



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“COMPARACION DE COSTOS Y TECNOLOGIA DE
MANTENIMIENTO UTILIZANDO SLURRY SEAL Y
MANTENIMIENTO CONVENCIONAL EN UN
PAVIMENTO FLEXIBLE”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Daniel Andrés Pequeño Otoya

Asesor:

Ing. Irene Ravines Azañero

Cajamarca – Perú

2015

APROBACIÓN DE LA TESIS

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el(la) Bachiller **Daniel Andrés Pequeño Otoya**, denominada:

**“COMPARACION DE COSTOS Y TECNOLOGIA DE MANTENIMIENTO
UTILIZANDO SLURRY SEAL Y MANTENIMIENTO CONVENCIONAL EN UN
PAVIMENTO FLEXIBLE”**

Ing. Irene Ravines Azañero
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Teresa Chávez Toledo
JURADO

Ing. Anita Alva Sarmiento
JURADO

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios, a mis padres y mi familia por su apoyo, consejos y ayuda en los momentos difíciles, quienes supieron guiarme por un buen camino, dándome fuerzas para seguir adelante y no desistir ante los problemas que se presentaron, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la fe en Dios sin desfallecer.

AGRADECIMIENTO

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional en especial mi familia, quiero agradecerles por sus consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles de mi vida, sin importar en dónde estén, quiero darles las gracias por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación	13
1.4. Limitaciones.....	14
1.5. Objetivos.....	14
1.5.1. Objetivo General	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Antecedentes.....	15
2.2. Bases Teóricas	27
2.3. Lechadas Asfálticas	27
2.4. SLURRY SEAL	27
2.4.1. Clasificación Lechadas SLURRY SEAL.....	27
2.4.2. VENTAJAS.....	29
2.4.3. COMPONENTES	30
2.4.3.1. Agregados:.....	30
2.4.3.4.3. Uso de Emulsiones Asfálticas.....	38
2.4.3.5. Agua:.....	38
2.4.3. Mezcla de Diseño:.....	39
2.4.4. Dosificación y Proyecto:	40
2.5. EQUIPO Y PERSONAL.....	40
2.5.1. Camión Slurry Seal.....	41
2.6. Proceso Constructivo y Ejecución:.....	52
2.7. MANTENIMIENTO CONVENCIONAL CON BICAPA.....	54
2.13. GUIA PARA EL MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS.....	74
2.1.1 VIDA ESPECTADA DE LAS ALTERNATIVAS.....	75
2.14. COSTO ANUAL EQUIVALENTE	75
2.15. Definición de términos básicos	77
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	78
3.1. Formulación de la hipótesis.....	78
3.2. Operacionalización de variables.....	78
CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	80
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	80
4.2. Material.....	80
4.3. Unidad de estudio.	80
4.4. Población.....	80
4.5. Muestra.....	80
4.6. Métodos.....	82
4.6.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos	82

4.6.2.	<i>Procedimientos</i>	82
CAPÍTULO 5. DESARROLLO		83
5.1.	DOTACIÓN DE MEZCLA EN MANTENIMIENTOS.....	83
	5.1.2.1. <i>Rangos de Gradación para Tratamiento Superficial Bicapa en Proyecto.</i>	84
	5.1.2.2. <i>Diseño de la Superficie de Tratamiento</i>	84
5.2.	FORMATO DE COMPARACION DE INVESTIGACION.....	85
5.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS	86
CAPÍTULO 6. RESULTADOS		93
6.1.	Proceso Constructivo	93
6.2.	Inventario de Slurry Seal	94
6.3.	Inventario Mantenimiento Convencional	110
6.4.	PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO CONVENCIONAL	122
6.5.	COSTOS UNITARIOS DE MANTENIMIENTO CON SLURRY SEAL	128
6.6.	Cuadros Comparativos.....	134
6.7.	Diferencia de Costos: Mantenimiento Convencional-Mantenimiento con Slurry Seal - COSTO ANUAL EQUIVALENTE (German Vivar Romero, 1996)	135
6.8.	ANÁLISIS DE TECNOLOGIA UTILIZADA PARA EMULSIÓN (SLURRY SEAL)	137
6.9.	ANÁLISIS DE TECNOLOGIA UTILIZADA PARA ARENA (SLURRY SEAL)	138
6.10.	ANÁLISIS TECNOLOGÍA UTILIZADA PARA GRAVILLA BICAPA	139
CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN		141
CAPÍTULO 8. Referencias		145
ANEXOS		147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Comparación de Costos Relativos de Diferentes Tratamientos Superficiales.....	18
Tabla N° 2: Longitud y Superficie de Rodadura de la Red Vial del Perú 1982-2006	24
Tabla N° 3.a: Evolución de la Red Vial Nacional.....	26
Tabla N° 4: Especificación Granulométrica dependiendo del tipo.....	28
Tabla N° 5: Especificaciones técnicas para mortero asfáltico.....	30
Tabla N° 6: Especificaciones para Diseño de Mezcla	40
Tabla N° 7: Especificaciones por tipo de camión Slurry Seal	43
Tabla N° 8: Tipos de Tolva – Camión Slurry Seal	45
Tabla N° 9: Capacidad de Bomba para emulsión.....	45
Tabla N° 10: Capacidad y Especificaciones de Tanque	46
Tabla N° 11: Especificaciones de acuerdo a tipo de camión Slurry.....	49
Tabla N° 12: Exigencias de Calidad de los Agregados	56
Tabla N° 13.1: Rangos de gradación para tratamientos superficiales.....	57
Tabla N° 14: Especificaciones para emulsiones Catiónicas	62
Tabla N° 15: Cantidades aproximadas de materiales para Tratamientos Superficiales Dobles.....	64
Tabla N° 16: Comparación de Mantenimientos en Pavimentos Flexibles	76
Tabla N° 17: Gradación de agregados para Superficie de Textura pronunciada Tipo II	83
Tabla N° 18: Dotación de Materiales para Slurry Seal	83
Tabla N° 19: Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales	84
Tabla N° 20: Tasas de Aplicación Distribuidas.....	84
Tabla N° 21: Análisis Comparativo de Especificaciones de agregados	90
Tabla N° 22: Análisis comparativo de Equipos.....	90
Tabla N° 23: Análisis comparativo de personal	91
Tabla N° 24: Análisis comparativo de Normas Aplicables	91
Tabla N° 25: Análisis comparativo de materiales	91
Tabla N° 26: RESUMEN DE RESULTADOS DE TOMA DE DATOS Y COMPARACIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERA.....	92
Tabla N° 27: Comparación de proceso Constructivo.....	93
Tabla N° 28: Inventario e Inspección de campo Slurry Seal.....	94
Tabla N° 29: Inventario e Inspección de campo Bicapa	110
Tabla N° 30: Presupuesto Total Mantenimiento Convencional.....	122

Tabla N° 31: Presupuesto Total Mantenimiento Slurry Seal	128
Tabla N° 32: Cuadro comparativo Costos Unitarios	134
Tabla N° 33: Cuadro comparativo Norma Técnica Empleada	134
Tabla N° 34: Vida Esperada del Mantenimiento sobre Pavimento	135
Tabla N° 35: Costo Anual Equivalente Mantenimiento Convencional	135
Tabla N° 36: Costo Anual Equivalente Mantenimiento Slurry Seal	135
Tabla N° 37: Tramos Slurry Seal y Bicapa con Equipo	136
Tabla N° 38: Descripción de los mantenimientos	140
Tabla N° 39: Tasas de aplicación distribuidas	147
Tabla N° 40: Dotación para mezcla de mortero	148
Tabla N° 41: Cálculo Hora máquina	151
Tabla N° 42: Progresivas Slurry Seal con equipo	156
Tabla N° 43: Progresivas Bicapa con equipo	156

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Integración de Gestión de Pavimentos y Conservación de Pavimentos	16
Figura N° 2: Curva de deterioro del Pavimento	17
Figura N° 3: Inversión en transporte, 1980-1990 (en % del PBI)	19
Figura N° 4: Estado de la Red Vial Nacional, 1990 (en % del total de la extensión de la red)	20
Figura N° 5: El Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo (estado del camino años)	22
Figura N° 6: Determinación del pH de una emulsión asfáltica	35
Figura N° 7: Equipos para (A) Destilación, (B) Determinación de residuo por evaporación de una emulsión asfáltica.....	36
Figura N° 8: Prueba de adhesividad en una emulsión asfáltica en sus distintas fases: Vertido de emulsión, inclusión del agregado y vertido final usando diferentes cantidades de agua de pre-mezclado	36
Figura N° 9: Herramientas y equipo de laboratorio para procesar materiales (12/09/14) .	37
Figura N° 10: Cocina en laboratorio para procesar materiales (12/09/14)	37
Figura N° 11: Laboratorio para Slurry Seal, San Pablo-Cajamarca. (10/09/14).....	39
Figura N° 12: Unidad de mezcla de Slurry Seal	41
Figura N° 13: Camión y equipo para verter Slurry Seal.....	42
Figura N° 14: Diagrama de una típica Mezcladora para lechadas asfálticas	42
Figura N° 15: Diagrama camión Slurry Seal y sus partes.....	49
Figura N° 16: Diagrama de expansión y deslizadores de barra primaria	50
Figura N° 17: Tipos de Mantenimiento Superficiales con Gravilla	55
Figura N° 18: Cisterna de riego de ligante	65
Figura N° 19: Esparcidora de agregados	68
Figura N° 20: Esparcidora de agregados	69
Figura N° 21: Ubicación carretera San Pablo, Cajamarca, Perú.	81
Figura N° 22: Plano Carretera Kunturwasi, empalme Ruta 3N	81

RESUMEN

La presente tesis realiza la comparación de costos y tecnología entre un mantenimiento convencional y otro con Slurry Seal en un pavimento flexible, y en ella se desarrolla un modelo de Inventario e Inspección de campo que cita el Ing. German Vivar e Ing. Wilfredo Gutiérrez en su libro *Mantenimiento y Reparación de Pavimentos de Concreto y Asfalto* para la descripción del estado de cada tipo de mantenimiento.

El Slurry Seal es una mezcla compuesta por emulsión catiónica súper estable, agregado árido, agua y filler, con un espesor mínimo de un centímetro sustentado en la norma ASTM D-3910 "Práctica para diseño, análisis y construcción de imprimación de suelos (slurry seal), normalizada por la Guía ISSA A-105; El mantenimiento convencional Bicapa está compuesto por dos capas de espesores variables que utiliza gravilla y emulsión, sustentada en la norma NLT 150/63 "Método para la determinación de áridos gruesos y finos" y AASHTO-T84, AASHTO-T85 que corresponden al peso específico de la masa del agregado.

En el inicio de la tesis se describe la clasificación y propiedades de cada tipo de mantenimiento, con la descripción de los ensayos y dosificación de los morteros. Para dicho análisis se ha tomado en cuenta como referencia el proyecto de mantenimiento en la carretera Chilete-San Pablo-Empalme Ruta 3N, de donde se muestran los Costos Unitarios de cada mantenimiento seguido del Análisis de Tecnología utilizada por cada mantenimiento, finalizando con la comparación del Costo Anual Equivalente para obtener cuál de las alternativas de mantenimiento es la de mejor costo efectivo. Adicionalmente se detallan los equipos, el análisis granulométrico, estándares y normas de cada tratamiento.

Finalmente de la comparación de estos dos tipos de mantenimiento se concluye que el costo por metro cuadrado con Slurry Seal es de 4.26 s/./m² y una vida útil promedio de cuatro años, el costo por metro cuadrado con Bicapa es de 9.00 s/./m² y una vida útil promedio de cinco años.

ABSTRACT

This thesis makes the cost comparison between a conventional technology and maintenance and another with Slurry Seal in a flexible pavement, and in it a model of inventory and inspection of field develops appointment Ing. German Vivar and Eng. Wilfredo Gutierrez his book Maintenance and Repair of Concrete Pavement and Asphalt for describing the status of each maintenance.

The Slurry Seal is a mixture composed of super stable cationic emulsion, added arid, water and filler, with a minimum thickness of one centimeter supported by the ASTM D-3910 "Practice for design, analysis and construction soil standard primer (slurry seal), normalized by the ISSA Guide A-105; Conventional maintenance bilayer is composed of two layers of varying thicknesses using gravel and emulsion, based on the NLT 150/63 "Method for determining coarse and fine aggregates" and AASHTO T84, T85 AASHTO standard corresponding to specific weight aggregate mass.

