



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL
TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB) Y SLURRY
SEAL, DE LA CARRETERA CACATACHI – CHIRAPA,
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTORES:

ARÉVALO PISCO, Milagros Giomar

DÍAZ VILLALOBOS, Jhoy Rubén

TARAPOTO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi abuelita, tíos que han estado ahí apoyándome siempre, por escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis hermanos MAYRA y MAEL por estar siempre pendientes de una y otra manera. A mis amigos por motivarme siempre a seguir adelante cuando quería decaer.

Y a muchos más que sin su cooperación desinteresada y en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos, sin su apoyo no hubiera sido posible la finalización de este trabajo de investigación.

Milagros Giomar, Arévalo Pisco

De manera especial dedico este proyecto a Dios por la vida y salud, a mi madre porque cada logro alcanzado fue gracias a la formación que recibí de ella, y a mis seres queridos por la motivación constantes que me brindaron para ahora poder decir con seguridad que valió mucho la pena.

Jhoy Rubén, Díaz Villalobos

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, a mi familia, amigos, que, si no los tuviera, mi vida sería un desastre. Gracias por haber forjado a la persona que soy actualmente; los logros que ando consiguiendo se los debo a todos ustedes entre los que se incluyen a este.

Agradecer infinitamente a mis profesores que fueron una fuente de conocimiento muy importante.

Agradecer a nuestro asesor por guiarnos y acompañarnos en esta etapa que se le estará agradecido siempre.

Gracias a todas esas personas que siempre están ahí para mostrarnos su apoyo, infinitamente gracias.

Milagros Giomar, Arévalo Pisco

Por todo el apoyo que recibí y del que siempre estaré en deuda; me gustaría expresar mi gratitud a mi madre, hermanos y verdaderos amigos a quienes considero familia, por darme la mano en cada tropiezo, por ser el motivo para seguir adelante y ayudarme a ser mejor persona día a día.

A mis maestros, quienes durante la vida universitaria no solo fueron una fuente de conocimientos sino también de experiencias, y a nuestra institución que nos permitió culminar con éxito esta carrera.

Jhoy Rubén, Díaz Villalobos

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL
BICAPA (TSB) Y SLURRY SEAL, DE LA CARRETERA CACATACHI – CHIRAPA,
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"**

De los alumnos: **ARÉVALO PISCO MILAGROS GIOMAR Y DÍAZ VILLALOBOS
JHOY RUBÉN**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente
la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **18% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que
estime conveniente.

San Juan, 29 de Noviembre del 2021.










Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética – UCP

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍA CIVIL_2021_TESIS_MILAGROSARÉVALO_JHOYDÍAZ_V1.pdf (D120353660)
Submitted	2021-11-29T16:30:00.0000000
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	18%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://1library.co/document/yj71e8ky-mortero-asfaltico-slurry-seal-tratamiento-superficial-pavimentos-afirmado.html Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 1
W	URL: https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2307/ICIV-CRI-ORT-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 19
W	URL: https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1521/Tesis_Quintana_L%C3%B3pez.pdf?sequence=1&isAllowed=y Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 10
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_ALVARORAMIREZ_V1.pdf Document UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_ALVARORAMIREZ_V1.pdf (D75624868) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com	 5
W	URL: https://es.slideshare.net/castilloaroni/slurry-seal-y-micropavimentos Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 1
W	URL: https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/11537/6823/Peque%C3%B1o%20Otoya%20Daniel%20Andr%C3%A9s.pdf?sequence=1 Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 1
W	URL: https://1library.co/subject/tratamiento-superficial-slurry-seal Fetched: 2021-11-29T16:35:00.0000000	 1

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **N° 769-2021-UCP-FCEI** del 05 de noviembre del 2021, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- | | |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 16:00 horas del día 14 de diciembre del 2021, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB) Y SLURRY SEAL DE LA CARRETERA CACATACHI – CHIRAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN ”.**

Presentado por los sustentantes:

MILAGROS GIOMAR AREVALO PISCO y JHOY RUBEN DIAZ VILLALOBOS

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL.**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS.**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR MAYORÍA CON LA NOTA DE QUINCE (15).**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 14 de diciembre del 2021 a las 16.00 p.m.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	3
APROBACIÓN	4
RESUMEN	9
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	13
1.1 Introducción	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	14
2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES	14
2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES	17
2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES	21
2.2 BASES TEÓRICAS	22
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	51
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	55
3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	55
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	55
3.2.1 PROBLEMA GENERAL	55
3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	56
3.3 OBJETIVOS	56
3.3.1 OBJETIVO GENERAL	56
3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	56
3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.5 HIPÓTESIS	57
Hipótesis General	57
3.6 VARIABLES	57
Variable Independiente:	57
Variable dependiente:	57
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	58
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	58
4.1.1 Tipo de Investigación	58
4.1.2 Diseño de Investigación	58
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	58
4.2.1 Población	58
4.2.2 Muestra	59

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTO Y PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	59
4.3.1 Técnicas.....	59
4.3.2 Instrumentos.....	59
4.3.3 Procedimientos.....	59
4.3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	60
CAPÍTULO V: MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
CAPÍTULO VI: RESULTADOS.....	62
6.1 Diseño de tratamiento superficial con slurry seal.....	62
6.2 Diseño de tratamiento superficial doble o bicapa.....	64
6.3 Análisis económico.....	68
6.4 Análisis de Precios Unitarios.....	69
6.5 Costo Directo.....	71
6.6 Costos de mantenimiento.....	74
CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
8.1. Conclusiones.....	79
8.2. Recomendaciones.....	80
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Huellas / hundimiento sensible al usuario, pero < 5 cm	31
Ilustración 2: Huellas/hundimientos entre 5 cm y 10 cm	31
Ilustración 3: Huellas/hundimientos >= 10 cm.....	31
Ilustración 4: Sensible al usuario, pero < 5 cm.....	33
Ilustración 5: Profundidad entre 5 cm y 10 cm	33
Ilustración 6: Profundidad >= 10 cm.....	33
Ilustración 7: Pueden repararse por mantenimiento rutinario.....	35
Ilustración 8: Necesita una capa de material adicional	35
Ilustración 9: Necesita una reconstrucción.....	35
Ilustración 10: Sensible al usuario, pero < 5 cm.....	36
Ilustración 11: Lodazal	37
Ilustración 12: Cruce de Agua.....	38
Ilustración 13: Tipos de tratamientos superficiales con agregado.....	41
Ilustración 14: Análisis de precio unitario de la partida “RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)”	69
Ilustración 15: Análisis de precio unitario de la partida “CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE”	70
Ilustración 16: Análisis de precio unitario de la partida “SLURRY SEAL”	70
Ilustración 17: Análisis de precio unitario de la partida “IMPRIMACION ASFALTICA”	70
Ilustración 18: Análisis de precio unitario de la partida “TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA”	71
Ilustración 19: Presupuesto Slurry Seal	71
Ilustración 20: Presupuesto Bicapa.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Granulometría para cada tipo de afirmado.....	28
Tabla 2: Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas	29
Tabla 3: Especificaciones Técnicas de los ensayos para los agregados utilizados en los tratamientos superficiales	42
Tabla 4: Rangos de gradación para tratamientos superficiales	42
Tabla 5: Especificaciones del cemento asfáltico	43
Tabla 6: Requisitos de material bituminoso diluido de curado medio.....	43
Tabla 7: Requisitos de material bituminoso diluido de curado rápido	44
Tabla 8: Cantidades aproximadas de material para tratamiento superficial simple (TS).....	44
Tabla 9: Requerimientos para los agregados	49
Tabla 10: Granulometría de los agregados.....	49
Tabla 11: Requerimientos y resultados del agregado para el tratamiento superficial slurry seal.....	62
Tabla 12: Análisis granulométrico del agregado para el tratamiento superficial slurry seal.....	63
Tabla 13: Requerimientos y resultados de la emulsión asfáltica para el tratamiento superficial slurry seal.....	63
Tabla 14: Requerimientos y resultados del agua para el tratamiento superficial slurry seal.....	64
Tabla 15: Dosificación por metro cuadrado de tratamiento superficial slurry seal	64
Tabla 16: Requerimientos y resultados de los agregados para el tratamiento superficial bicapa	64
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado (primera aplicación) para el tratamiento superficial slurry seal.....	65
Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado (segunda aplicación) para el tratamiento superficial slurry seal.....	66
Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado (arena) para el tratamiento superficial slurry seal.....	66
Tabla 20: Requerimientos y resultados de la emulsión asfáltica para el tratamiento superficial bicapa.....	67
Tabla 21: Dosificación por metro cuadrado de tratamiento superficial bicapa .	67
Tabla 22: Resumen de metrados del tratamiento superficial con slurry seal ...	68
Tabla 23: Resumen de metrados del tratamiento superficial doble o bicapa ...	69
Tabla 24: Costos según el tipo de mantenimiento alternativa 1	75
Tabla 25: Costos según el tipo de mantenimiento alternativa 2.....	75
Tabla 26: Costos de mantenimiento alternativa 1	75
Tabla 27: Costos de mantenimiento alternativa 2	76
Tabla 28: Costos de construcción y mantenimiento de cada alternativa.....	76

RESUMEN

En el presente proyecto de investigación se realiza el “EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA (TSB) Y SLURRY SEAL, DE LA CARRETERA CACATACHI – CHIRAPA, DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN” como una alternativa de aplicación de un tratamiento superficial a la vía.

Para ello, se realizó diseños de ambos tipos de tratamiento superficial con Slurry Seal y Bicapa, para las mismas condiciones de tránsito, terreno de fundación, a partir de cada uno de los diseños obtenidos y las cantidades de materiales a utilizarse, se realizó la comparación de costos.

Por otro lado, la parte técnica analiza la eficacia y el comportamiento durante su periodo de diseño.

Finalmente, realizando la evaluación técnica-económica el tratamiento superficial con Slurry Seal refleja ser la alternativa más rentable y con mejor desempeño durante su vida de diseño.

El objetivo general es determinar la evaluación técnica - económica del tratamiento superficial con Slurry Seal y Bicapa, según su diseño y dosificación. Como objetivos específicos tenemos: evaluar y determinar técnicamente el tratamiento superficial con Slurry Seal y Bicapa, Analizar económicamente el tratamiento superficial con Slurry Seal y Bicapa.

Se concluye que al realizar la comparación económicamente el tratamiento superficial con Slurry Seal resulta ser más rentable, de acuerdo a las mismas condiciones de tráfico y suelo empleados para el tratamiento superficial bicapa.

Es muy importante que el buen mantenimiento y consideraciones de elementos de drenaje ayudará a cumplir el periodo de diseño del tratamiento superficial. Al realizar el análisis técnico es muy necesario considerar las condiciones que ofrece la zona de estudio para elegir el tratamiento superficial más adecuado. Al realizar el análisis económico aplicando la metodología del análisis de precios unitarios, se concluye que la mejor alternativa de tratamiento superficial es el Slurry Seal.

Todo este análisis técnico y económico permite finalmente conocer la alternativa más rentable, menos contaminante y que se pueda ajustar a las condiciones reales de la zona del proyecto. La carretera Cacatachi - Chirapa es de mucha importancia en la región ya que resulta ser un atractivo turístico y se desarrolla la agricultura, entre otras, por lo tanto, mejorar la transitabilidad, detener el deterioro, brindar seguridad y comodidad al transeúnte.

De este modo con cada uno de los resultados obtenidos al finalizar esta investigación, se tendrá una forma de trabajo más económica, menos contaminante y de buena calidad, que servirá de ejemplo para el resto de las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito que se realizan en nuestro país.

Palabras claves: alternativa, emulsión, deterioro, slurry seal, bicapa.

ABSTRACT

In this research project, the "TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE BICAPA SURFACE TREATMENT (TSB) AND SLURRY SEAL, OF THE CACATACHI - CHIRAPA ROAD, SAN MARTÍN DEPARTMENT" is carried out as an alternative of applying a surface treatment to the road.

For this, designs of both types of surface treatment were made with Slurry Seal and Bilayer, for the same traffic conditions, foundation terrain, from each of the designs obtained and the amounts of materials to be used, the comparison was made cost.

On the other hand, the technical part analyzes the efficiency and the behavior during its design period.

Finally, performing the technical-economic evaluation, the surface treatment with Slurry Seal reflects being the most profitable alternative with the best performance during its design life.

The general objective is to determine the technical - economic evaluation of the surface treatment with Slurry Seal and Bilayer, according to its design and dosage. As specific objectives we have: to evaluate and technically determine the surface treatment with Slurry Seal and Bilayer, economically analyze the surface treatment with Slurry Seal and Bilayer.

It is concluded that when making the economic comparison the surface treatment with Slurry Seal turns out to be more profitable, according to the same traffic and soil conditions used for the bilayer surface treatment.

It is very important that good maintenance and considerations of drainage elements help to meet the design period of the surface treatment. When carrying out the technical analysis, it is very necessary to consider the conditions offered by the study area to choose the most suitable surface treatment. When conducting the economic analysis applying the unit price analysis methodology, it is concluded that the best alternative for surface treatment is Slurry Seal.

All this technical and economic analysis finally allows us to know the most profitable, less polluting alternative that can be adjusted to the real conditions of

the project area. The Cacatachi - Chirapa highway is of great importance in the region since it turns out to be a tourist attraction and agriculture is developed, among others, therefore, improving the walkability, stopping the deterioration, providing safety and comfort to the passerby.

In this way, with each of the results obtained at the end of this research, there will be a more economical, less polluting and good quality way of working, which will serve as an example for the rest of the unpaved roads with low traffic volume that are carried out. In our country.

Keywords: alternative, emulsion, deterioration, slurry seal, bilayer.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Los caminos tienen impacto en la sociedad, en la economía y directamente sobre el sistema de transporte, ya que permite el acceso a servicios básicos, aumenta la seguridad, brinda mayor comodidad, disminuye el tiempo de viaje, reduce costos de operación vehicular, en resumen, mejora la calidad de vida de los usuarios.

Actualmente esta carretera presenta diferentes tipos de daños, entre ellos tenemos: ahuellamientos, erosión, etc. Estas anomalías que se pueden apreciar en la vía cada día empeoran la transitabilidad y peor aún en épocas de lluvia, se torna un peligro transitar debido a que al erosionarse pierde la estructura colocada y su propiedad de fricción.

Debido a esto se han estado viendo propuestas de cómo mejorar este problema que es la transitabilidad en lo largo de esta carretera. Uno de los problemas es que a nivel de Provías es difícil de ver que se plantee un proyecto de mejoramiento de esta carretera con mezclas asfálticas en caliente debido a su elevado costo ya que siendo el volumen vehicular alto no es lo suficiente como para poder acatar esta solución.

