% Type II: 7.5 - 13.5% Type III: 6.5 - 12% (Based on dry weight of aggregate)
Mineral Filler	0.0 - 3.0% (Based on dry weight of aggregate)
Additives	As needed
Water	As required to produce proper mix consistency

5.3 MIX TOLERANCES

Tolerances for the slurry seal mixture are as follows:

- a. After the polymer-modified residual asphalt content is determined, any variations (based on percent of weight of dry aggregate) that will be permitted must be defined in the mix design for the project.
- b. The rate of application shall not vary more than $\pm 2 \text{ lb/yd}^2$ ($\pm 1.1 \text{ kg/m}^2$) when the surface texture does not vary significantly.

6. EQUIPMENT

6.1 GENERAL

All equipment, tools, and machines used in the application of slurry seal shall be maintained in satisfactory working condition at all times.

6.2 MIXING EQUIPMENT

The machine shall be specifically designed and manufactured to apply polymer-modified slurry seal. The material shall be mixed by an automatic-sequenced, self-propelled, slurry seal mixing machine of either truck-mounted or continuous-run design. Continuous-run machines are those that are equipped to self-load materials while continuing to apply slurry seal. Either type machine shall be able to accurately deliver and proportion the mix components through a mixer and to discharge the mixed product on a continuous-flow basis. Sufficient storage capacity for all mix components is required to maintain an adequate supply to the proportioning controls.

The B.A.R. should decide which type of equipment best suits the specific project. In some cases, truck-mounted machines may be more suited, i.e. cul-de-sacs, small narrow roadways, parking lots, etc. On some projects, continuous-run equipment may be chosen due to the continuity of mix and the reduction of start-up joints. Generally, truck-mounted machines or continuous-run machines may be used on similar projects.

If continuous-run equipment is used, the machine shall provide the operator with full control of the forward and reverse speeds during application of the slurry seal. It shall be equipped with a self-loading device and opposite-side driver stations. The self-loading device, opposite-side driver stations, and forward and reverse speed controls shall be of original-equipment-manufacturer design.

6.3 PROPORTIONING DEVICES

Individual volume or weight controls for proportioning mix components shall be provided and properly labeled. These proportioning devices are used in material calibration to determine the material output at any time.

6.4 SPREADING EQUIPMENT

The mixture shall be agitated and spread uniformly in the spreader box by means of twin-shafted paddles or spiral augers fixed in the box. With polymer-modified, quick-set systems, mechanical agitation may extend mix time. The slurry seal mixture shall have the proper consistency as it enters the spreader box. Spraying of additional water into the spreader box will not be permitted.

A front seal shall be utilized to ensure no loss of the mixture at the road contact point. The rear seal shall act as final strike-off and shall be adjustable. The spreader box and rear seal shall be designed and operated to provide uniform mix consistency behind the box. The spreader box shall have suitable means to side shift to compensate for variations in the pavement geometry. A burlap drag or other approved screed may be attached to the rear of the spreader box to provide a highly textured uniform surface. A drag stiffened by hardened slurry is ineffective and should be replaced immediately.

6.5 AUXILIARY EQUIPMENT

Suitable surface preparation equipment, traffic control equipment, hand tools, and other support and safety equipment necessary to perform the work shall be provided by the contractor.

7. CALIBRATION

Each mixing unit to be used in performance of the work shall be calibrated in the presence of the B.A.R. prior to the start of the project. Previous calibration documentation covering the exact materials to be used may be acceptable, provided the calibration was performed during the previous 60 days. The documentation shall include an individual calibration of each material at various settings, which can be related to the machine's metering devices. Any equipment replacement affecting material proportioning requires that the machine be recalibrated. No machine will be allowed to work on the project until the calibration has been accepted. The ISSA Inspector's Manual describes a method of machine calibration. ISSA contractors and/or machine manufacturers may also provide methods of machine calibration.

8. **WEATHER LIMITATIONS**

The slurry seal shall not be applied if either the pavement or air temperature is below 50°F (10°C) and falling, but may be applied when both pavement and air temperatures are above 45°F (7°C) and rising. No slurry seal shall be applied when there is the possibility of freezing temperatures at the project location within 24 hours after application. The mixture shall not be applied when weather conditions prolong opening to traffic beyond a reasonable time.

9. **NOTIFICATION AND TRAFFIC CONTROL**

9.1 **NOTIFICATION**

Homeowners and businesses affected by the paving shall be notified at least one day in advance of the surfacing. Should work not occur on the specified day, a new notification will be distributed. The notification shall be posted in written form, stating the time and date that the surfacing will take place. If necessary, signage alerting traffic to the intended project should be posted.

9.2 **TRAFFIC CONTROL**

Traffic control devices shall be in accordance with agency requirements and, if necessary, conform to the requirements of the Manual on Uniform Traffic Control Devices. Opening to traffic does not constitute acceptance of the work.

In areas that are subject to an increased rate of sharp-turning vehicles, additional time may be required for a more complete cure of the slurry seal mat to prevent damage. Tire marks may be evident in these areas after opening but typically diminish over time with rolling traffic.

10. **SURFACE PREPARATION**

10.1 **GENERAL**

Prior to applying the slurry seal, loose material, oil spots, vegetation, and other objectionable material shall be removed. Any standard cleaning method will be acceptable. If water is used, cracks shall be allowed to dry thoroughly before slurry surfacing. Manholes, valve boxes, drop inlets and other service entrances shall be protected from the slurry seal by a suitable method. The B.A.R. shall approve the surface preparation prior to surfacing.

