



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**SLURRY SEAL APLICADO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL EN LA  
CALLE PROLONGACIÓN TACNA DEL CENTRO POBLADO CHEN  
CHEN, DISTRITO DE MOQUEGUA, 2022**

**PRESENTADO POR**

**BACHILLER ERICK JHORDAN RAMOS MAMANI**

**ASESOR:**

**MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**

**PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**MOQUEGUA – PERÚ**

**2023**

## ÍNDICE

	Pág.
PÁGINA DEL JURADO .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	xi

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES DEL TEMA

1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1 Marco legal.....	1
1.1.2 Referencias y Definiciones conceptuales.....	2
1.2. Descripción de la institución y el tipo de servicio que otorga.....	10
1.2.1. Descripción de la institución.....	10
1.2.2. Funciones de la institución.....	11
1.3. Contexto socioeconómico y descripción del área de la institución.....	13
1.3.1 Aspectos socioeconómicos.....	13
1.3.2 Ubicación geográfica. ....	14
1.3.3 Descripción del área.....	15
1.4. Descripción de la experiencia.....	17

1.5.	Explicación del cargo y función ejecutada.....	18
1.5.1.	Descripción asistente técnico.....	18
1.5.2.	Funciones de asistencia técnica.....	18
1.6.	Propósito del puesto .....	19
1.7.	Producto o proceso que será objeto del informe .....	20
1.8.	Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo.....	22

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

2.1.	Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas .....	26
2.1.1.	La Lechada Asfáltica (Slurry Seal).....	26
2.1.2.	Equipos utilizados.....	28
2.1.3.	Procedimiento constructivo.....	29
2.2.	Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe.....	30
2.2.1.	Aplicación de slurry seal sobre afirmado.....	30
2.2.2.	Ahuellamiento para pavimentos flexibles.....	34
2.2.3.	Ahuellamiento en afirmado según AASHTO.....	39
2.2.4.	Ahuellamiento Permisible.....	40
2.2.5.	Modos de Ahuellamiento.....	42
2.2.6.	Modos combinados.....	44
2.2.7.	Ahuellamiento en caminos de tierra, grava o afirmado según USACE.....	45

2.2.8.	Ahuellamiento para afirmado según NAASRA.....	47
--------	---	----

### **CAPÍTULO III**

#### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

3.1	Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera .....	50
3.2	Desarrollo de experiencias .....	54
3.2.1.	Colocación de mortero asfaltico emulsionado e=15 mm slurry. ....	54
3.2.2.	Personal a emplearse. ....	56
3.2.3.	Materiales.....	58
3.2.4.	Diseño de Mezcla.....	62
3.2.5.	Maquinaria y equipos.....	64
3.2.6.	Procedimiento de colocación del mortero.....	64
3.2.7.	Método de medición.....	66
3.2.8.	Valorización.....	67
	CONCLUSIONES .....	70
	RECOMENDACIONES .....	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
	ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: especificaciones granulométricas para slurry seal .....	23
Tabla 2: Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento.....	33
Tabla 3: Especificaciones para emulsión de rotura lenta CSS-1h.....	59
Tabla 4: Ensayos y valores mínimos para el agregado a usar .....	60
Tabla 5: Granulometrías recomendadas a usar .....	60
Tabla 6: Pruebas y valores recomendados para diseño de Slurry Seal .....	62
Tabla 7: Porcentaje de materiales recomendados por ISSA para diseño de Slurry Seal.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Estructura del pavimento flexible.....	5
Figura 2: Estructura del pavimento rígido .....	6
Figura 3: Distribución de las capas principales del pavimento.....	7
Figura 4: Tratamiento Superficial de pavimentos .....	8
Figura 5: Esquema de máquina para tratamiento superficial con Slurry Seal .....	10
Figura 6: Ubicación geográfica de la región Moquegua.....	14
Figura 7: Ubicación de la Provincia Mariscal Nieto y distrito de Moquegua.....	15
Figura 8: Exigencias de agregado .....	34
Figura 9: Distribución de la presión de carga del neumático a través de la estructura del pavimento.....	36
Figura 10: Esfuerzos de tensión y compresión causado por la deformación del pavimento.....	37
Figura 11: Deformaciones en un pavimento asfáltico.....	37
Figura 12: Deformaciones en un afirmado.....	38
Figura 13: Ahuellamiento en afirmado .....	41
Figura 14: Modo 0 de ahuellamiento .....	42
Figura 15: Modo 1 de ahuellamiento .....	43
Figura 16: Modo 2 de ahuellamiento .....	43
Figura 17: Diagrama de diseño para pavimentos granulares con superficie bituminosa delgada.....	48

## RESUMEN

El objetivo de este estudio, denominado SLURRY SEAL APLICADO COMO TRATAMIENTO SUPERFICIAL EN LA CALLE PROLONGACIÓN TACNA DEL CENTRO POBLADO CHEN CHEN, DISTRITO DE MOQUEGUA, 2022, fue revisar las normas nacionales e internacionales para el uso del mortero asfáltico en caminos pavimentados como tratamiento superficial en fichas de mantenimiento vial. El estudio plantea Generar los aportes técnicos para el mejoramiento de las condiciones de las infraestructuras viales. Aplicar los principios de reparación de la transitabilidad vehicular mediante la aplicación de “Slurry seal”, eliminación del polvillo existente, señalización con marcas en el pavimento y saneamiento de baches. Se concluye que slurry seal, se define como una mezcla de áridos pétreos, agua, emulsión bituminosa, polvo mineral y aditivos; regido por ISSA A105 (Slurry Seal) Especificaciones técnicas. Se determinó que el propósito original de usar sellador asfáltico, mortero asfáltico, era preservar pavimentos flexibles. Sin embargo, desde entonces su uso se ha expandido para incluir el tratamiento superficial de caminos de poco tráfico y el mantenimiento de rutina de estribos para prevenir la contaminación con el objetivo de mejorar la adherencia del vehículo a las superficies del pavimento.

**Palabras clave:** Mantenimiento, Pavimentos Flexibles, Slurry Seal, Vias.

## ABSTRACT

The objective of this study, called SLURRY SEAL APPLIED AS A SURFACE TREATMENT IN THE TACNA PROLONGATION STREET OF THE CHEN CHEN POPULATION CENTER, MOQUEGUA DISTRICT, 2022, was to review the national and international standards for the use of asphalt mortar on paved roads as a surface treatment in road maintenance sheets. The study proposes Generating technical contributions for the improvement of the conditions of road infrastructures. Apply the principles of vehicular traffic repair through the application of "Slurry seal", elimination of existing dust, signaling with pavement markings and pothole repair. It is concluded that slurry seal is defined as a mixture of stone aggregates, water, bituminous emulsion, mineral dust and additives; governed by ISSA A105 (Slurry Seal) Technical Specifications. It was determined that the original purpose of using asphalt sealant, asphalt mortar, was to preserve flexible pavements. However, its use has since expanded to include surface treatment of low-traffic roads and routine maintenance of running boards to prevent contamination with the aim of improving vehicle adhesion to pavement surfaces.

**Keywords:** Maintenance, Flexible flooring, Slurry Seal, Vias.

## INTRODUCCIÓN

Las vías pavimentadas, en el constructo de las sociedades actuales tienen un impacto en la sociedad, la economía y el sistema de transporte porque permiten el acceso a los servicios básicos, aumentan la seguridad, brindan mayor comodidad, acortan los tiempos de viaje, reducen los costos de operación de los vehículos y, en general, mejoran la calidad de vida de los habitantes de las ciudades.

Según el Informe Plurianual de Inversiones Público-Privadas publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones ( MTC) en septiembre de 2017, las vías no pavimentadas representan aproximadamente el 85% (140.438,8 km) de la longitud total del sistema vial nacional de 165.619,2 km, mientras que las carreteras pavimentadas representan el 15%(25.253,6 kilómetros).

En la actualidad, principalmente en los entornos urbanos en crecimiento constante, se establecen metodologías para conservar las vías pavimentadas, como lo es el uso de morteros asfáltico para restablecer las superficies de rodadura flexibles de una carretera pavimentada. Sin embargo, cuestionamos si esta aplicación es correcta y si se puede utilizar de acuerdo con la metodología de diseño de NAASRA realizando tanto una búsqueda bibliográfica como un estudio de campo experimental.

## **CAPÍTULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DEL TEMA**

#### **1.1. Antecedentes**

El proyecto está fundamentado en la ejecución de la ejecución de la ficha técnica para el mantenimiento, por parte de la municipalidad provincial de Mariscal Nieto, en las avenidas Tacna y Colonial en el centro poblado de Chen Chen, enfocándose, principalmente, en el tratamiento superficial de las vías asfálticas utilizando SLURRY SEAL como elemento principal para la intervención.

##### **1.1.1 Marco legal.**

###### ***1.1.1.1 Norma Técnica CE.010 pavimentos urbanos.***

La NTP CE.010 tiene como función la regulación de la concepción de los pavimentos urbanos, en este código establece los requisitos mínimos para la concepción y diseño, la rehabilitación y mantenimientos de los pavimentos urbanos, tocando aspectos importantes como los estudios de suelos y la ingeniería de pavimentos. El capítulo 6, describe las regulaciones y los aspectos técnicos relacionados con el mantenimiento de las aceras a fin de mantener la infraestructura urbana y mantener el orden, la circulación y el tránsito. También lo es la

estandarización de los estándares de mantenimiento y rehabilitación (Instituto de la Construcción y Gerencia [ICG], 2010).

#### ***1.1.1.2 Resolución ministerial N° 509-2016-MTC/01.02.***

Parámetros de las normas técnicas para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, caminos y vías urbanas.

#### ***1.1.1.3 Marco Normativo de Perú.***

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) de Perú es responsable de emitir las normas para el diseño y construcción de vías para las redes de transporte nacionales, distritales, regionales, vecinales y municipales. por Decreto Supremo N°, nos sirve de fundamento teórico. los manuales del MTC exigidos por la normativa.

### **1.1.2 Referencias y Definiciones conceptuales.**

#### ***1.1.2.1 Antecedentes de estudio.***

Se tomaron en cuenta los siguientes antecedentes de investigación para el desarrollo del informe:

Castro & Sambrano (2020) plantearon un proyecto basado en un sistema de riego ubicado en las instalaciones de la empresa para evaluar futuras reparaciones y uso en proyectos de mantenimiento de caminos secundarios y terciarios. Por este motivo, se ha propuesto sellar las fisuras superficiales con una lechada asfáltica (slurry seal). Esto hace que la capa superior sea resistente e impermeable, como lo confirman las pruebas de laboratorio y las pautas del Reglamento ISSA. El capítulo final evalúa los impactos económicos y ambientales que este tratamiento preventivo

enfatisa sobre los tratamientos superficiales convencionales actualmente en práctica. Finalmente, teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de este trabajo, presentamos unas conclusiones y recomendaciones que despertarán el deseo de futuros compañeros de implementar este tipo de técnicas de mantenimiento en proyectos de gran envergadura.

Quintana (2018), planteo como objetivo analizar las normas nacionales e internacionales para la instalación de mortero asfáltico en vías pavimentadas y sin asfaltar. Se realizó una investigación aplicada, cualitativa, descriptiva y experimental. Tipo de diseño de suelo en el que el ahuellamiento generado es regulado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones con el fin de definir y aplicar mortero asfáltico de acuerdo a normas nacionales e internacionales y mediante experimentos a escala natural. De igual forma, se concluye que el uso original de los morteros asfálticos, morteros asfálticos, lechadas y selladores fue para la conservación de pavimentos flexibles, pero su uso se limitó a la preparación de superficies de caminos de poco tráfico y pavimentos regulares. una simple actividad a prueba de polvo y polvo. Su propósito es mejorar la impermeabilidad del vehículo y la adherencia a la superficie de la carretera.

Torres (2018), en su proyecto se planteó como objetivo Se realizó un estudio para evaluar la efectividad de Slurry Seal en el tratamiento superficial de pavimentos para el mejoramiento de la carretera que une el centro poblado de Santa Rosa y San Francisco de Río Mayo, jurisdicción del distrito de Tarapoto, estado y San Martín. región Se trata de uso. Este estudio se realizó en 2016 y 2017 sobre la base teórica de las lechadas asfálticas como técnica de mantenimiento preventivo y

correctivo en las vías. Se utilizó un diseño preexperimental con puntaje solo después de aplicar variables independientes, teniendo como población de estudio a 324 vecinos del centro de San Francisco del Río Mayo, calculado mediante métodos estadísticos para 56 vecinos. Se hizo una encuesta utilizando la muestra proporcionada. El cuestionario utilizado ayuda a percibir el estado de la vía y sus proyecciones de mejora, se pudo llegar a la conclusión que utilizando los datos con los que se realizó el estudio técnico para sugerir el uso de un mortero asfáltico compuesto por arena gris triturada 87,36% procedente del Río Huallaga, 3.64% de relleno mineral filler de cemento Portland tipo I; y, 9% de cemento asfáltico óptimo.

#### ***1.1.2.2 Definiciones conceptuales.***

##### *a. Pavimentos Urbanos.*

La definición de pavimento es una estructura construida sobre la superficie o a lo largo de un camino predeterminado, para soportar y distribuir los esfuerzos generados por los vehículos, mejorando la seguridad y el confort de la circulación. Generalmente se compone de capas de subbase, capa base y superficie de rodadura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

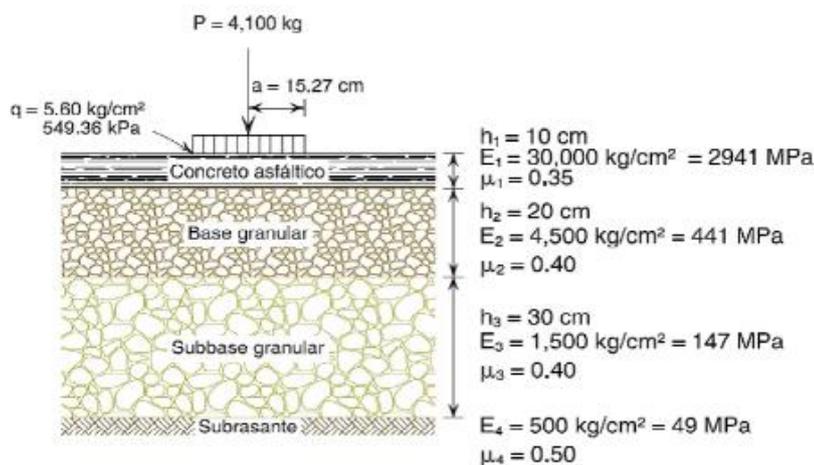
##### *b. Pavimento flexible.*

Un pavimento flexible es un pavimento que consta de capas de asfalto a base de una mezcla bituminosa de alta temperatura aplicada a la capa base y la subcapa. Una pregunta común es si es mejor un pavimento rígido o un pavimento asfáltico. A decir verdad, no hay una respuesta universal a esta pregunta. Se deben considerar las variables involucradas en la elección del tipo de cobertura, y bajo las

mismas circunstancias una opción puede ser mejor que otra. De hecho, no es que duren más, pero las circunstancias en que se construyen con prácticas comunes dan ventaja a uno rígido sobre uno asfaltado, es noble en el sentido de que se puede construir con poco espesor. Los constructores explotan esta nobleza para reducir los costos de construcción y hacer que el trabajo sea "económico". La utilización de losas de hormigón tiene un espesor estructural mínimo mayor que la capa asfáltica, lo que supone una ventaja frente a las construidas con asfalto.