Lo que se está viendo es que a nivel regional o distrital el cual tiene menos presupuesto se pueda presentar un proyecto que sea de gran mejora pero de bajo costo por lo cual en la siguiente investigación se presenta como alternativa de solución dos tratamientos superficiales: Slurry Seal y Bicapa, es por esta razón que surge una evaluación del estado actual de la carretera Cacatachi - Chirapa, para optar por la que presente un mejor comportamiento frente a los factores destructivos, en base a esto se realizará un análisis técnico – económico correspondiente con el fin de determinar cuál de las alternativas es la más apropiada como superficie de rodadura; para lo cual se realizarán estudios de laboratorio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

- Según (Álvarez Dueñas, 2011) en la tesis de posgrado titulado: "**Uso de los Morteros Asfálticos en Vías: Colocación del mortero asfáltico Slurry Seal en la vía La Armenia – Pacto tramo Gualea Cruz – Pacto**". Byron Rubén Álvarez Dueñas ex alumno de la universidad San Francisco de Quito.

La exploración tiene como objetivos mostrar una correcta metodología del uso de Slurry Seal como opción de un sistema preventivo para darle un mantenimiento a los diferentes tipos de vía según su clase. De igual manera muestra como objetivos específicos revisar las especificaciones de MOP – 001 – F -2002 para lo que concierne a morteros asfálticos, hacer el diseño de la capa con el mortero propuesto, analizar las ventajas que este tiene en carreteras de primer, segundo y tercer orden. Finalmente compararlo con otros tipos de tratamientos superficiales tanto técnica como económicamente lo cual es lo que se busca en la presente investigación.

Este antecedente tiene como conclusión en la comparación de costos del Slurry Seal con respecto al otro tratamiento superficial que en este caso se propuesto el Doble Tratamiento Superficial Bituminoso , se obtuvo que el costo del Slurry Seal aumento en un 25 % con respecto al presupuesto para elevar la vida útil debido a que puede existir lavado del material y en cuanto al otro tratamiento aumenta en un 60 % por lo que los precios difieren en 197,528.64 dólares, siendo así un ahorro de 39.70% con respecto al otro tratamiento superficial.

- Con referencia a nuestro tema de investigación, tenemos una publicación de la **Universidad de Costa Rica, del Programa de Infraestructura de Transporte (PITRA), titulada “Tratamientos Superficiales como Alternativa en Rutas de Lastre, 2017”**, que llegan a las siguientes conclusiones:

- A partir de la revisión bibliográfica realizada, resulta interesante observar cómo países con mayores recursos económicos deciden ahorrar en infraestructura vial, al emplear soluciones que permiten obtener un producto de calidad a un menor costo. Se considera necesario que en Costa Rica se pueda contar con estas alternativas, especialmente en rutas de bajo volumen de tránsito.
 - Uno de los aspectos más llamativos de la construcción de tratamientos superficiales es su buena relación costo/desempeño. Esto se refleja en el proyecto estudiado, donde se comenta que el ahorro con respecto a la construcción de una carpeta asfáltica fue de 75%. Además de esto, se espera que la vida útil del tratamiento esté entre cinco y siete años.
 - El uso de tratamientos superficiales puede adaptarse a las condiciones de regularidad requeridas por la administración, por ejemplo: si se desea un acabado más regular, se podría colocar una segunda capa de agregado fino.
 - Finalmente, se considera un buen parámetro para evaluar con detalle la conveniencia del uso de tratamientos superficiales como alternativa a las rutas de lastre, la construcción de un tramo de prueba similar al proyecto estudiado, utilizando las emulsiones y procedimientos constructivos adecuados.
- **Castiblanco, J. (2015)** presenta: **Una investigación que tuvo como objetivo suministrar un tipo de soporte técnico relacionado con los conceptos teóricos y prácticos, de la utilización de los sellos de lechada asfáltica o micro pavimentos “Slurry Seals”, para la implementación de esta alternativa de preservación en vías del orden terciario, o municipales.**

Menciona que las lechadas asfálticas y los micro pavimentos cumplen objetivos similares para: proteger las capas inferiores, rejuvenecer e impermeabilizar la superficie de rodadura, incrementar la seguridad puesto que corrige la textura superficial, corregir pérdida de áridos gruesos y finos, mejorar la apariencia dando un mayor valor estético, entre otros.

Sin embargo, el autor define el término lechada asfáltica a la mezcla de agregado, emulsión asfáltica de quiebre lento, agua y aditivo, cuyo espesor se encuentra en el rango de 3 a 10mm. Mientras que el micro pavimento es considerado como una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímeros y agregados triturados, finos minerales, agua y aditivo, cuyo espesor varía en el rango de 10 a 50mm.

Además, el micro pavimento es una alternativa económica para adecuación de vías urbanas y especialmente rurales; menciona también "que en este tipo de pavimentos se pueden utilizar las capas subrasantes de las vías existentes que a nivel rural en su gran mayoría están a nivel de afirmado".

El autor concluye que la versatilidad de los micro pavimentos "slurry Seals" reduce el deterioro de las vías y su costo de mantenimiento, es una solución para sellar pavimentos que se encuentran en avanzado estado de oxidación, restaurar la textura superficial, proveer de mayor resistencia al deslizamiento y corregir el desprendimiento de partículas o raveling.

Económicamente hablando, los costos de operación y de conservación son menores con relación a una carretera afirmada, justificando así la inversión de esta intervención, puesto que cumple el requisito básico que es la impermeabilización de las capas granulares.

- Según **(Amaya León & Pulido Roncancio, 2015)** en la tesis de posgrado titulado: **"Estudio de tratamiento superficial con Slurry Seal para conservación de pavimentos flexibles, incorporando gravas finas para mejorar características de textura superficial"**. Luis Fernando Amaya León & Fredy Alejandro Pulido Roncancio ex alumnos de la Universidad Católica de Colombia.

En esta investigación se tiene como objetivo mostrar la técnica de rehabilitación y mejoramiento de vías con un tratamiento superficial en este caso Slurry Seal la cual pretende tener un mejor comportamiento con relación a otras mezclas asfálticas.

También en esta se presentarán el correcto proceso de aplicación de esta tecnología usada en la investigación la cual se propone para un mantenimiento preventivo y rehabilitación de superficies de pavimentos realizados con mezclas asfálticas.

Como conclusión de la investigación se tuvo que el tratamiento superficial propuesto en la investigación es la mejor alternativa que se tiene en lo que concierne a rehabilitación de pavimentos de cemento asfáltico debido a su fácil colocación y preparación in situ, de igual manera mejora en una reducción de costos para la rehabilitación ya que se aumentará la vida útil del pavimento de cemento asfáltico.

- **(AASHTO 93)**, El American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), es un organismo que establece diversos tipos de normas que publica para luego ser utilizadas en el diseño y la construcción de autopistas en todo Estados Unidos y en el Mundo. A pesar de su nombre, la asociación representa no solo carreteras, sino también transporte aéreo, ferroviario, acuático y público. Ésta norma nos ayudará a ver los parámetros, fórmulas que existen para la ejecución de la presente investigación

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

- Según **(Acero Carrión, 2011)** en la tesis de posgrado “**Evaluación del desempeño de tratamientos superficiales en carreteras de bajo volumen de tránsito-tramo Zúñiga – DV. Yauyos**”. Eugenia Marina Acero Carrión ex alumna de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Esta investigación tiene como objetivo general comparar dos tipos de tratamientos superficiales que son similares a los que se evaluarán en esta tesis, las cuales son Slurry Seal y Monocapa. También propone como segundo objetivo general elegir el tratamiento más adecuado para una vía de bajo volumen de tránsito. Como objetivos específicos se tiene sectorizar las áreas que serán evaluadas, mantener una evaluación secuencial a lo largo de 3 meses, caracterizar los

materiales y evaluar económicamente la utilización estos tratamientos superficiales.

En esta investigación se tuvieron como conclusiones que el trato con tratamiento superficial monocapa presenta un menor desempeño en comparación con el tramo con tratamiento superficial Slurry Seal y también con la evaluación que se hizo el IRI que se obtuvo luego de aplicar tratamiento superficial por Slurry Seal fue de 2% más que su IRI inicial en cuanto al tratamiento superficial monocapa se tuvo un 10% más de afectación con relación al IRI inicial, lo cual nos dice que el tratamiento superficial por Slurry Seal presenta un mejor desempeño.

➤ **Quintana, Jackeline (2018).** En su tesis titulada “**Mortero Asfáltico o Slurry Seal Como Tratamiento Superficial para Pavimentos de Afirmado**”, - **Universidad Ricardo Palma – Perú**. Presenta las siguientes conclusiones:

- Luego de realizar la investigación bibliográfica de estándares internacionales y nacionales, se concluye que el slurry seal, cuya traducción al español es lechada asfáltica, es sinónimo del término específico mortero asfáltico definido como: mezcla de agregados pétreos, agua, emulsión asfáltica, polvo mineral y aditivos; regida por la especificación técnica International Slurry Surfacing Association ISSA A105 (Slurry seal).
- Asimismo, se concluye que la aplicación primigenia de lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal, sello fue para conservación de pavimentos flexibles, sin embargo, su uso se ha extendido a tratamiento superficial en caminos de bajo volumen de tránsito y como actividad periódica de conservación de afirmados para el control de polvo cuya finalidad es impermeabilizar y mejorar la adherencia de los vehículos a la superficie de ruedo.
- Mediante el experimento a escala real se demostró que el diseño de afirmado NAASRA permite colocar lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal (12mm) como supresor de polvo sin

necesidad del recalcularse el espesor de agregados puesto que el ahuellamiento experimental es menor que el permisible (2") con la condición de que el material de afirmado tenga un CBR igual a 80 como lo establece NAASRA (AUSTROADS).

- Finalmente, al haber realizado el análisis de la definición, aplicación de lechada asfáltica, mortero asfáltico, slurry seal y sello en caminos no pavimentados y pavimentados llegándose a la conclusión que, como los estándares nacionales e internacionales son semejantes se puede colocar mortero asfáltico en caminos no pavimentados y pavimentados; en esta investigación se hace hincapié su uso en caminos de bajo volumen de tránsito de tipo afirmado como supresor de polvo.
- Según **(Quintana López, 2018)** en la tesis de posgrado **“Mortero Asfáltico o Slurry Seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado”**. ex alumna de la Universidad Ricardo Palma. En esta investigación se tiene como objetivo evaluar los parámetros nacionales e internacionales para el uso de mortero asfáltico en una vía que no se encuentra pavimentada y otra que si lo está para poder analizar el diseño del afirmado con el tratamiento superficial Slurry Seal y ver su desempeño de este como supresor de polvo. En la investigación se concluyó que el mortero asfáltico se puede aplicar tanto los pavimentos flexibles como en afirmados, de igual manera se tuvo como conclusión de que en los dos métodos que se tiene de aplicación que son de construcción o conservación funcionan favorablemente aumentando la vida útil del pavimento y sella la superficie de la rodadura.
- Según **(Rimaicuna Chuquicusma, 2018)** en la tesis de posgrado **“Mantenimiento periódico para el pavimento asfáltico del tramo de la carretera nacional, EMP.PE-1NL desde Sajino (km. 0+000)-C.P La Saucha (km. 5+600), distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, 7 departamento de Piura”**. Cesar Efraín Rimaicuna Chuquicusma ex alumno de Universidad Nacional de Piura.

En la siguiente investigación se tiene como objetivo general proponer una opción de mantenimiento para la vía EMP.PE en el tramo desde Sajino hasta La Saucha. Como objetivos específicos de tiene verificar la situación de la carretera mencionada en el objetivo general, de igual manera verificar si se puede realizar un mantenimiento periódico en la vía mencionada e identificar las opciones de resolver la situación en la que se encuentra la vía. Como conclusión se obtuvo que se tuvieron resultados del estado de la carretera con el método de PCI, se propuso como solución la aplicación de tratamientos superficiales para conservar el pavimento flexible.

- **Aguilar & Salas (2012)** señalan en la tesis titulada “**Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-YunguyoKasani**”, tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil por la Universidad Católica de Santa María – Perú, tiene por objetivo principal, presentar una solución que garantice la serviciabilidad de la vía una vez que este ejecutado, colaborando de esta manera con el desarrollo económico de los centros poblados aledaños.
- **(Pineda, 2015)**, en su tesis de pregrado “**Análisis Superficial de Pavimentos para el Mantenimiento De Vías en la Región de Puno**” habla sobre el estudio que se realizó donde define un diagnóstico detallado de los daños sufridos por varios proyectos de pavimentos flexibles en la región de Puno, fue necesario realizar una inspección minuciosa de las vías a evaluar, en la que se evidencia deterioros en la superficie de rodadura de nivel de severidad baja, media y alta en algunos casos, lo que justifico elaborar la identificación, clasificación y monitoreo de las fallas superficiales encontradas.

La mayoría de las carreteras mantenidas y rehabilitadas, se han deteriorado prematuramente disminuyendo la condición y el nivel de serviciabilidad del pavimento, demandando trabajos correctivos y complementarios antes de lo previsto. Las causas están referidas al tráfico proyectado de forma inadecuada, mala valoración de la

subrasante, condiciones de drenaje, condiciones ambientales no consideradas, entre otras.

La región Puno, cuenta con variedad de diseños en pavimentos flexibles, que en su mayoría no han cumplido con el ciclo de vida para el cual fueron diseñados. Por ello es importante la conservación a través de mantenimiento rutinario, periódico y/o rehabilitación de las vías, que permitirán brindar a los usuarios seguridad, comodidad y menor tiempo de transporte. De esta manera se logrará mejorar notablemente el nivel de servicio de las vías.

- **(Comunicaciones, 2014)**, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones desarrolló un manual para que el diseñador peruano pueda ver los criterios homogéneos que proporciona éste en materia de suelos y pavimentos que faciliten la aplicación en el diseño de las capas superiores y de la superficie de rodadura en carreteras no pavimentadas y pavimentadas, en ella encontraremos cuadros, parámetros, recomendaciones, fórmulas para el diseño y construcción de pavimentos en todo el Perú.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

- **Ramírez Trigoso, Álvaro**, con su tesis **“Evaluación Técnica y de costo entre los Tratamientos Superficiales Otta Seal Y Slurry Seal, para Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito en el Departamento de San Martín - 2019”** en sus conclusiones indica lo siguiente:
 - Los pavimentos económicos para el mantenimiento periódico de las carreteras de la red vial nacional, como el Otta Seal y Slurry Seal se clasifican como carreteras pavimentadas, como lo indica el Manual de Carreteras DG-2018.
 - El SLURRY SEAL, en el manual de especificaciones técnicas EG2013, se denomina lechada asfáltica, y su uso corresponde técnicamente a un mantenimiento periódico de un pavimento asfáltico, sin embargo, en este caso se coloca sobre una base

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Normas y procedimientos que rigen las especificaciones técnicas para construcción, diseño, mantenimiento y conservación de carreteras.