10.2 **TACK COAT**

Normally, tack coat is not required unless the surface to be covered is extremely dry and raveled or is concrete or brick. If required, the emulsified asphalt should be SS, CSS, or the slurry seal emulsion. Consult with the slurry seal emulsion supplier to determine dilution stability. The tack coat may consist of one part emulsified asphalt/three parts water and should be applied with a standard distributor. The distributor shall be capable of applying the dilution evenly at a rate of 0.05-0.15 gal/yd² (0.23-0.68 l/m²). The tack coat shall be allowed to cure sufficiently before the application of slurry seal. If a tack coat is to be required, it must be noted in the project plans.

10.3 CRACKS

It is recommended to treat cracks wider than 0.25" (0.64cm) in the pavement surface with an approved crack sealer prior to application of the slurry seal.

11. APPLICATION

11.1 GENERAL

If required, it is recommended that a test strip be placed in conditions similar to those expected to be encountered during the project.

The surface may be wetted with water ahead of the spreader box. The rate of application of the water spray shall be adjusted during the day to suit temperature, surface texture, humidity, and dryness of the pavement. Pooling or standing water shall be avoided.

The slurry seal shall be of the desired consistency upon exiting the mixer. A sufficient amount of material shall be carried in all parts of the spreader box at all times so that complete coverage is achieved. Overloading of the spreader shall be avoided.

No lumping, balling, or unmixed aggregate shall be permitted.

Significant streaks, such as those caused by oversized aggregate or broken mix, shall not be left in the finished surface. If excessive streaking occurs, the job will be stopped until the cause of the problem has been corrected. Some situations may require screening the aggregate prior to loading it into the units going from the stockpile area to the jobsite.

11.2 RATE OF APPLICATION

The slurry seal mixture shall be of the proper consistency at all times so as to provide the application rate required by the surface condition. The average application rate shall be in accordance with the following table:

AGGREGATE TYPE	LOCATION	SUGGESTED APPLICATION RATE
Type I	Parking Areas Urban and Residential Streets Airport Runways	8 - 12 lb/yd ² (4.3 - 6.5 kg/m ²)
Type II	Urban and Residential Streets Airport Runways	14 - 18 lb/yd ² (5.4 - 9.8 kg/m ²)
Type III	Primary and Interstate Routes	18 - 24 lb/yd ² (8.1 - 12.0 kg/m ²)

Suggested application rates are based upon the weight of dry aggregate in the mixture. Application rates are affected by the unit weight and gradation of the aggregate and the demand of the surface to which the slurry seal is being applied.

11.3 JOINTS

No excess buildup, uncovered areas, or unsightly appearance shall be permitted on longitudinal or transverse joints. The contractor shall provide suitable equipment to produce a minimum number of longitudinal joints throughout the project. When possible, a longitudinal joint shall not be placed in a wheel path. Less than full box width passes will be used only as required. If less than full box width passes are used, they shall not be the last pass of any paved area. A maximum of 6" (15.2 cm) shall be allowed for overlap of longitudinal joints.

11.4 MIXTURE

The slurry seal shall possess sufficient stability so that premature breaking of the material in the spreader box does not occur. The mixture shall be homogeneous during and following mixing and spreading. It shall be free of excess liquids which create segregation of the aggregate. Spraying of additional water into the spreader box will not be permitted.

11.5 HANDWORK

Areas which cannot be accessed by the mixing machine shall be surfaced using hand squeegees to provide complete and uniform coverage. If necessary, the area to be handworked shall be lightly dampened prior to mix placement. Handwork shall exhibit the same finish as that applied by the spreader box and shall be completed prior to final surfacing.

11.6 LINES

Care shall be taken to apply straight lines along curbs, shoulders, and intersections. No run-off on these areas will be permitted. Roofing felt or heavy plastic may be used to begin or end a pull cleanly. This also provides for easy removal of excess slurry.

11.7 ROLLING

Rolling is usually not necessary for slurry seal on roadways. Airports and parking areas should be rolled by a self-propelled, 10-ton (maximum) pneumatic tire roller equipped with a water spray system. All tires should be inflated per manufacturer's specifications. Rolling shall not start until the slurry has cured sufficiently to avoid damage by the roller. Areas which require rolling shall receive a minimum of two (2) full coverage passes.

11.8 CLEAN UP

All utility access areas, gutters and intersections, shall have the slurry seal removed as specified by the B.A.R. The contractor shall remove any debris associated with the performance of the work on a daily basis.

12. QUALITY CONTROL

12.1 INSPECTION

Inspectors assigned to projects must be familiar with the materials, equipment and application of slurry seal. Local conditions and specific project requirements should be

considered when determining the parameters of field inspection.

Proper mix consistency should be one of the major areas of inspector concern. If mixes are too dry, streaking, lumping and roughness will be present in the mat surface. Mixes applied too wet will flow excessively and not hold straight lane lines. Excessive liquids may also cause an asphalt-rich surface with segregation.

12.2 MATERIALS

To account for aggregate bulking, it is the responsibility of the contractor to check stockpile moisture content and to set the machine accordingly. At the B.A.R.'s discretion, material tests may be run on representative samples of the aggregate and emulsion. Tests will be run at the expense of the buyer. The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet the specifications.

12.3 SLURRY SEAL

If required, representative samples of the slurry seal may be taken directly from the slurry unit(s). Consistency (ISSA TB No. 106) and residual asphalt content (ASTM D2172) tests may be run on the samples. Please note that the consistency test may not be applicable to certain Quick-Set and Quick-Traffic systems because of erratic results due to setting characteristics. If this test is run, it must be performed immediately after the sample is taken. Tests will be run at the expense of the buyer. The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet specifications.

Data obtained from the proportioning devices on the slurry seal unit may be used to determine individual material quantities and application rate.

12.4 NON-COMPLIANCE

If any two successive tests fail on the stockpile aggregate, the job shall be stopped. If any two successive tests on the mix from the same machine fail, the use of the machine shall be suspended. It will be the responsibility of the contractor, at his expense, to prove to the B.A.R. that the problems have been corrected.