In the beginning of the thesis the classification and properties of each type of maintenance is described, with the description of the tests and dosage of mortars. For this analysis has been taken into account as reference the maintenance project in Chilete-San Pablo-Empalme Route 3N road, where the unit costs of each maintenance followed Analysis technology used by every service is ending with the comparison Equivalent Annual Cost for which alternative maintenance is the best cost effective. Additionally equipment, sieve analysis, standards and rules of each treatment are listed.

Finally a comparison of these two types of maintenance it is concluded that the cost per square meter is 4.26 Slurry Seal s ./ m² and an average life of four years, the cost per square meter bilayer is 9.00 s / ./m² and an average life of five years.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las carreteras fueron los primeros signos de una civilización avanzada. Los mesopotámicos fueron uno de los primeros constructores de carreteras hacia el año 3500 a.C. En Roma toda persona tenía derecho a usar las calzadas, según la ley romana, pero los responsables del mantenimiento eran los habitantes del distrito por el que pasaba. Este sistema era eficaz para mantener las calzadas en buen estado mientras existiera una autoridad central que lo impusiera; con la ausencia de la autoridad central del Imperio romano durante la edad media (del siglo X al XV), el sistema de calzadas nacionales empezó a desaparecer. El gobierno francés instituyó un sistema para reforzar el trabajo local en las carreteras a mitad del siglo XVII, y con este método construyó aproximadamente 24.000 km de carreteras principales (www.arqhys.com, 2010).

El mantenimiento de la infraestructura de transporte, y particularmente de las carreteras, ha adquirido considerable importancia durante los últimos veinte años. La disponibilidad de vías adecuadas para el transporte es esencial, tanto para garantizar la competitividad y capacidad exportadora de los países como para promover su desarrollo local y la calidad de vida de sus habitantes, tal como lo viene desarrollando hace muchos años Estados Unidos con técnicas innovadoras de mantenimiento para el cuidado de sus vías y autopistas, también es el caso de España la cual destaca por sus estudios e investigaciones, aplicándolos en las mejoras de mantenimientos convencionales para disminuir la reconstrucción de vías en periodos relativamente cortos (Campana, 2010).

Son por estos motivos, los pocos datos y antecedentes de mantenimiento con Slurry Seal, nos lleva a hacer una comparación con el mantenimiento convencional bicapa, que es uno de los más utilizados en el mantenimiento de carreteras, así, de ésta comparación, poder conocer cuál método de mantenimiento es más económico y adecuado para darle a un pavimento flexible, además de sus procesos constructivos y tecnologías.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la mejor tecnología y de menor costo entre un mantenimiento convencional y otro con Slurry Seal en un pavimento flexible?

1.3. Justificación

Justificación Teórica:

El mantenimiento que se le da a una carretera es de vital importancia ya que comprende aspectos económicos con respecto al tiempo, a la duración, cada cuanto tiempo se la dará y la calidad del mantenimiento. Ya que darle un buen mantenimiento a una carretera requiere de soluciones innovadoras como ésta que responde a criterios de desarrollo sostenible, seguridad y ergonomía para la sociedad, un pueblo y una ciudad.

Las exigencias de presupuesto con respecto al mantenimiento de carreteras llevan a desarrollar distintos y nuevos equipos de trabajos fiables y eficientes. La evolución tecnológica en la maquinaria y equipos para asfalto garantizan un mayor rendimiento en la construcción brindando un mejor servicio y disponibilidad a los usuarios.

Justificación Aplicativa:

Brindarle un buen mantenimiento a una carretera y mantenerla viable es importante ya que ayuda al crecimiento, desarrollo y comunicación de una ciudad o un pueblo, es importante por eso aprovechar las nuevas técnicas de morteros asfálticos y tecnologías en equipos de maquinaria para realizar un trabajo que ayude al ahorro de tiempo y dinero como lo es el Slurry Seal.

El aprovechamiento del mortero asfáltico Slurry seal se utiliza para evitar el desgaste del pavimento, es una técnica innovadora, dando soluciones a la conservación de pavimentos o capas asfálticas ya sea en carreteras, vías o caminos ayudará enormemente a mantener las carreteras y caminos viables para así obtener un tráfico limpio y una mejor conservación de los neumáticos de los autos.

1.4. Limitaciones

Los trabajos de colocación de slurry seal en la carretera Chilete-San Pablo-Empalme Ruta 3N, para mantenimiento no son constantes, es decir no tienen una secuencia lineal a lo largo de la vía, ya que se realizan por tramos identificados para realizar el mantenimiento.

Esto dificulta realizar un seguimiento adecuado ya que los trabajos por su misma naturaleza cambian de ubicación constantemente a lo largo de 75 kilómetros de carretera.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Comparar costos y tecnología de mantenimiento utilizando slurry seal y mantenimiento convencional en un pavimento flexible.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar el mantenimiento con slurry seal sobre un pavimento flexible.
- Analizar el mantenimiento convencional bicapa en un pavimento flexible.
- Establecer diferencias en procesos constructivos, costos y de tecnología entre un mantenimiento convencional y otro con Slurry Seal.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

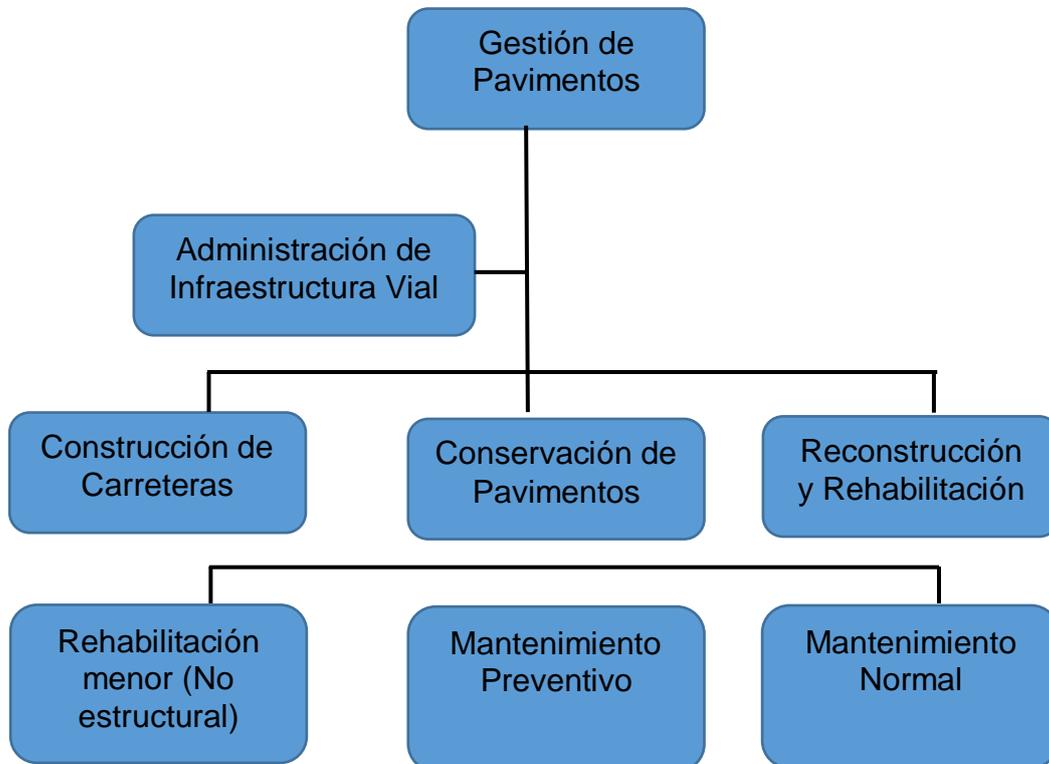
Gestión de Mantenimientos en Pavimentos

En la actualidad el modelo tradicional para la gestión de pavimentos no integra el mantenimiento preventivo. En gran parte esto se debe a que los departamentos de transporte se dividen en gerencias que no están totalmente integradas. Por ejemplo, pocas veces se llegan a difundir, en toda su extensión, los datos recopilados acerca del desempeño de las carreteras en los departamentos de mantenimiento. Por lo general estos hacen tratamientos basados en alguna falla funcional o por reaccionar a las quejas de los usuarios; invariablemente esto no conduce al mejor uso del presupuesto.

Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se prolonga a menor costo cuando se implementa un sistema de conservación a intervalos estratégicamente planeados e integrados a un programa de Gestión de Pavimentos en el cual se usa un modelo económico para optimizar los fondos públicos destinados a la red vial. Queda establecido que los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial (*Asset Management*) en base a las condiciones existentes de la red y las estrategias de expansión y mantenimiento de la misma.

La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a proporcionar y mantener las carreteras usando tratamientos donde se ha tomado en cuenta su costo/beneficio en base a la vida útil restante (VUR) del pavimento y el presupuesto disponible. CP (Conservación del Pavimento) incluye el mantenimiento preventivo, pero no incluye los pavimentos nuevos o aquellos que necesitan reconstrucción. La figura 1 muestra como mejor lograr una organización donde la Gestión de Pavimentos se integra y define los diferentes aspectos de la administración vial (Salomón, 2009)

Figura N° 1. Integración de Gestión de Pavimentos y Conservación de Pavimentos



Fuente: Salomón, 2009

Deterioro de las Carreteras

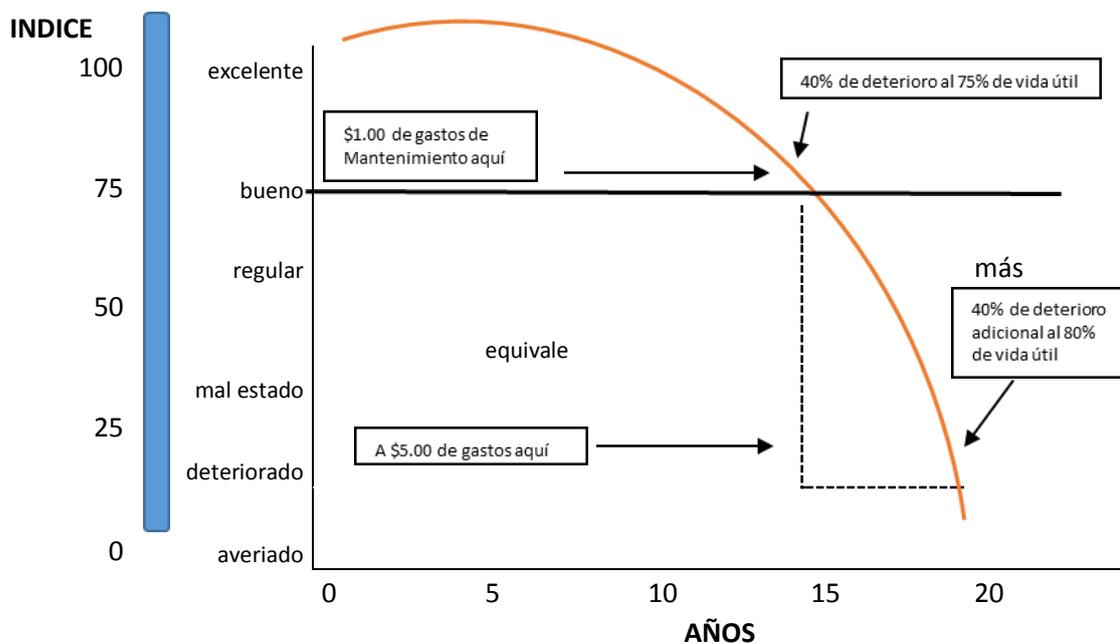
La evolución del estado físico de las carreteras debe ser monitoreada por las agencias a intervalos determinados. En EUA las agencias identifican y coleccionan 98 parámetros que incorporan a su base de datos, Sistema de Monitoreo de Desempeño de Carreteras (*Highway Performance Monitoring System, HPMS*). Es en base a estos datos que el gobierno federal entrega un análisis económico global a través del modelo Sistema de Requisitos Económicos para Carreteras (*Highway Economic Requirements System, HERS*) por este medio el Congreso planea el presupuesto para la infraestructura vial de los EUA, incluyendo el mantenimiento de la red vial. Actualmente, existe un escrutinio que refleja un Índice de la Condición del Pavimento (ICP) el cual se describe en ASTM D 5340.

El ICP es una cuantificación numérica del estado de los pavimentos. Clasifica el pavimento de acuerdo al grado y la severidad de los tipos de daños presentes. La escala

numérica es del 0 al 100, en la cual el 0 equivale a la peor condición y 100 a la mejor condición del pavimento.