**Figura 1**

*Estructura del pavimento flexible*



*Nota:* Comportamiento estructural de un pavimento flexible, esfuerzos-deformaciones y deflexiones. Fuente: Higuera-Sandoval (2012)

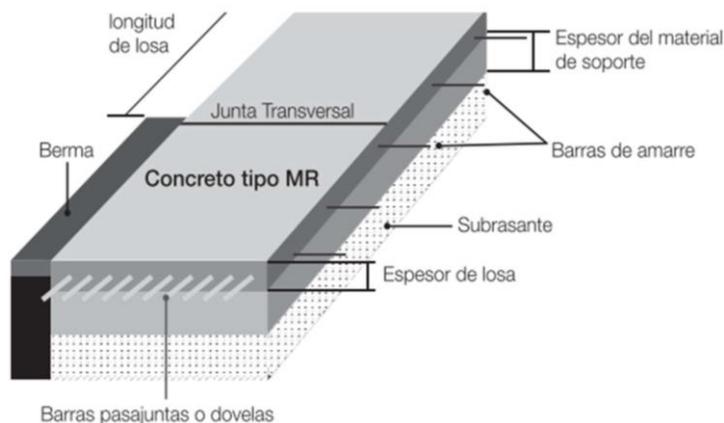
*c. Pavimento rígido.*

Los pavimentos rígidos consisten básicamente en losas de hormigón armado o losas simples de concreto colocadas directamente sobre cimientos o plataformas. Debido a su rigidez y alto módulo de elasticidad, la placa absorbe la mayor parte de las fuerzas que actúan sobre la carretera, distribuye bien la carga de las ruedas y

mantiene muy bajas las tensiones del subsuelo. Formado por losas de hormigón hidráulico, quizás con un refuerzo de hierro, generalmente sus contrapartes flexibles y tienen una vida útil de 20 a 40 años. el mantenimiento requerido es mínimo y (principalmente) se realiza en las juntas entre los componentes del nivel de la superficie (Salazar, 1997).

**Figura 2**

*Estructura del pavimento rígido*



*Nota:* Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito. Fuente: Instituto Colombiano de Productores de Cemento (ICPC, 2008).

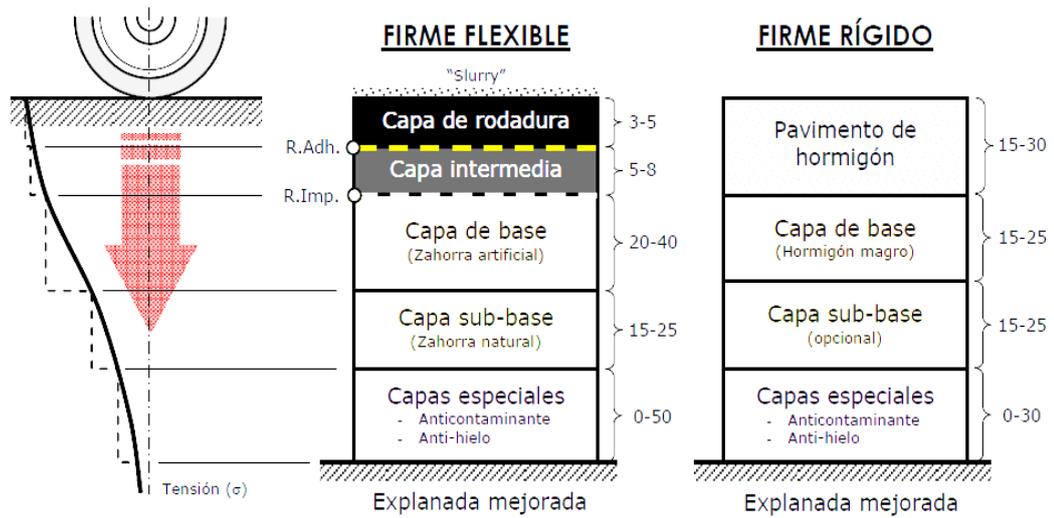
*d. Pavimentos semirrígidos.*

En términos generales, un pavimento semirrígido o compuesto es una combinación de diferentes sistemas de pavimentación “flexibles” y “rígidas”. Por lo general, las capas rígidas están en la parte inferior y las capas flexibles en la parte superior. Los pavimentos compuestos suelen tener una capa base tratada con hormigón o cemento Portland y una superficie de desgaste de hormigón asfáltico. La estabilidad del suelo con un aglutinante hidráulico (cemento Portland) proporciona un material con suficiente capacidad de carga para construir cursos de

cimentación en pavimentos muy cargados, como camiones y aviones (Editorial Macro, 2015).

**Figura 3**

*Distribución de las capas principales del pavimento*



*Nota:* Mortero asfáltico o slurry seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado.

Fuente: Quintana (2018)

*e. Tratamientos superficiales de vías de tránsito.*

Son técnicas que se basan en la aplicación de una cubierta de restauración final hecha de capas continuas y cambiantes de asfalto y agregado fino, que resultan necesarias, no como una técnica de restauración, sino como una técnica de tratamiento, debido al desgaste de base o carpeta asfáltica por efectos del tiempo y del deterioro y bajo la necesidad de fortalecer toda la estructura. No busca reparar abolladuras, abeos, grietas o patologías severas, se aplica en patologías moderadas y como tratamientos por periodos en la carpeta asfáltica. La ventaja de este uso es que permite crear una superficie nueva paso a paso sin necesidad de equipos sofisticados. Los procedimientos se enfocan en alargar la vida útil de la superficie

asfáltica. El tratamiento de superficies abrasivas ha avanzado en el ámbito de la tecnología de pavimentación, pasando de sistemas de bajo tráfico a sistemas de alto tráfico utilizados para mantener el pavimento abrasivo o proteger carriles estables (Guerrero, 2014).

**Figura 4**

*Tratamiento Superficial de pavimentos*



*Nota:* Mortero asfáltico o slurry seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado.

Fuente: Quintana (2018)

*f. Tipos de Tratamientos Asfálticos.*

Según los varios tratamientos de asfalto van desde aplicaciones livianas y simples de cemento bituminoso o emulsión hasta muchas aplicaciones de material asfáltico con agregado de piedra. Para los tipos de tratamientos mixtos de reparación superficial de asfalto utilizan procedimientos que sirven para la restauración de la vida útil de un pavimento. La clasificación del tratamiento asfáltico es la siguiente:

Tratamientos superficiales con aplicación de asfalto y distribución de agregados.

- Tratamientos Superficiales Simples (TSS)
- Tratamientos Superficiales Dobles (TSD)
- Tratamientos Superficiales Triples (TST)

Tratamientos superficiales con aplicación única de asfalto

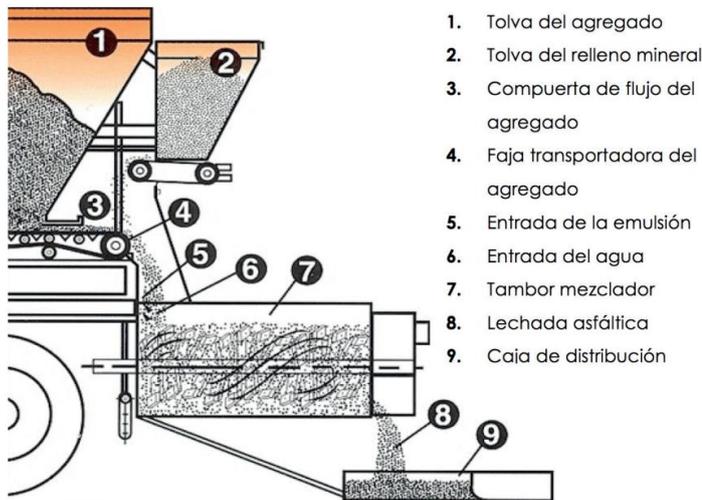
- Riego de Imprimación
- Paliativos de polvo
- Road Rolling
- Riegos de liga
- Riego pulverizado (Fog seal)
- Lechadas asfálticas (Slurry Seal)

*g. Slurry Seal.*

Es una mezcla de emulsión asfáltica de rotura lenta, árido bien graduado, filler, agua y finalmente aditivos. Esta es una mezcla de consistencia líquida que puede penetrar y sellar grietas y pequeñas imperfecciones. Las lechadas de asfalto se producen en equipos montados en camiones especialmente diseñados, cuya avanzada tecnología garantiza una mezcla uniforme y fluida. La lechada se realiza de manera rápida y precisa en el sitio, mezclando y dosificando en una sola operación continua. Mediante el uso de esta tecnología, la superficie de la carretera se puede abrir en poco tiempo.

**Figura 5**

*Esquema de máquina para tratamiento superficial con Slurry Seal*



*Nota:* Guía de diseño de mezcla de laboratorio para los sellos de lechada asfáltica (slurry seals).

Fuente: Jiménez, Ulloa & Múnica (2016)

## **1.2. Descripción de la institución y el tipo de servicio que otorga**

### **1.2.1. Descripción de la institución.**

El Municipio Provincial de Mariscal Nieto, como órgano de gobierno local, apoya el desarrollo integral y sustentable de la Provincia de Mariscal Nieto, y es responsable de orientar las políticas públicas locales en un rango de horizontes temporales en la dirección de su futuro deseado estado. en este sentido, haciendo uso de la autonomía administrativa que les otorga la Constitución Política del Perú, la Ley Orgánica de Gobiernos Municipales y su reformatoria, la Ley de Acreditación de Gobiernos Regionales y Locales, teniendo en cuenta también sus contextos geográficos y jurisdiccionales particulares .y las disposiciones de la Ley Marco de Modernización del Estado .

El Municipio incluye como parte de su estructura organizativa los Departamentos de Servicios a la Comunidad, Desarrollo Económico y Social, Administración Tributaria, Medio Ambiente Urbano y Regional e Infraestructura Pública. A través de estos departamentos, el Municipio cumple con su mandato de brindar servicios en las áreas de la educación, la cultura, la recreación, el deporte, la salud, la vivienda y el fomento del comercio local. Resultado de políticas provinciales e institucionales que elevan paulatinamente los estándares de calidad del servicio y los niveles de cobertura, respectivamente.

### **1.2.2. Funciones de la institución.**

- Promover a través de los organismos correspondientes, el paquete de acciones tendientes a brindar al ciudadano el ambiente necesario para satisfacer sus necesidades esenciales de orden social, económico, vivienda, salud, seguridad, alimentación, educación, recreación, transporte e integración.
- Crea planes provinciales de desarrollo local integral y ordenamiento territorial de acuerdo con las necesidades y demandas de la población organizada, así como planes de desarrollo nacional y regional.
- Asesoría en la organización y desarrollo económico social de las organizaciones relacionadas con la micro y pequeña empresa a través de planes de desarrollo local.
- Desarrollo organizativo del municipio con un enfoque en la racionalización de recursos para mejorar la prestación de servicios de barrio .

- Administrar los programas de seguridad territorial, habitacional y colectiva de conformidad con la Ley Orgánica de Municipios y abogar por su ejecución.
- Desarrollar programas a nivel municipal en las áreas de población, salud y saneamiento ambiental teniendo en cuenta las necesidades y problemas de la comunidad circundante.
- Apoyar iniciativas educativas y desarrollar actividades culturales beneficiosas para la comunidad, esfuerzos de preservación turística, actividades recreativas y actividades deportivas.
- Vigilar la distribución y venta de bienes y servicios de acuerdo con las leyes y regulaciones locales.
- Continuar y llevar a cabo la racionalización del tránsito, caudal y transporte público , contribuyendo a brindar un servicio efectivo al barrio.
- Participación ciudadana a través de los diversos canales previstos en la Ley Orgánica con el fin de coordinar esfuerzos para mejorar los servicios del gobierno municipal.
- Coordinación estratégica de los planes de desarrollo integral distrital. Los espacios y usos de suelo que sean emitidos por las municipalidades a nivel distrital deberán apegarse a estos planes y códigos generales de construcción municipales y provinciales.
- Promover, apoyar y ejecutar proyectos de inversión y servicios públicos municipales que presenten objetivamente externalidades o beneficios económicos a escala provincial, de conformidad con los convenios necesarios con las Municipalidades Distritales correspondientes.

- Lineamientos para la organización del espacio físico , el uso del suelo y la protección y conservación del medio ambiente.
- Cumplir las demás funciones señaladas en la Ley Orgánica de Municipios y demás disposiciones legislativas conexas; y
- Administrar el patrimonio municipal con prudencia para fortalecer la economía local.

### **1.3. Contexto socioeconómico y descripción del área de la institución**

#### **1.3.1 Aspectos socioeconómicos.**

La administración local de Mariscal Nieto evaluó y priorizó la elaboración de la ficha técnica a través de la elaboración y ejecución de la ficha de mantenimiento: “mantenimiento para la conservación de la transitabilidad mediante tratamiento superficial slurry seal, señalización horizontal y vertical en las calles prolongación Tacna, av. 1 y av. Colonial del centro poblado de Chen Chen del distrito de Moquegua”.

El proyecto de mantenimiento vial se basa en la necesidad de mejorar la infraestructura pública, dando el mantenimiento a las vías del Centro Poblado de Chen Chen. La Municipalidad Provincial de Mariscal Nieto, conociendo la problemática es que, programa y prioriza la presente el proyecto de mantenimiento vial, ejerciendo sus planes en apoyo a la calidad de vida de la población del C.P Chen Chen, así como de los beneficiarios que son la población beneficiaria en la ejecución de la misma; proporcionando además fuentes de trabajo como parte de la reactivación económica producto a la pandemia actual y situación de emergencia sanitaria suscitada en nuestro país.