13. PAYMENT

The slurry seal shall be measured and paid for by the unit area or weight of aggregate and the weight of emulsion used on the work completed and accepted by the buyer. If paid by the weight of the aggregate and emulsified asphalt, the contractor shall submit to the B.A.R. certified delivery tickets which show quantities of each material delivered to the job site and used on the project. Payment shall be full compensation for all preparation, mixing and application of materials, and for all labor, equipment, tools, testing, cleaning, and incidentals necessary to complete the job as specified herein.

APPENDIX A

AGENCIES

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM: American Society for Testing and Materials
ISSA: International Slurry Surfacing Association

TEST METHODS

EMULSIFIED ASPHALT

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
M 140	D 977	Standard Specification for Emulsified Asphalt
M 208	D 2397	Specification for Cationic Emulsified Asphalt
T 40	D 140	Sampling Bituminous Materials
T 59	D 244	Test Methods and Practices for Emulsified Asphalts
T 59	D 6997	Distillation of Emulsified Asphalt

AGGREGATE AND MINERAL FILLER

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
T 176	D 2419	Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
T 104	C 88	Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
96	C 131	Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine (This test should be performed on the parent rock that is used for crushing the finer gradation Micro Surfacing material.)
T 27	C 136	Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
T 11	C 117	Test Method for Materials Finer than 75 μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
T 2	D 75	Sampling Aggregates
M 17	D 242	Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures

T 19	C 29	Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate
------	------	---

APPENDIX A

TEST METHODS (CONTINUED)

SLURRY SEAL SYSTEM

ISSA TEST NO.	Test
TB 100	Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfaces
TB 101	Guide for Sampling Slurry Mix for Extraction Test
TB 109	Test Method for Measurement of Excess Asphalt in Bituminous Mixtures by Use of a Loaded- Wheel Tester
TB 111	Outline Guide Design Procedure for Slurry Seal
TB 112	Method of Estimate Slurry Seal Spread Rates and To Measure Pavement Macrotecture
TB 113	Trial Mix Procedure for Slurry Seal Design
TB 114	Wet Stripping Test for Cured Slurry Seal Mixes
TB 115	Determination of Slurry Seal Compatibility
TB 139	Method of Classified Emulsified Asphalt, Aggregate Mixtures by Modified Cohesion Test Measurement of Set and Cure Characteristics
A105	Design, Testing, and Construction of Slurry Seal

NOTES:

ASTM D 3910, Standard Practice for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal, is a combined reference of the ISSA Test Bulletins listed above.

ASTM D 2172, Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures, is referenced in Section 12.3.



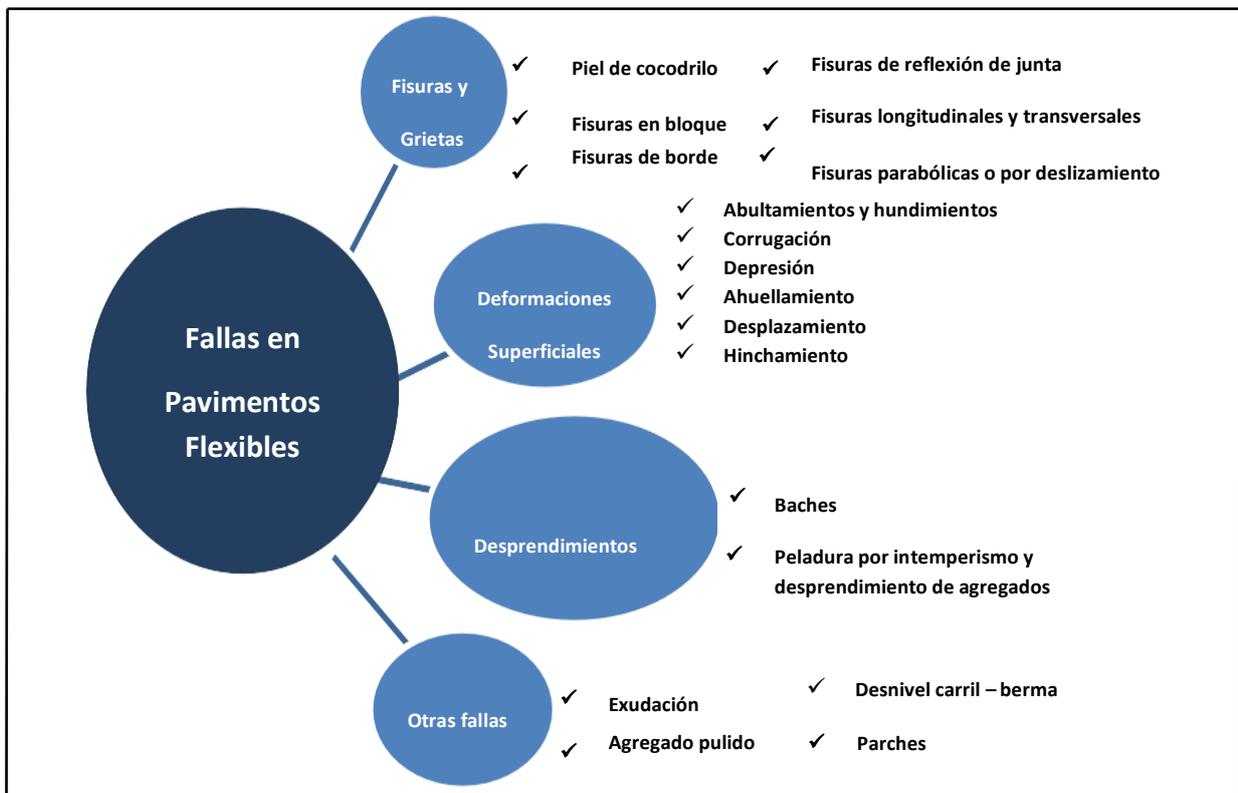
International Slurry Surfacing
Association 800 Roosevelt Road
Building C-
312 Glen
Ellyn, IL
60137
www.slurry.org
g

Fallas en pavimentos urbanos flexibles

Las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente. Estos factores combinados, son la causa del deterioro progresivo del pavimento, situación que se agrava, al no darle un mantenimiento adecuado a la vía.