La figura 2 representa una curva típica de la tasa de deterioro del pavimento. Se observa que 40% de deterioro ocurre al 75% de vida útil del pavimento. Se sugiere que en este punto se debe tomar la decisión de aplicar la acción preventiva, de no haberse hecho antes. Cada entidad gubernamental debe decidir cuándo activa el dispositivo de mantenimiento preventivo, diferir esta acción dará como resultado la necesidad de rehabilitar o reconstruir el pavimento y esto es mucho más costoso.

Figura N° 2: Curva de deterioro del Pavimento



Fuente: Salomón, 2009

Conservación de Pavimento a Futuro

La investigación futura de CP debe incluir la selección de tratamientos apropiados destinados a las fallas correctamente identificadas. Debemos conocer a que punto:

- 1) Es demasiado tarde; 2) o demasiado temprano para los tratamientos preventivos. ¿Qué es lo que se debe medir, para poder predecir las fallas? Desafortunadamente, aún no contamos con las herramientas que nos ayuden a predecir con precisión el tiempo correcto de aplicación de los tratamientos adecuados. La Tabla N° 1 muestra un listado de tratamientos, vida útil y costo.

Estos varían por región, pero da una indicación de costos de los diferentes tratamientos. A menudo, debido a los presupuestos limitados, nos vemos forzados a no tomar ninguna acción, lo cual incrementa el deterioro del pavimento. Lo que sí conocemos es el progreso de las fallas de pavimentos, conocemos cuales son y sabemos cuándo es demasiado tarde para la aplicación de tratamientos de mantenimiento preventivo.

Tabla N° 1: Comparación de Costos Relativos de Diferentes Tratamientos Superficiales

Tratamiento	Vida Útil, años	Costo Relativo US \$/m ²
Riegos de imprimación y riegos de adherencia	1-2	1
Sello con lechada	3-5	4
Micro aglomerado	3-9	8
Sellado de fisuras	2 – 5	2
Recubrimiento en frío, capa Fina	2 – 10	5
Recubrimiento en caliente, capa Fina	2 – 12	9
Riego de sello	3 – 7	4
Reciclado en frío en sitio (espesor: 25mm)	5 – 10	4

Fuente: Salomón, 2009

El mantenimiento preventivo es una actividad que se debe iniciar temprano en la vida del pavimento, cuando su condición aún es buena y no tiene fallas estructurales. La efectividad del programa de conservación de pavimentos, depende de los escrutinios de las fallas y los tratamientos de estas. Estos tratamientos se deben hacer de uno a seis años en pavimentos flexibles y de 3 a 8 años en pavimentos rígidos.

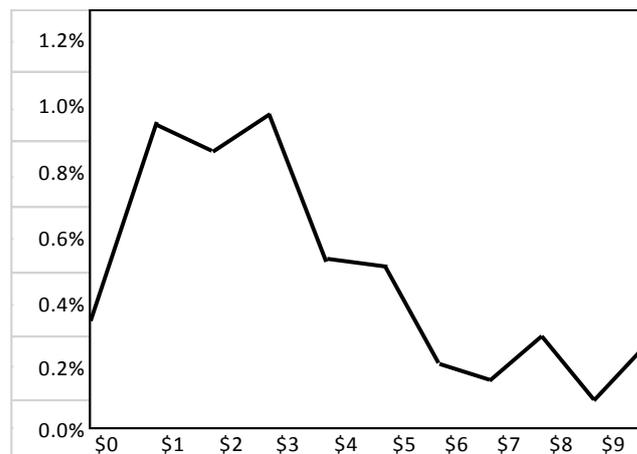
Es crítico tener un programa para extender la vida útil del pavimento (VUP). Este proceso consiste de las siguientes tareas: 1) Monitorear y establecer la condición del pavimento existente; 2) Determinar las causas de los daños; 3) Desarrollar alternativas viables; 4) Hacer un análisis de costo del ciclo de vida y 5) Seleccionar el tratamiento preferido en base de su costo-beneficio. Además de identificar la oportunidad para el inicio de tratamiento preventivo, se debe determinar la frecuencia apropiada de aplicaciones adicionales. Se desconoce exactamente cuando un tratamiento llega a su vida útil.

La Tabla N° 1 da algunas indicaciones según prácticas en EUA. La vida útil de un tratamiento es diferente en cada situación, dependiendo del tipo de pavimento, las

condiciones climatológicas, los materiales y la infraestructura misma del pavimento. Iniciar el programa de conservación de pavimentos cuando el pavimento aún está en buenas condiciones, rinde un alto nivel de servicio con repetidas aplicaciones de tratamientos de bajo costo (Salomón, 2009).

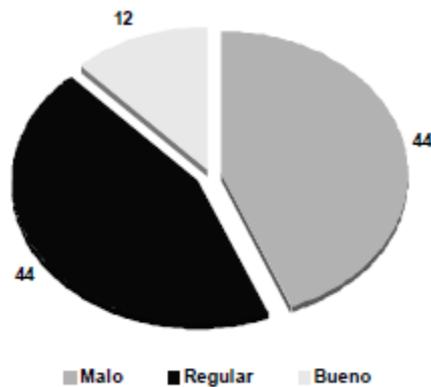
En el Perú, como señala Guerra-García 2006, los planes de mantenimiento de las redes viales solo contemplan alrededor de 30 mil Km. de carreteras, mientras que más de 40 mil Km. no están sujetos a ningún programa regular de mantenimiento. Más alarmante aún es el hecho de que algunos tramos de carreteras han sido licitados en sucesivas oportunidades a lo largo de las últimas décadas, debido a que estos han tenido que ser reconstruidos completamente ante la carencia de una política de mantenimiento vial.

Figura N° 3: Inversión en transporte, 1980-1990 (en % del PBI)



Fuente: IPE, 2006

Figura N° 4: Estado de la Red Vial Nacional, 1990 (en % del total de la extensión de la red)



Fuente: Apoyo, 1990

Como se señala en Apoyo (1990), la escasa inversión en el sector transportes durante la segunda mitad de la década de los ochenta—donde la extensión de la red vial solo se incrementó en 2%—llevó a un deterioro importante en la Red Vial Nacional. Por ello, a inicios de la década de los noventa un 88% de la red se encontraba en mal o regular estado y apenas un 12% en condiciones adecuadas. Según lo señalado por Apoyo, se estimaba a principios de la década de los noventa que para poner las carreteras en condiciones similares a las de 1985, se requería invertir unos US\$ 400 millones.

El análisis de identificación de inversiones en rehabilitación de infraestructura se inicia en la década de los noventa, puesto que durante dicho periodo se inició un grupo importante de inversiones destinadas a rehabilitar las principales carreteras de la red vial que se encontraban deterioradas.

Cabe resaltar que este proceso de identificación de inversiones se centró en las principales vías que tiene el país, es decir, en la Red Vial Nacional y en algunos casos en la Red Departamental. Trabajar con la Red Vecinal es un trabajo demasiado amplio por la extensión de la vía y vasto número de pequeños caminos existentes; sin embargo, cabe resaltar que el mantenimiento de caminos rurales ha sido el más importante en el caso peruano, por cuanto el país, desde la década de los noventa, contó con financiamiento de los organismos multilaterales para este fin, siendo considerado el proyecto de caminos rurales del Perú como una buena práctica internacional.

Por otro lado, se debe señalar que se poseen dos grandes fuentes de información para realizar el trabajo. La primera son los distintos informes de gestión del Ministerio de Transportes (se tuvo acceso a información desde el año 1994). La utilización de dichos informes permitió identificar los tramos de carreteras que fueron rehabilitados durante la década de los noventa, la mayoría culminados entre 1994 y 1997, y que debieron de recibir un mantenimiento periódico dentro de los primeros cinco años de culminadas las obras. Justamente, a partir de 1999, año a partir del cual gran parte de las obras realizadas debieron comenzar a recibir este tipo de mantenimiento, la restricción fiscal llevó a una contracción de la inversión en el sector transportes, por lo que la carencia de este mantenimiento determinó el deterioro de las redes viales en el país.

Marco Conceptual

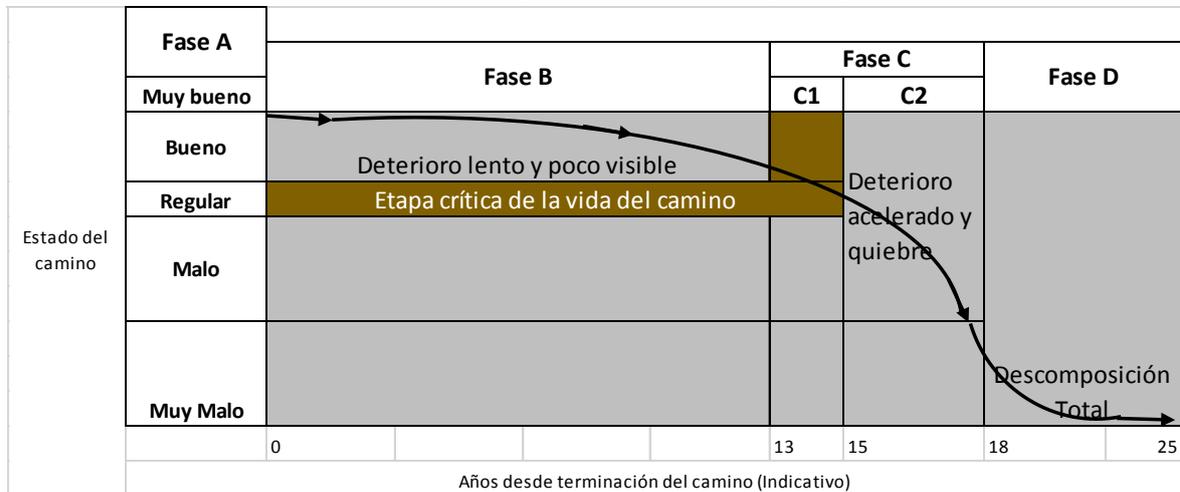
A continuación se discute brevemente la importancia del mantenimiento vial, describiendo las etapas de deterioro en la vida útil de un camino y la relevancia del momento oportuno de la intervención. La discusión presentada fue tomada de CEPAL (Comisión Económica para América Latina, 1994).

Etapas de deterioro en la vida útil de un camino o carretera

Los caminos están regidos por un ciclo de vida útil que, dado que tiende a repetirse, se denomina "normal". Este ciclo consta de cuatro etapas que determinarán su deterioro con el transcurso del tiempo.

Cabe mencionar que el ciclo se aplica a todo tipo de caminos, como los de pavimento asfáltico, de hormigón, o los que no están pavimentados; pero con ligeras diferencias en lo que se refiere a los tiempos de duración de las distintas etapas; no obstante, el mensaje de fondo es el mismo en todos los casos: no debe permitirse el deterioro excesivo o la destrucción de la estructura básica de los caminos sin importar del tipo que sean.

Figura N° 5: El Deterioro de los caminos con el transcurso del tiempo (estado del camino años)



Fuente: Cepal, 1994

La primera fase (A) del ciclo es la de “Construcción”, que, como su nombre lo indica, consiste en la construcción del camino (tenga este ó no un proyecto definido y el proceso constructivo se ajuste ó no a las normas establecidas) que, una vez terminado, entra en funcionamiento en excelentes condiciones y listo para satisfacer las necesidades de los usuarios.

La fase siguiente (B) es la de “Deterioro lento y poco visible”, que durará cierta cantidad de años (que dependerá, en parte, del tipo de camino que sea) en los cuales el camino se desgastará y debilitará lentamente; lo que más se deteriorará será el pavimento en sí, pero también habrá desgaste de la estructura general. Los factores que influyen en el desgaste son variados y van desde el volumen de tránsito de vehículos ligeros o pesados, el peso de la carga que transportan estos últimos (exceso de carga), hasta las condiciones climáticas, la lluvia, la radiación solar, cambios en la temperatura, etc. Asimismo, dependerá de la calidad de la construcción inicial. A pesar de la importancia del mantenimiento rutinario para la buena conservación de los caminos, en muchos países a lo largo del mundo, estos procedimientos de mantenimiento son prácticamente nulos; el principal motivo de esto es el financiamiento insuficiente, ya sea porque son escasos o porque estos recursos se destinan a mejorar caminos en muy mal estado en vez de a conservar la calidad de los no tan deteriorados.