➤ **MTC, 2008. Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (208 p.)**

Dentro de su rol normativo y fiscalizador, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, tiene como función formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras y ferrocarriles, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales.

En este contexto, el MTC ha elaborado el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, teniendo en consideración que estas carreteras son de gran importancia en el desarrollo local, regional y nacional, por cuanto el mayor porcentaje de la vialidad se encuentra en esta categoría.

➤ **MTC, 2013. Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas generales para la Construcción (1274 p.)**

El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción”, constituye uno de los documentos técnicos de carácter normativo, rige a nivel nacional y es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local. El Manual de “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” tiene por finalidad uniformizar las condiciones, requisitos, parámetros y procedimientos de las actividades relativas a las obras de infraestructura vial, con el propósito de estandarizar los procesos que conduzcan a obtener los mejores índices de calidad de la obra, que a su vez tienen por objeto prevenir y/o evitar las probables controversias que se generan en la administración de los contratos.

➤ **MTC, 2013. Manual de Carreteras – Conservación Vial (Volumen1, Volumen 2 y Volumen 3) Ed. 2013. (1243 p.)**

Este Manual de Conservación Vial, tiene como finalidad brindar los criterios apropiados que se deben aplicar para la gestión del conjunto de actividades técnicas de naturaleza rutinaria y periódica, que se ejecuten en las vías para que éstas se conserven en niveles de servicio adecuados, incluyendo los puentes, túneles y demás elementos que forman parte de la vía.

La Conservación vial puede definirse como el conjunto de actividades de obras de ingeniería vial, que requieren realizarse de forma inmediata cada vez que se detecta un deterioro del camino, y que debe ser subsanado en el mínimo tiempo de ejecución desde el momento en que es detectado. Por esta causa, el monitoreo diario del camino en forma visual es la actividad de rutina básica de la conservación vial; y da su nombre de "conservación rutinaria" al conjunto de actividades de corrección inmediata de defectos. La segunda parte denominada "conservación periódica", está conformada por obras que acumulan aspectos que no pueden ser de reparación inmediata, pero que, si son visibles y en base a la experiencia y demanda del tráfico, son programables para ser realizadas por tramos viales, cuya prioridad se certifica en el campo en función de los registros de estado del camino.

En el presente Manual se presenta un catálogo de deterioros viales, su objetivo es clasificar y cuantificar de las carreteras no pavimentadas (afirmadas).

- **En el Perú, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)** tiene como función emitir las normas para diseño y construcción de carreteras para redes viales nacional, departamental o regional y vecinal o rural. Por esta razón, nuestra base teórica está conformada por los manuales del MTC que tienen carácter de cumplimiento obligatorio según el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado con Decreto Supremo N°034-2008-MTC publicado el año 2008 con modificatoria de 28-05-2013. Para efectos

de nuestro tema, referido a la colocación del Slurry Seal sobre un afirmado, se basa en los siguientes Reglamentos o Manuales:

- Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos (MTC)
- **Pautas metodológicas** para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. (MEF).

2.2.2 Carreteras no pavimentadas

Definición

Son aquellas que tienen un IMD de hasta 200 vehículos por día, poseen una superficie de rodadura de material granular y son de gran importancia para el desarrollo local, regional y nacional. (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018).

Clasificación

Según el (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018) de acuerdo con las capas superiores y superficie de rodadura se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Carreteras de tierra, constituidas por suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo.
- Carreteras gravosas, constituidas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, seleccionado manualmente o por zarandeo, de tamaño máximo de 75mm.
- Carreteras afirmadas, constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25mm.
- Carreteras con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:

Características

Son mencionadas en la siguiente tabla:

Carretera de BVT	IMD	Ancho de Calzada (m)	Estructuras y Superficie de Rodadura Alternativas (**)
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado
T2	51 – 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 – 50	1 carril (*) o 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra) En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: (MTC, Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018)

2.2.3 Tratamiento Superficiales

Según, Edween Mauricio Guerrero Velosa (2014)

Un tratamiento superficial consiste en un pavimento asfáltico construido en forma estratificada y compactada, conformado por un producto bituminoso y un agregado pétreo, que se ubican por separado, el cual dependiendo del número de capas se conocen como de un solo riego, doble riego y triple riego.

Los principales objetivos que se buscan con los tratamientos superficiales son los siguientes:

- Obtener una carpeta asfáltica que proteja el pavimento contra el efecto abrasivo de los neumáticos, conservando así durante varios años la capacidad portante del pavimento, transmitiéndola a la estructura.

- Proteger la estructura vial contra las acciones climáticas, especialmente el agua.
- Proporcionar a la superficie de rodadura cierta rugosidad para evitar el deslizamiento tanto longitudinal como transversal de los vehículos.

Para lograr buenos resultados en los tratamientos superficiales, es necesario que la superficie que se va a intervenir tenga adecuadas condiciones de textura y posea en toda su longitud una estructura suficiente que disipe todos los esfuerzos producidos por el tránsito.

Ventajas

- Es un ligante frío, que evita altos costos y consecuencias que produce la utilización de ligantes que deben almacenarse y distribuirse en caliente.
- Con emulsión, los riesgos que se corren en el trabajo por tiempo frío y lluvioso disminuyen notoriamente, esto es evidente por cuanto dicho ligante no necesita para estabilizarse una lenta evaporación de solventes.
- La adherencia es en general mejor, gracias al recubrimiento de los agregados pétreos por la base acuosa, cualquier otro ligante por el contrario tiene tendencia a coagularse al hacer contacto con los agregados.
- Con emulsiones catiónicas la adherencia es mucho mejor si los materiales pétreos que se van a utilizar son de naturaleza ácida como cuarcitas o sílices.
- Los tratamientos superficiales ejecutados con emulsiones catiónicas permiten dar al servicio casi de inmediato el tráfico de vehículos.

- Los riesgos de exudación se disminuyen notablemente, por cuanto la emulsión está constituida con base en asfalto puro o muy poco fluido

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2018), en su Manual Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2018), en el Capítulo IV: Pavimentos, sección 418: Tratamientos superficiales señala que "...consiste en la colocación de una o más capas de tratamientos superficiales (asfalto, agregados y de ser el caso, aditivos) sobre la superficie de una base imprimada o cualquier otra". Además, el MTC (2018).

2.2.4 Superficie de Rodadura (Capa de Afirmado)

Según el (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018):

- Define el afirmado como una mezcla de tres tipos de material: arena (para llenar vacíos entre las piedras), piedra (para soportar las cargas del tráfico) y arcilla (para cohesionar los materiales de la capa de afirmado).
- Hay dos aplicaciones del uso de afirmado, como superficie de rodadura o como colchón anticontaminante.
- En la tabla siguiente, se distinguen los tipos de afirmado y su espesor, la aplicación estará en función del IMD:

Tabla 1: Granulometría para cada tipo de afirmado

Porcentaje que pasa del tamiz	Tráfico T0 y T1: Tipo 1 IMD<50 veh.	Tráfico T2: Tipo 2 51 - 100 veh.	Tráfico T3: Tipo 3 101 - 200 veh.
50 mm (2")	100	100	
37.5 mm (1 1/2")		95 - 100	100
25 mm (1")	50 - 80	75 - 95	90 - 100
19 mm (3/4")			65 - 100
12.5 mm (1/2")			
9.5 mm (3/8")		40 - 75	45 - 80
4.75 mm (Nº 4)	20 - 50	30 - 60	30 - 65
2.36 mm (Nº 8)			
2.00 mm (Nº 10)		20 - 45	22 - 52
4.25 um (Nº 40)		15 - 30	15 - 35
75 um (Nº 200)	4 - 12	5 - 15	5 - 20
Índice de plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9

Fuente: (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018)

Se deben satisfacer los siguientes ensayos:

Abrasión Los Ángeles : 50% máx. (MTC E-207)

Limite Líquido : 35% máx. (MTC E-110)

CBR : 40% mín. (MTC E-132)

Durante el periodo húmedo, en la superficie de rodadura pueden notarse pequeñas huellas que después de la lluvia se secarán y endurecerán (por efecto del sol y el viento). Si es que la capa de afirmado presenta una gran cantidad de finos, si la humedad llega hasta el nivel de la grava, esta capa perderá resistencia y estabilidad, generando ahuellamientos. (Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, 2018)

Con la finalidad de mantener y prolongar la vida útil de la carretera, se estudiarán el empleo del uso de la imprimación asfáltica y también el uso de tratamiento superficiales.

2.2.5 Evaluación y deterioro en carreteras no pavimentadas

Las carreteras no pavimentadas experimentan un deterioro más acelerado en comparación de las carreteras pavimentadas. Los finos al

mezclarse con el agua se adhieren a los agregados gruesos y con la acción del tráfico pueden llegar a pulverizarse (en condiciones secas). Estos finos aparecen como polvo y por su pérdida constante, dejan a los agregados gruesos de manera suelta ante el tráfico vehicular, y es así que la superficie de rodadura empieza a sufrir desgaste progresivo, dando lugar a las deformaciones, baches, erosiones.

2.2.6 Manual de Carreteras – Conservación Vial (Volumen1, Volumen 2 y Volumen 3) del MTC (2018)

En el capítulo 4 del Manual de Carreteras – Conservación Vial (Volumen1, Volumen 2 y Volumen 3) del MTC (2018). Se establece el proceso para calificar la condición de las carreteras no pavimentadas (afirmadas), considerando cada tipo de deterioro o falla según el nivel de gravedad de dicho tipo.

Tabla 2: Deterioros o fallas de las carreteras no pavimentadas

Código de daño	Deterioros/Fallas	Gravedad
1	Deformación	1: Huellas/hundimientos sensibles al usuario, pero < 5cm 2: Huellas/hundimientos entre 5 cm y 10 cm 3: Huellas/hundimientos >= 10 cm
2	Erosión	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5 cm 2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm 3: Profundidad >= 10 cm
3	Baches (Huecos)	1: Pueden repararse por conservación rutinaria 2: Se necesita una capa de material adicional 3: Se necesita una reconstrucción
4	Encalamiento	1: Sensible al usuario, pero profundidad < 5 cm 2: Profundidad entre 5 cm y 10 cm 3: Profundidad >= 10 cm
5 y 6	Lodazal y cruce de agua	1: Transitabilidad baja o intransitabilidad en épocas de lluvia No se definen niveles de gravedad

Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

a) Deformación

Descripción

- El ahuellamiento debido a la deformación de la capa de grava y/o de la subrasante en las huellas del tráfico.
- El ahuellamiento debido al desgaste superficial en las huellas del tráfico.
- Los hundimientos localizados relacionados con la pérdida de capacidad de soporte de la subrasante.

Causas

- Insuficiencia estructural acentuada por un volumen de tráfico excesivo.
- Geometría de la carretera (curvas agudas aumentan el desgaste superficial).
- Clima y drenaje (un contenido de agua excesivo conlleva una reducción de la capacidad de soporte de la capa granular y de la subrasante)

Niveles de Gravedad

- Huellas/hundimientos sensibles al usuario, pero < 5 cm.
- Huellas/hundimientos entre 5 cm y 10 cm.
- Huellas/hundimientos ≥ 10 cm

Posibles medidas de corrección

- Ninguna medida
- Perfilado sin compactación
- Perfilado con recapeo (regrava) parcial y compactación
- Recapeo (regrava) y Reconstrucción

Ilustración 1: Huellas / hundimiento sensible al usuario, pero < 5 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 2: Huellas/hundimientos entre 5 cm y 10 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 3: Huellas/hundimientos \geq 10 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

b) Erosión

Descripción

Este rubro incluye los surcos erosivos creados por los escurrimientos de agua aproximadamente paralelos al eje de la carretera. Su gravedad resulta de la intensidad de los escurrimientos y del tipo del suelo (índice de plasticidad y granulometría).

Causas

- Topografía accidentada (fuertes pendientes y curvas aumentan la intensidad de los escurrimientos).
- Clima y drenaje (un drenaje deficiente favorece los escurrimientos sobre la superficie de la carretera)

Niveles de Gravedad

- Sensible al usuario, pero profundidad < 5 cm.
- Profundidad entre 5 cm y 10 cm.
- Profundidad \geq 10 cm.

Posibles medidas de corrección

- Ninguna medida
- Perfilado sin compactación
- Perfilado con recapeo (regrava) parcial y compactación
- Recapeo (regrava)
- Reconstrucción.

Ilustración 4: Sensible al usuario, pero < 5 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 5: Profundidad entre 5 cm y 10 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 6: Profundidad \geq 10 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

c) Baches (huecos)

Descripción

Los baches (huecos) resultan de aguas estancadas en la superficie de la carretera. El tráfico favorece su desarrollo. Generalmente, estorban a los vehículos cuando su tamaño alcanza el orden de 0.20 m. Su calificación estará de acuerdo con el tipo de medidas correctivas requeridas (mantenimiento rutinario, recapeo (regrava) no reconstrucción).

Causas

- Mal drenaje de la superficie de la carretera.
- Clima y drenaje (un drenaje deficiente favorece las aguas estancadas sobre la superficie de la carretera).

Niveles de Gravedad

- Pueden repararse por mantenimiento rutinario.
- Necesita una capa de material adicional.
- Necesita una reconstrucción

Posibles medidas de correctivas

- Ninguna medida
- Perfilado sin compactación
- Perfilado con recapeo (regrava) parcial y compactación
- Recapeo (regrava)
- Reconstrucción

Ilustración 7: Pueden repararse por mantenimiento rutinario



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 8: Necesita una capa de material adicional



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 9: Necesita una reconstrucción



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

d) Encalaminamiento

Descripción

Se trata de ondulaciones de la superficie. Resultan de la acción de las vibraciones transmitidas por los vehículos sobre los agregados del material granular.

Niveles de Gravedad

- Sensible al usuario, pero profundidad < 5 cm.
- Profundidad entre 5 cm y 10 cm.
- Profundidad \geq 10 cm

Posibles medidas de Corrección

- Ninguna medida
- Perfilado sin compactación
- Perfilado con recapeo (regrava) parcial y compactación
- Recapeo (regrava)
- Reconstrucción

Ilustración 10: Sensible al usuario, pero < 5 cm



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

e) Lodazal y Cruce de Agua

Descripción

Un lodazal es una sección de suelo fino que se caracteriza por su transitabilidad baja o intransitabilidad durante las épocas de lluvia. En épocas secas, si no se realizan las tareas de mantenimiento requeridas, los vehículos tienen dificultades debidas a las deformaciones del material.

Causas

Ambos deterioros o fallas resultan de un drenaje eficiente.

Niveles de Gravedad

No se definen niveles de gravedad.