### 1.3.2 Ubicación geográfica.

Ubicado en el sur del Perú; sus coordenadas geográficas se encuentran entre los 15°17' y 17°23' de latitud sur. al norte, Puno y Tacna al este, Tacna al sur y Arequipa del Océano Pacífico al oeste. La ciudad de Moquegua es la capital del departamento ubicada a 1,410 m.s.n.m. Moquegua está conformada por tres provincias: Mariscal Nieto, General Sánchez Cerro e Ilo.

- Región : Moquegua
- Provincia : mariscal nieto
- Distrito : Moquegua
- Sector : c.p. Chen Chen

**Figura 6**

*Ubicación geográfica de la región Moquegua*



*Nota:* Departamento de Moquegua. Fuente: Villanueva (2015)

**Figura 7**

*Ubicación de la Provincia Mariscal Nieto y distrito de Moquegua*



*Nota:* Moquegua Censos INEI, Resultados definitivos del departamento de Moquegua. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017)

### **1.3.3 Descripción del área.**

La responsabilidad de la autoridad en línea para diseñar y ejecutar los proyectos de infraestructura pública especificados en los planes de desarrollo territorial y urbano. Esta autoridad se conoce como la Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano. Además, se encarga de planificar los mantenimientos de infraestructura pública.

A continuación, se detallan las funciones y características de la Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano:

1. Priorizar y planificar la ejecución de proyectos de infraestructura pública de acuerdo con el plan territorial y el plan de desarrollo urbano.
2. Elaboración del expediente técnico, o documento comparable, para proyectos de infraestructura, comprobando los supuestos técnicos, económicos y de dimensionamiento contenidos en la ficha técnica o estudio de preinversión, según corresponda .
3. Procedimientos destinados a mejorar el funcionamiento de la Gerencia de Infraestructura y Desarrollo Urbano .
4. Revisar, aprobar, revisar y retroalimentar los documentos que las unidades orgánicas bajo la tutela de la Dirección de Infraestructura y Desarrollo Urbano sometan a consideración.
5. Supervisar los procedimientos administrativos de las unidades orgánicas bajo su control de conformidad con el Texto Único de Procedimientos Administrativos de la Entidad (TUPA).
6. Aprobar y supervisar la ejecución de las actividades de mantenimiento de la infraestructura pública .
7. Expedientes técnicos de proyectos de inversión o documentos comparables, y realizar inversiones físicas y financieras de acuerdo con las normas del Sistema Nacional de Planificación y Gestión Plurianual de Inversiones.
8. Implementar el seguimiento de las inversiones y realizar los registros correspondientes de conformidad con el Sistema Nacional de Planificación y Gestión Plurianual de Inversiones .

9. La liquidación y cierre de los proyectos de inversión que se realizaron bajo los parámetros legales del Sistema Nacional de Planificación y Gestión Plurianual de Inversiones .
10. Las demás funciones que le designe el director ENT del Sistema Nacional de Programación Plurianual y Gestión de Inversiones.
11. Funciones que le asigne el administrador municipal o el título de Pliego .

Se autoriza a la Dirección de Infraestructura y Desarrollo Urbano a establecer unidades operativas o equipos de trabajo (unidades orgánicas internas no estructuradas) relacionadas con las siguientes materias para el desempeño de tareas específicas:

- Desarrollo de expedientes técnicos.
- Cierre y liquidación de proyectos.

#### **1.4. Descripción de la experiencia**

El proceso de mejoramiento de la infraestructura vial, especialmente vial, ha recibido mucha atención por parte de los gobiernos locales en los últimos años, pues es claro que la disponibilidad de vías de tránsito en perfectas condiciones para el transporte es un factor importante de competitividad y desarrollo, además del ordenamiento urbano, además de promover el desarrollo de la zona y brindar una alta calidad de vida a sus residentes.

Los trabajos realizados se enfocan en el desarrollo de la asistencia técnica para la ejecución del mantenimiento vial de la calle prolongación Tacna N° 01 del centro poblado Chen Chen. Parte de la aplicación de la asistencia técnica desarrolla la aplicación del “Slurry Seal” como método de mantenimiento de la propia vía,

Slurry Seal es un sello de asfalto que se utiliza para una variedad de aplicaciones en varios tipos de caminos y calles. El recubrimiento de lechada es una mezcla pastosa oscura que contiene agregados, emulsión bituminosa, agua y relleno mineral.

## **1.5. Explicación del cargo y función ejecutada**

### **1.5.1. Descripción asistente técnico.**

La función principal ejecutada en el proyecto de mantenimiento vial fue de asistencia técnica en ingeniería civil, cumpliendo el rol de la ejecución del proyecto de mantenimiento vial, además de la redacción de informes, garantizar el correcto funcionamiento del proyecto realizando tareas de apoyo como la presentación, planificación y coordinación de las actividades del mantenimiento adecuadamente.

El perfil a cumplir dentro de la función fue:

- licenciatura en ingeniería.
- Conocimientos de Auto CAD S10, proyectos más complejos.
- Gestión de expedientes técnicos y archivos
- Comprensión de Word, Excel y Windows. Proactivo, con capacidad para trabajar bajo presión bajo presión

### **1.5.2. Funciones de asistencia técnica.**

- Ejecutar el trabajo de campo, la gestión, el control y la supervisión permanente (diaria) de los proyectos y servicios a realizar en campo utilizando servicios subcontratados, mano de obra y/o programas de mantenimiento.

- Seguimiento e información sobre la llegada de suministros y materiales al almacén del campamento .
- Control de Operadores de Campo y Equipos Mecánicos Asignados al Tranvía.
- Desarrollo de Requerimientos, enfocándose en el mantenimiento de rutina que se mantiene adecuadamente (Inc. Términos de Referencia y/o Especificaciones Técnicas según corresponda).
- Verificación de las actividades de mantenimiento rutinario en sus aspectos técnicos.
- Administrar todos los documentos relacionados con el mantenimiento de forma confidencial.
- Presentar el informe mensual dentro de los cinco (5) días siguientes al cierre del mes y hacer constar que modelo estará disponible.
- Entregar a la organización toda la documentación de acervo creada durante el mantenimiento de rutina debidamente organizada por temas, foliada y agrupada.

#### **1.6. Propósito del puesto**

El objetivo del trabajo es ayudar con la ejecución del mantenimiento vial de la carretera de extensión Tacna, participar activamente en la planificación y ejecución del componente de asistencia técnica, retroalimentar los resultados del trabajo realizado durante la colocación de la fase Slurry Seal, y para restaurar el mantenimiento adecuado del proyecto vial y la limpieza del área afectada además del mantenimiento vial y la limpieza del área afectada .

Los objetivos del puesto de trabajo fueron:

### **1.6.1. Objetivo general.**

Aplicar el conocimiento técnico sobre el manejo y uso del Slurry Seal sobre la ficha de mantenimiento vial para lograr que la calle Prolongación Tacna, calle N° 01 del Centro Poblado Chen Chen tengan las condiciones adecuadas para la transitabilidad vehicular y peatonal.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Generar los aportes técnicos para el mejoramiento de las condiciones de las infraestructuras viales.
- Aplicar los principios de reparación de la transitabilidad vehicular mediante la aplicación de “Slurry seal”, eliminación del polvillo existente, señalización con marcas en el pavimento y saneamiento de baches.

### **1.7. Producto o proceso que será objeto del informe**

El enfoque principal del informe es el uso de lechada asfáltica, también conocida como mortero asfáltico o recubrimiento asfáltico, para el mantenimiento de contenedores.

El informe engloba la aplicación del slurry seal como un sistema de tratamiento superficiales para pavimentos, el alcance del Manual de Carreteras: Sección Suelos y Pavimentos incluye tanto caminos pavimentados como no pavimentados, esto indica que la aplicación de los términos “slurry seal” y “mortero asfáltico” es la misma que con su definición en el estudio. Para pavimentaciones nuevas flexibles con bajo volumen de tránsito y para renovaciones superficiales,

pero el Manual de Conservación Vial señala que el asfalto lechado se aplica como sello asfáltico a la pavimentación flexible, mientras que el mortero asfáltico solo se aplica como supresor de smog en áreas designadas .

Por su parte, Castiblanco (2015). afirma que la aplicación del micro pavimento, que en ocasiones se confunde con la lechada, es adecuada tanto para vías urbanas como rurales (pavimentos flexibles y firmes). por su parte, Orellana, M. et al. explican que la lechada asfáltica se utiliza como un tratamiento de superficie que se puede colocar tapas protectoras sobre caminos estabulados o como una técnica de conservación general sobre pavimentos asfálticos.

Como resultado, para clarificar la aplicación de los términos del estudio, es necesario hacer el análisis de fuentes primarias de América Latina y el mundo, que se analiza con más detalle a continuación.

El slurry seal varía según la clasificación en función de su granulometría.

- Tipo I: para rellenar huecos superficiales y corregir condiciones superficiales moderadas; si se utiliza el agregado tipo I para calles, se recomienda que se requiera la máxima cantidad de compactación.
- Tipo II: se utiliza para llenar huecos, corregir condiciones severas de la superficie y proporcionar el sellado de la superficie. Un ejemplo de este tipo de superficie de lechada asfáltica se vería en pavimentos con superficies de textura media que necesitaban esta cantidad de adición para llenar los vacíos y tener la menor cantidad de superficie utilizable. un ejemplo puede ser colocar una lechada en una base flexible, una base estabilizada o un suelo relleno de cemento como sellador antes de la pavimentación final.

- Tipo III: utilizado para proporcionar una superficie de uso más adecuada y una mayor resistencia al deslizamiento. La ilustración típica de este tipo de superficie cubierta con lechada es como la segunda o tercera capa de un tratamiento de lechada multicapa sobre una base flexible, una base estabilizada o una superficie cubierta con cemento. (ISSA, 2010, p. 4)

### **1.8. Resultados concretos que ha alcanzado en este periodo de tiempo**

Slurry seal (mortero asfáltico):  $e = 10 \text{ mm}$

Una mezcla de finos de granulometría adecuada, cemento Portland tipo I, emulsión asfáltica CSE 1 H y agua pura que se utiliza para la realización de nuevos topes de rodadura para tránsito liviano, mediano y pesado, así como para el mantenimiento correctivo y preventivo de vías existentes.

Conocido como Mortero Asfáltico, sella las grietas y fisuras existentes, evita la rotura de los áridos, mejora la resistencia al deslizamiento y la abrasión, y es extremadamente resistente al desgaste. Con un mantenimiento adecuado (mantenimiento de drenaje, limpieza de áridos en la superficie del hormigón, etc.), es posible extender su vida útil .

Se utiliza en pavimentación y se instala en espesores que van desde los 6 mm hasta los 15 mm.

Lo único necesario para obtenerse el grado de compactación en el mortero asfáltico es hacerlo a través del tráfico.

Existen tres tipos de mortero asfáltico según el tipo de tráfico (ligero, medio y pesado) y la granulometría de la arena, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1***Especificaciones granulométricas para slurry seal*

<b>Tipo de slurry</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
<b>Uso general</b>	<b>Sello fino y relleno de grietas</b>	<b>Sello general superficies de textura media</b>	<b>1<sup>ra</sup> y/o 2<sup>da</sup> aplicación de superficies de textura alta</b>
	<b>Trafico liviano</b>	<b>Trafico mediano</b>	<b>Tráfico pesado</b>
<b>Tamaño de tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa %</b>		
3/8" (9.5mm.)	100	100	100
Nº4 (4.75mm.)	100	90-100	70-90
Nº8 (2.36mm.)	90-100	65-90	45-70
Nº16 (1.18mm.)	65-90	45-70	28-50
Nº30 (600pm.)	40-65	30-50	19-34
Nº50 (300pm.)	25-42	18-30	12-25
Nº100 (150pm.)	15-30	10-21	7-18
Nº200 (75pm.)	10-20	5-15	5-15
<b>Contenido de asfalto residual, % en peso del agregado seco</b>			
	10-16	7.5-13.5	6.5-12
<b>% Desgaste a la abrasión</b>			
	30-35	30-35	30-35
<b>Tasa de aplicación Kg/m<sup>2</sup> basado en el peso del agregado seco</b>			
	3-5.5	5.5-8	8 ó más

En la elaboración de mortero asfáltico se elabora a temperatura ambiente mínima de 8 °C sin clima húmedo, con una consistencia semilíquida, de acuerdo a la envergadura del proyecto, se puede preparar en buggies , batidora trampantojo o microadoquin. Y transcurridas tres horas desde su colocación, deberá abrirse al tránsito la mezcla asfáltica Mortero.

En casos, particularmente en los agregados tipo III, es necesario notar la presencia de zonas rugosas. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que estas rugosidades están desapareciendo con el tráfico continuo.

Su ubicación, el área de trabajo debe estar limpia de todos los materiales sucios y enrejada.

Para la preparación del mortero se utilizan los siguientes materiales (cantidades aproximadas):

- Emulsión asfáltica CSE 1 H : 63gl.
- Arena gruesa seleccionada : 0.011 m3 por m2
- De un diámetro de 3/8"-200 : 1.10 M3 (10% Desperdicios)
- Agua pura : 63 GL
- Cemento Portland tipo I : 35 KG.

La mezcla se colocará en la obra a través de Bogueís y se extenderá con reglas metálicas cuando las áreas de trabajo sean pequeñas y con el Micropavimento Camión cuando las áreas de trabajo sean grandes. Posteriormente se rellenarán las juntas con paletas de jeb y/ o tablones metálicos mientras se utiliza personal especializado, luego de lo cual se les aplicará un yute para darles la rugosidad necesaria.

Transcurridas tres horas desde su colocación, se abrirá la vía. Durante este tiempo no se permitirá la entrada de animales, personas, vehículos u otros agentes que puedan dañar el Slurry Seal.

Como un procedimiento previo a la construcción, se deben realizar las valoraciones de materiales necesarias para asegurar que son los adecuados (ensayos de abrasión y ensayos de granulometría de áridos). El mortero asfáltico se diseñará de acuerdo con el agregado apropiado, y cuando el sello de lechada esté colocado, se tomarán muestras tomadas para las pruebas de control de calidad. Estas muestras serán enviadas a un laboratorio para su limpieza y verificación de su similitud.