La tercera fase C se denomina de “Deterioro acelerado y quiebre”. En esta fase, el pavimento y los otros elementos del camino empiezan a “agotarse”, y el camino, a la misma cantidad de tráfico, empieza a resistir menos y a deteriorarse más. Al inicio de esta etapa, el camino aún se ve bien para los usuarios: casi no presenta fallas en la superficie y no se percibe ningún tipo de falla estructural. Sin embargo, conforme pasan los meses, los daños empiezan a notarse en la superficie, siendo estos cada vez más severos y frecuentes. Es recién en este punto que se puede asegurar que la estructura del camino también está seriamente dañada.

Los daños empiezan en lugares puntuales, pero se van extendiendo hasta que se convierten en algo generalizado. Generalmente esta fase dura entre dos y cinco años, tiempo relativamente corto, puesto que una vez que el daño se generaliza, la destrucción se acelera cada vez más. Por eso, en un esquema sano de conservación vial, el camino debería reforzarse al inicio de esta fase, de modo que se evite el deterioro acelerado del camino, se mantenga intacta la estructura básica existente y se asegure la capacidad estructural del camino de modo que pueda ser apto para el tránsito durante otro periodo prolongado (Cusato, 2008).

Los costos de reforzar la superficie de los caminos (lo necesario al inicio de la fase C) son relativamente bajos; en el caso de los caminos pavimentados, el refuerzo de la carpeta asfáltica alcanza aproximadamente el 10% del valor original del camino. Después de este refuerzo, el camino vuelve a ser adecuado para la circulación por muchos años más. Sin embargo, dado que al inicio de la fase C el deterioro no es perceptible y los vehículos no sienten la diferencia, no se interviene a tiempo y, con el paso del mismo, un refuerzo que habría servido al inicio de la fase C ya no es suficiente: deberán repararse los daños estructurales (destruir y volver a construir las partes dañadas), y luego colocar el refuerzo sobre toda la superficie del camino. Este proceso de reparar el camino, tanto superficial como estructuralmente, es denominado “rehabilitación”.

Asimismo, debe mencionarse que, aunque al inicio y durante la mayor parte de la fase C los daños no son perceptibles, poco a poco los vehículos irán sintiendo molestias producto de las irregularidades de la superficie: al finalizar la fase C y durante la D, la única alternativa es la de reconstruir completamente el camino, solo que ya no a un costo de 10% del valor inicial (como el mantenimiento), sino entre un 50% y 80%.

La última fase (D) es la de la “Descomposición total”, en la cual el camino se encuentra en la fase final de su vida útil y termina por destruirse totalmente. Lo primero en notarse es la pérdida del pavimento (con el paso de vehículos pesados, este empieza a desprenderse por pedazos); los vehículos empiezan a deteriorarse, producto del mal estado de la pista, y a sufrir serios daños en los neumáticos, ejes, amortiguadores y chasis; esto genera un aumento en los costos de operación de los vehículos y en la cantidad de accidentes.

Finalmente, se llega a un estado en que los caminos ya no pueden ser transitados por vehículos normales. Un caso emblemático es el de la carretera longitudinal de Chile (parte de la Carretera Panamericana de más de 3,000km), hecha en los años sesenta, pero que, por falta de recursos, no fue mantenida correctamente, y en la década de los setenta se dio un fallo generalizado en casi 1,500km (algunos tramos eran solo caminos de grava). Tuvo que reconstruirse la carretera en su totalidad (1977-1983) y a un costo enorme, lo que implicó que se contrajera nueva deuda externa (Cusato, 2008).

Descripción de la Evolución de la infraestructura de Transporte Vial. Periodo 1980-2007

Tabla N° 2: Longitud y Superficie de Rodadura de la Red Vial del Perú 1982-2006

Año	Tipo de Rodadura del Sistema Vial del Perú									
	Total		Asfaltada		Afirmada		Sin Afirmar		Trocha	
	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%	Km	%
1982	65.93		7.178	10.9	12.965	19.7	15.305	23.2	30.482	46.2
1985	68.363		7.325	10.7	13.627	19.9	15.853	23.2	31.558	46.2
1990	69.942		7.564	10.8	13.476	19.3	15.898	22.7	33.005	47.2
1995	73.439		8.355	11.4	13.218	18.0	16.763	22.8	35.103	47.8
2000	78.127		10.189	13.0	18.533	23.7	13.809	17.7	35.596	45.6
2005	78.034		10.051	12.9	18.535	23.8	13.849	17.7	35.600	45.6
2006	78.686		10.959	13.9	17.875	22.7	14.055	17.9	35.797	45.5

Fuente: MTC, 2006

Del análisis de la tabla se consta que entre los años 1982 y 2006 se incorporaron a la Red Vial del Perú 12.756 km, lo cual representó un aumento del 19.35% en la longitud de la Red Vial. Esta variación positiva fue el producto del aumento de la longitud de

superficies asfaltadas, afirmadas y trochas, siendo la primera la más importante debido al impacto que esta tiene sobre los productos comercializados.

A los kilómetros asfaltados de la Red Vial total se incorporaron 3.781 km, lo cual fue un aumento del 52.6% entre 1982 y 2006. El mayor crecimiento de la pavimentación tuvo lugar entre los años 1995-1999, periodo en el cual los kilómetros de superficie pavimentada aumentaron casi en un 22% (de 8.355 km a 10.189 km). Si comparamos las tres redes que conforman la Red Vial, la Nacional presentó la variación más alta de pavimentación en comparación con la Departamental y la Vecinal. La Red Vial Nacional aumentó 66.94% de la red asfaltada a lo largo del periodo 1982-2006.

Sin embargo a pesar de que se han logrado incorporar más kilómetros pavimentados como porcentaje de la longitud total de la red vial, este aumento aún no se traduce en los kilómetros asfaltados en relación con el crecimiento de la población. De hecho la variación de los km asfaltados en relación con el crecimiento demográfico fue 0% en el periodo comprendido entre 1982 y 2006 (CEPAL, "Comisión Económica para América Latina", 2012).

Evolución de la Red Vial Nacional (1990-2014)

A Septiembre del 2014, la red vial nacional existente ha aumentado en 9,932 Km respecto al año 1990 y 8,767 kilómetros respecto al año 2005, como consecuencia de los clasificadores de rutas aprobadas y la reclasificación realizados en los últimos años, por la necesidad de intervenir y mejorar los niveles de servicio a los usuarios de carreteras en el país.

Es importante indicar que las carreteras nacionales pavimentadas han aumentado progresivamente desde 1990 en términos absolutos (kilómetros); de 5,740 Km (36%) a 16,647 Km. (65%); sin embargo, en términos relativos (porcentaje de la RVN existente) no ha mostrado la misma tendencia, lo cual se explica por la incorporación de nuevas carreteras no pavimentadas a la RVN, principalmente en el año 2007.

Como consecuencia de las intervenciones culminadas en los últimos años en la Red Vial Nacional; esta ha evolucionado positivamente, así la RVN pavimentada pasó desde 53% el 2010 a 65% en Septiembre del 2014; así también, para similar periodo, es importante destacar la positiva evolución de la RVN Pavimentada respecto de su estado funcional considerado como carretera pavimentada buena la cual pasó desde 50% a 87%. La evolución y tendencia de la RVN Total Existente y la RVN pavimentada se muestra a continuación (Provías, 2015):

Tabla N° 3.a: Evolución de la Red Vial Nacional

AÑOS	DS 009-1995		DS 034-2007			
	1990	1995	2000	2005	2006	2007
Pavimentada	5,740	6,477	8,523	8,731	8,911	11,178
No Pavimen.	9,952	10,042	8,530	8,126	8,946	12,660
TOTAL	15,692	16,519	17,053	16,857	17,857	23,838

Fuente: Provías, 2015

Tabla N° 3.b: Evolución de la Red Vial Nacional

AÑOS	DS 044-2008			DS 036-2011		DS 012-2013	
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Pavimentada	11,370	11,500	12,445	12,445	14,748	15,906	16,647
No Pavimen.	12,532	13,000	11,151	11,151	9,846	9,100	8,977
TOTAL	23,902	24,500	23,596	23,596	24,594	25,006	25,624

Fuente: Provías, 2015

Slurry Seal en Cajamarca

En la región Cajamarca se utiliza como mantenimiento en la carretera Cajamarca-Bambamarca y en la carretera Chilete-San Pablo-Ruta 3N, ésta última vía materia del presente estudio. Como tratamiento superficial en la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas-Dv Chachapoyas y Chachapoyas-Pedro Ruiz. En la ciudad de Cajamarca, la empresa Minera Yanacocha colocó Slurry Seal dentro de sus instalaciones para mejorar el desplazamiento de los vehículos y disminuir el levantamiento de polvo sobre la carretera causado por éstos. En la plaza de armas y algunas calles adyacentes al centro de la ciudad de Cajamarca se colocó Slurry Seal en el año 2012 a fin de evitar que el pavimento de las calles siga deteriorándose.

2.2. Bases Teóricas

2.3. Lechadas Asfálticas

Las lechadas asfálticas pueden ser tanto una técnica de mantenimiento preventiva como correctiva. El tratamiento no aumenta la resistencia estructural de un pavimento. Cualquier pavimento que es estructuralmente débil en áreas localizadas, debiera ser reparado antes de la aplicación de lechada asfáltica. Ahuellamiento, ondulaciones, hundimientos a lo largo de los bordes, deficiencias en el abovedado, u otras irregularidades de la superficie que disminuyen la transitabilidad del camino, deben corregirse antes de extender la lechada asfáltica (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

2.4. SLURRY SEAL

La lechada asfáltica Slurry Seal es una mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, arena, fillers, aditivos y agua. La mezcla es aplicada como un tratamiento de superficie. Puede ser tanto una técnica de mantenimiento preventiva como correctiva. Cualquier pavimento que es estructuralmente débil en áreas localizadas, debiera ser reparado antes de la aplicación de la lechada asfáltica (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010)

Se utiliza también como técnicas de mantenimiento preventivo periódico y rehabilitación de superficies, también se utiliza como sello superficial para corregir irregularidades. El Slurry pasa por distintos ensayos, para que una vez llevado a obra tenga la calidad necesaria para ser vertida, el espesor de este mortero va de 0.3 mm a 30 mm de espesor, algunas veces, dependiendo de lo que se necesite se llega a verter 2 cm de espesor (Herencia, 2009).

2.4.1. Clasificación Lechadas SLURRY SEAL

Las lechadas asfálticas Slurry Seal se clasifican según su gradación, existiendo tres tipos y cumpliendo las siguientes especificaciones indicadas en la tabla N°4:

- La lechada asfáltica Tipo I: Corresponde a una capa de sellado de poco espesor, que provee máxima penetración en las fisuras y buenas propiedades de sellado,

también es un excelente pre-tratamiento para una capa de mezcla asfáltica en caliente o para un tratamiento superficial (cheap seal). Tiene un buen comportamiento en áreas de baja densidad de tráfico, donde el principal objetivo es el sellado, tales como playas de estacionamiento, campos de aterrizaje de aviones livianos o banquinas.

- Lechada asfáltica tipo II: Es la gradación para lechadas más ampliamente utilizada. Las lechadas de granulometría Tipo II protegen el pavimento subyacente de la oxidación y del daño por humedad y mejoran la fricción superficial. Se emplean en carreteras de tránsito pesado. Adicionalmente, las lechadas del Tipo II pueden corregir casos de desprendimiento severo. Se emplean en pavimentos con tráfico moderado.
- Lechada asfáltica tipo III: Se emplea en correspondencia con aplicaciones voluminosas (82 – 136 kg/m²) y altos valores de fricción superficial. Las lechadas asfálticas Tipo III se emplean también en carreteras de tráfico pesado.

Tabla N° 4: Especificación Granulométrica dependiendo del tipo

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

Fuente: Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010.