Posibles Medidas correctivas

- Ninguna medida
- Mejoramiento del drenaje
- Mejoramiento geométrico

Ilustración 11: Lodazal



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

Ilustración 12: Cruce de Agua



Fuente: (Manual de Carreteras – Conservación Vial, 2018)

2.2.7 Requerimiento de Construcción

- Preparación de la superficie existente: Previamente a la construcción del tratamiento superficial se debe realizar la comprobación de compactación y densidad adecuada de la superficie sobre la cual se va a colocar, las cotas y dimensiones indicadas en los planos. Además, la capa de imprimación debe completar su curado en un mínimo de 24 horas desde su aplicación.
- Aplicación del material bituminoso: Se marcará una línea guía en la calzada para controlar el paso del distribuidor y se señalará la longitud de la carretera que quedará cubierta, de acuerdo con la cantidad de material bituminoso disponible en el distribuidor y la capacidad de extensión del esparcidor de agregados pétreos. - No se permitirá la ejecución del tratamiento cuando la temperatura ambiental sea inferior a 6°C o haya lluvia.
- Extensión y compactación del agregado pétreo: El esparcido del agregado se realizará de manera uniforme, en la cantidad aprobada por el Supervisor e inmediatamente después de la aplicación del ligante bituminoso. La distribución del agregado se hará de manera que se evite el tránsito del esparcidor sobre la capa del ligante sin cubrir.

Cuando el material bituminoso se aplique por franjas, el agregado se esparcirá de forma que quede sin cubrir una banda de 15 cm a 20 cm de la zona tratada, aledaña a la zona que aún no ha recibido el riego, con el objeto de completar en dicha banda la dosificación prevista del ligante al efectuar su aplicación en la franja adyacente.

2.2.8 Emulsiones Asfálticas

Definición

Se considera emulsión al material que lleve en conjunto dos elementos o más que no son soluble uno del otro.

En nuestra vida cotidiana, utilizamos diferentes productos que son emulsiones, por ejemplo: la mayonesa, pinturas, tintes para cabello, helados son las más comunes. En cada caso se realizan procesos mecánicos y químicos que permiten la mezcla de dos o más material que en condiciones normales no se mezclan. La clave es escoger la emulsión asfáltica correcta para el agregado y el sistema constructivo correcto, ya que las emulsiones reaccionan de manera diferente con cada agregado, por lo cual es necesario realizar una serie de ensayos.

La emulsión asfáltica es un producto conseguido por la dispersión de una fase asfáltica en una base acuosa (donde las partículas quedan electrizadas). (Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, s.f.).

Composición de las Emulsiones Asfálticas

Contiene tres ingredientes básicos: asfalto, agua y un agente emulsivo, ya que sin este sería imposible que estos dos elementos se junten, ya que hablar de este proceso es como poner el ejemplo de intentar quitar la grasa de las manos con agua sin un estabilizador que en este ejemplo sería el detergente; las emulsiones se comportan de esta manera mencionadas por lo cual requieren un agente estabilizador. (Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, s.f.).

Clasificación de las emulsiones asfálticas

Por su polaridad

Se clasifican en aniónicas, catiónicas y no iónicas. Las dos primeras se utilizan mucho en la construcción y mantenimiento vial, actualmente las no iónicas no tienen uso. La clasificación de aniónicas y catiónicas está referida a las cargas eléctricas que rodean a las partículas del asfalto.

Cuando dos polos (un ánodo y un cátodo) son sumergidos en un líquido a través del cual fluye una corriente eléctrica, el ánodo se carga positivamente y el cátodo negativamente.

Si se pasara corriente eléctrica a través de una emulsión que contiene partículas de asfalto cargadas negativamente, estas se dirigen hacia el ánodo, entonces la emulsión se denomina aniónica. En cambio, las partículas de asfalto cargadas positivamente se dirigen al cátodo, y la emulsión será catiónica. (Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, s.f.)

Por su velocidad de rotura

Para que la emulsión asfáltica actúe como ligante, el agua debe separarse de la fase asfáltica y evaporarse. A esta separación se le conoce como “rotura”

Curado de las emulsiones asfálticas

Consiste en el desarrollo de las propiedades del cemento asfáltico; como resultado final es una película continua que mantiene unidos a los agregados. Para que suceda esto:

- El agua debe evaporarse completamente (el agua se elimina por evaporación, por la aplicación del rodillo y por absorción del agregado).
- Las partículas de la emulsión asfáltica tienen que coalescer y unirse a los agregados.

En condiciones de excesiva humedad, bajas temperaturas o lluvias hacen que se demore el curado. Cuando se emplean emulsiones de rotura lenta y media, el empleo de agregado húmedo facilita el proceso de la mezcla. En emulsiones de rotura lenta, el desarrollo de la resistencia depende de la evaporación del agua y absorción del agregado

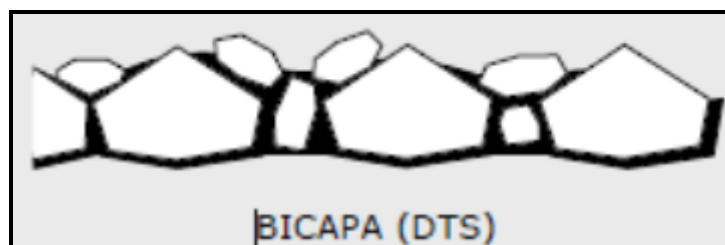
2.2.9 Tratamiento superficial doble o bicapa

Consiste en dos aplicaciones de agregado y ligante bituminoso, para la segunda aplicación de agregados se emplea de menor tamaño que el de la primera aplicación.

Con este tratamiento se puede obtener un espesor entre 12 y 20 cm, triplican la vida útil de un pavimento (si son construidos correctamente y cumpliendo con las especificaciones técnicas).

El tamaño mayor de agregados define el espesor del tratamiento, la capa siguiente sirva para llenar los vacíos.

Ilustración 13: Tipos de tratamientos superficiales con agregado



Fuente: (Bañón Blázquez & Bevia García, s.f.)

Materiales

➤ **Agregados**

Deben cumplir las siguientes exigencias de calidad, mencionadas en la tabla siguiente:

Tabla 3: Especificaciones Técnicas de los ensayos para los agregados utilizados en los tratamientos superficiales

Ensayos	Especificaciones
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada (MTC E 210)	85% mín.
Partículas del agregado grueso con dos caras fracturadas (MTC E 210)	60% mín.
Partículas chatas y alargadas (ASTM D 4791-NTP 400.4)	15% máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% máx.
Pérdida en sulfato de magnesio (MTC E 209)	18% máx.
Adherencia (ASTM D 1664-AASHTO T 182)	+95
Terrones de arcilla y partículas friables (MTC E 212)	3% máx.
Sales solubles total (MTC E 219)	0,5% máx.

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2018)

Tabla 4: Rangos de gradación para tratamientos superficiales

Nº de Huso	Tamaño Normal de agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)								
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (12,5 mm)	3/8" (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)	Nº 50 (300 um)
5	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5				
6	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15	0-5			
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)			100	90-100	40-70	0-15	0-5		
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 8)				100	85-100	10-30	0-10	0-5	
9	4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)					100	85-100	10-40	0-10	0-5

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2018)

➤ **Material Bituminoso**

De acuerdo con lo indicado en el proyecto podrá ser:

- **Cemento Asfáltico**

Tabla 5: Especificaciones del cemento asfáltico

Tipo		Grado Penetración									
Grado	Ensayo	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx
Pruebas sobre el Material Bituminoso											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) ⁽¹⁾	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
Ensayo de la Mancha (Oleas) ⁽²⁾											
Solvente Nafta – Estándar	AASHTO M 20	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C, 3,2 mm, 5 h											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm ⁽³⁾	MTC E 306			50		75		100		100	

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2018)

- **Asfalto Diluido**

Tabla 6: Requisitos de material bituminoso diluido de curado medio

Tipo	Material Bituminoso Diluido									
	MC-30		MC-70		MC-250		MC-800		MC-3000	
Grado	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso										
-Viscosidad Cinemática a 60°C, cSt	30	80	70	140	250	500	800	1.600	3000	6.000
-Punto de Inflamación, °C	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Ensayo de destilación										
-Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C										
+ 225 °C	-	26	-	20	-	20	-	-	-	-
+ 280 °C	40	70	20	60	15	55	-	35	-	15
+ 315 °C	75	98	65	90	60	87	45	80	15	75
Residuo del destilado a 360 °C, % en volumen por diferencia	50	-	55	-	67	-	78	-	80	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:										
Viscosidad Absoluta a 60°C, Pa.s, (P) ⁽¹⁾	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)	30 (300)	120 (1.200)
Ductilidad a (25°C), 5 cm/min, cm	100	-	100	-	130	-	200	-	200	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Oleas) ⁽²⁾										
Solvente Nafta – Estándar	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta – Xileno, %Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano – Xileno, %Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2018)

Tabla 7: Requisitos de material bituminoso diluido de curado rápido

Tipo	Material Bituminoso Diluido							
	RC-70		RC-250		RC-800		RC-3000	
	min	máx.	min	máx.	min	máx.	min	máx.
Pruebas sobre el Material Bituminoso								
Viscosidad Cinemática a 90 °C, cSt	70	140	250	500	800	1.600	3.000	6.000
Punto de Inflamación, °C	-	-	27	-	27	-	27	-
Contenido de Agua, %	-	0,2	-	0,2	-	0,2	-	0,2
Ensayo de destilación:								
Destilado, porcentaje por volumen del total de destilado a 360 °C								
- a 100°C	10	-	-	-	-	-	-	-
- a 225°C	50	-	35	-	25	-	-	-
- a 260°C	70	-	60	-	45	-	25	-
- a 315°C	85	-	80	-	75	-	70	-
Residuo del destilado a 360°C, % en volumen por diferencia	15	-	15	-	25	-	10	-
Pruebas en el Residuo de Destilación:								
Viscosidad absoluta a 60°C, Pa.s (P) ⁽¹⁾	60 (500)	240 (2.400)	60 (500)	240 (2.400)	60 (500)	240 (2.400)	60 (500)	240 (2.400)
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloro-etileno, %	99,0	-	99,0	-	99,0	-	99,0	-
Ensayo de la Mancha (Difusión) ⁽²⁾								
Solvente Nafta-Cetánico	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Nafta-Xileno, N-Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	
Solvente Heptano-Xileno, N-Xileno	Negativo		Negativo		Negativo		Negativo	

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013)

➤ **Dosificación para los tratamientos superficiales**

En las siguientes tablas se muestran las cantidades referenciales de los materiales y deberán ser ajustadas de acuerdo con las condiciones de cada proyecto.

Tabla 8: Cantidades aproximadas de material para tratamiento superficial simple (TS)

Tamaño Nominal de agregado	Nº Huso ^(N) Granulométrico	Cantidad de Agregado m ³ /m ²	Cantidad de ^(a) Asfalto l/m ²	Tipo y Grado de Asfalto	
				Tiempo cálido (+26,7°C)	Tiempo frío (06 a 26,7°C)
25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 2 PEN 120-150	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150
19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68	MC 3000 RC 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 120-150	MC 800 RC 800 RS 2 CRS 1, 2
12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n.º 4)	7	0,008	1,04	MC 3000 RC 800, 3000 RS 2 CRS 1, 2 PEN 200-300	MC 800 RC 250, 800 RS 2 CRS 1, 2
9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n.º 6)	8	0,006	0,86	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2
4,75 mm a 1,18 mm (n.º 4 a n.º 16)	9	0,004	0,59	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2	RC 250, 800 RS 1, 2 CRS 1, 2

2.2.10 Slurry seal

Se aplicó por primera vez en Alemania a principios de los años 30, fue hasta los 60 cuando se introducen máquinas, emulsiones mejoradas y se populariza su uso. En 1999 en el Mundo se aplicaron poco más de 1, 750,000 toneladas de Slurry Seal.

(HERENCIA, 2010) El SLURRY SEAL es una mezcla asfáltica compuesta por emulsión, agregados granulometría definida, agua, finos minerales, y eventualmente aditivos químicos, en proporciones tal que permiten obtener una mezcla fluida, homogénea, cremosa y fácilmente extensible que una vez evaporada el agua constituye un recubrimiento estanco y denso. En esta mezcla los agregados pétreos conforman el esqueleto mineral que da el espesor de la capa construida (tamaño máximo del agregado) siendo el mastic conformado por la mezcla de filler y asfalto lo que le da la cohesión necesaria a esa estructura

Consiste en la aplicación sobre una superficie de la mezcla de emulsión asfáltica (con o sin polímeros), agregados. Se aplica en un espesor de 3 a 10mm. No aumenta la resistencia estructural de un pavimento.

Es considerada una técnica de mantenimiento bastante efectiva para la superficie de rodadura no pavimentada de la carretera, esta lechada detendrá el desprendimiento de agregados, protegerá la superficie de rodadura y reducirá el deterioro por diferentes factores y así prolongará la vida útil de la carretera. (Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, s.f.).

- **Aplicación de Slurry Seal sobre el afirmado**

La aplicación del slurry seal según el documento Pautas Metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.

El diseño de pavimento con capa superficial de lechada asfáltica (slurry seal) de 12mm se diseña siguiendo el Método guía AASHTO

93 de pavimentos flexibles considerando un espesor de base granular de 150 mm como mínimo; no cuenta con un valor de coeficiente estructural para su diseño puesto que la lechada asfáltica (slurry seal) no aporta estructuralmente.

De la misma forma, el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos (2014) recomienda el diseño de pavimentos con capa superficial de lechada asfáltica (slurry seal) siguiendo el método AASHTO 93, a pesar de que esta no tiene aporte estructural, este manual brinda un valor de coeficiente estructural para el slurry seal que se considera en el diseño.

En el Manual de Carreteras: Conservación Vial, se propone al mortero asfáltico como actividad de mantenimiento periódico para el control de polvo en afirmados.

- **Tipos de Slurry Seal**

- **Tipo1**

Se aplica en zonas de bajo tránsito, el objetivo principal es el óptimo sellado de la superficie. Es adecuado para realizar relleno de huecos, sello de grietas y reparar la erosión en la superficie. El contenido de asfalto residual aplicado debe estar entre el 10% y el 16% del peso del agregado seco (en una relación comprendida entre 4.3 a 6.5 kg/m²).

- **Tipo 2**

Protege la superficie del envejecimiento y daño por efecto del agua y mejora la fricción superficial. Es adecuado para rellenar huecos y corregir daños por la erosión en la superficie. También pueden ser utilizados para cubrir una superficie bituminosa desgastada.

El contenido de asfalto residual aplicado debe estar entre el 7.5% y el 13.5% del peso del agregado seco (en una relación comprendida entre 5.4 a 9.8 kg/m²).