La unidad de medida será el pie cuadrado, y el pago se realizará de acuerdo con un análisis de precios unitarios .

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1. Explicación del papel que jugaron la teoría y la práctica en el desempeño laboral en la situación objeto del informe, como se integraron ambas para resolver problemas**

##### **2.1.1. La Lechada Asfáltica (Slurry Seal).**

La lechada asfáltica es un material utilizado en la industria de la construcción y pavimentación de carreteras. Se compone principalmente de asfalto líquido y agregados finos, como arena o polvo de piedra, que se mezclan para formar una pasta espesa. Esta pasta se utiliza para sellar y proteger la capa superior del pavimento asfáltico. La lechada asfáltica se aplica sobre la superficie del pavimento existente mediante técnicas de rociado o vertido. Su función principal es sellar pequeñas fisuras y grietas, así como proporcionar una capa de protección contra el envejecimiento, la humedad y los daños causados por los rayos ultravioleta y el tráfico vehicular. Además, ayuda a mejorar la adherencia entre las capas del pavimento y proporciona una superficie más uniforme y resistente.

Esta técnica de mantenimiento preventivo se utiliza comúnmente para prolongar la vida útil de las carreteras y prevenir la formación de baches y otros danos mayores. La lechada asfáltica también puede ser utilizada en la construcción de nuevas carreteras como una capa adicional de protección.

La lechada asfáltica se utiliza en diversos contextos de construcción y pavimentación de carreteras debido a sus propiedades sellantes y protectoras. Algunos de los usos más comunes de la lechada asfáltica son:

1. Sellado de grietas y fisuras: La lechada asfáltica se aplica para sellar fisuras y grietas en el pavimento existente, impidiendo que se agranden y se infiltre agua, lo que podría causar daños mayores al pavimento.
2. Protección contra el envejecimiento: La lechada asfáltica se utiliza como una capa protectora para prevenir el envejecimiento del pavimento debido a la exposición a la radiación ultravioleta del sol y otros factores ambientales.
3. Mejora de la adherencia: Se aplica la lechada asfáltica en la superficie del pavimento para mejorar la adherencia entre las capas del pavimento, garantizando una unión sólida y reducir el riesgo de desprendimiento o delaminación.
4. Reducción de la permeabilidad: La lechada asfáltica ayuda a reducir la permeabilidad del pavimento, evitando la infiltración de agua y la formación de baches o deformaciones causadas por el agua.
5. Refuerzo de la capa superior: Se utiliza la lechada asfáltica como una capa adicional de refuerzo para proteger el pavimento

Existen varios tipos de lechada asfáltica que se utilizan en función de las necesidades específicas de cada proyecto. Algunos de los tipos más comunes son:

1. Lechada asfáltica de emulsión: Se compone de una emulsión de asfalto y agua, donde el asfalto se mezcla con un agente emulsionante para permitir su dispersión en el agua. Este tipo de lechada asfáltica se utiliza principalmente para el sellado de grietas y fisuras en el pavimento.
2. Lechada asfáltica de polímero modificado: Se agrega un polímero al asfalto líquido para mejorar sus propiedades y características. El polímero puede ser de diferentes tipos, como SBS (estireno-butadieno)

#### **2.1.2. Equipos utilizados.**

Para la colocación de lechada asfáltica, se utilizan diferentes equipos y herramientas especializadas. Algunos de los equipos comunes utilizados son:

1. Esparcidora de lechada asfáltica: Es una máquina especializada que se encarga de aplicar de manera uniforme la lechada asfáltica sobre la superficie del pavimento. La esparcidora cuenta con un tanque de almacenamiento para la lechada, un sistema de bombeo y rociado, y un dispositivo de distribución ajustable para controlar el espesor de la aplicación.
2. Camión cisterna: Se utiliza para transportar y suministrar la lechada asfáltica desde la planta de producción hasta el lugar de aplicación. El camión cisterna está equipado con un tanque hermético que mantiene la temperatura y consistencia adecuada de la lechada durante el transporte.

3. Equipos de mezcla y depresión: Estos equipos se utilizan para preparar la lechada asfáltica antes de su aplicación. Pueden incluir mezcladoras de asfalto que mezclan el asfalto líquido con los agregados finos y aditivos, y agitadores que mantienen la lechada en movimiento constante para evitar la sedimentación de los agregados.
4. Equipos de limpieza y preparación de superficie: Antes de la aplicación de la lechada asfáltica, es necesario limpiar y preparar la superficie del pavimento. Para ello, se utilizan equipos como barredoras mecánicas para eliminar el polvo, escombros y materiales sueltos, y fresadoras o escarificadoras para abrir y limpiar las fisuras y grietas existentes.
5. Equipos de compactación: Después de aplicar la lechada asfáltica, se utiliza equipo de compactación, como rodillos compactadores, para asegurar una adecuada adherencia y compactación de la lechada con la superficie del pavimento.

Es importante destacar que los equipos utilizados pueden variar según el tipo de lechada asfáltica y las condiciones específicas de cada proyecto. El tamaño y alcance del proyecto también pueden influir en los equipos requeridos. Por lo tanto, es recomendable consultar con profesionales y expertos en construcción vial para determinar los equipos adecuados para cada situación.

### **2.1.3. Procedimiento constructivo.**

El procedimiento constructivo para la aplicación de lechada asfáltica puede variar dependiendo de diversos factores, como el tipo de lechada utilizada, el estado del pavimento y las condiciones específicas del proyecto. Sin embargo, a

continuación, se presenta un procedimiento general que se sigue en la aplicación de lechada asfáltica:

1. Preparación de la superficie: Antes de la aplicación de la lechada, es necesario limpiar y preparar la superficie del pavimento. Esto implica el uso de barredoras mecánicas para eliminar polvo, escombros y materiales sueltos, así como el uso de fresadoras o escarificadoras para abrir y limpiar las grietas y fisuras existentes.
2. Aplicación de la lechada: Una vez preparada la superficie, se procede a aplicar la lechada asfáltica. Esto se puede hacer utilizando una esparcidora de lechada asfáltica, que rocía la lechada de manera uniforme sobre el pavimento. Se controla el espesor de la aplicación según las especificaciones del proyecto.
3. Extensión y nivelación: Después de aplicar la lechada, se utiliza un equipo adecuado, como una regla o una escoba de goma, para extender y nivelar la lechada sobre la superficie. Esto garantiza una distribución uniforme y un espesor constante.
4. Compactación: Una vez extendida y nivelada la lechada, se utiliza equipo de compactación, como rodillos compactadores, para asegurar una adecuada adherencia y compactación de la lechada con el pavimento. La compactación también ayuda a eliminar el exceso de aire ya obtener una superficie más densa y resistente.

## **2.2. Descripción de las acciones, metodología y procedimiento a los que se recurrió para resolver la situación profesional objeto del informe**

### **2.2.1. Aplicación de slurry seal sobre afirmado.**

La lechada asfáltica no se aplica sobre el afirmado, sino sobre el pavimento existente. La lechada asfáltica se utiliza para sellar y proteger la capa superior del pavimento asfáltico, no sobre el afirmado. El afirmado es una capa base del pavimento que se compone de material granular, como grava o piedra triturada, y se utiliza como base para la construcción del pavimento. La lechada asfáltica se aplica sobre el pavimento existente para prolongar su vida útil y prevenir daños.

1. Preparación de la superficie: Antes de la aplicación de la lechada asfáltica, es importante que la superficie del pavimento existente esté limpia y libre de polvo, escombros y otros materiales sueltos. Se pueden utilizar barredoras mecánicas u otros equipos de limpieza para esta tarea.
2. Relleno de grietas y fisuras: Si existen grietas o fisuras en el pavimento, es recomendable realizar un proceso de relleno antes de la aplicación de la lechada asfáltica. Esto puede incluir el uso de materiales de relleno específicos y compactación para asegurar una superficie uniforme.
3. Preparación de la lechada asfáltica: La lechada asfáltica se prepara mezclando asfalto líquido con agregados finos, como arena o polvo de piedra. La proporción de mezcla puede variar según las especificaciones del proyecto y el tipo de leche utilizada.
4. Aplicación de la lechada asfáltica: La lechada asfáltica se aplica sobre el pavimento existente utilizando una esparcidora de lechada asfáltica. Esta máquina rociará la lechada de manera uniforme sobre la superficie del pavimento, asegurándose de cubrir todas las áreas necesarias.
5. Extensión y nivelación: Después de aplicar la lechada asfáltica, se utiliza una herramienta adecuada, como una regla o una escoba de goma, para

extender y nivelar la lechada sobre la superficie del pavimento. Esto garantiza una distribución uniforme y un espesor constante.

6. Compactación: Una vez extendida y nivelada la lechada, se utiliza equipo de compactación, como rodillos compactadores, para asegurar una adecuada adherencia y compactación de la lechada con la superficie del pavimento. Esto ayuda a obtener una superficie más densa y resistente.

Es importante seguir las recomendaciones y especificaciones del fabricante de la lechada asfáltica, así como las normativas y estándares locales de construcción vial, para asegurar una correcta aplicación y resultados satisfactorios.

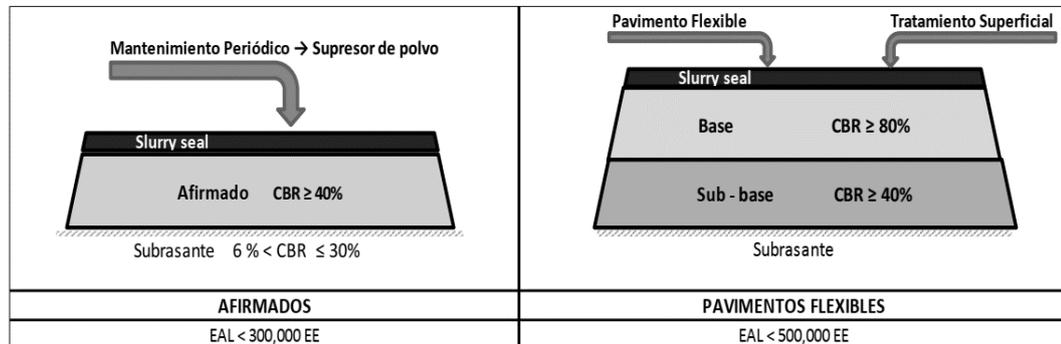
**Tabla 2***Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento*

<b>Componentes del pavimento</b>	<b>Coefficiente</b>	<b>Valor coeficiente estructural ai (cm)</b>	<b>Observación</b>
<b>Capa superficial</b>			
Carpeta asfáltica en caliente, modulo 2,965Mpa (430,000 PSI) a 20°C (68°F)	a <sub>1</sub>	0.170/cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de trafico
Carpeta asfáltica en frio, mezcla asfáltica con emulsión	a <sub>1</sub>	0.125/cm	Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 1,000,000 EE
Micropavimento 25mm	a <sub>1</sub>	0.130/cm	Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 1,000,000 EE Capa superficial recomendada para tráfico ≤ 500,000 EE.
Tratamiento superficial Bicapa	a <sub>1</sub>	0.250 (*)	No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (Slurry Seal) de 12 mm. (* Valor Global (no se considera el espesor)	a <sub>1</sub>	0.150 (*)	
<b>Base</b>			
Base granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.052/cm	Capa de base recomendada para tráfico ≤ 5,000,000 EE
Base granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a <sub>2</sub>	0.054/cm	Capa de base recomendada para tráfico > 5,000,000 EE
Base granular tratada con asfalto (estabilidad Marshall =1500lb)	a <sub>2a</sub>	0.115/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de trafico
Base granular tratada con cemento (resistencia a la compresión 7 días 35kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2b</sub>	0.070/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de trafico
Base granular tratada con cal (resistencia a la compresión 7 días 12kg/cm <sup>2</sup> )	a <sub>2c</sub>	0.080/cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de trafico
<b>Sub base</b>			
Sub base granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.047/cm	Capa de Sub base recomendada para tráfico ≤ 15,000,000 EE
Sub base granular CBR 60% compactada al 100% de la MDS	a <sub>3</sub>	0.050/cm	Capa de Sub base recomendada para tráfico > 15,000,000 EE

*Nota:* Manual de Carreteras - Sección Suelos y Pavimentos. Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018)

**Figura 8**

*Exigencias de agregado*



### 2.2.2. Ahuellamiento para pavimentos flexibles.

El ahuellamiento, también conocido como deformación permanente o huella de rueda, es un fenómeno que puede ocurrir en los pavimentos flexibles debido al efecto del tráfico vehicular repetido. Se refiere a la formación de surcos o depresiones en la superficie del pavimento causadas por la deformación permanente de los materiales asfálticos bajo cargas de tráfico.

El ahuellamiento puede ser un problema significativo, ya que puede afectar negativamente la comodidad del viaje, la seguridad vial y la durabilidad del pavimento. Para prevenir o minimizar el ahuellamiento en pavimentos flexibles, se pueden seguir algunas prácticas y consideraciones durante el diseño y la construcción:

1. Selección de materiales adecuados: Es importante elegir mezclas asfálticas que sean resistentes al ahuellamiento. Esto implica utilizar agregados de alta calidad, asfalto de buena calidad y aditivos modificados para mejorar la resistencia a la deformación permanente.

2. **Diseño estructural adecuado:** Un diseño estructural adecuado del pavimento es esencial para prevenir el ahuellamiento. Esto incluye determinar el espesor correcto de las capas de pavimento, considerar las cargas de tráfico esperadas y utilizar métodos de diseño específicos para resistir el ahuellamiento.
3. **Compactación adecuada:** Durante la construcción del pavimento, es importante asegurarse de que las capas asfálticas se compacten adecuadamente. Una compactación insuficiente puede resultar en una mayor susceptibilidad al ahuellamiento.
4. **Control de la temperatura:** La temperatura durante la colocación del asfalto y la compactación es crucial para prevenir el ahuellamiento. Se deben seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante para asegurar que el asfalto se coloque y compacte a la temperatura adecuada.
5. **Mantenimiento y rehabilitación adecuada:** Un programa de mantenimiento regular y oportuno puede ayudar a prevenir el ahuellamiento. Esto incluye el sellado de grietas y fisuras, así como la realización de tratamientos superficiales, como la aplicación de capas delgadas de mezcla asfáltica, para restaurar y mejorar la resistencia del pavimento.