Las emulsiones asfálticas utilizadas en las lechadas pueden ser CSS-1h (CSS-1h) o SS-1 (RL-1)-Emulsiones de Rotura lenta, son diseñadas para un tiempo máximo de agregados, CSS-1 (CRL-1) o SS-1h (RL-1h)-Emulsiones catiónicas de sedimentación lenta y rápida, respectivamente, CSS-1h (CSS-1h) o CQS-1h (RR QS-1h)-Emulsión catiónica de sedimentación lenta con viscosidad entre 20 y 100s. Para las emulsiones CQS-1h y QS-

1h, no se exige el ensayo de mezcla con cemento. La emulsión adecuada para cualquier agregado de lechada asfáltica puede ser verificada mediante una mezcla de diseño (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

2.4.2. VENTAJAS

- Se aplica de manera efectiva para mantenimiento preventivo o correctivo de pavimentos.
- Sella microfisuras y detiene la desintegración superficial.
- Recupera o provee fricción superficial al pavimento, por lo tanto mejora la seguridad de la vía.
- Se puede aplicar como capas delgadas de rodadura, sobre bases estabilizadas en construcción de vías.
- Su construcción no requiere de grandes instalaciones (plantas, tren de pavimentación y otros), un solo equipo dosifica, mezclas, coloca y le da la terminación a la mezcla.
- Son de rápida aplicación y así permiten una pronta reapertura del pavimento al tráfico
- Impiden que el agregado este suelto.
- Proveen textura superficial y resistencia a la fricción excelentes.
- Capacidad para corregir irregularidades superficiales menores.
- No hay necesidad de ajustes por la presencia de bocas de inspección y otras estructuras
- Excelente tratamiento de bajo costo para calles urbanas.
- Se aplica a temperatura ambiente con temperaturas mínimas de hasta 5°C cuando la temperatura está en ascendente.

Su Normalización: El diseño y aplicación están normalizados por la Guía ISSA A-105 (ISSA – International Slurry Surfacing Association) y la Norma ASTM D-3910, asimismo el EG-2013 lo Norma en la Sección 401 (SEAL, 2011).

El tipo de Slurry Seal que se estará describiendo en la presente tesis es de tipo II ya que es la que describimos en el proyecto de investigación de la carretera Chilete-San Pablo-Ruta 3N denominada Kuntur Wasi.

2.4.3. COMPONENTES

La lechada asfáltica Slurry Seal está compuesto por agregados pétreos y emulsión: arena, filler (cemento tipo I), agua y emulsión asfáltica de Rotura Lenta (css).

2.4.3.1. Agregados:

El agregado para lechadas debe ser limpio, angulosos, bien graduado y uniforme. De ser posible, debiera emplearse material de trituración en un 100%. Deberán cumplirse las siguientes condiciones:

Tabla N° 5: Especificaciones técnicas para mortero asfáltico

MATERIAL	ENSAYO	ESPECIFICACIONES	ESPECIFICACION
Arena	Equivalente de Arena	ASTM D2419 AASHTO T176	70% Mínimo
	Durabilidad (Pérdida en Sulfato de Sodio o Magnesio)	ASTM C88 AASHTO T140	12% Máx. con Na ₂ SO ₄ y 25% Máx con MaSO ₄
	Adhesividad (Riedel Weber)		6 Mínimo
	Índice de Plasticidad		NP
	Resistencia a la Abrasión	ASTM C131 AASHTO T96	35% Máximo
	Análisis Granulométrico	ASTM C136 y ASTM C117 AASHTO T27 AASHTO T11	Uso granulométrico Tipo II
Emulsión	Viscosidad Saybolt Furol a 25°C Seg		20 – 100
	Sedimentación a los 7 días		Máx 1%
	Contenido de Asfalto Residual %	ASTM D244 AASHTO T59	Mín. 57 %
	Contenido de		Máx 0

	Disolventes %		
	Tamizado retenido N° 200		Máx. 0.1%
	Mezcla con cemento %		Máx. 2%
	Carga Partícula		Positiva
	Penetración (25°C, 100gr, 5 seg)	ASTM 2397 AASHTO T49	40 – 90 *
	Ductilidad (25°C, 5 cm/m) cm 40		Mín 40
	Tricloroetileno %		Min 97.5
Agua	pH	ASTM D-1293	entre 5.5 y 8
	contenido de sulfatos SO4	ASTM D-516	1 gr/l máximo
Slurry Seal	Consistencia	ISSA – MTC E 416 TB106	
	Abrasión en Pista Húmeda	ISSA – MTC E 416 TB100	Máx. 800 g/m2
	Absorción de arena	ISSA – TB109	Máx. 600 gr/m2
	Prueba de Lavado		
	Espesor de mortero colocado		
	Tasa de Aplicación		Máx +- 15% variación
	Profundidad de Textura	MTC E 1005	

Fuente: Conserminc, 2014

2.4.3.2. Características del material:

La Gradación del agregado se determinará según las especificaciones ASTM C136 y ASTM C117, el muestreo se efectuará de acuerdo a la norma ASTM D75 en cantera (para su aprobación) y en campamento (a su llegada). Si el promedio de los 5 ensayos está dentro de las tolerancias será aceptado de lo contrario, se desechará el material o se mezclará con otro agregado hasta alcanzar la granulometría deseada.

- Si se detectan variaciones en las propiedades intrínsecas de los agregados, se verificará que no queden fuera de especificación. Estas diferencias pueden deberse a variaciones naturales en la fuente de agregados. Por otro lado estos parámetros, si bien afectan el desempeño del sello, no son motivo para rechazar el agregado salvo en casos especiales, como proyectos con especificaciones superiores.
- En el caso de las propiedades de producción, éstas deben ser chequeadas con mayor frecuencia y mantenidas en lo posible sin variación. Si se detectan variaciones importantes, puede ser necesario recalcular el diseño o rechazar el agregado y exigir nuevos patrones de producción.

2.4.3.3. Filler o Polvo Mineral:

- Se empleará Cemento Pórtland, cal hidratada, cenizas volátiles, o cualquier otro filler que cumpla los requerimientos de la norma ASTM D242, si así lo requiere el diseño de mezcla.
- El filler, debido a su tamaño, es un material muy sensible a la humedad (especialmente el cemento o cal hidráulica, ya que reaccionan con el agua rápidamente), por ello, el filler debe ser almacenado en una bodega limpia que lo mantenga fuera del contacto con el agua y la humedad.

2.4.3.4. Emulsión Asfáltica:

Una emulsión asfáltica consiste de una dispersión de finas gotas de asfalto, estabilizadas en una fase acuosa, por la presencia de un agente emulsificante, obteniéndose un producto relativamente fluido. Pueden ser usadas sin adición de calor o de solventes, además, pueden ser bombeadas, almacenadas y aplicadas a

temperaturas mucho más bajas que con otro tipo de utilización del asfalto. Básicamente, una emulsión está constituida por asfalto, agua, un emulsificante, y en algunos casos, según los requerimientos, cierto tipo de aditivo (Conserminc, 2014).

2.4.3.4.1. Clasificación de las emulsiones asfálticas:

A. Por su Rompimiento

- a. **Emulsiones de Rotura Rápida:** Los grados de rotura rápida se han diseñado para reaccionar rápidamente con el agregado y revertir de la condición de emulsión a la de asfalto. Se usan principalmente para aplicaciones de riego (spray applications), como tratamientos superficiales, sellados con arena (sand seals) y tratamientos de superficie. Los grados RS-2, HFRS-2 Y CRS-2 (de rotura rápida) son de alta viscosidad para evitar el escurrimiento. Versiones de esas emulsiones modificadas con polímeros son usadas rutinariamente cuando se requiere una rápida adhesión como las áreas de intenso tráfico cuando el control de tráfico es mínimo o cuando hay cargas pesadas.
- b. **Emulsiones de Rotura Media:** Las emulsiones de rotura media se diseñan para ser mezcladas con agregados graduados. Debido a que estos grados de emulsiones se formulan para no romper inmediatamente después del contacto con el agregado, ellos pueden utilizarse para recubrir una amplia variedad de agregados graduados. Las mezclas con emulsiones de rotura media pueden mantenerse trabajables por lapsos que van de algunos minutos a varios meses, según la formulación. Las mezclas se elaboran en mezcladora y planta ambulante o, en el camino. En años recientes, se han utilizado en aplicaciones de reciclado en frío.
- c. **Las emulsiones de Rotura Lenta (SS)** son diseñadas para un tiempo máximo de mezcla con los agregados. Su largo tiempo para la manipulación asegura buen cubrimiento con grados densos, de agregados con un alto contenido de finos. Su aplicación se extiende, además de la pavimentación, a otros usos industriales. Para tales propósitos, la viscosidad de las emulsiones es baja y puede ser reducida aún más con la adición de agua. Si se desea aumentar la velocidad de

rotura, puede ser añadido un pequeño porcentaje de cemento Portland o cal hidratada, durante la producción de la mezcla. Otras aplicaciones de estas emulsiones incluyen bases de grado denso y bases para estabilización. Una aplicación diferente a la pavimentación ha sido en el tratamiento de suelos que han sido sembrados y fertilizados. El asfalto forma una película delgada que retiene las semillas en su lugar, absorbe y conserva el calor solar requerido para la germinación (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

Para la utilización de Slurry Seal se empleará una **emulsión SS (Slow Setting). Es de Rotura Lenta (CSS)**. Emulsión de lenta a mediana reactividad la cual puede ser mezclada con agregados con bajo contenido de finos (mezcla fría en planta o “in situ”, lechadas asfálticas –slurry seal-, tratamiento fisuras, etc.).

B. Por su Carga Eléctrica

Según su carga eléctrica de la emulsión se clasifican en:

- a. Aniónicas:** Las Emulsiones Aniónicas poseen cargas negativas y tienen, por éste hecho, afinidad por los materiales pétreos electropositivos como las calizas y basaltos.
- b. Catiónicas:** Las emulsiones Catiónicas presentan cargas eléctricas positivas y tienen buena afinidad con los materiales pétreos electronegativos, como los de naturaleza silicosa (cuarzo).

2.4.3.4.2. Pruebas de calidad a las emulsiones asfálticas

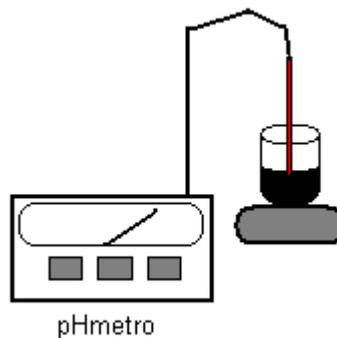
Consisten en una serie de ensayos que se realizan sobre la emulsión para determinar si cumple con las especificaciones requeridas en un uso particular. Estas pruebas se aplican para el control de calidad tanto en su fabricación como en su aplicación.

a. Determinación del pH

Esta prueba permite verificar la acidez o alcalinidad de la solución acuosa del surfactante mediante un potenciómetro (ver figura N° 6). El pH de la emulsión es difícil de determinar, debido a que ésta se adhiere a las paredes de los electrodos

del equipo de medición, y no se obtienen resultados exactos; sin embargo, se puede tener un valor aproximado, por cuanto el pH de las emulsiones varía entre 0.5 y 0.8 con respecto al pH de la solución acuosa.

Figura N° 6: Determinación del pH de una emulsión asfáltica



Fuente: Ronald Mercado, 2008

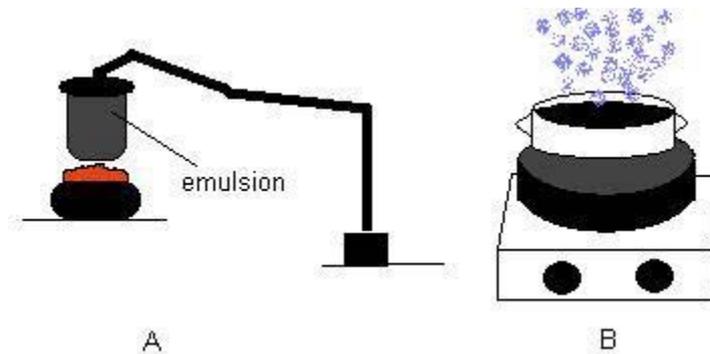
b. Destilación (A.S.T.M D244)

Con esta prueba se determinan las proporciones de agua y residuo asfáltico de la emulsión (y solvente, en caso de un asfalto rebajado). El residuo asfáltico se utiliza posteriormente en las pruebas de penetración, ductilidad y solubilidad. El método establece una destilación mediante un sistema como el que se muestra en la figura 7-A.

c. Residuo por evaporación (A.S.T.M 244-Modificado)

El objeto de esa prueba es determinar el residuo de las emulsiones asfálticas, mediante evaporación rápida, ver figura 7-B. Resulta útil para determinar el contenido de asfalto en el menor tiempo posible, principalmente cuando se trata de analizar el residuo asfáltico procedente de una planta en operación. El ensayo consiste en determinar, por diferencia de pesada, el contenido de asfalto de una muestra de emulsión que se somete a evaporación por calentamiento directo de un recipiente de dimensiones normalizadas (20 cm de diámetro por 5 cm de altura). El residuo obtenido en este ensayo tiende a dar valores de penetración y ductilidad inferiores a los que se obtienen en el residuo por destilación, por esto no puede usarse este residuo para tales ensayos.