- **Tipo 3**

Se recomienda su aplicación en vías con elevados niveles de tránsito, se utilizar para conseguir altos valores de fricción superficial. Es adecuado para realizar renovaciones de la superficie. El contenido de asfalto residual aplicado debe estar entre el 6.5% y el 12% del peso del agregado seco (en una relación comprendida entre 8.1 a 12 kg/m²).

(SILVA, 2012), las lechadas asfálticas (slurry seal) corresponden a aplicaciones de emulsiones asfálticas con agregados, utilizadas principalmente en la conservación de pavimentos de asfalto.

Es aplicado efectivamente en superficies de pavimentos de concreto asfáltico donde el principal problema es la oxidación excesiva y endurecimiento del asfalto existente.

Técnicas de mantenimiento preventivo y rehabilitación de superficies.

- Se logra poco o ningún incremento estructural.
- Deben de ser consideradas solo para aquellos pavimentos que poseen capacidad de carga remanente, necesaria para soportar las cargas de diseño vehicular.
- Se utilizan como un sello superficial para corregir irregularidades tales como pérdida de propiedades anti degradantes (alisamiento), oxidación y desprendimientos en pavimentos.
- Han mostrado buenos resultados para mejorar las características de fricción superficial, recuperación de ahuellamientos y pequeñas irregularidades, en vías tanto de alto como de bajo volumen de tráfico.

En consiguiente, se menciona algunas ventajas:

- Son de rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico.
- Impiden que el agregado esté suelto.
- Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.
- Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.
- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas

Tiene una unidad de mezcla continua con elementos agitadores simples o dobles, el mortero se descarga desde la mezcladora dentro de la caja distribuidora. La caja distribuidora está equipada con escobas de goma flexibles y tiene un ancho ajustable. Las cajas distribuidoras pueden estar equipadas con barrenos hidráulicos para distribuir el material uniformemente a lo ancho. Las cajas con barrenos son particularmente beneficiosas cuando se emplea una emulsión de rotura rápida (CRS) o cuando en el pavimento hay pendientes 84 mayores del 8%.

- **Materiales**

Los materiales que utilizar para la ejecución de este trabajo serán:

- **Agregados**

Deben cumplir las siguientes exigencias de calidad, mencionadas en la tabla siguiente:

Tabla 9: Requerimientos para los agregados

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

Fuente: (Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013)

Tabla 10: Granulometría de los agregados

Tipo	I	II	III
Tamaño del tamiz	% Pasa	% Pasa	% Pasa
3/8" (9,50 mm)	100	100	100
Nº. 4 (4,75 mm)	100	90-100	70-90
Nº. 8 (2,36 mm)	90-100	65-90	45-70
Nº. 16 (1,18 mm)	65-90	45-70	28-50
Nº. 30 (0,60 µm)	40-60	30-50	19-34
Nº. 50 (0,30 µm)	25-42	18-30	12-25
Nº. 100 (0,15 µm)	15-30	10-21	7-18
Nº. 200 (0,075 µm)	10-20	5-15	5-15

La gradación a utilizar dependerá del estado de la superficie y la función que cumplirá el slurry seal.

Si la fórmula de trabajo existe la mezcla de dos o más agregados para obtener la granulometría de diseño, cada uno de los agregados deberá cumplir de manera independiente los requerimientos.

La arena deberá proceder de la trituración de piedra o de fuentes naturales (la arena natural no podrá ser mayor del 25% de la masa total del agregado mezclado).

- **Equipo**

Para la elaboración del slurry seal se requieren los siguientes equipos:

- Para la explotación de agregados: planta de trituración y clasificación de agregados.

- Para la extensión del slurry seal: consistirá en una mezcladora móvil.
- Para la limpieza de la superficie: barredoras mecánicas o manuales.
- Para el humedecimiento de la superficie: con una cisterna de agua.

- **Preparación**

La emulsión asfáltica catiónica para emplear será de rápida rotura (CSS-1, CSS-1h, CQS-1h)

- **Preparación de la superficie existente**

Antes de la aplicación del slurry seal, la superficie se debe limpiar de polvo, cualquier material suelto (pueden utilizarse barredoras mecánicas o máquinas sopladoras).

- **Elaboración y aplicación del mortero asfáltico**

La superficie debe ser humedecida de manera uniforme.

El slurry seal preparado en el cajón mezclador de la máquina, pasará a través de una compuerta vertedero a la caja repartidora, que se encargará de distribuirla sobre la superficie de manera uniforme.

No se permitirá la elaboración y aplicación del slurry seal cuando la temperatura sea menor a 6 °C o durante lluvias.

Para el proceso de compactación se deberá efectuar con rodillo neumático autopropulsado (solo se haya dado la rotura de la emulsión).

- **Costos y presupuestos en carreteras**

Según (Ibáñez, 2011) podemos utilizar su libro Costos y Tiempos en Carretera como una herramienta para elaborar presupuestos de

construcción, mantenimiento o conservación de carreteras. Existen dos tipos de costos: costos directos (conformados por los costos de la mano de obra, materiales, equipos y herramientas) y costos indirectos (conformados por los gastos generales y utilidad), nos enfocaremos en los primeros.

- **Costo Directo**

Es el resultado de multiplicar los metrados por los costos unitarios (es la suma de la mano de obra, materiales, equipos/herramientas). (Ibáñez, 2011).

- **Costo de Mano de Obra**

Está determinado por categorías (capataz, operario, oficial y peón).

- **Costo de Materiales**

Se determinan teniendo en cuenta la cantidad que se requieran para la partida a desarrollarse. El precio del material puesto en obra (Ppo) se determina por la siguiente fórmula.

$$Ppo = Po + F + A/M + MT + V + O$$

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **REHABILITACIÓN:** Ejecución de las obras necesarias para poder devolver a la infraestructura vial sus características originales. (MTC, 2018)
- **CONSERVACIÓN PERIÓDICA:** conjunto de obras a ejecutar en una vía, que se realizan en vías pavimentadas y/o en vías en afirmado, que comprende la realización de actividades de conservación y/o mantenimiento periódico, a intervalos variables, relativamente prolongados, destinados primordialmente a recuperar los deterioros de la capa de rodadura ocasionados por el tránsito y/o por fenómenos climáticos. (MTC, 2018)

- **CONSERVACIÓN RUTINARIA:** Conjunto de actividades que son necesarias para cuidar la seguridad del camino y para prevenir el deterioro de la infraestructura vial. (MTC, 2018).
- **AFIRMADO:** Capa compactada de material granular natural o procesado, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. (MTC, 2018).
- **AGREGADO:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños. (MTC, 2018).
- **AHUELLAMIENTO:** Surcos o huellas que se producen en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito. (MTC, 2018).
- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO O MECÁNICO:** Procedimiento para determinar la granulometría de un material o la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños. (MTC, 2018).
- **ASFALTO:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (MTC, 2018).
- **TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA:** Su espesor aproximado es de 20 a 25mm. Se utilizan principalmente en la construcción de calzadas, en obras de mejoramiento de estándar de caminos con volúmenes de tránsito medianos a ligeros. En algunos casos los DTS se emplean como revestimiento de bermas en carreteras de alto tránsito.

Es un tratamiento superficial con emulsión asfáltica y gravilla. (MTC, 2018).

- **CARRETERA AFIRMADA:** Carretera cuya superficie de rodadura está constituida por una o más capas de afirmado. (MTC, 2018).

- **CEMENTO ASFÁLTICO:** Un asfalto con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos. (MTC, 2018).
- **CONTENIDO DE HUMEDAD:** Volumen de agua de un material determinado bajo ciertas condiciones y expresado como porcentaje de la masa del elemento húmedo, es decir, la masa original incluyendo la sustancia seca y cualquier humedad presente. (MTC, 2018).
- **EMULSIÓN:** mezcla de dos líquidos inmiscibles entre sí. (MTC, 2018).
- **EMULSIÓN SELLANTE:** Mezcla semifluida de una emulsión asfáltica y un árido fino. (MTC, 2018).
- **ESTUDIO DE SUELOS:** Documento técnico que engloba el conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tiene por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones de carga. (MTC, 2018).
- **LÍMITE LÍQUIDO:** Contenido de agua del suelo entre el estado plástico y el líquido de un suelo. (MTC, 2018).
- **LÍMITE PLÁSTICO:** Contenido de agua de un suelo entre el estado plástico y el semisólido. (MTC, 2018).
- **MANTENIMIENTO VIAL:** Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario; puede ser de naturaleza rutinaria o periódica. (MTC, 2018).
- **MÓDULO RESILIENTE (Suelos):** Esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado. (MTC, 2018)

- **SLURRY SEAL:** Es un mortero bituminoso. (MTC, 2018) • **VÍA:** Camino, arteria o calle, que comprende la plataforma y sus obras complementarias. (MTC, 2018).
- **TRÁNSITO:** Conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público (Circulación). (MTC, 2018).
- **TRATAMIENTO SUPERFICIAL BITUMINOSO:** Es un revestimiento en el que un agregado es colocado uniformemente sobre un ligante bituminoso, previamente aplicado sobre la calzada, para luego ser compactado. (MTC, 2018)

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Las carreteras de bajo volumen de tránsito constituyen un alto porcentaje de las vías de comunicación en un país, que son parte importante del desarrollo productivo, es así como la mejora en las condiciones de transitabilidad en los países del primer mundo se dan a través de los diferentes métodos llamados tratamientos superficiales, pavimentos económicos y emulsiones asfálticas, esto sin duda ha alcanzado un importante desarrollo en estos países.

Respecto a nuestro país que está en pleno crecimiento, los caminos vecinales representan la mayor longitud de caminos sin pavimentar y constituyen una verdadera problemática incorporarlos a la actividad productiva de las comunidades por sus deficientes condiciones de transitabilidad ya que se encuentran a nivel de afirmado y a nivel de subrasante como explanaciones, estos sin duda se vuelven intransitables en algunas épocas del año.

Si nos referimos a nuestro departamento, podemos indicar que la mayor longitud de nuestras vías vecinales se encuentra sin pavimentar, es decir sin asfaltar o sin ningún tratamiento básico, ya que el volumen de tráfico los coloca como carreteras de bajo volumen de tránsito, por lo que requerirán de acuerdo a los niveles de servicio de las vías un tratamiento superficial, ya sea un TBS o un SLURRY SEAL, estas carreteras sin duda generan una serie de problemas a los usuarios que son básicamente productores y sobre todo en épocas de lluvias estas se ponen intransitables, por lo que urge una atención inmediata.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

3.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo se determinará la evaluación técnica y económica del Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) y Slurry Seal, para la carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín?

3.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- ¿Cómo influye la parte técnica entre el Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) y Slurry Seal, para la carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín?
- ¿Cuál será la variación de costo entre el Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) y Slurry Seal, para carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la evaluación técnica y económica del Tratamiento Superficial Bicapa (TSP) y Slurry Seal, para la carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Evaluar la influencia de la parte técnica entre el Tratamiento Superficial Bicapa y Slurry Seal, para la carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín.
- Determinar la variación de costo entre los tratamientos superficiales bicapa y Slurry Seal, para carretera Cacatachi – Chirapa, departamento de San Martín.

3.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se justifica porque permitirá evaluar dos tipos de tratamientos superficiales, llamados también pavimentos económicos, lo cual nos permitirá tener definidas las características técnicas, así como también los costos, a fin de poder aplicar el tipo de tratamiento óptimo al caso en estudio y a otros casos que se presentan en el departamento.

3.5 HIPÓTESIS

Hipótesis General

Hi: Si es viable técnica y económicamente, el Tratamiento Superficial Bicapa (TSB), es la alternativa óptima para la aplicación en el tratamiento superficial de carreteras de bajo volumen de tránsito en el departamento de San Martín

3.6 VARIABLES

Identificación de Variables

Variable Independiente:

Evaluación Técnica y Económica

Variable dependiente:

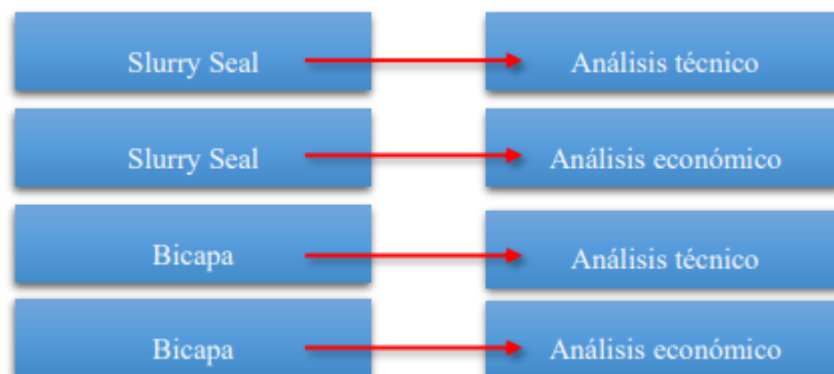
Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) y Slurry Seal

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de Investigación

Según el enfoque cuantitativo: el diseño se puede considerar experimental ya que al aplicar tratamientos superficiales como Slurry Seal o Bicapa se da a conocer que tan eficiente técnicamente y económicamente resulta ser cada uno de estos y según el enfoque cualitativo: el diseño se puede considerar de investigación-acción, ya que después de investigar los tratamientos superficiales se aplicarán en la carretera Cacatachi - Chirapa y nuestro esquema quedaría de la siguiente manera:



4.1.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación corresponde a un estudio experimental cuyo esquema está dedicado al estudio del costo y tiempo entre el TSB y el Slurry Seal.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

4.2.1 Población

El conjunto de todas las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, en el departamento de San Martín

4.2.2 Muestra

Carretera Cacatachi - Chirapa

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTO Y PROCESAMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.3.1 Técnicas

La técnica que se empleará son los diseños y cálculo de los costos de los tratamientos superficiales.

4.3.2 Instrumentos

Los instrumentos que se emplearán en la recolección son: los conteos vehiculares, los ensayos de laboratorio de suelos y pavimentos. Los ensayos de laboratorio incluyen los ensayos estándar y especiales que utilizará de modo preferente, en el desarrollo de la investigación, que consistirá en un conjunto de pruebas realizadas para la determinación de las características del diseño de mezcla que se empleará.

4.3.3 Procedimientos

Los procedimientos que se seguirán en la recolección de datos son:

- Elaboración de los ensayos de laboratorio.
- Conteo vehicular.
- Validación y confiabilidad de los ensayos de recolección de datos.
- Aplicación de los ensayos de recolección de datos para recoger la información.
- Procesamiento de los datos.
- Organización de los datos en cuadros.
- Representación de los datos mediante tablas y gráficos.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Elaboración del informe de la tesis

4.3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

La información será procesada en forma computarizada utilizando el paquete estadístico computacional EXCEL, sobre la base de datos. El procesamiento de la información permitirá elaborar la matriz de datos con la que se diseñará las tablas y gráficos.