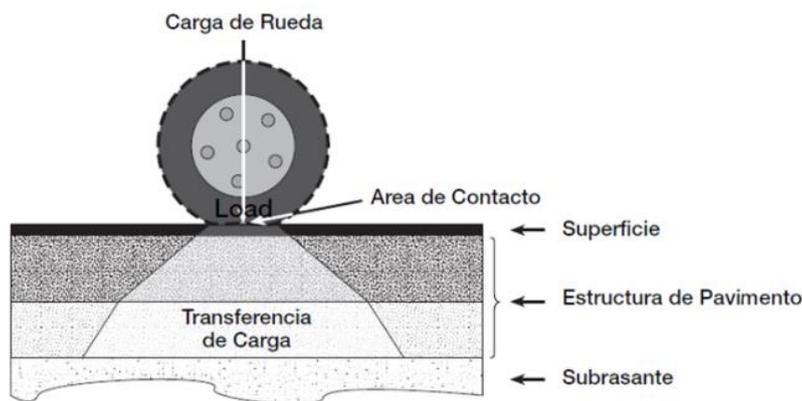
Es importante destacar que el ahuellamiento puede ser un desafío continuo en los pavimentos flexibles, especialmente en áreas de alto tráfico. Por lo tanto, es fundamental realizar inspecciones periódicas y realizar acciones de mantenimiento y rehabilitación según sea necesario para controlar y corregir el ahuellamiento a lo largo del tiempo.

El Instituto del Asfalto (1991), en su Manual Series N° 1 (MS-1): se distingue por su diseño como un sistema elastomérico multicapacidad cuya metodología de diseño tiene en cuenta dos condiciones de esfuerzo - deformación.:

El peso de la rueda  $W$  se transmite a la superficie del pavimento a través del neumático como una presión vertical  $P_0$  aproximadamente uniforme; los esfuerzos del peso se distribuyen entonces a través de la estructura del pavimento, reduciendo su intensidad hasta alcanzar una intensidad máxima  $P_1$  en la superficie de la subrasante.

**Figura 9**

*Distribución de la presión de carga del neumático a través de la estructura del pavimento*

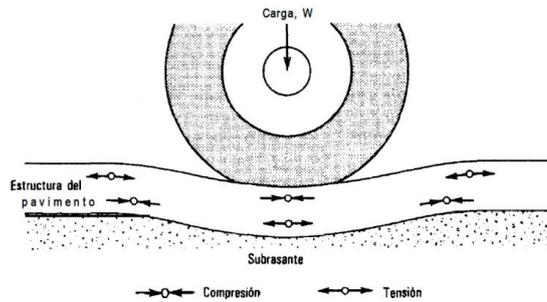


*Nota:* Diseño estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica. Fuente: Fano y Chávez (2017)

- La segunda condición se representa en la figura, donde el peso del pavimento desvía la estructura, provocando esfuerzos y deformaciones de tracción y compresión.

**Figura 10**

*Esfuerzos de tensión y compresión causado por la deformación del pavimento*

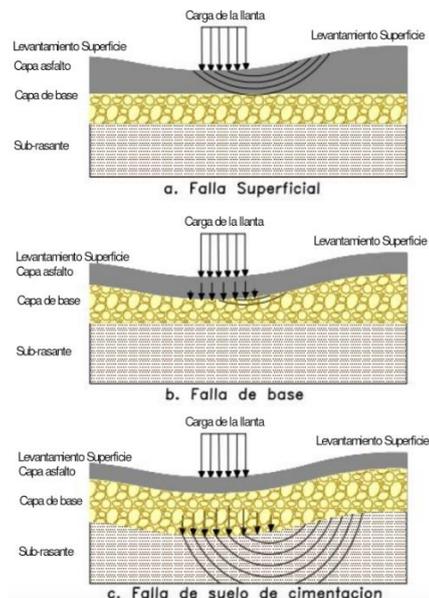


*Nota:* Manual completo diseño de pavimentos. Fuente: Universidad Mayor de San Simón (2017)

- Como se muestra en la figura, la deformación horizontal por tracción  $t$  alcanza el fondo de la capa asfáltica más profunda, mientras que la deformación vertical por compresión  $c$  alcanza la parte superior de la capa subrasante.

**Figura 11**

*Deformaciones en un pavimento asfáltico*



*Nota:* Deformaciones permanentes y Fatiga en concretos Asfálticos. Fuente: Pérez (2015)

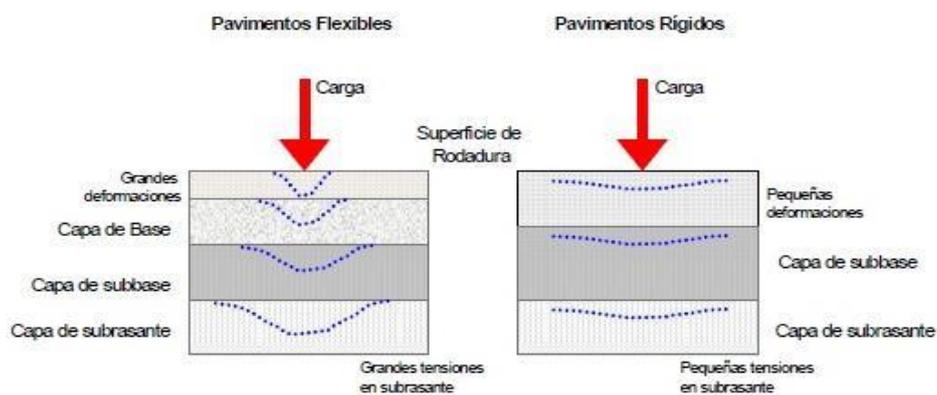
Si la flecha tensional longitudinal es demasiado grande, causará fisuras en la capa asfáltica, pero si la deformación vertical por compresión es demasiado grande, causará deformaciones permanentes en la superficie del pavimento debido al exceso de carga de la subrasante. El diseño estructural de un pavimento flexible se basa en los principios de fisuras asfálticas en la interfase asfalto-base y ahuellamiento del subsuelo.

según Leiva et al. (2016), el criterio de referencia de ahuellamiento más utilizado es 12,5 mm (0,5").

Si consideramos que el asbesto mortero tipo lechada asfáltica o slurry seal tiene un espesor máximo de 12 mm y ningún beneficio estructural, podemos concluir que una aseveración sólo es válida bajo el supuesto de ahuellamiento.

**Figura 12**

*Deformaciones en un afirmado*



*Nota:* Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1ra Del Barrio Bocagrande. Fuente: Cote y Villalba (2017).

### **2.2.3. Ahuellamiento en afirmado según AASHTO.**

La AASHTO no tiene criterios específicos para el ahuellamiento en pavimentos de afirmado (pavimentos no asfálticos o de base granular). Sin embargo, el ahuellamiento en pavimentos de afirmado se puede evaluar y controlar utilizando parámetros y métodos establecidos en las normativas y guías técnicas de diseño de pavimentos.

Para el diseño y control del ahuellamiento en pavimentos de afirmado, se pueden seguir los siguientes enfoques generales:

1. **Módulo resiliente:** El módulo resiliente es una propiedad mecánica del material que indica su resistencia a la deformación elástica. Se realiza un ensayo de módulo resiliente en el laboratorio para determinar el comportamiento del material del pavimento. Este parámetro se utiliza para evaluar la capacidad del pavimento para resistir el ahuellamiento.
2. **Espesor de la capa base:** El espesor adecuado de la capa base granular es crucial para resistir el ahuellamiento en pavimentos de afirmado. Un espesor insuficiente puede llevar a cabo un mayor ahuellamiento debido a la deformación de los materiales granulares bajo las cargas del tráfico. Los métodos de diseño de pavimentos, como el método AASHTO, concluyen recomendaciones para el espesor mínimo de la capa base según el tipo de suelo y las características del tráfico.
3. **Cálculo de tensiones y deformaciones:** Se utilizarán modelos de cálculo de tensiones y deformaciones en el pavimento para evaluar el ahuellamiento. Estos modelos considerando las características del tráfico, las propiedades

del material y el espesor de las capas del pavimento para determinar las tensiones y deformaciones esperadas en el pavimento y así evaluar la susceptibilidad al ahuellamiento.

Es importante destacar que los métodos y criterios específicos pueden variar según el país o la región. Se recomienda consultar las normativas y guías técnicas de diseño de pavimentos locales, como las normas de diseño de carreteras y las especificaciones del organismo responsable del transporte, para obtener criterios más detallados y específicos sobre el ahuellamiento en pavimentos de afirmado.

#### **2.2.4. Ahuellamiento Permisible.**

El ahuellamiento permisible se refiere al nivel de deformación permanente que se considera aceptable en un pavimento flexible. Es importante establecer límites o criterios de ahuellamiento permisible para garantizar la calidad y el desempeño adecuado del pavimento.

El límite de ahuellamiento permisible puede variar según las especificaciones y normativas de cada país, estado o entidad responsable de la construcción y mantenimiento de carreteras. Por lo general, se establecen los términos de la profundidad de ahuellamiento que se considera aceptable en la superficie del pavimento.

El límite de ahuellamiento permisible suele estar influenciado por varios factores, como el tipo y el volumen de tráfico, las características del suelo subyacente, las condiciones climáticas y el diseño estructural del pavimento. Estos

factores pueden variar en diferentes condiciones y contextos, por lo que los criterios de ahuellamiento permisible pueden diferir de un lugar a otro.

El límite de ahuellamiento permisible se establece para garantizar que el pavimento mantenga una superficie lo suficientemente nivelada y segura para el tráfico vehicular, así como para prevenir problemas más graves, como la formación de baches y la pérdida de capacidad estructural.

En general, se debe considerar que el ahuellamiento sea permisible lo más bajo posible para asegurar la durabilidad y el rendimiento del pavimento. Los límites de ahuellamiento permisible deben establecerse en función de estudios de comportamiento y pruebas de laboratorio

### Figura 13

*Ahuellamiento en afirmado*

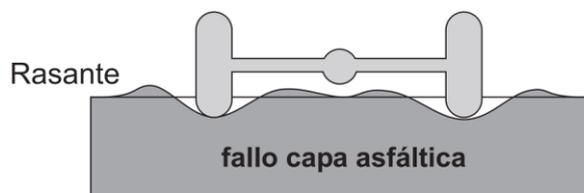
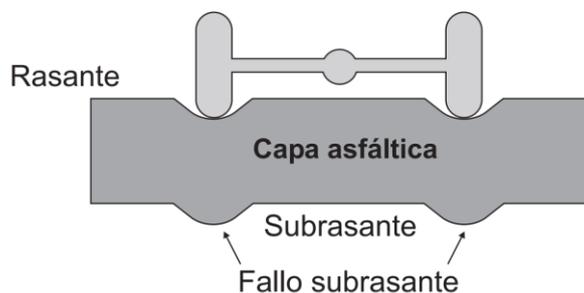


Figura 1. Ahuellamiento por fallo de la mezcla asfáltica



*Nota:* Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas. Fuente: Reyes-Ortiz y Camacho-Tauta (2008)

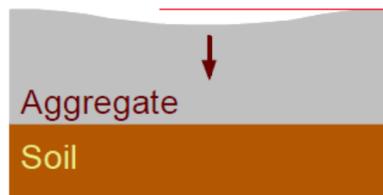
### 2.2.5. Modos de Ahuellamiento.

Existen diferentes modos de ahuellamiento que pueden ocurrir en pavimentos flexibles. Estos modos se refieren a las formas específicas de deformación permanente que se observan en la superficie del pavimento. Algunos de los modos de ahuellamiento más comunes son:

1. Huellas longitudinales: Son surcos o depresiones que se forman en la dirección del flujo del tráfico. Estas huellas pueden ser causadas por la acción repetida de las ruedas de los vehículos y suelen ocurrir en carriles con tráfico intenso.

**Figura 14**

*Modo 0 de ahuellamiento*

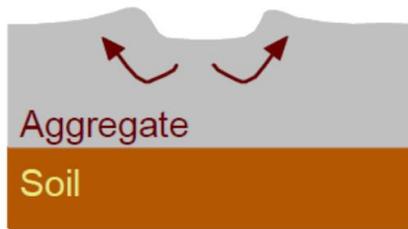


*Nota:* Permanent deformation report on task 2.1. Fuente: Dawson y Kolisoja (2004)

2. Huellas transversales: Son surcos o depresiones que se forman perpendicularmente a la dirección del flujo del tráfico. Estas huellas se pueden desarrollar en áreas donde las fuerzas transversales del tráfico son más pronunciadas, como las zonas de frenado y aceleración.

**Figura 15**

*Modo 1 de ahuellamiento*

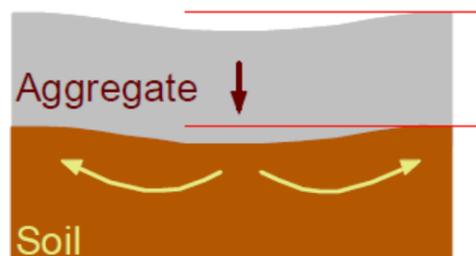


*Nota:* Permanent deformation report on task 2.1. Fuente: Dawson y Kolisoja (2004)

3. Huellas de rueda: Son marcas o depresiones individuales que se forman debajo de las ruedas de los vehículos. Estas huellas de rueda pueden ser el resultado de cargas concentradas o de la acción repetida de las ruedas en una misma posición.

**Figura 16**

*Modo 2 de ahuellamiento*



*Nota:* Permanent deformation report on task 2.1. Fuente: Dawson y Kolisoja (2004)

4. Huellas en forma de ola: Son deformaciones onduladas que se desarrollan en la superficie del pavimento. Estas huellas suelen ser causadas por la acumulación de deformaciones en diferentes capas del pavimento y pueden extenderse a lo largo de una longitud considerable.

Cada modo de ahuellamiento puede tener diferentes causas y mecanismos de formación. Las cargas de tráfico repetidas, la calidad de los materiales del pavimento, el diseño estructural inadecuado y las condiciones ambientales pueden influir en la aparición de estos modos de ahuellamiento. Es importante identificar y evaluar el modo de ahuellamiento presente en un pavimento para determinar las medidas de rehabilitación y mantenimiento adecuado. Esto puede implicar técnicas de reparación como el fresado y revestimiento, el reciclado del pavimento o la reconstrucción parcial o total del pavimento, según la gravedad y extensión del ahuellamiento (Dawson y Kolisoja, 2004, p. 12).