Figura N° 7: Equipos para (A) Destilación, (B) Determinación de residuo por evaporación de una emulsión asfáltica

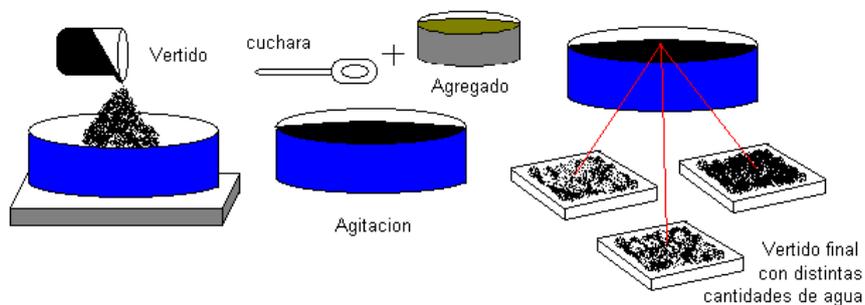


Fuente: Ronald Mercado, 2008

d. Adhesividad (A.S.T.M. D 244 50/50)

Esta prueba se realiza con el propósito de determinar la facilidad con la que una emulsión puede recubrir completamente un material determinado (agregado), soportar una acción de mezclado al permanecer como una película sobre el agregado, y resistir la acción del agua de lavado, después de completar el mezclado, ver figura 8. El ensayo, útil en las emulsiones de rotura media y lenta, también permite determinar la estabilidad química de la emulsión, mediante la evaluación de la capacidad de cubrir uniformemente a un tipo de árido considerado, o a un árido que se desea ensayar en una determinada obra.

Figura N° 8: Prueba de adhesividad en una emulsión asfáltica en sus distintas fases: Vertido de emulsión, inclusión del agregado y vertido final usando diferentes cantidades de agua de pre-mezclado



Fuente: Ronald Mercado, 2008.

e. Penetración

Esta prueba se realiza al asfalto residual después de que se ha roto la emulsión, y se ha eliminado la fase acuosa. El procedimiento es similar al realizado al asfalto solo, antes de ser emulsificado. Existen además otros ensayos para las emulsiones asfálticas y para el residuo asfáltico:

- ❖ Demulsibilidad (A.S.T.M D 244 25/28).
- ❖ Miscibilidad con cemento Portland (A.S.T.M D 244 33/37).
- ❖ Miscibilidad con agua (A.S.T.M. D 244).
- ❖ Ductilidad del asfalto residual.

Figura N° 9: Herramientas y equipo de laboratorio para procesar materiales (12/09/14)



Fuente: *Elaboración Propia, 2015*

Figura N° 10: Cocina en laboratorio para procesar materiales (12/09/14)



Fuente: *Elaboración Propia, 2015*

2.4.3.4.3. Uso de Emulsiones Asfálticas

Las emulsiones asfálticas tienen gran aplicabilidad dentro de la industria de los materiales de construcción. Estas se pueden usar para diversas aplicaciones dependiendo si contienen o no agregados, según:

Sin agregados

- Riegos
- Tratamientos y sellado.

Con agregados

- Tratamientos superficiales.
- Tratamientos antifisuras.
- Lechadas o slurrys.
- Reciclados.
- Mezclas en frío
(Ronald Mercado, 2008).

- La emulsión utilizada en el proyecto será una emulsión catiónica de rotura lenta del tipo CSS-1H.

2.4.3.5. Agua:

- El agua deberá ser blanda, potable y exenta de materia orgánica. Su calidad deberá ser tal, que no afecte el proceso normal de elaboración, rotura y curado de la lechada. Su pH, medido de acuerdo con la norma ASTM D-1293, deberá estar entre cinco y medio y ocho (5.5 – 8.0) y el contenido de sulfatos, expresado como SO₄ y determinado según norma de ensayo ASTM D-516 no podrá ser mayor de un gramo por litro (1 g/l).

2.4.3.6. Aditivos:

- Cuando las características del proyecto exijan un control especial de los tiempos de rotura y apertura al tránsito, se emplearán aditivos cuyas características se definirán en las especificaciones particulares de construcción. A la mezcla de lechada pueden agregarse cantidades relativamente pequeñas de aditivos líquidos o en polvo. Dichos aditivos pueden usarse para mejorar las características de la mezcla, las características de rotura u otras propiedades que

se oponen de manifiesto luego del curado. Estos materiales incluyen cemento Portland, cal y sulfato en adición a algunas sustancias químicas orgánicas. La performance de cualquier aditivo debe evidenciarse en la mezcla de diseño. El agua utilizada en la lechada Slurry seal debe ser potable y compatible con la mezcla (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

2.4.4. Mezcla de Diseño:

Un paso importante en la selección de los materiales adecuados y de una mezcla compatible, es realizar una mezcla de diseño en el laboratorio previamente a la aplicación. Los Boletines Técnicos de Diseño de la Asociación Internacional de Lechadas (International Slurry Surfacing Association Design Technical Bulletins) contienen más información sobre diseño de mezclas. Una correcta combinación de materiales debería producir una lechada con una textura homogénea cremosa que fluiría suavemente como una onda por delante de la enrasadora. No debiera haber escurrimiento de la lechada (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

Figura N° 11: Laboratorio para Slurry Seal, San Pablo-Cajamarca. (10/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Especificaciones para el Diseño de Mezcla

Tabla N° 6: Especificaciones para Diseño de Mezcla

<u>Ensayos</u>	<u>Slurry Seal</u>
Tiempo de mezcla	> 182 seg
Tiempo de rotura	12.0 hr máx.
Tiempo de tráfico	24.0 hr máx.
WTAT, g/m ²	
1 hora inmersión	807.0 máx.
6 días inmersión	Ninguno
LWT, g/m ² - adhesión arena	538 máx.
Desplazamiento Lateral	Ninguno

Fuente: Herencia, 2009

2.4.5. Dosificación y Proyecto:

Consiste en determinar una fórmula de trabajo que establezca las proporciones adecuadas de árido, ligante y aditivos opcionales. Esta fórmula debe asegurar una buena respuesta a las solicitaciones de tráfico, carga, agentes atmosféricos y conservarla ante el tiempo. Los diseños se realizan con los equipos propuestos por la International Slurry Surfacing Association (I.S.S.A.). En el caso del mortero Slurry Seal, también es necesario indicar la cantidad de agua que facilite la puesta en obra, y proporcione la consistencia adecuada para una buena trabajabilidad. Esto es posible mediante los ensayos de consistencia del cono de Kansas.

La fórmula utilizada para la dosificación del mortero Slurry Seal:

2.5. EQUIPO Y PERSONAL

Equipos:

- El equipo consta de lo siguiente:
 - 01 Camión Slurry Seal (Macropaver)
 - 01 Cisterna de Agua 5000 gln.
 - 01 Compresora de aire de 250 PCM, con manguera 30 m y tubo $\Phi\frac{1}{2}$ "
 - 01 Tanque Estacionario 9000 Gls. Para emulsión
 - 01 Tanque Estacionario Cisterna 3000 a 4000 Gls. Para agua
 - 01 Retroexcavadora
 - 01 Zaranda Metálica $\Phi\frac{1}{2}$ " / DIM: 3m x 4m
 - 02 Motobombas de $\Phi 4$ " con mangueras
 - 01 Camión Volquete 3 Tn.

01 Camioneta Couster o Combi

02 Camioneta 4x4

2.5.1. Camión Slurry Seal

La máquina utilizada para la mezcla y la aplicación es una unidad independiente, de la mezcla de flujo continuo. Ella alimenta con exactitud a la cámara de mezclado con cantidades predeterminadas de agregados, filler mineral, aditivos, agua y emulsión asfáltica. La máquina de lechadas tiene una unidad de mezcla continua con elementos agitadores simples o dobles. La lechada asfáltica 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 o de expansión variable para distribuir el material uniformemente a lo ancho. Las cajas con barrenos son particularmente beneficiosas cuando se emplea una emulsión de rotura rápida (QS) o cuando en el pavimento hay pendientes mayores del 8%. En la figura 14 se muestra un diagrama de unidad de mezcla de lechadas.

Es esencial calibrar cada máquina de lechada con los mismos materiales del proyecto. La calibración debería respetar las proporciones de los materiales correspondientes al diseño de la mezcla. Pueden aceptarse informes sobre calibraciones previas con estos mismos materiales, si aquellos fueron realizados dentro del actual año calendario. Deberían realizarse aplicaciones de prueba como una verificación final de la consistencia y trabajabilidad de la lechada (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

Figura N° 12: Unidad de mezcla de Slurry Seal



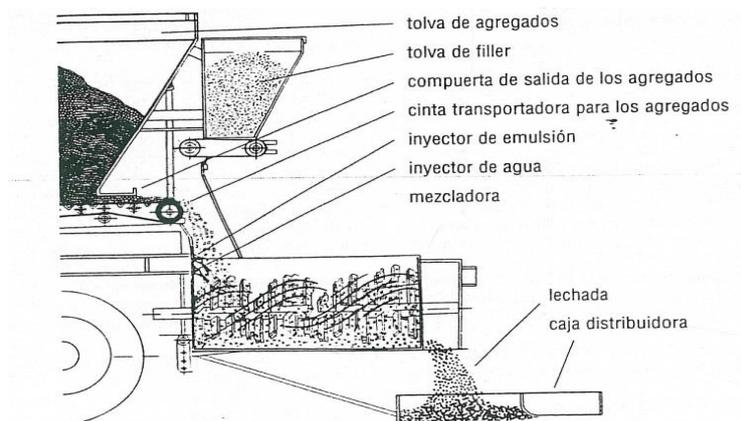
Fuente: Elaboración Propia, 2015

Figura N° 13: Camión y equipo para verter Slurry Seal



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Figura N° 14: Diagrama de una típica Mezcladora para lechadas asfálticas



Fuente: Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010

- El equipo deberá incluir elementos para la selección de los agregados pétreos; una mezcladora móvil para la fabricación y extensión de la lechada; elementos para la limpieza de la superficie, elementos para el humedecimiento de la superficie y herramientas menores para correcciones localizadas durante la extensión de la lechada. Esto va incluido en el sistema del camión Macropaver.
- La mezcladora móvil será de tipo continuo, dotada de las tolvas, tanques y dispositivos necesarios, sincronizados para dosificar los agregados, el llenante el agua, la emulsión y los aditivos que requiera la lechada; tendrá, además, un mezclador y una capa repartidora provista de dispositivos para evitar pérdidas laterales y de una maestra regulable de caucho que permita el correcto reparto,

extensión y buena terminación de la lechada. Esto va incluido en el sistema del camión Macropaver (Conserminc, 2014).

2.5.1.1. Pavimentadoras Montadas Sobre Camión SLURRY SEAL

La Serie M2 con diseño comprobado, controles localizados convenientemente y buena visibilidad para el operador. La unidad está impulsada por motor diesel Cummins de 99 HP localizado al frente y dentro de un compartimiento cerrado – para reducción de ruido y vibración tanto para el chofer como para la tripulación. Atrás del tandem de tracción puede ser adicionado eje auxiliar para cumplir con límites legales de carga y restricciones de peso.

Especificaciones Claves

Tabla N° 7: Especificaciones por tipo de camión Slurry Seal

	M206	M208	M210	M212
Agregado	6 yd ³ (4.5 m ³)	8 yd ³ (6.2 m ³)	10.5 yd ³ (8.0 m ³)	9 yd ³ (4.5 m ³)
Emulsión	267 galones (1,011 litros)	435 galones (1,647 litros)	600 galones (2,271 litros)	691 galones (1,011 litros)
Agua	267 galones (1,011 litros)	450 galones (1,700 litros)	600 galones (2,250 litros)	700 galones (2.650 litros)
Aditivo	65 galones (246 litros)	65 galones (246 litros)	65 galones (246 litros)	65 galones (246 litros)

Fuente: BERGKAMP, 2012

Otras Características Técnicas

- La relación agua-emulsión-aditivo se regula mientras se bombea al mezclador donde son mezclados con el agregado para un diseño de mezcla más preciso.
- El mezclador de velocidad variable con paletas múltiples (pugmill) de doble eje y doble impulsor hidráulico, provee buen flujo de materiales y una mezcla uniforme.
- El agregado es enviado al mezclador por una banda alimentadora sobre cadena para eliminar deslizamientos.
- Paredes con mayor inclinación minimizan problemas de cavidades en el agregado.