CAPÍTULO V: MATERIALES Y MÉTODOS

Existen diversos tratamientos superficiales, uno de ellos es el Tratamiento Superficial Bicapa (TSB) y otro el Slurry Seal, estos tratamientos se vienen usando en carreteras de bajo volumen de tránsito en la región de San Martín.

Es aquí donde nos preguntamos porque las entidades que les compete la construcción de estos, así como el mantenimiento rutinario y periódico usan distintos tipos de tratamientos superficiales siendo esta región de un clima no tan variable.

Esta investigación nos permitirá diferenciar los dos tratamientos superficiales, es decir se evaluará la capacidad estructural y funcional de la vía con ensayos no destructivos, además constatar de que tratamiento es más económico al construir. De esta manera se sabrá si el Tratamiento Superficial Bicapa es mucho más viable que el Slurry Seal o viceversa.

El lugar donde se realizará la investigación es la carretera Cacatachi – Chirapa; desde que se construyeron el tráfico aumentó de manera rápida, entonces las cargas que soportan los pavimentos son constantes esto sumado al cambio de temperatura y los periodos de lluvias, ocasionan desperfectos tempranamente generando así un grado de confort bajo para el usuario, es por ello que se necesita un mantenimiento constante para que de tal manera podamos mantener la vía en buen estado.

El comportamiento estructural y funcional de la carretera Cacatachi – Chirapa, ambas propuestas tienen distintos tratamientos superficiales, pero nuestro objetivo es elegir la mejor opción para que las entidades empiecen a brindar vías con buena serviciabilidad y duraderas con un gasto adecuado.

CAPÍTULO VI: RESULTADOS

Primero se aplicará el método del Manual de Conservación Vial del MTC, para estudiar la condición superficial de la carretera Cacatachi - Chirapa, se tomará como muestra para el presente estudio 500 metros.

6.1 Diseño de tratamiento superficial con slurry seal.

TDM Asfaltos elaboró el diseño propuesto del tratamiento superficial con slurry seal tipo 1

6.1.1 Características de los agregados

El agregado ensayado procede de la cantera del río Huallaga y cumple con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción:

Tabla 11: Requerimientos y resultados del agregado para el tratamiento superficial slurry seal

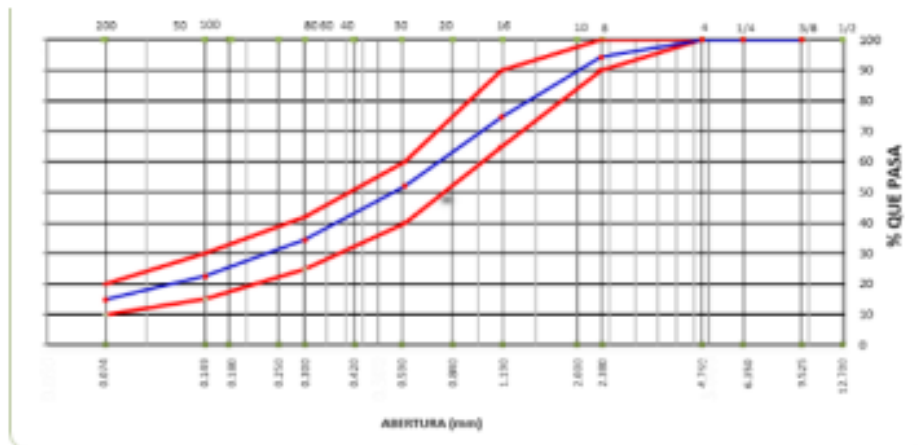
ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACION	RESULTADO
Equivalente de Arena	MTC E 114	40% mínimo	71%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	8 máximo	4.0 mg/g
Índice de Plasticidad	MTC E 111	NP	NP
Adherencia (Riedel Weber)	MTC E 220	4 mínimo	7

Fuente: TDM Asfaltos

Se adjunta el análisis granulométrico del agregado utilizado, se aprecia que la curva granulométrica descrita por el ensayo está dentro del huso granulométrico.

Tabla 12: Análisis granulométrico del agregado para el tratamiento superficial slurry seal

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS POR TAMIZADO (ASTM C-136)			
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	PASA %	ESPECIFICACION SLURRY SEAL TIPO I
3/8"	9.525	100.0	100
# 4	4.750	100.0	100 - 100
# 8	2.360	94.3	90 - 100
# 16	1.180	74.6	65 - 90
# 30	0.600	52.0	40 - 60
# 50	0.300	34.4	25 - 42
# 100	0.150	22.5	15 - 30
# 200	0.075	14.8	10 - 20
< # 200	(ASTM C-117)	0.0	



6.1.2 Características de la emulsión asfáltica

Se utilizará la Emulsión Catiónica de Rotura Lenta – CSS-1hp. y cumple con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción:

Tabla 13: Requerimientos y resultados de la emulsión asfáltica para el tratamiento superficial slurry seal

ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACION	RESULTADO
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	57% mínimo	60.5%
Penetración (25°C, 100g, 5 seg.)	ASTM D 5	Entre 40 – 90 dmm	58 dmm

Fuente: TDM Asfaltos

6.1.3 Características del Agua

Se realizó el análisis al agua proveniente del río Huallaga, se adjunta su análisis junto a las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción.

Tabla 14: Requerimientos y resultados del agua para el tratamiento superficial slurry seal

PROCEDENCIA	ESPECIFICACION		RESULTADO	
	PH	DUREZA	PH	DUREZA
Potable	(5.5 – 8)	Máximo 380 ppm	7.70	285 ppm

Fuente: TDM Asfaltos

6.1.4 Dosificación por metro cuadrado

Tabla 15: Dosificación por metro cuadrado de tratamiento superficial slurry seal

DOSIFICACION POR METRO CUADRADO DE SLURRY SEAL	
MATERIAL	CANTIDAD
Emulsión	0.6139 gln/m ²
Cemento	0.0043 bls/m ²
Agua	0.4076 gln/m ² = 0.0015 m ³ /m ²
Agregado	0.0111 m ³ /m ²

Fuente: TDM Asfaltos

6.2 Diseño de tratamiento superficial doble o bicapa

6.2.1 Características de los agregados

Los agregados ensayados proceden de la cantera del río Huallaga y cumplen con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción:

Tabla 16: Requerimientos y resultados de los agregados para el tratamiento superficial bicapa

ENSAYOS	NORMA	ESPECIFICACIONES	RESULTADOS
Partículas chatas y alargadas	ASTM D 4791	15% máximo	12.0%
Abrasión	MTC E 207	40 % máximo	32.4%
Partículas fracturadas del agregado grueso con una cara facturada	MTC E 210	85% máximo	65.5%
Partidas del agregado grueso con dos caras fracturadas	MTC E 210	60% máximo	52.0%

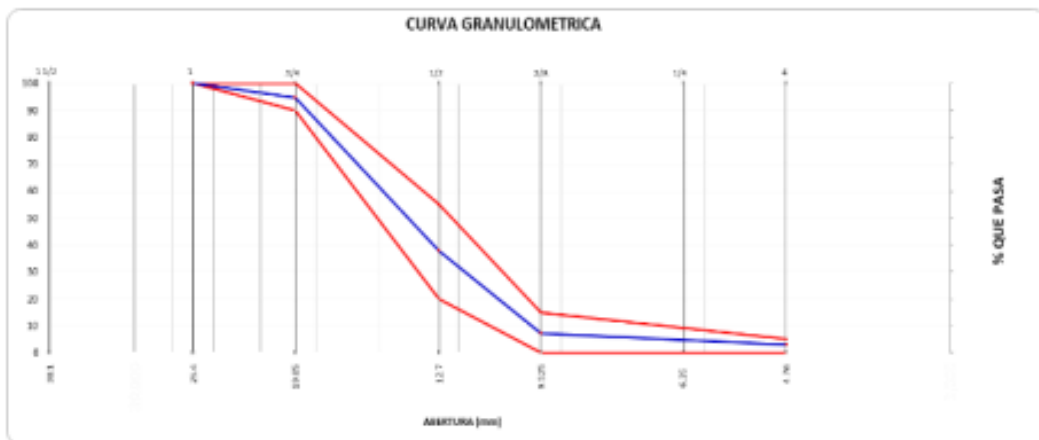
Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

Se adjunta el análisis granulométrico de los agregados utilizados, se aprecia que la curva granulométrica descrita por el ensayo está dentro del uso granulométrico.

6.2.2 Piedra chancada (primera aplicación)

Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado (primera aplicación) para el tratamiento superficial slurry seal

TAMICES	PORCENTAJE QUE PASA	Especificaciones Técnicas	
ASTM		HUSO 6	
1"	100.0	100	100
3/4"	94.7	90	100
1/2"	37.9	20	55
3/8"	7.0	0	15
4	2.9	0	5

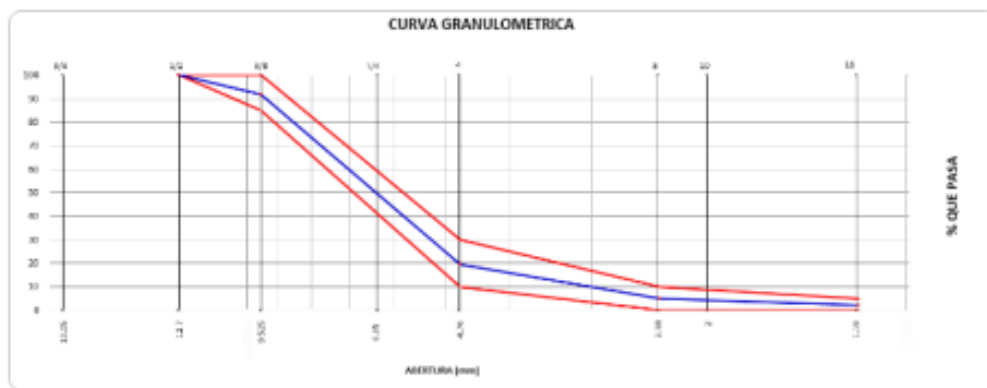


Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

6.2.3 Piedra Chancada (segunda aplicación)

Tabla 18: Análisis granulométrico del agregado (segunda aplicación) para el tratamiento superficial slurry seal

TAMICES	PORCENTAJE QUE PASA	Especificaciones Técnicas	
ASTM		HUSO 8	
1/2"	100.0	100	100
3/8"	91.7	85	100
4	19.5	10	30
8	4.8	0	10
16	2.1	0	5

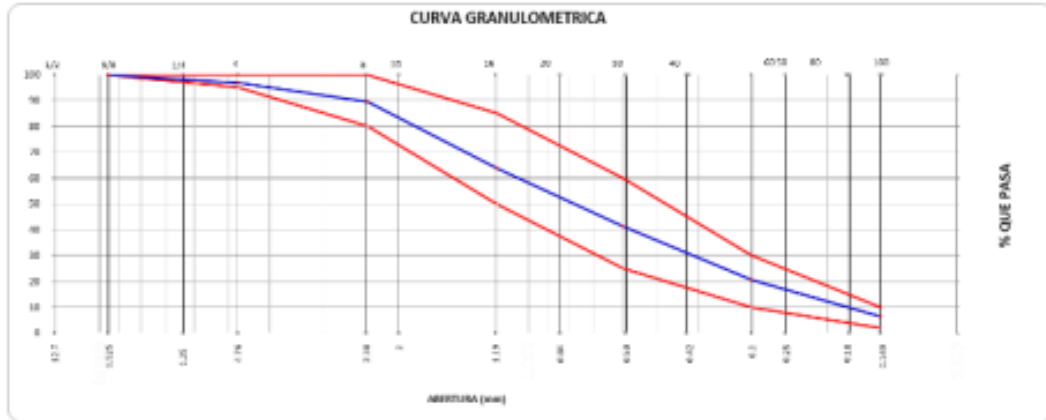


Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

6.2.4 Arena

Tabla 19: Análisis granulométrico del agregado (arena) para el tratamiento superficial slurry seal

TAMICES	PORCENTAJE QUE PASA	Especificaciones Técnicas	
ASTM			
3/8"	100.0	100	100
4	96.8	95	100
8	89.6	80	100
16	63.8	50	85
30	41.2	25	60
50	20.6	10	30
100	6.4	2	10



Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

6.2.5 Características de la emulsión asfáltica

Se utilizará la Emulsión Catiónica de Rotura Rápida – CRS-2. y cumple con las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción:

Tabla 20: Requerimientos y resultados de la emulsión asfáltica para el tratamiento superficial bicapa

ENSAYO	NORMA	ESPECIFICACION	RESULTADO
Residuo Asfáltico	ASTM D 6934	65% mínimo	66.5%
Penetración (25°C, 100g, 5 seg.)	ASTM D 5	Entre 100 – 250 dmm	180 dmm

Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

6.2.6 Dosificación por metro de cuadrado

Tabla 21: Dosificación por metro cuadrado de tratamiento superficial bicapa

DOSIFICACION POR METRO CUADRADO DEL TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE					
PRIMERA APLICACION		SEGUNDA APLICACION		ARENA	
MATERIAL	CANTIDAD	MATERIAL	CANTIDAD	MATERIAL	CANTIDAD
Emulsión	0.4488 gln/m ²	Emulsión	0.2419 gln/m ²	Emulsión	0.1320 gln/m ²
Cemento	0.0068 bls/m ²	Cemento	0.0022 bls/m ²	Cemento	0.0022 bls/m ²
Agua	0.0009 m ³	Agua	0.0004 m ³	Agua	0.0002 m ³
Agregado	0.0120 m ³	Agregado	0.0072 m ³	Agregado	0.0050 m ³

Fuente: Elaboración Propia de laboratorio

- Se puede considerar entre 5% - 10 % como porcentaje de desperdicio.

- Se recomienda una imprimación asfáltica.

Para la imprimación se utilizará la emulsión asfáltica PRIME, debido a que demuestra muchas ventajas en comparación a la aplicación del asfalto diluido MC – 30, presenta mayor penetración y no necesita arenado.

6.3 Análisis económico

El objetivo de este análisis económico es realizar la comparación económica entre ambos tratamientos superficiales, debido a la importancia de los costos al momento de seleccionar el tipo de tratamiento con la mejor rentabilidad.

Este análisis incluye el costo de construcción de los tratamientos superficiales, para eso se deben considerar los metrados, análisis de precios unitarios y después se comparan los costos de cada tratamiento superficial, para las mismas condiciones de suelo y tráfico.