Existen dos tipos de fallas: estructurales y funcionales. Las primeras, son las que originan un deterioro en el paquete estructural del pavimento, disminuyendo la cohesión de las capas y afectando su comportamiento frente a cargas externas. Las fallas funcionales, en cambio, afectan la transitabilidad, es decir, la calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario.

Para pavimentos flexibles los daños pueden ser agrupados en 4 categorías: 1) Fisuras y grietas; 2) Deformaciones superficiales; 3) Desprendimientos o desprendimientos; 4) Afloramientos y otras fallas. Ver figura 21.



Fallas en pavimentos flexibles.

Resumen de fallas en pavimentos flexibles.

A continuación, se explican 18 de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles, y que están también consideradas dentro del método PCI.

1. Piel de cocodrilo

La piel de cocodrilo es un conjunto de fisuras interconectadas que forman polígonos irregulares, de hasta 0.5 m de longitud en el lado más largo. El patrón es parecido a la piel de un cocodrilo, de ahí el nombre de esta falla. También llamada agrietamiento por fatiga, la piel de cocodrilo se produce en áreas sujetas a repeticiones de carga de tráfico, tales como las huellas de las llantas de los vehículos.

El agrietamiento se origina en el fondo del paquete asfáltico, en la base, donde los esfuerzos y deformaciones unitarias de tensión son elevados. De ahí, las grietas se propagan hacia la superficie como una serie de fisuras longitudinales paralelas, que luego se conectan formando varias piezas. Otra causa que contribuye a que se produzca este tipo de falla, es el envejecimiento del ligante asfáltico, que trae consigo la pérdida de flexibilidad del pavimento.

La piel de cocodrilo indica la pérdida de la capacidad estructural del pavimento, pues disminuye su capacidad de resistencia frente a sollicitaciones externas. Es por ello que, sin el mantenimiento adecuado, el comportamiento del pavimento podría empeorar y podría pasar de una fisura a un desprendimiento (como, por ejemplo, un bache), dañando significativamente la superficie de la vía.



Piel de cocodrilo.

2. Exudación

La exudación es una película de material bituminoso que se extiende sobre una determinada área del pavimento, creando una superficie brillante, resbaladiza y reflectante que generalmente llega a ser pegajosa (durante tiempo cálido).

Esta falla puede ser causada por diversos factores, como: el exceso de ligante asfáltico en la dosificación (mezcla), el uso de un ligante asfáltico muy blando, la aplicación excesiva de un sello bituminoso, un deficiente porcentaje de vacíos, etc.

La exudación ocurre durante tiempo cálido, cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla y luego se expande en la superficie del pavimento. Debido a que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumulará en la superficie.



Exudación.

3. Fisuras en bloque

Las fisuras en bloque son grietas interconectadas que forman piezas rectangulares de tamaño variable, desde aproximadamente 0.30 x 0.30 m hasta 3.00 x 3.00 m.

Este tipo de falla puede ocurrir sobre porciones largas del área del pavimento o sobre aquellas áreas donde no hay tráfico; es por ello que las fisuras en bloque no están asociadas a sollicitaciones externas de carga vehicular.

Las grietas en bloque son causadas principalmente por la contracción del concreto

asfáltico y por la variación de temperatura, que origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria. Esta falla indica que el asfalto se ha endurecido significativamente.



Fisuras en bloque

4. Abultamientos y hundimientos

Los abultamientos y hundimientos son desplazamientos pequeños, bruscos, hacia arriba y hacia abajo de la superficie del pavimento, que distorsionan el perfil de la carretera.

No son causados por inestabilidad del pavimento, sino que pueden ser producto de varios factores, tales como:

- Levantamiento de las losas de concreto de un pavimento rígido que ha sido cubierto con una carpeta asfáltica.
- Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo, es decir, suelo congelado).
- Infiltración y acumulación de material en una fisura en combinación con cargas de tráfico.
- Expansión del suelo de fundación.
- Deficiencias en el drenaje del paquete estructural del pavimento.

Si los abultamientos aparecen en un patrón perpendicular al flujo del tráfico y se

encuentran separados unos de otros a menos de 3.00 m, la falla es denominada corrugación. En cambio, si aparecen sobre grandes áreas de la superficie del pavimento, causando grandes y largas depresiones, la falla se llama hinchamiento.