- Tanque de aditivo en acero inoxidable y tanques removibles de materiales líquidos hacen fácil su limpieza.

Equipo Opcional

- Bomba frontal de carga de emulsión
- Tanques de agua y emulsión asfáltica en acero inoxidable
- Sistema de aditivo resistente a corrosión
- Compuerta en mezclador/Vertedor de acero
- Barra secundaria asimétrica en caja esparcidora
- Sistema de lona en tolva de agregados
- Sistema electrónico de control de funcionamiento
- Juegos de partes de repuesto

Sistema de Agregados

- **Tolva:** Construida con placa de acero calibre 10. Las paredes laterales tienen un ángulo de 55° y revestimiento en polietileno para permitir flujo libre de agregados sin necesidad de vibrador.
- **Banda alimentadora de agregados:** Banda construida sobre cadena estructural para un mejor rendimiento en alimentación y resistencia al desgaste. Banda se engancha con el embrague neumático. Banda de operación variable por eje de mando compartida con bomba de emulsión. La Banda es de 61 cm (24 pulg) de ancho. Construcción modular para poder sacar de la tolva.
- **Calibración del agregado:** Apertura variable de compuerta en parte trasera de tolva. Sensor digital de proximidad del contador de revoluciones para polea de mando, indicador digital en kg/min (lbs/min) en panel de operación. Contador de aire para calibración y monitoreo de cantidad del material.
- **Bastidor del transportador:** Construcción modular. Desmontable para mantenimiento.
- **Compuerta de agregado:** Apertura variable de compuerta. Alimentadora de agregado impulsada por eje de mando junto con la bomba de emulsión para

proporcionar emulsión consistente a la proporción de agregado. Compuerta de agregado tiene sensor para detener toda la producción cuando la tolva está vacía.

Tabla N° 8: Tipos de Tolva – Camión Slurry Seal

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Tolva	4,6 m ³	6,1 m ³	8,0 m ³	9,2 m ³	12,2 m ³

Fuente: BERGKAMP, 2012

Sistema de Emulsión

- **Tanque:** Construido con placa de acero calibre 10 con deflectores internos. Soldadura doble. Tanque es removible y tiene tapa de registro removible y filtro en línea de alimentación de fácil limpieza. Construido de acero inoxidable.
- **Bomba:** Bomba de engranes de desplazamiento positivo, con doble encamisado térmico, modificada para manejo de emulsiones especiales. Impulsada por eje de mando de velocidad variable compartido con la banda transportadora de agregados. Bomba engancha con embrague neumático (antideslizante). La bomba descarga directamente en el mezclador.
- **Válvula:** Tipo mariposa en la línea de succión de la bomba, control apertura/cierre neumático en concordancia con el interruptor del mezclador.
- **Medida:** Bomba de Emulsión impulsado por eje de mando compartido con alimentadora de agregado para proporcionar emulsión consistente a la proporción de agregado.

Tabla N° 9: Capacidad de Bomba para emulsión

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Tanque de Emulsión	1.01 L (267 gal)	1.64 L (435 gal)	2.27 L (600 gal)	2.61 L (691 gal)	2.839Lx2 (267 gal x2)

Fuente: BERGKAMP, 2012

Sistema de Aditivo Líquido

- **Tanque:** Capacidad de 246 litros (65 gal). Desmontable y construido en acero inoxidable con doble soldadura.
- **Bomba:** Dos bombas de engranajes de desplazamiento positivo, accionado hidráulicamente. Mecánicamente conectado para proporcionar la mezcla de agua y aditivo en una proporción de 10:1.
- **Bomba opcional:** Tipo peristáltica de desplazamiento positivo con conexiones de acero inoxidable para aditivos corrosivos.

- **Control y monitoreo:** Control de flujo del motor hidráulico determina cantidad de aditivo y agua suministrada al mezclador. Monitor del caudal en la consola del operador permite un ajuste preciso.

Sistema de Agua

- **Tanque:** Removible y construido con placa de acero calibre 10 con deflectores internos y tapa de registro removible. Recubrimiento interior para resistencia a la corrosión. Soldadura doble. Acero inoxidable opcional. Solo el M216: Tanque de plástico montado en la parte anterior del remolque para buen distribución de peso.
- **Bomba de agua alimentadora al mezclador:** De desplazamiento positivo de rodillos impulsada hidráulicamente.
- **Control de agua de mezclado y monitoreo:** Control de velocidad de motor hidráulico determina la cantidad de agua enviada al mezclador. Medidor de flujo en consola del operador, permite ajustes de precisión.
- **Bomba de mangueras y de rociador:** Bomba centrífuga independiente, impulsada hidráulicamente, con válvula de alivio en línea.
- **Barra de rociador de camino y llantas:** Barra rociadora de camino situada detrás de los ejes motrices. Barra rociadora de llantas situada en frente del eje delantero. Extensiones para asegurar una cobertura completa, con control de encendido / apagado en la consola del operador. Válvulas de retención para eliminar el goteo de la boquilla.
- **Sistema de llenado del tanque:** Sistema de flujo sin retroceso en el llenado, con operación a distancia en tapa y conector rápido en porte de llenado en lado del pasajero del camión.

Tabla N° 10: Capacidad y Especificaciones de Tanque

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Tanque de Agua	1.01 L (267 gal)	1.64 L (435 gal)	2.27 L (600 gal)	2.61 L (691 gal)	3.785L (1000 gal)
	Placa de acero calibre 10. Soldadura Doble	Plástico			
Puerta de Llenado	Escotilla de apertura remota	Puerto de apertura abierto al aire			

Fuente: BERGKAMP, 2012

Sistema de Mezclado

Mezclador: Tipo pugmill. Doble eje de paletas múltiples con almohadillas reemplazables. Impulsado por dos motores hidráulicos. Operación reversible con variación de revoluciones con indicador digital. Paletas con ángulo fijo. Mezcladora es desmontable y con ajuste de ángulo. Vertedor de uretano: Con control neumático.

Motor Central

Motor: Cummins QSB3.3 electrónico 3,3 L diesel equipado con turbocargador; 99 BHP (75 kW a 2.200 rpm) en gabinete cerrado y aislado para reducción de ruido a personal de operación y motoristas. Manómetros indicadores de presión de aceite y temperatura de agua con paro de motor en gabinete de control, tacómetro y manómetro indicador de presión del sistema hidráulico. Motor está certificado para funcionar con combustible diesel.

Sistema Hidráulico

- **Bombas:** Dos de desplazamiento positivo, una de pistones con compensador de presión, de volumen variable y sensor de carga a 1.850 PSI (128 bar) y una de engranes a 3.000 PSI (207 bar).
- **Tanque de reserva:** Capacidad de 246 litros (65 gal) con deflectores internos y filtro de 10 micrones. Bomba eléctrica para transferencia de aceite de barriles al tanque para asegurar limpieza, solo aceite limpia y filtrada es transferido al sistema hidráulico.
- **Enfriador de aceite:** Montado al frente del radiador. Sistema de filtración: Elementos con cartuchos reemplazables de 10 micrones.
- Sistema contiene una alarma para indicar cuando partículas se han acumulado excesivamente.
- **Aceite recomendada:** Mobilfluid 424

Plataforma de Operación y Control

- **Ubicación:** localizada en la parte trasera y a todo lo ancho de la unidad.

- **Controles posteriores del operador:** La consola de operación y control, incluye el interruptor de arranque/paro para control de operación secuencial de mezclado con palanca de mando, controles hidráulicos manuales para elevación y posicionamiento de caja esparcidora, desplazamiento lateral, control de velocidad, arranque/paro y adelante/reversa de gusanos sinfín, control direccional derecha/izquierda de vertedor del mezclador, controles y medidores de flujo para agua y aditivo.
- **Gabinete de controles con seguro en puertas:** incluye interruptores y selectores de tablero de control de lógica neumática, filtro y regulador neumático, control de velocidad y flujo para eje de mando, mezclador y sistema de cemento, contadores para agregado, emulsión y finos, manómetro de presión del eje de mando, arranque/paro de motor central, acelerador, manómetro de presión de aire, voltímetro y contador de horas.
- **Consola localizada abajo del gabinete de control:** incluye válvulas hidráulicas manuales apertura/cierre para mezclador, motor del eje de mando y control de la barra de rociador de agua.

Accesorios de la Caja Esparcidora

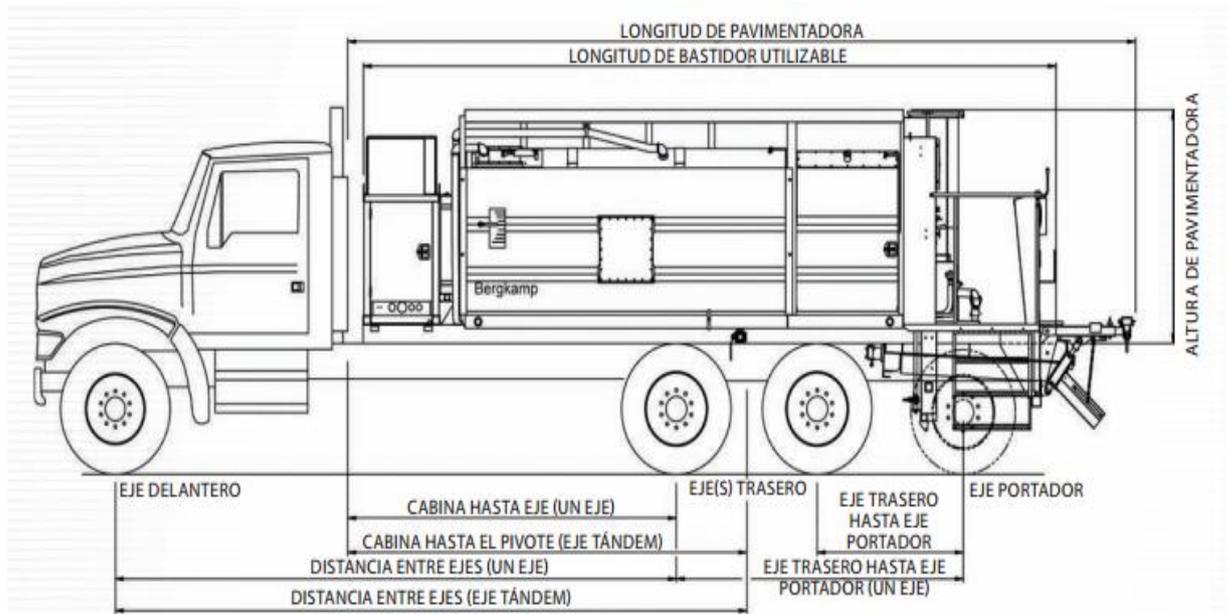
- **Barra de elevación:** A todo ancho para la seguridad, con extensión para cajas esparcidora expandibles. Accionado por dos cilindros hidráulicos capaces de levantar todas las cajas esparcidora. Extensión trasera proporcionada para la operación de cajas recuperadora de ahuellamientos (Rut Box). Control remoto de desplazamiento lateral en la barra de elevación de caja esparcidora (ambos lados) para la operación del operador.
- **Conexiones hidráulicas rápidas:** Proporciona potencia a sinfines de caja esparcidora. Incluye válvula para permitir que el personal de tierra pueda desactivar el circuito hidráulico de los sinfines.
- **Desplazamiento lateral:** desplazamiento lateral positivo, 51 cm (20 pulg) de movimiento lateral.

Sistema Eléctrico

- **Sistema eléctrico:** 12 VDC, 60 Amp, tierra negativa.

- **Transmisión:** Recomendado una caja de cambios manual con marcha baja doble. La proporción final en la marcha más baja (proporción de transmisión en marcha más baja multiplicada por la proporción de la parte trasera) es ser 120 o mayor.