A continuación, se muestra el resumen de metrados:

Tabla 22: Resumen de metrados del tratamiento superficial con slurry seal

Item	Descripción	Und.	Metrado
100	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
100.A1	RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)	m2	2,367.07
100.A2	CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE	m3	711.90
200	PAVIMENTOS FLEXIBLES		
200.A1	SLURRY SEAL	m2	31,200.00
300	TRANSPORTE		
300.A1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D<= 1KM	m3-km	845.38
300.A2	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D> 1KM	m3-km	350.41

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: Resumen de metrados del tratamiento superficial doble o bicapa

Item	Descripción	Und.	Metrado
100	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
100.A1	RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)	m2	2,367.07
100.A2	CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE	m3	711.90
200	PAVIMENTOS FLEXIBLES		
200.B1	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	31,492.50
200.B2	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA	m2	31,200.00
300	TRANSPORTE		
300.A1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D<= 1KM	m3-km	1,145.55
300.A2	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D> 1KM	m3-km	595.92

Fuente: Elaboración Propia

6.4 Análisis de Precios Unitarios

Para el presente proyecto se elaboraron los análisis de precios unitarios para cada una de las partidas y subpartidas mencionadas anteriormente, se han considerado los costos referenciales de los diferentes materiales para la zona del proyecto, así como los rendimientos y equipos.

A continuación, se muestra el análisis de precios unitarios de las partidas y subpartidas, que nos permitirán la comparación económica para el proyecto.

Ilustración 14: Análisis de precio unitario de la partida “RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)”

Partida	RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)						
Rendimiento	m2/DIA	2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2		2.91	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0016	28.07	0.04
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0064	15.70	0.10
							0.14
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.14	
011101020304	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP, 10-12 TON.		hm	1.0000	0.0032	143.15	0.46
011101020330	MOTONIVELADORA DE 180 A 200 HP		hm	1.0000	0.0032	236.80	0.76
							1.22
		Subpartidas					
011101020601	AGUA PARA LA OBRA		m3		0.1000	15.54	1.55
							1.55

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 15: Análisis de precio unitario de la partida “CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE”

Partida	CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE						
Rendimiento	m3/DIA	350.0000	E.Q. 350.0000	Costo unitario directo por : m3		23.69	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0114	28.07	0.32
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0457	15.70	0.72
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.04	0.03
011101020304	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP, 10-12 TON.		hm	1.0000	0.0229	143.15	3.28
011101020312	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 7 HP		hm	2.0000	0.0457	9.65	0.44
011101020330	MOTONIVELADORA DE 180 A 200 HP		hm	1.0000	0.0229	236.80	5.42
		Subpartidas					
011101020601	AGUA PARA LA OBRA		m3		0.1000	15.54	1.55
011101020617	MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE		m3		1.2000	9.94	11.93
		13.48					

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 16: Análisis de precio unitario de la partida “SLURRY SEAL”

Partida	SLURRY SEAL						
Rendimiento	m2/DIA	2,500.0000	E.Q. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2		6.89	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	0.5000	0.0016	28.07	0.04
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0032	17.37	0.05
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0096	15.70	0.15
		Materiales					
0201050007	EMULSIÓN ASFALTICA CATIONICA DE ROTURA LENTA		gln		0.6753	5.69	3.84
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I EN BOLSAS 42.5 KGS		bbs		0.0047	21.00	0.10
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.25	0.01
011101020305	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM 87 HP		hm	1.0000	0.0032	78.98	0.25
011101020309	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 135 HP 9.26 TON.		hm	1.0000	0.0032	139.07	0.43
011101020322	CARGADOR SILLANTA 125-155 HP, 3.0 Y3		hm	0.5000	0.0016	176.95	0.28
011101020702	PLANTA EXTENDEDORA DE MICROPAVIMENTOS		hm	1.0000	0.0032	329.56	1.05
		Subpartidas					
011101020601	AGUA PARA LA OBRA		m3		0.0017	15.54	0.03
011101020602	ARENA CHANCADA		m3		0.0122	51.59	0.63
		0.66					

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 17: Análisis de precio unitario de la partida “IMPRIMACION ASFÁLTICA”

Partida	IMPRIMACION ASFALTICA						
Rendimiento	m2/DIA	4,500.0000	E.Q. 4,500.0000	Costo unitario directo por : m2		2.19	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/	Parcial \$/
		Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0018	28.07	0.05
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0053	15.70	0.08
		Materiales					
0201050010	EMULSIÓN ASFALTICA IMPRIMANTE		lt		1.0000	1.80	1.80
		Equipos					
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	0.13	0.01
011101020305	COMPRESORA NEUMATICA 250-330 PCM 87 HP		hm	0.5000	0.0009	78.98	0.07
011101020308	CAMION IMPRIMADOR 210 HP DE 2,000 GLN		hm	1.0000	0.0018	153.24	0.28
011101020325	CAMION BARANDA DE 3 TON		hm	0.5000	0.0009	107.89	0.10
		0.46					

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 18: Análisis de precio unitario de la partida “TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA”

Partida	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA				Costo unitario directo por : m2	14.34
Rendimiento	m2/DIA	1.0000	EQ. 1.0000			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
	Subpartidas					
011101020820	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA (Pm2)			1.0000	6.31	6.31
011101020821	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA (Sm2)			1.0000	4.54	4.54
011101020822	SELLO DE ARENA	m2		1.0000	3.49	3.49
						14.34

Fuente: Elaboración Propia

6.5 Costo Directo

Después de tener el resumen de metrados y el análisis de precios unitarios para cada partida, se desarrolla el costo directo del proyecto de investigación, utilizando cada tratamiento superficial.

Después de obtener los metrados y análisis de precios unitarios tanto para el tratamiento superficial con slurry seal como tratamiento superficial, se realiza la comparación del costo directo de cada uno.

Ilustración 19: Presupuesto Slurry Seal

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 1 (SLURRY SEAL e=1cm)					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
100	MOVIMIENTO DE TIERRAS				23,753.08
100.A1	RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)	m2	2,367.07	2.91	6,888.17
100.A2	CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE	m3	711.90	23.69	16,864.91
200	PAVIMENTOS FLEXIBLES				214,968.00
200.A1	SLURRY SEAL	m2	31,200.00	6.89	214,968.00
300	TRANSPORTE				4,191.32
300.A1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D<= 1KM	m3-km	845.38	4.56	3,854.93
300.A2	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D> 1KM	m3-km	350.41	0.96	336.39
Costo Directo					242,912.40
SON : DOSCIENTOS CUARENTIDOS MIL NOVECIENTOS DOCE Y 40/100 SOLES					

Fuente: Elaboración Propia

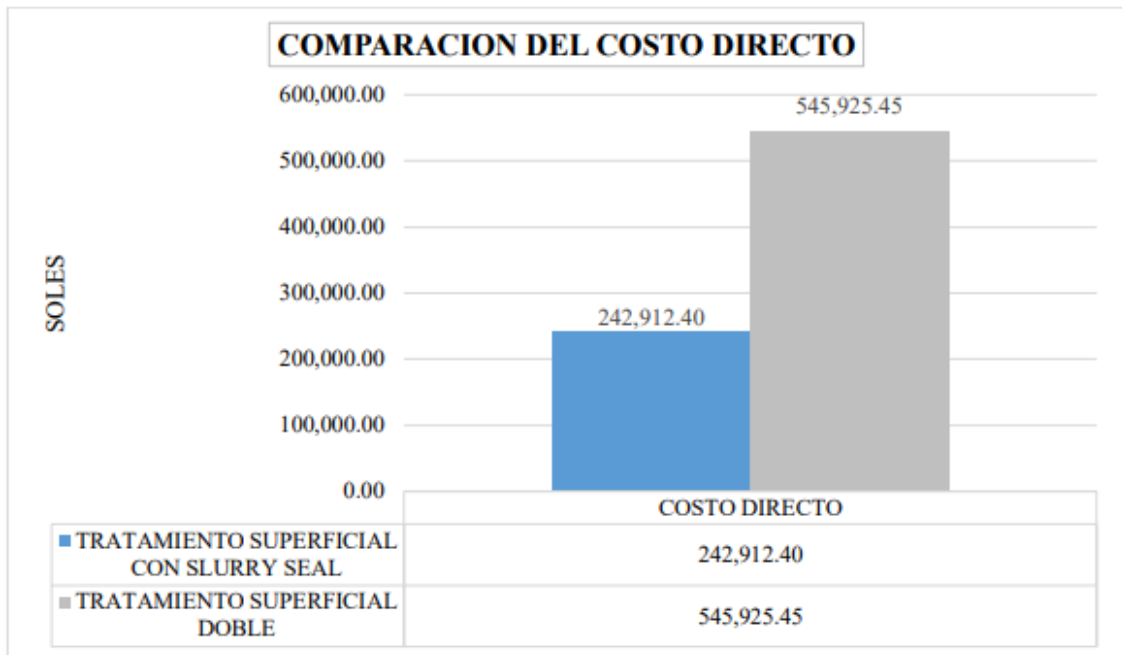
Ilustración 20: Presupuesto Bicapa

PRESUPUESTO ALTERNATIVA 2 (TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA e=1cm)					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
100	MOVIMIENTO DE TIERRAS				23,753.08
100.A1	RECONFORMACION DE LA SUPERFICIE EXISTENTE (e=10cm)	m2	2,367.07	2.91	6,888.17
100.A2	CONFORMACION DEL MATERIAL DE RELLENO PARA LA SUPERFICIE EXISTENTE	m3	711.90	23.69	16,864.91
200	PAVIMENTOS FLEXIBLES				516,376.58
200.B1	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	31,492.50	2.19	68,968.58
200.B2	TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE O BICAPA	m2	31,200.00	14.34	447,408.00
300	TRANSPORTE				5,795.79
300.A1	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D<= 1KM	m3-km	1,145.55	4.56	5,223.71
300.A2	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR PARA D> 1KM	m3-km	595.92	0.96	572.08
Costo Directo					545,925.45

SON : QUINIENTOS CUARENTICINCO MIL NOVECIENTOS VEINTICINCO Y 45/100

Fuente: Elaboración Propia

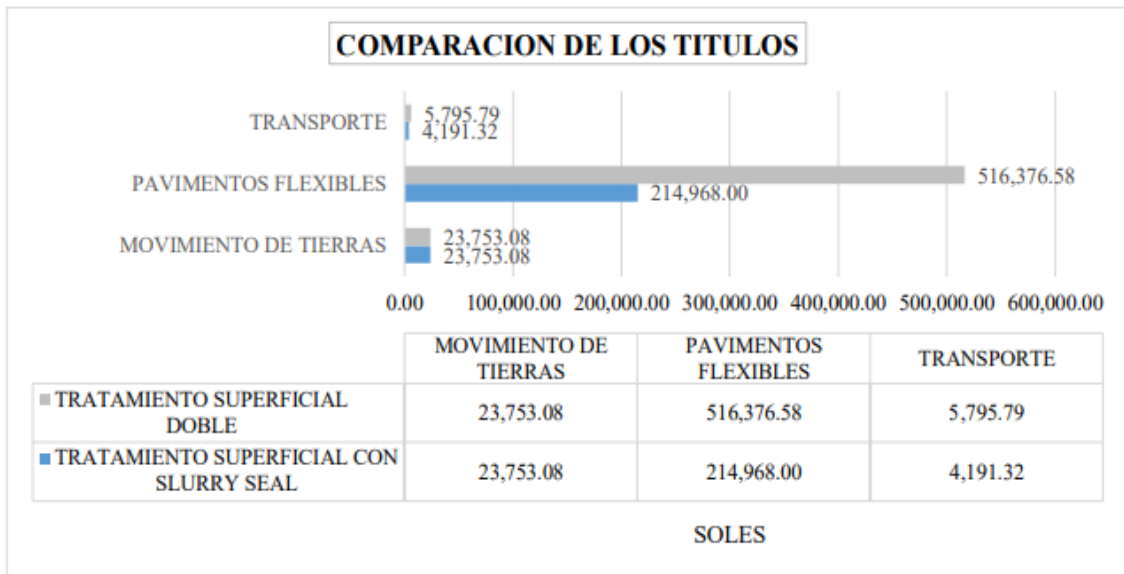
Gráfico 1: comparación del costo directo de los tratamientos superficiales



Fuente: Elaboración Propia

En el presente gráfico se realiza la comparación de los títulos del presupuesto de cada tratamiento superficial, es preciso mencionar que en el tratamiento superficial bicapa se tiene mayor costo directo por la presencia de más agregados.

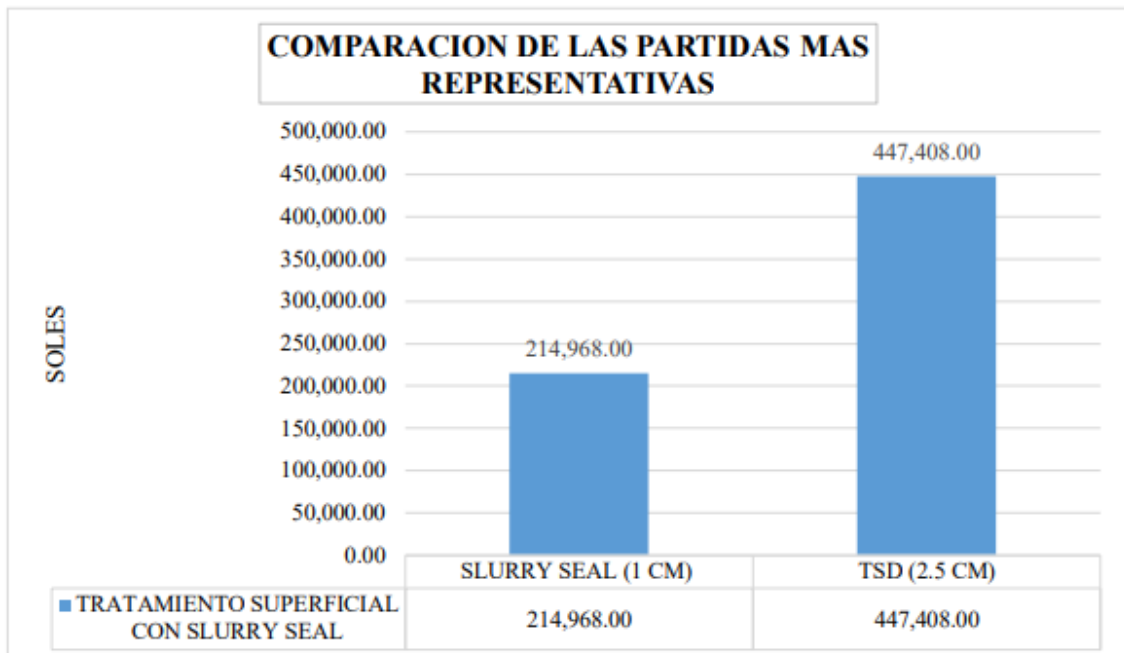
Gráfico 2: comparación de los títulos de los tratamientos superficiales



Fuente: Elaboración Propia

En el presente gráfico se realiza la comparación de las partidas más representativas de cada tratamiento superficial, es preciso mencionar que en el tratamiento superficial doble se tiene mayor costo directo.