#### **2.2.6. Modos combinados.**

El modo combinado de ahuellamiento se refiere a una situación en la que se presentan varios modos de ahuellamiento en un mismo pavimento flexible. En otras palabras, se observa una combinación de diferentes formas de deformación permanente en la superficie del pavimento.

Este modo de ahuellamiento puede ocurrir cuando existen diferentes condiciones de carga, patrones de tráfico o factores ambientales que contribuyen a la deformación permanente en el pavimento. Por ejemplo, se pueden presentar huellas longitudinales en carriles con tráfico intenso en una dirección, mientras que se observan huellas transversales en áreas donde se producen frenada y aceleraciones frecuentes.

El ahuellamiento combinado puede ser un desafío para el mantenimiento y la rehabilitación del pavimento, ya que requiere abordar y corregir diferentes modos

de deformación. En casos, se deben evaluar las causas subyacentes de cada modo de ahuellamiento y determinar las medidas de tratamiento adecuado para cada caso.

Las técnicas de reparación y mantenimiento pueden incluir fresado y recubrimiento selectivo, rehabilitación de capas individuales, referencia del suelo subyacente, ajustes en el diseño estructural del pavimento, entre otros enfoques. La elección de las medidas a aplicar de la gravedad, extensión y características específicas de cada modo de ahuellamiento presente.

Es fundamental contar con un análisis técnico adecuado y la orientación de especialistas en ingeniería vial para abordar de manera efectiva el ahuellamiento combinado y garantizar la durabilidad y el rendimiento del pavimento.

#### **2.2.7. Ahuellamiento en caminos de tierra, grava o afirmado según USACE.**

El USACE (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos) proporciona pautas y recomendaciones para el diseño y construcción de caminos y carreteras, incluyendo aquellas con superficies de tierra, grava o afirmado. Sin embargo, el USACE no establece criterios específicos para el ahuellamiento en este tipo de pavimentos, ya que estos pavimentos no son flexibles como el asfalto o el concreto.

En caminos de tierra, grava o afirmado, el ahuellamiento se puede manifestar de diferentes maneras, como la formación de surcos o depresiones en la superficie debido al paso repetido de vehículos. La gravedad y extensión del

ahuellamiento surgieron de diversos factores, como el tipo de suelo, el diseño del camino, la calidad del material y el tráfico vehicular.

Para prevenir y controlar el ahuellamiento en caminos de tierra, grava o afirmado, se pueden seguir algunas prácticas generales:

1. Selección y compactación del material: Es importante utilizar materiales de buena calidad, como agregados de grava o piedra triturada, y compactarlos adecuadamente durante la construcción del camino. La compactación adecuada ayuda a mejorar la resistencia y la capacidad de soporte del pavimento.
2. Control del tráfico: Es fundamental limitar la carga y el volumen de tráfico en los caminos de tierra, grava o afirmado para minimizar el impacto del paso repetido de vehículos y reducir el ahuellamiento. Se pueden establecer restricciones de carga, velocidades máximas y rutas alternativas para difundir el tráfico de manera más uniforme.
3. Mantenimiento oportuno: Realice un mantenimiento regular y oportuno es esencial para prevenir y controlar el ahuellamiento. Esto incluye rellenar y nivelar las depresiones o surcos, así como mantener el drenaje adecuado para evitar el empozamiento de agua, que puede debilitar el pavimento.
4. Reforzamiento del pavimento: En algunos casos, se puede considerar el uso de técnicas de refuerzo del pavimento, como la dureza del suelo con geosintéticos, para mejorar la resistencia y la capacidad de carga del camino y reducir el ahuellamiento.

$$RD = 0.1741 \times \frac{P_K^{0.4707}}{(\text{Log}t)^{2.002}} \times \frac{t_p^{0.5695}}{C_1^{0.9335}} \times \frac{R^{0.2476}}{C_2^{0.2848}}$$

RD =Profundidad de ahuellamiento, pulgadas

PK =Carga equivalente de una rueda, Kips

tp =Presión de llantas, psi

t =Espesor de la rasante, pulgadas

R =Repeticiones de carga o pasadas

c1 =CBR de la rasante

c2 =CBR de la subrasante

### 2.2.8. Ahuellamiento para afirmado según NAASRA.

La NAASRA (National Association of Australian State Road Authority) es una asociación que agrupa a las autoridades viales de los estados de Australia. Si bien no puedo proporcionar información sobre los criterios específicos de ahuellamiento según NAASRA, puedo brindarle una descripción general de cómo se aborda el ahuellamiento en pavimentos de afirmado.

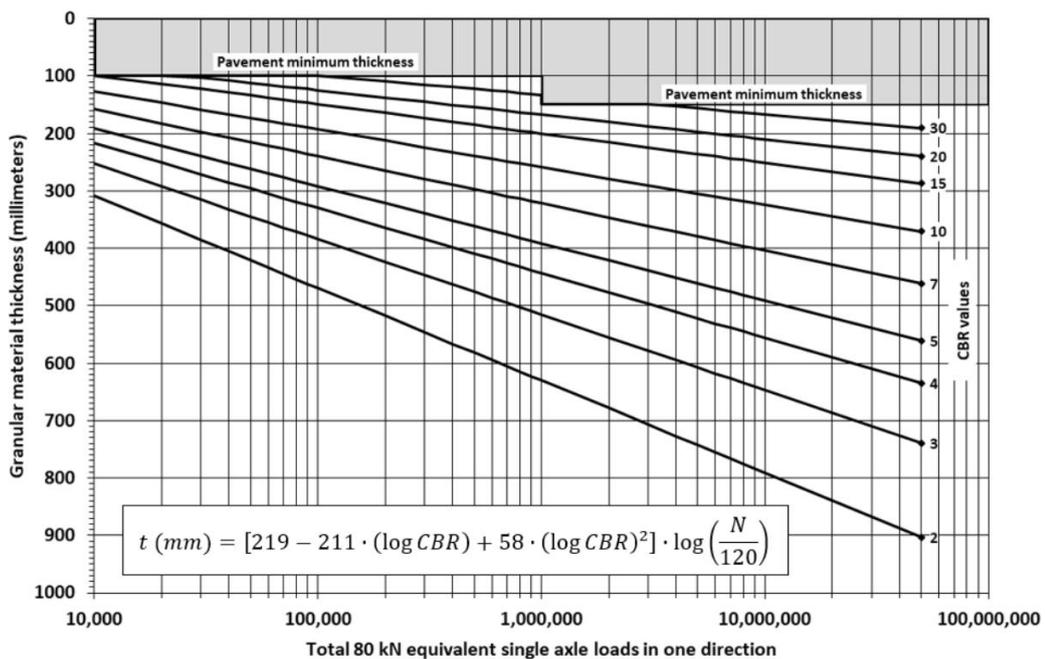
En general, el ahuellamiento en pavimentos de afirmado se refiere a la deformación permanente que ocurre debido a las cargas de tráfico repetidas. El ahuellamiento puede manifestarse como depresiones o surcos en la superficie del pavimento, lo que puede afectar la comodidad del viaje, la seguridad y la durabilidad del pavimento.

Para prevenir y controlar el ahuellamiento en pavimentos de afirmado, se pueden seguir ciertas prácticas y consideraciones:

1. Diseño estructural adecuado: El diseño estructural del pavimento debe tener en cuenta las cargas de tráfico esperadas y las propiedades de los materiales utilizados. Se deben considerar el espesor y la calidad de las capas del pavimento para garantizar una adecuada resistencia al ahuellamiento.
2. Selección de materiales: Es importante utilizar materiales de alta calidad y durabilidad en la construcción del pavimento de afirmado. Los materiales granulares y los agregados deben cumplir con los estándares de calidad establecidos y proporcionar una buena resistencia

**Figura 17**

*Diagrama de diseño para pavimentos granulares con superficie bituminosa delgada*



*Nota:* An overview of asphalt pavement design for streets and roads. Fuente: Vásquez-Varela & García-Orozco (2021)

Las ecuaciones y modelos utilizados para predecir y evaluar el ahuellamiento en pavimentos de afirmado pueden variar según los criterios y las investigaciones de cada organización o entidad responsable. Estos modelos se basan

en datos de investigación, pruebas de laboratorio y observaciones de campo para estimar el ahuellamiento en función de diferentes factores, como las características del tráfico, las propiedades de los materiales y el diseño estructural del pavimento.

## **CAPÍTULO III**

### **APORTES Y DESARROLLO DE EXPERIENCIAS**

#### **3.1 Aportes utilizando los conocimientos o bases teóricas adquiridos durante la carrera**

El slurry seal es un tipo de tratamiento superficial para pavimentos que consiste en la aplicación de una mezcla de asfalto emulsionado, agregados finos, agua y aditivos sobre la superficie existente del pavimento. Se utiliza también en la conservación y mantenimiento de carreteras y calles para prolongar su vida útil y mejorar su apariencia y funcionalidad.

El proceso de aplicación del slurry seal generalmente sigue los siguientes pasos:

1. Preparación de la superficie: Antes de aplicar el slurry seal, se deben realizar ciertas preparaciones en la superficie del pavimento. Esto incluye la limpieza de la superficie mediante barrido mecánico y, en algunos casos, el relleno de grietas y baches existentes.
2. Mezcla de la lechada: El slurry seal se prepara mezclando asfalto emulsionado, agregados finos, agua y aditivos en una planta de producción.

La proporción y características de la mezcla pueden variar según las especificaciones del proyecto y las condiciones locales.

3. Aplicación de la lechada: La lechada se aplica sobre la superficie del pavimento utilizando una máquina esparcidora de slurry seal. Esta máquina rocía la mezcla de manera uniforme y controlada, cubriendo toda la superficie del pavimento.
4. Extensión y nivelación: Después de la aplicación del slurry seal, se utiliza un equipo de nivelación, como una regla o escoba de goma, para extender y nivelar la mezcla sobre la superficie del pavimento. Esto garantiza una distribución uniforme y un espesor consistente.
5. Curado y tráfico restringido: Una vez que se ha aplicado y nivelado el slurry seal, se debe permitir un tiempo adecuado para que se cure y seque. Durante este período, generalmente se restringe el tráfico para evitar daños en la superficie en proceso de curado.

El slurry seal proporciona varios beneficios, como el sellado de grietas, la protección contra el envejecimiento y la oxidación, la mejora de la resistencia al deslizamiento y la restauración de la superficie del pavimento. Sin embargo, su durabilidad y rendimiento depende de factores como el tráfico, el clima y el mantenimiento regular. Por lo tanto, es importante evaluar cuidadosamente las condiciones del pavimento y consultar con expertos en ingeniería vial para determinar si el slurry seal es adecuado para un proyecto específico. La aplicación de la lechada asfáltica, también conocida como slurry seal, puede generar varios beneficios y aportes en la conservación y mantenimiento de pavimentos. Algunos de los principales aportes generados por el slurry seal son:

1. Sellado de grietas y fisuras: El slurry seal se utiliza para sellar grietas y fisuras pequeñas en la superficie del pavimento existente. Esto evita que el agua se infiltre en el pavimento, lo que puede causar daños mayores, como el debilitamiento de las capas internas o la formación de baches.
2. Protección contra la oxidación y el envejecimiento: El slurry seal actúa como una capa de protección en la superficie del pavimento, protegiéndolo de la oxidación y el envejecimiento causados por la exposición a la radiación ultravioleta del sol y otros agentes atmosféricos.
3. Mejora de la resistencia al deslizamiento: La aplicación de slurry seal puede aumentar la resistencia al deslizamiento del pavimento, mejorando así la seguridad vial, especialmente en condiciones de lluvia o humedad.
4. Restauración y nivelación de la superficie: El slurry seal puede nivelar la superficie del pavimento, mejorando su apariencia y desgastando una superficie más uniforme. También puede ayudar a llenar pequeñas irregularidades y proporcionar una textura más suave y cómoda para los usuarios de la vía.
5. Prolongación de la vida útil del pavimento: Al sellar y proteger la superficie del pavimento, el slurry seal ayuda a prolongar su vida útil y retrasar la necesidad de reconstrucción o rehabilitación costosa. Esto permite una gestión más eficiente y económica de los pavimentos.

Es importante destacar que los beneficios y ventajas del slurry seal pueden variar según las condiciones específicas del pavimento y el entorno, así como la calidad de los materiales y la adecuada del proceso de aplicación. Es recomendable realizar

un estudio detallado y consultar con expertos en ingeniería vial para determinar la idoneidad y el momento adecuado para la aplicación de slurry seal en cada caso.

Discutir una idea o técnica de ingeniería, es crucial entender no solo cómo funciona, sino también cuándo aplicarlo , es por eso que compartiré las situaciones en las que se recomienda aplicar slurry seal:

- Cuando no puede agregar más peso a una sección de la carretera, como túneles de carreteras o puentes
- En aquellos pasos donde las grietas o fisuras sean menores de 3mm.
- En adoquines que no tengan daños evidentes pero que ya estén oxidados.
- Cuando la capa de rodadura se haya desgastado y provoque molestias en el usuario, siempre y cuando no existan desperfectos estructurales en la estructura del pavimento.
- Corregir ahuellamientos en la superficie de la vialidad , siempre y cuando sean inferiores a 6 mm.

El slurry seal es un tratamiento superficial para pavimentos que se compone de una mezcla de asfalto emulsionado, agregados finos, agua y aditivos. El asfalto utilizado en la mezcla del slurry seal aporta diversas propiedades que contribuyen a mejorar el rendimiento y los resultados del tratamiento. Algunas de las propiedades del asfalto que mejoran el slurry seal son:

1. Adhesión: El asfalto tiene una excelente capacidad de adherencia, lo que permite que la mezcla de slurry seal se adhiera eficazmente a la superficie del pavimento existente. Esta propiedad es fundamental para asegurar que

la capa de slurry seal permanezca unida al pavimento y proporcione una protección duradera.

2. Flexibilidad: El asfalto tiene la capacidad de resistir y absorber las deformaciones causadas por las cargas de tráfico y los cambios de temperatura. Esta flexibilidad ayuda a minimizar la formación de grietas y fisuras en la capa de slurry seal y permite que el tratamiento se adapte a las expansiones y contracciones del pavimento sin agrietarse.
3. Impermeabilidad: El asfalto tiene propiedades impermeables, lo que significa que actúa como una barrera contra la infiltración de agua en el pavimento. Esta propiedad es esencial para prevenir la formación de daños por congelación-descongelación y evitar que el agua dañe las capas internas del pavimento.
4. Protección UV: El asfalto tiene la capacidad de absorber y resistir los efectos dañinos de la radiación ultravioleta del sol. Esta propiedad ayuda a proteger la superficie del pavimento del envejecimiento prematuro y la degradación causada por la exposición constante al sol.
5. Ductilidad: El asfalto es un material viscoelástico que puede deformarse bajo cargas aplicadas y luego recuperar su forma original. Esta propiedad permite que la capa de slurry seal se adapte y se moldee a la superficie del pavimento, mejorando la uniformidad y el nivel de la capa.