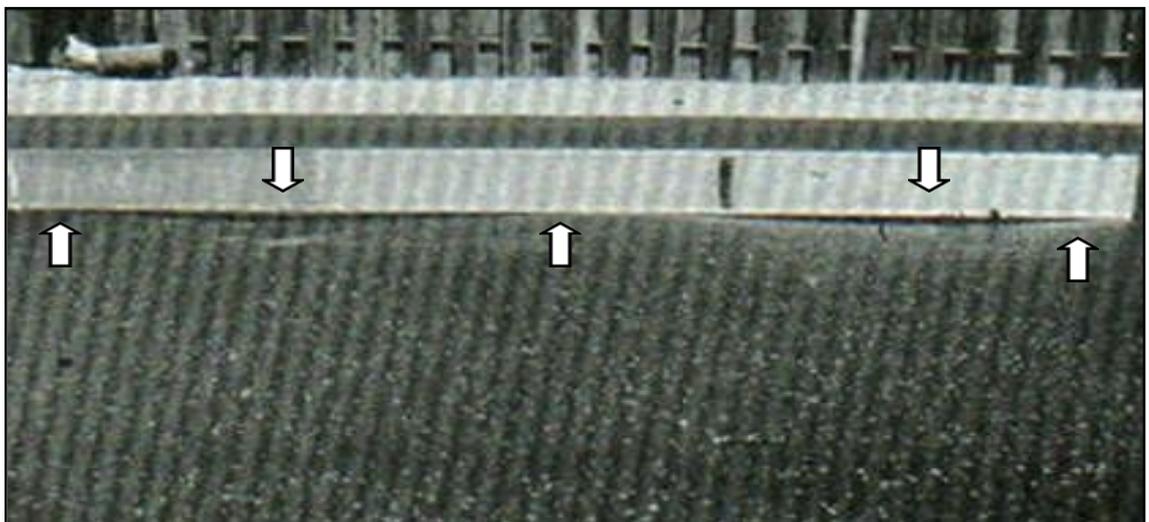


Abultamientos y hundimientos

5. Corrugación

La corrugación es una serie de ondulaciones constituidas por cimas y depresiones muy cercanas entre sí y espaciadas a intervalos bastante regulares (generalmente menores a 3.00 m) a lo largo del pavimento. Las cimas son perpendiculares al sentido del tránsito.

Este tipo de falla es causada por la acción del tránsito vehicular combinada con la inestabilidad de las capas superficiales o de la base del pavimento.



Corrugación.

6. Depresión

Las depresiones son áreas localizadas en la superficie del pavimento que poseen niveles de elevación ligeramente menores a aquellos que se encuentran a su alrededor.

Las depresiones son visibles cuando el agua se empoza dentro de ellas después de la caída de lluvia, o, a través de las manchas causadas por el agua empozada, en caso de superficies secas. Son producidas por asentamientos de la subrasante o debido a procedimientos constructivos defectuosos.

Pueden causar alguna rugosidad en la superficie de la pista, y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar hidropneumático (los neumáticos de un vehículo pierden contacto con el pavimento a causa de una película de agua, eliminando así la adherencia de las ruedas con la superficie de rodadura).



Depresión.

7. Fisuras de borde

Las fisuras de borde son grietas paralelas al borde externo del pavimento, que se encuentran a una distancia de 0.30 a 0.50 m de éste. Ver figura 28.

Ese tipo de falla se incrementa por la carga de tránsito y se origina debido al debilitamiento de la base o de la subrasante en áreas muy próximas al borde del pavimento, a causa de condiciones climáticas o por efecto abrasivo de arena suelta en el borde, que provoca peladuras que conducen a la desintegración.

Si el área entre la fisura y el borde del pavimento se encuentra agrietada, entonces pueden producirse desprendimientos, llegando al punto en que los fragmentos pueden removerse.



Fisuras de borde.

8. Fisuras de reflexión de junta (de losas de concreto Longitudinales o transversales)

Las fisuras de reflexión de junta ocurren solamente en pavimentos mixtos: pavimentos de superficie asfáltica (flexible) construidos sobre una losa de concreto (rígido). No se consideran fisuras de reflexión de otros tipos de base como bases estabilizadas con cemento o cal.

Estas grietas son causadas por el movimiento de la losa de concreto, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de pavimento flexible. No están relacionadas a efectos de carga; sin embargo, las cargas de tráfico pueden causar la rotura de la superficie

de concreto asfáltico cerca de las fisuras.



Fisura de reflexión de junta.

9. Desnivel carril – berma

El desnivel carril-berma es la diferencia de elevación (niveles) entre el borde del pavimento y la berma.

Esta falla es causada por la erosión de la berma; el asentamiento de la berma; o por la colocación de nuevas capas (sobrecarpetas) en la pista, sin el debido ajuste del nivel de la berma.



Desnivel carril – berma.

10. Fisuras longitudinales y transversales

Las fisuras longitudinales son grietas paralelas al eje de la vía o a la línea direccional en la que fue construida. Las grietas transversales, en cambio, son perpendiculares al eje del pavimento o a la dirección de construcción. Ver figura 31.

Estos daños no están asociados con la carga vehicular, pueden ser causados por:

- Juntas de construcción pobremente construidas, o ausencia de ellas.
- Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas, al endurecimiento del asfalto o a la variación diaria de temperatura.
- Fisuras de reflexión causadas por agrietamientos bajo la capa superficial, incluyendo grietas en losas de concreto, pero no juntas de pavimento rígido.
- Uso de ligantes (asfaltos) muy duros o envejecidos.
- Gradiente térmico superior a los 30° C que produce ciclos de expansión - contracción de la mezcla asfáltica.



Fisuras longitudinales y transversales

11. Parches y parches de cortes utilitarios

Un parche es un área del pavimento que, por encontrarse en mal estado, ha sido reemplazada con material nuevo con el fin de reparar el pavimento existente. Los parches de cortes utilitarios hacen referencia a aquellos parches colocados cuando se

efectúan cortes para la reparación de tuberías de agua o desagüe, instalación del cableado eléctrico, teléfonos, entre otros trabajos similares.

Los parches disminuyen el nivel de servicio de la vía, pues el comportamiento del área parchada es inferior a la del pavimento original, incluso el área adyacente al parche no se comporta tan bien como la sección original de pavimento.



Parche.



Parche de cortes utilitarios.

12. Agregado pulido

El agregado pulido es la pérdida de resistencia al deslizamiento del pavimento, que ocurre cuando los agregados en la superficie se vuelven suaves al tacto.

Esta falla es causada por:

- Repeticiones de cargas de tránsito.
- Insuficiente porción de agregado extendida sobre el asfalto.
- Inexistente aspereza o textura del pavimento, que no contribuye a la reducción de la velocidad de los vehículos.
- Falta de partículas de agregado angular que proporcionen una buena adherencia del pavimento con las llantas de los vehículos.



Agregado pulido.

13. Baches

Los baches son pequeños hoyos (depressiones) en la superficie del pavimento de diámetro menor a 750 mm. Presentan bordes agudos y lados verticales cerca de la zona superior de la falla.