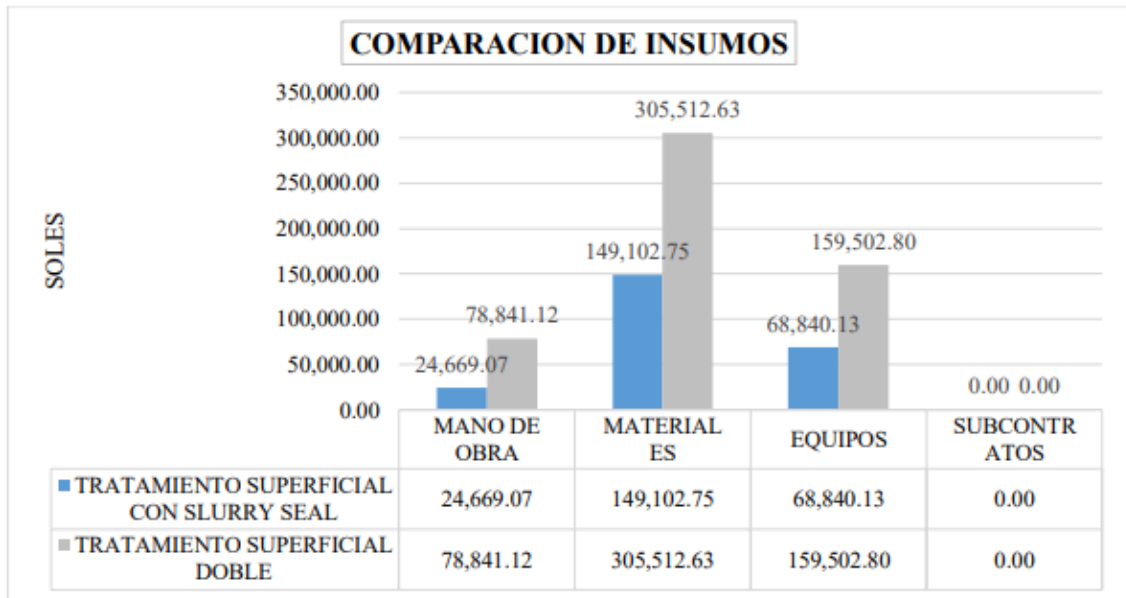
Gráfico 3: comparación de las partidas más representativas de los tratamientos superficiales



Fuente: Elaboración Propia

En el presente gráfico se realiza la comparación de los costos por el importe de los insumos (mano de obra, materiales, equipos y subcontratos) para cada tratamiento superficial, es preciso mencionar que en el tratamiento superficial doble se tiene mayor influencia por mano de obra.

Gráfico 4: comparación insumos de los tratamientos superficiales



Fuente: Elaboración Propia

6.6 Costos de mantenimiento

Contempla los costos de los trabajos, actividades y acciones que tienen la función de lograr que la carretera Cacatachi – Chirapa, preserve su condición superficial, funcional requerida, con efectos de satisfacción para los usuarios.

De acuerdo a los proyectos de rehabilitación y mejoramientos de carreteras, entre ellos (Cacatachi – Chirapa) se han tomado en cuenta los análisis de precios unitarios para las acciones de mantenimiento, en los siguientes cuadros se resumen los costos de mantenimiento para cada alternativa.

Tabla 24: Costos según el tipo de mantenimiento alternativa 1

Actividad	Costo Directo
Tratamientos de fisuras	S/ 4.41
Parchado superficial	S/ 11.66

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 25: Costos según el tipo de mantenimiento alternativa 2

Actividad	Costo Directo
Tratamientos de fisuras	S/ 4.41
Parchado superficial	S/ 14.54

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 26: Costos de mantenimiento alternativa 1

Año de Mantenimiento	Porcentaje asumido	Unidad	Metrado	P.U (S/)	Parcial (S/)
1	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 11.66	S/ 10,913.76
2	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 11.66	S/ 10,913.76
3	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 11.66	S/ 10,913.76
4	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 11.66	S/ 10,913.76
5	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 11.66	S/ 10,913.76
Costo de mantenimiento				S/ 76,618.80	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: Costos de mantenimiento alternativa 2

Año de Mantenimiento	Porcentaje asumido	Unidad	Metrado	P.U (S/)	Parcial (S/)
1	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 14.54	S/ 13,609.44
2	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 14.54	S/ 13,609.44
3	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 14.54	S/ 13,609.44
4	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 14.54	S/ 13,609.44
5	03%	M	1000	S/ 4.41	S/ 4,410.00
	03%	M2	936	S/ 14.54	S/ 13,609.44
Costo de mantenimiento				S/ 90,097.20	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28: Costos de construcción y mantenimiento de cada alternativa

Alternativa 1		Alternativa 2	
Costo de construcción	Costo de mantenimiento	Costo de construcción	Costo de mantenimiento
S/ 242,912.40	S/ 76,618.80	S/ 545,925.45	S/ 90,097.20
S/ 319,531.2		S/ 636,022.65	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de haber investigado sobre la definición del término tratamiento superficial según los estándares nacionales, se llega a concluir existen dos acepciones para este término; la primera acepción es el término tratamiento superficial Bicapa (TSB) que se define como la aplicación de uno o más riegos alternados de asfalto y de agregado sobre una capa granular (generalmente base) y la segunda es un tratamiento superficial con emulsión asfáltica y gravilla. De la misma forma, se indagó el término mortero asfáltico según los estándares internacionales, sin embargo, hubo muy poco éxito en la búsqueda con este nombre puesto que internacionalmente es conocido como slurry seal cuya traducción al español es lechada asfáltica y se define como la mezcla de emulsión asfáltica, agregados pétreos, agua y aditivos; rigiéndose también según la especificación ISSA A105.

Es decir, los términos slurry seal, lechada y mortero asfálticos son sinónimos puesto que según los estándares internacionales y nacionales poseen la misma definición. Ahora bien, se escudriñó dichos términos en varios países de América, Europa y Sudáfrica y se puede decir que cada país posee un término diferente que pueden ser: en Chile y Colombia, lechada asfáltica, en Costa Rica, sello con lechada asfáltica, en México y España, mortero asfáltico y en Sudáfrica, slurry seal.

La aplicación de los términos: lechada asfáltica, slurry seal, mortero asfáltico según los estándares nacionales se realiza de tres maneras: la primera, como conservación de pavimentos flexibles; la segunda, como tratamiento superficial en pavimentos flexibles de bajo volumen de tránsito y finalmente sobre un afirmado como conservación vial del tipo sello por lo cual, el término sello se refiere a la función o aplicación y no a la definición. Se acota que la aplicación de lechada asfáltica (slurry seal) según los estándares internacionales es sobre una carpeta asfáltica como un tratamiento de conservación vial para caminos pavimentados de tipo flexible. Además, Sudáfrica considera al slurry seal como tratamiento para

la construcción de caminos rurales con vehículos pesados ocasionales. Cabe resaltar además que, países como: Costa Rica y México permiten la colocación de la lechada asfáltica sobre afirmado sobre una base imprimada o preparada, considerada como actividad de conservación vial.

Por lo que se puede deducir que la aplicación del slurry seal, lechada asfáltica, mortero asfáltico se ha ido extendiendo desde su aplicación exclusiva en pavimentos flexibles como actividad periódica de conservación vial, pasando como tratamiento superficial para caminos de bajo volumen de tránsito y finalmente como alternativa de conservación vial en caminos no pavimentados de tipo afirmado.

Nuestro caso experimental tiene una gran riqueza pues nos permite conocer el comportamiento del slurry seal sometido a un tráfico que equivale a 10 vehículos pesados por día en diez años cubriendo así la necesidad de gran porcentaje de caminos cuyos flujos vehiculares son bajos en los que se podría considerar la colocación de mortero asfáltico dar acceso, mejor confort a los usuarios y realizando una inversión de infraestructura vial adecuada y económica.

CAPÍTULO VIII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- Los pavimentos económicos para el mantenimiento periódico de las carretas de la red vial nacional, como el tratamiento superficial bicapa y Slurry Seal se clasifican como carreteras pavimentadas, como lo indica el Manual de Carreteras DG-2018.
- El SLURRY SEAL, en el manual de especificaciones técnicas EG-2018, se denomina lechada asfáltica, y su uso corresponde técnicamente a un mantenimiento periódico de un pavimento asfáltico, sin embargo, en este caso se coloca sobre una base.
- Respecto a su aplicación, en la investigación sobre la carretera Cacatachi - Chirapa, se hace una comparación teórica entre el tratamiento superficial de Slurry Seal, sello general superficial de Textura media, para tráfico medio. Con el tratamiento superficial Bicapa, para tránsito moderado y de grado medio. Concluyendo que ambos se adaptan al entorno y el fin con el que cumplirían en la carretera propuesta.
- El Periodo de diseño para el tratamiento superficial Bicapa es de 5 años mientras que el Slurry Seal es de 3 años, significando esto una diferencia de 2 años, lo cual demuestra una superioridad de la Bicapa respecto al Slurry Seal.
- Los efectos de media ambiente sobre los tratamientos superficiales bicapa y Slurry Seal son generalmente los mismos por el hecho de ser materiales termoplástico, lo cual los convierte propensos a sufrir fisuras, hundimientos y ahuellamientos.
- Para agregar vida útil a la superficie de la carretera Cacatachi - Chirapa, se ha considerado la aplicación de un tratamiento superficial para mejorar la transitabilidad y darle un mejor acabado, recordando que este

no aporta capacidad estructural. El tratamiento superficial con slurry seal resulta más económico después de haber determinado su costo de inversión y mantenimiento en comparación al tratamiento superficial doble, pues en el primero se utiliza un solo agregado.

- El costo de aplicación del tratamiento superficial bicapa es más costoso que el tratamiento superficial con slurry seal, ya que el costo de aplicación por metro cuadrado de tratamiento superficial con slurry seal es de S/ 6.89, y el costo de aplicación por metro cuadrado de tratamiento superficial doble es de S/ 14.34.
- Los procesos constructivos de ambos tratamientos superficiales son parecidos, una de las diferencias del proceso constructivo del slurry seal es que se colocará sobre la vía no pavimentada con una sola pasada del Camión, mientras que para la colocación del tratamiento superficial bicapa se necesitan esparcidoras de ligante, de la piedra chancada y de la arena, siendo la aplicación del tratamiento superficial con slurry seal más rápida en comparación al tratamiento superficial doble.

8.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los proyectistas de nuestra región, a tener mayor conciencia de las decisiones que van a tomar en lo que respecta a la elección del tipo de tratamiento superficial en los programas de mantenimiento rutinarios y periódicos para que tengan un diseño adecuado a la realidad de las vías, que son de gran importancia para el desarrollo de la Región.
- Se recomienda también investigar respecto a los derivados del petróleo en este caso del asfalto, ya que según se indica en algunos estudios, cada vez existen máquinas más sofisticadas para este proceso y que los asfaltos son menos viscosos en la actualidad.
- Se recomienda reparar el estado de la carretera Cacatachi – Chirapa, lo antes posible, y no esperar que siga aumentando su deterioro, después de estos considerar cada uno de los elementos de drenaje que necesita (bombeo, peralte) para la evacuar el agua proveniente de las lluvias.

- Se recomienda no omitir alguna especificación técnica requerida para alguno de los trabajos, por consiguiente, se recomienda llevar un control de calidad riguroso de los trabajos realizados para así obtener resultados sumamente favorables para el presente proyecto.
- Se recomienda el empleo de materiales que cumplan con el Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, ya que el empleo de materiales que no cumplan conlleva a un deterioro de cualquiera de los tratamientos superficiales, el cual se traduce en un gasto considerable sin mayores resultados y nos llevaría a la reconstrucción o rehabilitación de la vía.
- Se recomienda realizar investigaciones comparativas con otros tipos de tratamientos superficiales, para determinar los beneficios que tendrían la aplicación de estos a las vías pertenecientes a la región San Martín.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. EE. UU., Washington.1993.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Practices for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal D3910 – 98. (Traducido p.1 – p.2). EE. UU., Filadelfia. 1998.
- Asociación Internacional Permanente de Congreso de Carretera. Diccionario Técnico Vial de la A.I.P.C.R. Madrid, España. 2002.
- AUSTROADS. Guide to Pavement Technology. Part 2: Pavement Structural Design. Sydney, Australia. 2012
- Bañón, L. y Beviá, J. (2000). Manual de Carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. Valencia, España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Condezo, R. (200). “Análisis del comportamiento funcional y estructural de la carretera Lamas – Pamashto y Bellavista – Ledoy con tratamientos superficiales”. Universidad Nacional de San Martín.
- Joya, A. y Pezo, B. (2015). “Evaluación Económica de los Tratamientos Superficiales Otta Seal Y Slurry Seal En Carreteras De Bajo Volumen: Caso: Ruta Pe-12a Tramo I Puente Huarochirí-Sihuas.
- Macharé, P. (2019). “Diseño de pavimentos con alternativas de mezcla asfáltica en caliente y tratamiento superficial bicapa en la vía de Evitamiento de la ciudad de Jaén”. Universidad Nacional Federico Villareal.
- Quintana, J. (2018). “Mortero Asfáltico O Slurry Seal como Tratamiento Superficial Para Pavimentos de Afirmado”. Universidad Ricardo Palma.

- Rosero, F. (2013). "Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle Nogales parroquia Nayón l= 1.0 km)". Universidad Central de Ecuador.
- Ramírez, A. (2020). "Evaluación técnica y de costo entre los tratamientos superficiales Otta Seal y Slurry Seal, para carreteras de bajo volumen de tránsito en el Departamento de San Martín – 2019". Universidad Científica del Perú.
- Córdor, J. (2016). Tratamiento superficial bicapa con emulsión asfáltica de la carretera Valle Yacus provincia de Jauja – Región Junín 2015 (Tesis de Pregrado), Universidad Peruana Los Andes, Huancayo, Perú.
- Aguilar, N. & Salas, G. (2012). Comparación entre tratamiento superficial bicapa y asfalto en caliente, en la rehabilitación de la carretera Chacachaca-Yunguyo-Kasani (Tesis de Pregrado), Universidad Católica de Santa María – Perú, Arequipa, Perú.
- The Asphalt Institute. (1986). Manual del Asfalto.
- The Asphalt Institute. (s.f.). Manual Básico de Emulsiones Asfálticas.
- UMSS. (s.f.). Manual Completo: Diseño de Pavimentos.
- Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos (MTC).
- Manual de Carreteras: Manual de Conservación Vial (MTC).