Estas propiedades del asfalto son fundamentales

## **3.2 Desarrollo de experiencias**

### **3.2.1. Colocación de mortero asfáltico emulsionado e=15 mm slurry.**

La colocación de mortero asfáltico implica seguir un proceso similar al de la colocación de otros tipos de mezclas asfálticas. A continuación, le proporcionamos un procedimiento general para la colocación de mortero asfáltico:

1. Preparación de la superficie: La superficie sobre la cual se colocará el mortero asfáltico debe estar limpio, libre de polvo, escombros y agua estancada. También se deben reparar cualquier grieta o fisura existente en el pavimento.
2. Mezcla del mortero asfáltico: Se mezclan los materiales para producir el mortero asfáltico. Los materiales pueden incluir agregados pétreos, cemento asfáltico y aditivos, dependiendo de las especificaciones del proyecto y las propiedades deseadas del mortero.
3. Transporte y descarga: La mezcla de mortero asfáltico se transporta desde la planta de mezclado hasta el lugar de colocación. Puede ser descargada en un camión o transportador adecuado para su posterior distribución en la superficie.
4. Extendido y nivelado: El mortero asfáltico se extiende sobre la superficie utilizando maquinaria como una pavimentadora o mediante técnicas manuales. Se asegura un espesor uniforme mediante el control del avance de la maquinaria o el uso de reglas y herramientas de nivelación.
5. Compactación: Después de que el mortero asfáltico esté extendido y nivelado, se procede a la compactación. Se utiliza un rodillo compactador para aplicar presión y compactar el mortero, asegurando una mayor densidad y resistencia del pavimento.

6. Enfriamiento y curado: Una vez que el mortero asfáltico ha sido compactado, se debe permitir que se enfríe y cure adecuadamente antes de abrir al tráfico. El tiempo de curado puede variar según las condiciones climáticas y las propiedades del mortero utilizado.

Es importante destacar que el procedimiento específico puede variar según las especificaciones del proyecto y las recomendaciones del fabricante del mortero asfáltico. Se sigan las indicaciones y pautas proporcionadas por expertos en ingeniería vial y se respeten las normativas y estándares locales. (BERGKAMP MODELO M210).

La mezcla, que se aplica sobre pavimentos o bases que han sido estabilizados con emulsión asfáltica como residuo o superficie de rodadura, se produce, extiende y distribuye uniformemente sobre el pavimento tratado.

### **3.2.2. Personal a emplearse.**

El personal que se emplea en la colocación de mortero asfáltico puede variar según el tamaño y la complejidad del proyecto, así como los requisitos específicos del mismo. A continuación, se mencionan algunos roles comunes que pueden estar involucrados en el proceso de colocación:

1. Gerente de proyecto: Responsable de la planificación, coordinación y supervisión general del proyecto de colocación de mortero asfáltico. Se encarga de la eliminación de recursos, la gestión del tiempo y la comunicación con todas las partes involucradas.

2. Ingeniero vial: Profesional con conocimientos especializados en diseño y construcción de pavimentos. Se encarga de la supervisión técnica del proyecto, incluida la revisión de planos y especificaciones, el control de calidad y la resolución de problemas técnicos.
3. Jefe de obra: Encargado de la gestión y coordinación de las actividades diarias en el lugar de trabajo. Supervisa al personal, asegura el cumplimiento de los plazos, coordina la logística y se asegura de que se sigan los procedimientos de seguridad y calidad.
4. Operadores de maquinaria: Personal capacitado para operar las diferentes maquinarias utilizadas en el proceso de colocación, como pavimentadoras, rodillos compactadores y vehículos de transporte de materiales.
5. Equipo de colocación: Trabajadores encargados de la colocación manual del mortero asfáltico en áreas donde la maquinaria no puede acceder. Pueden ser responsables de la distribución y nivelación del mortero, así como del trabajo en áreas más pequeñas o de difícil acceso.
6. Personal de control de calidad: Responsable de realizar pruebas y medir en el mortero asfáltico antes, durante y después de la colocación para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y estándares requeridos.

Además de estos roles, es posible que se requiera personal de apoyo en logística, seguridad, señalización de obra, mantenimiento de maquinaria y limpieza del área de trabajo. Es importante tener en cuenta que los requisitos de personal pueden variar según el alcance del proyecto y las regulaciones locales. Se recomienda consultar con expertos en ingeniería vial y seguir las pautas y aplicar en cada jurisdicción.

### 3.2.3. Materiales.

En la colocación de mortero asfáltico, se requieren varios materiales para la preparación de la mezcla y la ejecución del proceso. Estos materiales pueden incluir:

1. Agregados pétreos: Los agregados pétreos, como la arena y la grava, se utilizan como parte de la mezcla para proporcionar resistencia, estabilidad y durabilidad al mortero asfáltico. Los agregados deben cumplir con los requisitos de tamaño, forma y gradación especificados en las normativas o especificaciones del proyecto.
2. Cemento asfáltico: El cemento asfáltico, también conocido como betún, es un producto derivado del petróleo que se utiliza como aglomerante en la mezcla de mortero asfáltico. Cohesión Proporciona a los agregados y ayuda a unirlos en una masa compacta y resistente.
3. Emulsión asfáltica: En lugar de utilizar cemento asfáltico, también se puede emplear una emulsión asfáltica en la mezcla de mortero asfáltico. La emulsión asfáltica es una dispersión coloidal de partículas de asfalto en agua, estabilizada mediante el uso de emulsionantes. La emulsión asfáltica proporciona una forma más fácil de manipulación y aplicación del asfalto.
4. Aditivos: Se pueden agregar aditivos al mortero asfáltico para mejorar sus propiedades y características específicas. Estos aditivos pueden incluir mejoradores de adherencia, estabilizadores de emulsión, modificadores de resistencia al desgaste, entre otros, dependiendo de los requisitos del proyecto.

5. Agua: El agua se utiliza para la mezcla de la emulsión asfáltica y para ajustar la viscosidad de la mezcla del mortero asfáltico. La cantidad de agua requerida puede variar según la temperatura ambiente y las características de la emulsión asfáltica utilizada.

Es importante tener en cuenta que los materiales específicos utilizados en la colocación de mortero asfáltico pueden variar según las normativas y especificaciones del proyecto, así como las condiciones locales y los requisitos específicos del pavimento. Se recomienda consultar con expertos en ingeniería vial y seguir las recomendaciones y aplicar aplicables en cada caso.

**Tabla 3**

*Especificaciones para emulsión de rotura lenta CSS-1h*

Ensayos	Método		Propiedad			
	ASTM	MTC	Min.	Máx.		
Ensayos sobre la emulsión						
Viscosidad Saybolt Furol a 25°C, ssf	D 7496	E 403	20	100		
Estabilidad al almacenamiento, 24 horas, %	D 6930	---	---	1		
Destilación	Contenido de asfalto residual, %		D 6997	E 401	57	---
	Contenido de disolventes, %		D 6997	E 401	---	---
Prueba del tamiz N°20, %	D 6933	E 405	---	0.1		
Carga de la partícula	D 7402	E 407	Positiva			
Mezcla con cemento, %	D 6935	E 410	---	2		
Ensayos sobre el residuo de la emulsión						
Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, dmm	D 5	E 304	40	90		
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	D 113	E 306	40	---		
Solubilidad en tricloroetileno, %	D 2042	E 302	97.5	---		

*Nota:* Municipalidad Provincial Mariscal Nieto (2020)

**Tabla 4***Ensayos y valores mínimos para el agregado a usar*

Ensayos	Método		Propiedad	
	ASTM	AASHTO	Min.	Máx.
Equivalente de arena	D 2419	T 176	45	---
Durabilidad (%), usando Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	C 88	T 104	---	15
Durabilidad (%), usando MgSO <sub>4</sub>	C 88	T 104	---	25
Resistencia a la Abrasión (%)	C 131	T 96	---	35

*Nota:* Municipalidad Provincial Mariscal Nieto (2020)

La prueba de abrasión debe llevarse a cabo en la adición original. El valor agregado debe cumplir con los pulidos aprobados por el MTC.

### 1) Granulometría.

De acuerdo con AASHTO T27 (ASTM C136) y AASHTO T11 (ASTM C117), el grado final del agregado (incluido el relleno mineral) debe cumplir con el grado de la siguiente tabla.

**Tabla 5***Granulometrías recomendadas a usar*

Tamaño de Malla	Porcentaje que pasa		
	Tipo i	Tipo ii	Tipo iii
3/8 - (9.5 mm)	100	100	100
#4 - (4.75 mm)	100	90-100	70 - 90
#8 - (2.36 mm)	90 - 100	65 - 90	45 - 70
#16 - (1.18 mm)	65 - 90	45 - 70	28 - 50
#30 - (600 um)	40 - 65	30 - 50	19 - 34
#50 - (330 um)	25 - 42	18 - 30	12 - 25
#100 - (150 um)	15 - 30	10 - 21	7 - 18
#200 - (75 um)	10 - 20	5 - 15	5 - 15

*Nota:* Municipalidad Provincial Mariscal Nieto (2020)

## 2) Filler Mineral

El filler mineral, también conocido como polvo mineral, es un material utilizado en la industria de la construcción, incluyendo la pavimentación, como un componente de las mezclas asfálticas. El filler mineral se agrega a las mezclas asfálticas para mejorar sus propiedades y características. Algunos de los principales usos y beneficios del mineral de relleno son los siguientes:

1. Mejora de la cohesión: El filler mineral ayuda a mejorar la cohesión de las mezclas asfálticas, necesitará una mejor unión entre los agregados y el asfalto. Esto contribuye a la resistencia y durabilidad del pavimento.
2. Control de la expansión térmica: El relleno mineral puede ayudar a controlar la expansión térmica de las mezclas asfálticas. Al absorber parte de la energía térmica generada por los cambios de temperatura, ayuda a reducir el estrés y las tensiones en el pavimento.
3. Aumento de la estabilidad y resistencia: La incorporación de filler mineral en las mezclas asfálticas contribuye a aumentar su estabilidad y resistencia, mejorando su capacidad de soportar cargas de tráfico y minimizando la deformación permanente.
4. del comportamiento rutinario: El filler mineral ayuda a mejorar el comportamiento rutinario de las mezclas asfálticas, Mejora especialmente en términos de resistencia al deslizamiento y resistencia a la fatiga. Esto resulta en un pavimento más seguro y duradero.
5. Optimización de la gradación de la mezcla: El filler mineral se puede utilizar para ajustar y optimizar la gradación de las mezclas asfálticas, asegurando

una distribución adecuada de los tamaños de los agregados y una mayor densidad de la mezcla.

### 3.2.4. Diseño de Mezcla.

El diseño de mezcla debe cumplir con los parámetros de acuerdo al ISSA (International Slurry Surfacing Association), son los siguientes:

**Tabla 6**

*Pruebas y valores recomendados para diseño de Slurry Seal*

Descripción de ensayo	Número de prueba ISSA	Propiedad	
		Min.	Máx.
Consistencia de Slurry Seal	TB - 106	---	---
Cohesión en Húmedo			
@ 30 minutos mínimo (rotura), kg-cm	TB - 139	12	---
@ 60 minutos mínimo (tráfico), kg-cm	(para sistemas de tráfico rápido)	20	---
Exceso de Asfalto por Adhesión de Arena	TB - 109		
LWT, g/m <sup>2</sup>	(para sistemas de tráfico pesado)	---	538
Desprendimiento en Húmedo, %	TB - 114	90	---
Pérdida por abrasión en Pista Húmeda, l			
hora de remojo, g/m <sup>2</sup>	TB - 100		807
Tiempo de mezclado, s	TB - 113	180	---

*Nota:* Municipalidad Provincial Mariscal Nieto (2020)

El diseño de mezcla es un proceso crucial en la industria de la pavimentación y se refiere a la determinación de la composición y proporciones de los materiales que se utilizarán en una mezcla asfáltica. Un diseño de mezcla adecuado es fundamental para garantizar la resistencia, durabilidad y desempeño del pavimento. A continuación, se describen los principales pasos involucrados en el diseño de mezcla:

1. Análisis de requisitos: En esta etapa, se deben definir los requisitos y especificaciones del proyecto, incluidas las características del tráfico, las

condiciones climáticas, las cargas esperadas y los estándares técnicos aplicables. Esto ayudará a determinar los objetivos de desempeño de la mezcla, como la resistencia al desgaste, la capacidad de drenaje y la durabilidad.

2. Selección de agregados: Se deben seleccionar los agregados adecuados para la mezcla, considerando su tamaño, forma, textura y propiedades físicas y mecánicas. Esto se basará en los requisitos del proyecto y las características del pavimento existente.
3. Selección del asfalto: Se debe el tipo y grado de asfalto adecuado para la mezcla, considerando factores como el clima, las cargas de tráfico y las especificaciones del proyecto. Se puede utilizar asfalto convencional o emulsión asfáltica según las necesidades y condiciones específicas.
4. Determinación de la proporción de agregados: Utilizando pruebas de laboratorio, se determina las proporciones óptimas de los diferentes tamaños de agregados para lograr una gradación adecuada de la mezcla. Esto se realiza considerando las propiedades de compactación y resistencia requeridas.

Los materiales deben cumplir con las siguientes especificaciones.

**Tabla 7***Porcentaje de materiales recomendados por ISSA para diseño de Slurry Seal*

<b>Material</b>	<b>Límite</b>	
Asfalto Residual (% , respecto al peso seco del agregado)	TIPO I	10 – 16
	TIPO II	7.5 – 13.5
	TIPO III	6.5 - 12
Filler mineral (% , respecto al peso seco del agregado)	0.5 – 2.0	
Aditivos	Según se necesite	
Agua	Según se requiera para producir la consistencia correcta de la mezcla ISSA T-160	

*Nota:* Municipalidad Provincial Mariscal Nieto (2020)**3.2.5. Maquinaria y equipos.**

- Camión Micro pavimentador
- Rodillo Neumático autopulsado de 5.5 a más ton.
- Retroexcavadora
- Camión cisterna
- Camión baranda

**3.2.6. Procedimiento de colocación del mortero.**

- 1) La superficie que lo recibirá el tratamiento se limpiará de polvo, barro seco o cualquier otra sustancia que pueda resultar nociva, mediante barreras mecánicas o compresores de aire, solo se permitirá en áreas inaccesibles para equipos mecánicos.
- 2) Los materiales para la preparación del mortero asfáltico, deberán estar lo más cerca posible a la zona de trabajo a intervenir, para disminuir los tiempos de traslado y preparación de la mezcla, estos sectores serán elegidos por el responsable Técnico, con la aprobación del Inspector.