Los baches pueden ser ocasionados por un conjunto de factores:

- Fisuramiento tipo piel de cocodrilo de alta severidad, que causa fatiga y origina la desintegración de la superficie de rodadura.
- Defectos constructivos.
- Subdrenaje inadecuado.
- Mal diseño del paquete estructural.



Baches.

14. Ahuellamiento

El ahuellamiento es una depresión longitudinal continua a lo largo de la trayectoria del vehículo, que trae como consecuencia la deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o subrasante. Ver figura 36.

Esta falla puede ser causada por una pobre compactación del paquete estructural, lo que origina inestabilidad en las capas (bases, subbases) permitiendo el movimiento lateral de los materiales debido a las cargas de tráfico. Un ahuellamiento importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

Otras causas son:

- Mezcla asfáltica inestable.
- Exceso de ligante en riegos.
- Mal diseño del paquete estructural: espesores deficientes.
- Mala calidad de materiales o deficiente control de calidad.



Ahuellamiento.

15. Desplazamientos

Los desplazamientos son distorsiones de la superficie originados por desplazamientos de mezcla. Son corrimientos longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento formando una especie de “cordones” laterales. Ver figura 37.

Estas fallas son producidas por acción de la carga de tráfico, que empuja contra el pavimento produciendo una onda corta y brusca en la superficie del mismo. Este tipo de falla normalmente ocurre sólo en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (emulsiones).

También ocurren desplazamientos cuando los pavimentos asfálticos colindan con pavimentos rígidos. Las losas de concreto al aumentar su longitud, empujan al pavimento flexible produciéndose el desplazamiento.

Otras causas son:

- Exceso de asfalto o de vacíos constituyendo mezclas inestables.
- Falta de confinamiento lateral.
- Adherencia inadecuada por defectos en el riego de liga o de imprimación.



Desplazamiento.

16. Fisura parabólica o por deslizamiento

Las fisuras parabólicas ó por deslizamiento son grietas en forma de media luna, que se presentan de manera transversal a la dirección del tránsito.

Estas fallas ocurren generalmente en mezclas asfálticas de baja estabilidad o en capas superpuestas, cuando existe una adherencia pobre (liga pobre) entre la capa superficial y la capa subyacente de la estructura del pavimento.

Las fisuras parabólicas pueden ser causadas por los siguientes factores:

- Frenado de las ruedas de los vehículos o giro debido a un cambio de dirección, originando el deslizamiento y deformación de la superficie del pavimento.
- Deficiente adherencia en capas superpuestas o presencia de polvo.
- Exceso de ligante o falta de riego de liga.

- Alto contenido de arena fina en la mezcla.

Este daño no tiene relación alguna con procesos de inestabilidad geotécnica del suelo de fundación.



Fisura parabólica.

17. Hinchamiento

El hinchamiento es el abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, en forma de una onda larga y gradual de longitud mayor a 3.00 m, que distorsiona el perfil de la carretera.

La causa principal de este tipo de falla es la expansión del suelo de fundación (suelos expansivos) y el congelamiento del material de la subrasante. El hinchamiento puede estar acompañado de agrietamiento superficial.



Hinchamiento.

18. Peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados

La peladura por intemperismo es la desintegración superficial del pavimento por pérdida de ligante asfáltico; mientras que el desprendimiento del agregado pétreo, hace referencia a partículas de agregado sueltas o removidas.

Ambas fallas indican que el ligante asfáltico ha sufrido un endurecimiento considerable o que la mezcla es de pobre calidad.

Las principales causas de este tipo de fallas son:

- Cargas de tráfico especiales como es el caso de vehículos de orugas.
- Ablandamiento de la superficie y pérdida de agregados debido al derramamiento de aceite de vehículos.
- Mezcla de baja calidad con ligante insuficiente.
- Uso de agregados sucios o muy absorbentes.
- Falla de adherencia agregado - asfalto debido al efecto de agentes externos.



Peladura.

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tabla 415-02

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99,0		99,0		99,0		99,0		99,0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

(1),(2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Tabla 415-03

Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad

Características	Grado de Viscosidad				
	AC-2,5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises	250±50	500±100	1.000±200	2.000±400	4.000±800
Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo	80	110	150	210	300
Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo	200	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C mínimo	163	177	219	232	232
Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo	99	99	99	99	99
Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina					
➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo	1.250	2.500	5.000	10.000	20.000
➤ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo	100	100	50	20	10
Ensayo de la Mancha (Oliensies) ⁽¹⁾					
Solvente Nafta – Estándar	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

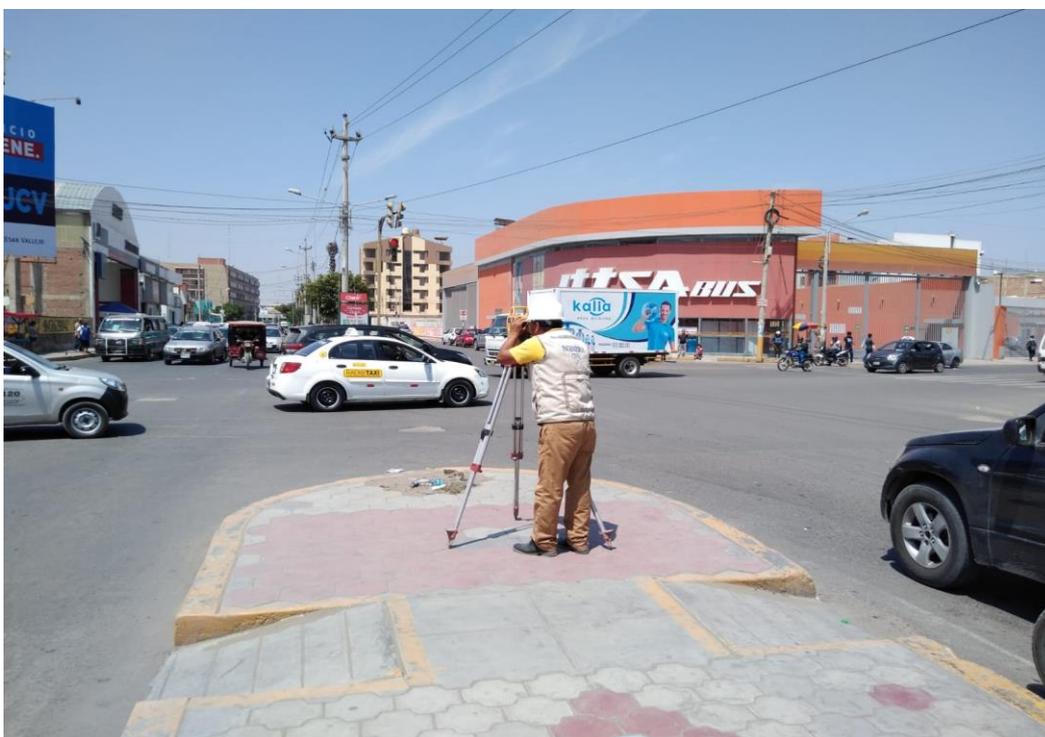
(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

Fuente: Manual de Carreteras EG – 2013

Anexo 07: Panel Fotográfico

Estudio Topográfico



Toma Topográfica – Tramo II



Toma Topográfica – Tramo I



Toma Topográfica – Definición de la Poligonal



Punto Topográfico Tramo I



Toma Topográfica – Tramo I – Sección 2.



Toma Topográfica – Tramo II – Sección 2.



Toma Topográfica – Tramo II – Sección 3

7.1. Control de Tránsito Vehicular



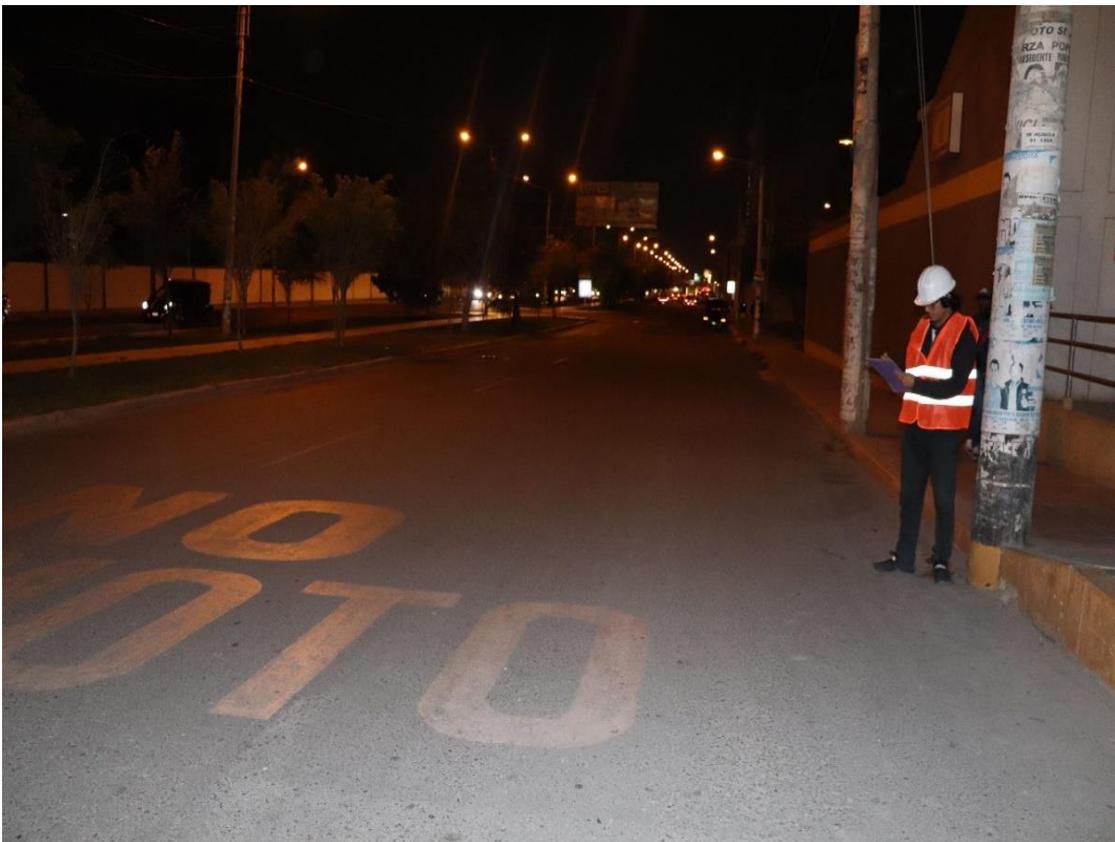
Inventario Vehicular – Estación I.



Inventario Vehicular – Estación II.



Inventario Vehicular – Estación III.



Inventario Vehicular – Estación II – Horario Nocturno

7.2. Evaluación del Pavimento



Fisuras en el pavimento.



Peladura en el pavimento – Tramo I – Sección 1.