- 3) Revisión previa de la operatividad de las maquinarias que se utilizaran en la preparación del mortero, (retroexcavadora, Camión Cisterna, camión Baranda) , teniendo
- 4) El Camión Micro pavimentador deberá contar con dos operadores, la cual debe ser operarios calificados para el manejo de la maquinaria, tanto la conducción del camión y la operación de la caja esparcidora de expansión variable en movimiento.
- 5) Para el control de la preparación se contará con un servicio de un personal encargado de verificar las proporciones al momento de ejecutar la mezcla de materiales en el camión Micro pavimentador. A su vez se contará con el servicio de personal Calificado en controlar la colocación del mortero y acabados del mismo en el pavimento.
- 6) Se realizará una primera capa (nivelante), la cual servirá para nivelar la altura de desgaste que tenga el asfalto donde se utilizará el tratamiento de slurry, por lo que se empezará con el camión Micro pavimentador colocando la caja esparcidora a una altura 0.00 cm, a nivel del pavimento existente. El ancho de colocación es de 3m.
- 7) La segunda aplicación de mortero se dará con un altar de 1 cm, no será posible hasta que el material extendido en la primera aplicación haya sido completamente curado y sometido al rodillo neumático por lo menos unas 2 horas. Este procedimiento tiene que tener la aprobación y aceptación por parte del inspector, antes de continuar el proceso constructivo.
- 8) El ancho de calzada tiene un ancho promedio de 6m (02 carriles), por cada sentido de vía en las avenidas a intervenir. Por lo que la colocación de la

capa de mortero de 1cm será por ancho de vías de 3 m. que es el ancho de trabajo del camión Micro pavimentador, teniendo que realizar un acabado adecuado para poder unir con el otro carril de 3 m.

- 9) Una vez culminada con la colocación del mortero, se debe proteger la zona trabajada, hasta que la rotura del mortero permita el paso de los rodillos sin que se adhiera a las ruedas, una vez que el rodillo neumático pase por el mortero colocado y con la aprobación del inspector, se liberara el transito correspondiente.

### **3.2.7. Método de medición**

Existen diferentes métodos de medición utilizados en el diseño de mezcla asfáltica para evaluar las propiedades y características de los materiales y la mezcla final. A continuación, se mencionan algunos de los métodos de medición comunes utilizados en el diseño de mezcla:

1. Granulometría de los agregados: Se realiza un análisis granulométrico para determinar la distribución de los tamaños de los agregados utilizados en la mezcla. Esto se lleva a cabo mediante el tamizado de una muestra representativa de los agregados y la medición del porcentaje acumulado de material retenido en cada tamiz.
2. Densidad de los agregados: La densidad de los agregados se mide utilizando métodos como el ensayo de densidad y peso unitario, que involucran la determinación de la masa y el volumen de una muestra de agregados. Esto ayuda a evaluar la calidad y compacidad de los agregados utilizados en la mezcla.

3. Penetración y punto de reblandecimiento del asfalto: Se utilizan pruebas específicas para medir la penetración y el punto de reblandecimiento del asfalto. La penetración se refiere a la profundidad que una aguja penetra en una muestra de asfalto bajo condiciones específicas, mientras que el punto de reblandecimiento es la temperatura a la cual el asfalto alcanza una cierta consistencia.
4. Resistencia a la compresión y flexión: Se realizan ensayos de laboratorio, como el ensayo Marshall, para medir la resistencia a la compresión y flexión de la mezcla asfáltica. Estos ensayos involucran la compactación de muestras de mezcla y la aplicación de fuerzas para determinar su resistencia mecánica.
5. Estabilidad y flujo: La estabilidad y el flujo de la mezcla asfáltica se evalúan mediante pruebas como el ensayo de estabilidad Marshall y el ensayo de flujo Marshall. Estos ensayos determinan la capacidad de la mezcla para resistir deformaciones y su capacidad de fluir bajo carga.

#### **3.2.8. Valorización.**

El monto determinado por el método se pagará a la tarifa unitaria de (M2), de acuerdo con el contrato de mantenimiento, y este pago constituirá la compensación total por el costo del material, equipo, mano de obra y demás elementos necesarios para su correcta ejecución.

La valorización, en el contexto de la construcción y la ingeniería civil, se refiere al proceso de determinar el valor económico de una obra o proyecto. La valorización puede ser realizada por diferentes actores, como ingenieros, tasadores

o entidades financieras, y tiene como objetivo principal determinar el costo de construcción, así como el valor de mercado de la obra.

La valorización de un proyecto de construcción puede involucrar varios aspectos, como:

1. Costos de construcción: Se determinan los costos asociados con la adquisición de materiales, contratación de mano de obra, equipos y maquinaria, permisos y licencias, y otros gastos directos e indirectos relacionados con la construcción del proyecto.
2. Costos de operación y mantenimiento: Se estima el costo esperado de la operación y el mantenimiento a lo largo de la vida útil del proyecto. Esto incluye gastos recurrentes, como servicios públicos, mantenimiento de equipos y reparaciones, y otros costos de funcionamiento.
3. Valor de mercado: Se realiza una evaluación del valor de mercado del proyecto una vez completado. Esto implica considerar factores como la ubicación, la demanda del mercado, las características y calidad de la obra, y otros aspectos que influyen en su valor para los posibles compradores o inversionistas.
4. Rentabilidad: Se evalúa la rentabilidad esperada del proyecto, considerando los ingresos derivados de la venta, arrendamiento o uso del proyecto, así como los costos asociados. Esto se realiza a través de análisis financiero, teniendo en cuenta factores como el período de recuperación de la inversión, el retorno sobre la inversión y la tasa de rendimiento.

La valorización es un proceso complejo que requiere la consideración de múltiples factores y variables. Se debe contar con profesionales especializados en la valorización de proyectos para obtener estimaciones precisas y confiables.

## CONCLUSIONES

En conclusión, la aplicación del slurry seal como tratamiento superficial en pavimentos ofrece varias ventajas y beneficios significativos. Algunas conclusiones importantes de su aplicación son:

**Primera.** Protección y conservación del pavimento: El slurry seal sella grietas y fisuras existentes, impidiendo que se agranden y protegiendo el pavimento contra la infiltración de agua y otros materiales dañinos. Esto ayuda a prolongar la vida útil del pavimento ya prevenir problemas más graves en el futuro.

**Segunda.** Mejora de la seguridad vial: El slurry seal proporciona una superficie con mayor resistencia al deslizamiento, especialmente en condiciones de humedad. Esto contribuye a mejorar la seguridad de los usuarios de la vía al mantener un mejor agarre entre los neumáticos de los vehículos y la superficie del pavimento.

**Tercera.** Restauración de la superficie: El slurry seal ayuda a nivelar pequeñas irregularidades en el pavimento ya proporcionar una superficie más uniforme y estéticamente agradable. Esto mejora la comodidad del viaje, reduce la fatiga del conductor y brinda una apariencia renovada al pavimento.

**Cuarta.** Costo efectividad y rapidez: El slurry seal es una opción más económica en comparación con tratamientos más intensivos como el repapeo o la reconstrucción completa de la vía. Además, su proceso de aplicación es

rápido, lo que minimiza las interrupciones del tráfico y reduce el tiempo de cierre de la vía.

**Quinta.** Sostenibilidad: La aplicación del slurry seal contribuye a la sostenibilidad al prolongar la vida útil del pavimento existente y evitar la necesidad de reconstrucciones completas. Además, su uso de agregados y asfalto emulsionado reduce la demanda de materiales vírgenes y ayuda a aprovechar los recursos disponibles.

En general, la aplicación del slurry seal es una opción efectiva y rentable para el mantenimiento y conservación de pavimentos. Proporciona una serie de beneficios que mejoran la durabilidad, la seguridad vial y la apariencia estética del pavimento, al mismo tiempo que reducen los costos y el tiempo de ejecución.

## RECOMENDACIONES

Recomendaciones para el uso del slurry seal:

**Primera.** Evaluación completa: Antes de aplicar el slurry seal, es importante realizar una evaluación completa del pavimento existente. Esto incluye inspeccionar las grietas y fisuras, evaluar la calidad y la integridad del pavimento, y determinar si el slurry seal es el tratamiento adecuado para el tipo de superficie y las condiciones existentes.

**Segunda.** Preparación adecuada de la superficie: Es crucial preparar la superficie correctamente antes de aplicar el slurry seal. Esto implica limpiar la superficie de polvo, escombros y cualquier otro material suelto, reparar las grietas y fisuras existentes, y realizar cualquier otro trabajo de preparación necesario.

**Tercera.** Selección de materiales adecuados: Asegúrese de seleccionar los materiales adecuados para la mezcla de slurry seal. Esto incluye el tipo de asfalto emulsionado, los agregados finos y cualquier aditivo necesario. Es recomendable seguir las especificaciones y recomendaciones del fabricante y las normativas locales.

**Cuarta.** Aplicación uniforme: Durante la aplicación del slurry seal, asegúrese de mantener una aplicación uniforme en toda la superficie. Utilice equipos y técnicas adecuadas para lograr una distribución uniforme del material y un espesor consistente. Esto ayudará a evitar problemas de calidad y apariencia desigual.

**Quinta.** Tiempo de curado adecuado: Permite que el slurry seal cure adecuadamente antes de abrir al tráfico. El tiempo de curado puede variar según las condiciones climáticas y las características de los materiales utilizados. Asegúrese de seguir las recomendaciones del fabricante en cuanto al tiempo de curado necesario.

**Sexta.** Mantenimiento regular: Después de aplicar el slurry seal, es importante llevar a cabo un programa de mantenimiento regular para prolongar su vida útil. Esto puede incluir el sellado de grietas y fisuras adicionales, la limpieza periódica y el seguimiento del desgaste y el deterioro del pavimento.

**Séptima.** Monitoreo continuo: Realiza un monitoreo continuo del pavimento tratado con slurry seal para evaluar su desempeño a lo largo del tiempo. Esto puede incluir inspecciones visuales periódicas, pruebas de laboratorio y evaluaciones de la calidad del pavimento. Si se observan problemas o deterioro, se deben tomar medidas correctivas de manera oportuna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castro, B. & Sambrano, S. (2020). *Propuesta de empleo de diferentes tecnologías de capa de rodadura para pavimento flexible y en reforzamiento con diferentes tipos de sellado usando el equipo de riego con Slurry Seal y Micro pavimento de la Prefectura del Guayas*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Cote, G. & Villalba, L. (2017). *Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1ra Del Barrio Bocagrande* (Trabajo de grado). Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Dawson, A. & Kolisoja, P. (2004). *Permanent deformation report on task 2.1*. Nottingham: Tampere University Technology.
- Editorial Macro. (2015). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos 1ª Ed.* Lima, Perú: Editorial Macro.
- Fano, J. & Chávez, M. (2017). *Diseño estructural de un pavimento básico reciclado y mejorado con cemento portland para diferentes dosificaciones en el proyecto de conservación vial de Huancavelica* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Guerrero, E. (2014). *Tratamiento superficial de pavimentos con emulsión asfáltica y análisis de costos respecto a placa huella*. Universidad Militar Nueva Granada, Granada, España.

- Higuera-Sandoval, C. (2012). Comportamiento estructural de un pavimento flexible, esfuerzos-deformaciones y deflexiones. *Revista Ingenio*, 5(1), 8-15.
- ICPC. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. Medellín, Colombia: Instituto Colombiano de Productores de Cemento.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2010). *Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Instituto del Asfalto. (1991). *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas (N°19)*. EE.UU.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Moquegua Censos INEI, Resultados definitivos del departamento de Moquegua*. Moquegua, Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Jiménez, M., Ulloa, A. & Múnera, J. (2016). *Guía de diseño de mezcla de laboratorio para los sellos de lechada asfáltica (slurry seals)*. San José: Universidad de Costa Rica LanammeUCR.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018*. Lima, Perú: MTC.

- Municipalidad Provincial Mariscal Nieto. (2020). *Mantenimiento superficial en la calle Prolongación Tacna del Centro Poblado Chen Chen, distrito de Moquegua*. Moquegua, Perú.
- Oficina de Gestión de la Información y Estadística. (2019). *Carpeta Georreferencial Región Moquegua Perú*. Lima, Perú: Oficina de Gestión de la Información y estadística.
- Pérez, J. (2015). Deformaciones permanentes y Fatiga en concretos Asfálticos. *LACCEI Anual International Conference*, 1-9.
- Quintana, J. (2018). *Mortero asfáltico o slurry seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú.
- Reyes-Ortiz, O. & Camacho-Tauta, J. (2008). Influencia de la granulometría en la resistencia al ahuellamiento de mezclas asfálticas. *Ingeniería & Desarrollo*, (23), 26-42.
- Rondón, H. (2018). *Pavimentos materiales, construcción y diseño*. Bogota, Colombia: Ecoe Ediciones (Colombia).
- Salazar, A. (1997). *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. Distrito Federal, México: UNAM.
- Torres, M. (2018). *Tratamiento superficial utilizando Slurry Seal para el mejoramiento de la carretera Santa Rosa a San Francisco de Rio Mayo - 2016* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, Perú.

Torres, Y. (2019). *Comportamiento del Slurry Seal para el mantenimiento de la superficie asfáltica, el Tambo* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.

Universidad Mayor de San Simón (UMSS). (2017). *Manual completo diseño de pavimentos*. Facultad de Ciencias y Tecnología.

Vásquez-Varela, L. & García-Orozco, F. (2021). An overview of asphalt pavement design for streets and roads. *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, (98), 1-17. <https://doi.org/DOI: 10.17533/udea.redin.20200367>

Villanueva, F. (05 de marzo de 2015). *¿Dónde queda Moquegua?* Recuperado de <https://gestion.pe/blog/hoysatiendoprovincias/2015/03/donde-queda-moquegua.html/>