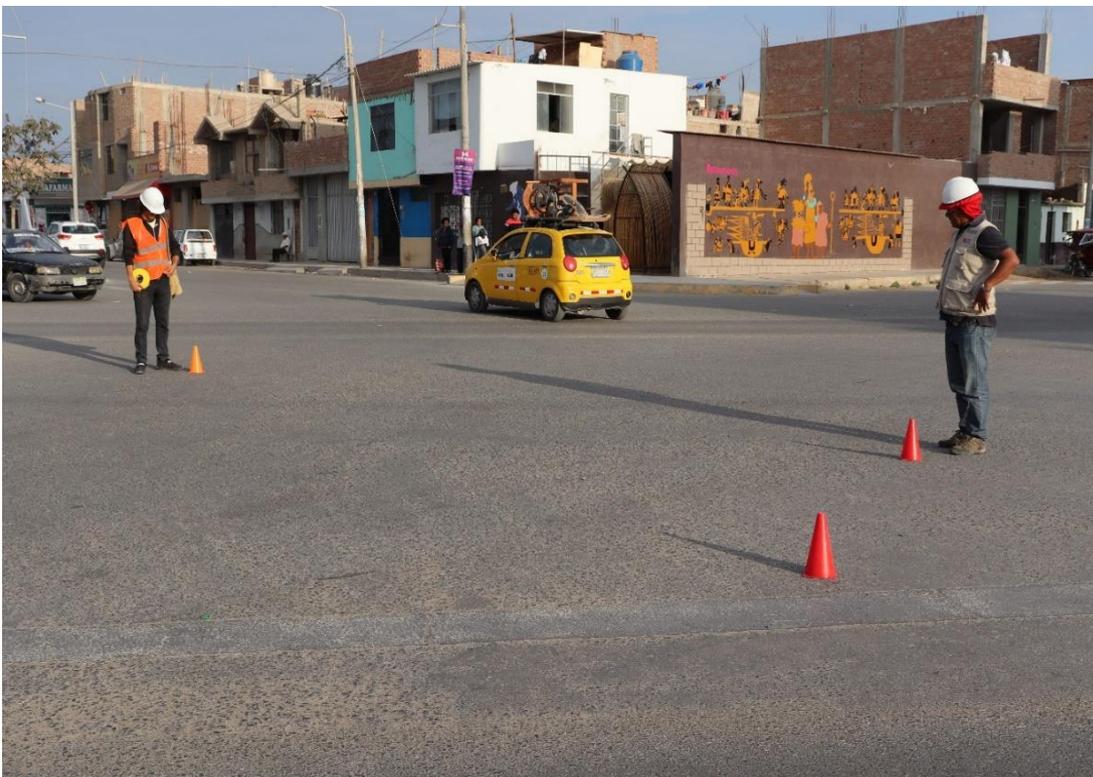
Peladura en el pavimento – Intersección de Av. Unión y Av. Miguel Grau



Medición del Ahuellamiento en el pavimento.



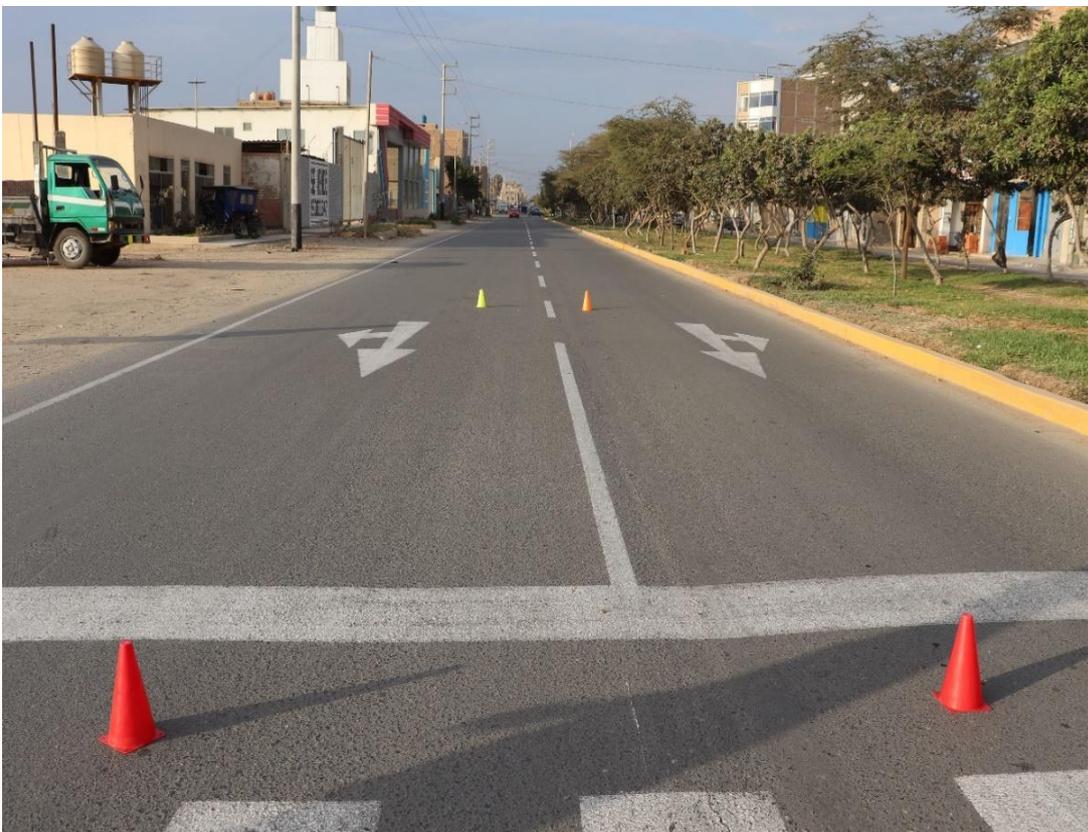
Peladura en el pavimento –Tramo I – Sección 2.



Peladura en el pavimento –Tramo I – Sección 3.



Determinación de Baches –Tramo I – Sección 1.



Peladura y Ahuellamiento en el pavimento –Tramo I – Sección 4.



Peladura severa en el pavimento –Tramo II– Sección 2.



Peladura severa en el pavimento –Tramo II– Sección 3.

7.3. Ensayos de Laboratorio



Ensayo Análisis Granulométrico.



Ensayo Equivalente de Arena.



Ensayo de Plasticidad.



Ensayo de Abrasión.