Figura N° 15: Diagrama camión Slurry Seal y sus partes



Fuente: BERGKAMP, 2012

Tabla N° 11: Especificaciones de acuerdo a tipo de camión Slurry

Modelo	M206	M208	M210	M212	M216
Longitud	5,79 m	6,95 m	7,53 m	7,99 m	9,60 m
Ancho	2,44 m				
Altura (sobre el bastidor)	1,93 m				
Peso en vacío	6.124 kg	6.350 kg	6.577 kg	6.804 kg	7.031 kg

Fuente: BERGKAMP, 2012

Caja Esparcidora de Expansión Variable en Movimiento (VSB)

Aplicación: Micro-pavimentos y morteros asfálticos de curado rápido

Expansión:

VSB813: 2,4 a 4,0 m (8 a 13 ft)

VSB914: 2,7 a 4,3 m (9 a 14 ft)

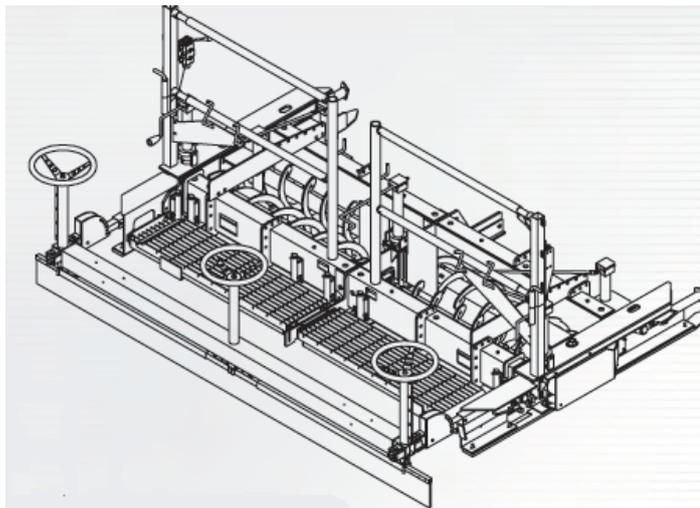
VSB1015: 3,0 a 4,6 m (10 a 15 ft)

Cajas con expansiones hasta de 4,9 m (16 ft) están disponibles bajo orden especial.

Características Claves:

- De expansión ajustable en movimiento mientras pavimenta
- Sinfines de cordón impulsado hidráulicamente expansible y con ángulo de paso de 30 cm (12 in).
- La expansión es hidráulicamente ajustada por válvulas localizadas en la estructura de la caja.
- La barra primaria para control de espesores y barra secundaria de acabados, se deslizan dentro de una guía mientras la caja se expande o contrae durante pavimentaciones.
- Deslizadores (patines) internos proveen juntas longitudinales perfectas.

Figura N° 16: Diagrama de expansión y deslizadores de barra primaria



Fuente: BERGKAMP, 2012

Cuatro sinfines en total, tipo espiral de 230 mm diámetro, todos se expanden y retraen con los cambios de expansión en la caja. Sistema impulsor de cuatro motores hidráulicos uno en cada sinfín (cuatro motores en total). Cada lado esta comandado por un circuito hidráulico, se conecta a la pavimentadora con conectores rápidos. El sistema de deslizamiento consiste en: dos (2) patines exteriores, un (1) patín central y dos (2) patines internos ajustables para aplicación (traslape) en juntas longitudinales. Manivelas de ajuste para todos los patines que pueden ser accionadas desde el pasillo retráctil o parte trasera de la caja. Todos los patines tienen placas de deslizamiento resistentes a la abrasión.

Barra primaria de espesor: Banda de uretano, de 10 mm x 170 mm (3/8 in x 7 in) extendida a todo lo ancho de la caja conservando continuamente la banda al ajustar la expansión. Con ajuste de espesores en tres (3) lugares; al centro y en cada extremo, manivelas de ajuste para cambios de flujo en la aplicación.

Barra secundaria de acabado: Banda de uretano, de 10 mm x 130 mm (3/8 in x 5 in), extendida a todo lo ancho de la caja conservando continuamente la banda al ajustar la expansión. Estructura construida en aluminio, con bastones de presión en tres (3) lugares; al centro y en cada extremo, el ajuste de ángulo de acabado con posiciones de seguro. Se expande y contrae conforme la caja esparcidora se expande y contrae (BERGKAMP, 2012).

- Camión Slurry Seal (Macropaver): Es el camión donde se introdujeron los materiales para ser mezclados dentro de éste y se utilizó para que la mezcla sea esparcida en la carretera.
- Compresora de Aire: Se usó para soplear la vía, para quitarle el exceso de polvo o tierra que pudiera existir en ella.
- Tanque Estacionario 9000 Gls: Se utilizó para almacenar la emulsión en el campamento del proyecto.
- Tanque Estacionario Cisterna 3000 a 4000 Gls: Se utilizó para almacenar el agua en el campamento del proyecto.
- Retroexcavadora: Sirvió como ayuda para zarandear el material apilado en el campamento.
- Zaranda Metálica: Se usó la zaranda para escoger el material que pasa por ella para la mezcla del material a utilizar para el mantenimiento de la vía.
- Motobomba de $\Phi 4"$ con mangueras: Se utilizó como ayuda para bombear al agua al interior del camión Bituper para mezclarse con los demás materiales del diseño de mezcla del mortero asfáltico.

- Cisterna de agua: Sirvió para regar la vía después del sopleteo y antes de la lechada del mortero asfáltico Slurry Seal.
- Camión Volquete: Se utilizó para transportar material de la ciudad ó cantera hacia el campamento del proyecto.
- Camioneta Couster o combi: Sirvió para transportar al personal de campo y técnico de la ciudad a la obra y viceversa.

2.6. Proceso Constructivo y Ejecución:

Como primer paso, es importante revisar el camión que se encuentre en buenas condiciones, igualmente la inspección y dosificación de los materiales a ser introducidos en el camión de Slurry Seal.

- a. Superficie existente: La superficie debe ser limpiada de todos los materiales sueltos, manchas de aceite, vegetación y toda otra materia extraña. Cualquier método estándar de limpieza será aceptada, en éste caso se usó una compresora.
- b. Riego de Agua: La superficie fue ligeramente humedecida con una muy fina aspersión de agua por delante de la caja distribuidora. Se llevó a cabo mediante una cisterna para ayudar a la adherencia del mortero. Si se emplea agua, las fisuras deberían estar secas antes de la aplicación de la lechada asfáltica.. Debiera evitarse una excesiva aspersión que origina charcos delante de la caja distribuidora.
- c. Aplicación de Slurry Seal: Durante la aplicación de la lechada asfáltica, no debería haber grumos ni haber material grueso sin mezclar en la caja distribuidora. En cada parte de la caja distribuidora debería haber suficiente material para lograr un cubrimiento completo. Se puso mucho cuidado en evitar la excesiva acumulación de lechada asfáltica en las juntas longitudinales y transversales. En juntas longitudinales se permite un máximo traslapo de 150 mm (6 pulgadas). Las juntas transversales deben ser lo suficientemente suaves para permitir un confortable desplazamiento de los vehículos.

- d. Apertura al tráfico: Se abrió el tráfico con normalidad dependiendo del clima y la temperatura ambiental, con una temperatura superior a los 10°C se abrió el tráfico con normalidad después de las dos primeras horas de haber colocado el mortero, mientras tanto se resguardará la reciente colocación del mortero mediante conos.

2.6.1. Que tenemos que tener en cuenta al proyectar y ejecutar el mortero asfáltico Slurry Seal para conseguir buenos resultados

La lechada asfáltica puede ser colocada e inmediatamente trabajada con las escobas de goma de mano. Debe ponerse cuidado en no dejar las áreas trabajadas a mano con una apariencia desagradable. La aplicación manual de la lechada asfáltica debería limitarse y solo debería realizarse en áreas imposibles de acceder con la máquina.

Las lechadas asfálticas como el Slurry no deberían colocarse cuando la temperatura del pavimento o del aire es inferior a 10°C (50°F) y está descendiendo, pero pueden ser aplicadas cuando las temperaturas del pavimento y del aire son superiores a 7°C (45°F) y en ascenso. Las lechadas asfálticas no deberían ser extendidas cuando existe posibilidad de que el producto final hiele dentro de las 24 horas de ser colocado. Las lechadas asfálticas no deberían ser aplicadas en condiciones de niebla excesiva o en periodos de lluvia (Asphalt Institute-Manual Básico de Emulsiones Asfálticas, 2010).

2.7. MANTENIMIENTO CONVENCIONAL CON BICAPA

Los Riegos con gravilla se componen de una mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, empleándose para restituir las propiedades superficiales del firme e incluso como capa de rodadura en firmes rurales o de escaso tráfico rodado.

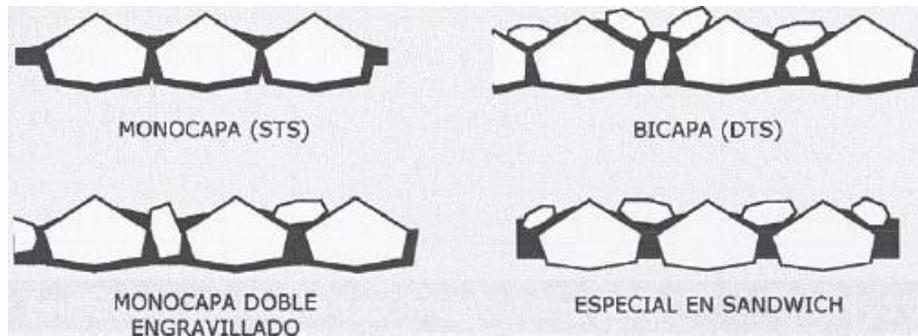
Este tipo de mantenimiento a los que popularmente se conoce como tratamientos superficiales se definen como la aplicación de uno o varios riegos de ligante seguidos de una o varias extensiones de gravilla, con el fin de conseguir una capa de rodadura de similar espesor al tamaño del árido empleado (Blazquez, 2008).

2.7.1. Clasificación ó Tipología

En función del número de aplicaciones de ligante/árido, se distinguen diversos tipos de riego con gravilla:

- a. Riegos monocapa: Formados por una única aplicación de ligante, seguida de la extensión de una sola capa de gravilla. Se denominan simples tratamientos superficiales o más abreviadamente STS.
- b. Riegos bicapa: Constituidos por dos aplicaciones sucesivas de ligante y árido de tal manera que existe una relación entre la dosificación de ligante y los tamaños de árido de ambas aplicaciones. También conocidos como dobles tratamientos superficiales o DTS.
- c. Riegos monocapa doble engravillado: Situación intermedia entre los dos anteriores, consiste en la realización de un solo riego de ligante, seguido de la extensión sucesiva de una capa gruesa y otra más fina que ocupe los huecos dejados por la primera.
- d. Riegos sándwich: Tratamientos especiales empleados en carreteras de baja intensidad de tráfico, donde primero se extiende una capa de grava que actúa a modo de anclaje para posteriormente regar con ligante y extender una gravilla de menor tamaño que la anterior.
- e. Riegos multicapa: Este tipo de tratamientos se basa en la extensión de múltiples capas de gravilla regadas con ligante. Destacan los triples tratamientos superficiales (TTS), aunque actualmente están en desuso dado que es más económico aplicar una capa delgada de aglomerado asfáltico (Blazquez, 2008).

Figura N° 17: Tipos de Mantenimiento Superficiales con Gravilla



Fuente: Blazquez, 2008

2.7.2. Ventajas

- Durabilidad comparativamente elevada sobre todo si está bien ejecutada, preferiblemente en el periodo de estival, dada la mayor adhesividad ligante-árido.
- Despierta interés su aplicación en vías de bajo tráfico o caminos rurales, vecinales o en la pavimentación de calles en núcleos reducidos de población.
- Toleran mejor las deformaciones que los aglomerados asfálticos al ser más deformables que estos, por lo que su empleo es recomendable en terraplenes con grandes asientos.
- **Económicas**, son mucho más asequibles que las mezclas bituminosas en caliente.
- **Son de rápida ejecución.**
- Es una técnica de **bajo consumo energético**, por los siguientes motivos:
 - No es necesario calentar los áridos a diferencia de las mezclas bituminosas en caliente.
 - El ligante solamente se calienta sin sobrepasar los 100 °C, en cambio en mezclas bituminosas en caliente es necesario calentar el betún entre 150 - 180°C.
 - La mezcla se hace in situ en obra.
 - Todo esto se traduce en una reducción de la energía y por lo tanto una reducción de emisiones de CO₂.
 - Permite el empleo de áridos locales, que elimina el transporte de este tipo de materiales desde grandes distancias.

- **Seguridad**, porque los riegos con gravilla aportan un nivel de macrotextura, regulable en función del tamaño de los áridos empleados, que no alcanza ninguna otra técnica.
- **Protección de firme tratado**, ya que garantiza la impermeabilización del firme, no aporta directamente capacidad portante, pero permite optimizar la capacidad de soporte de las capas inferiores (Blazquez, 2008).

2.8. COMPONENTES

El mantenimiento convencional Bicapa está compuesto por Agregado pétreo y Ligante asfáltico.

2.8.1. Agregado Pétreo

Los agregados pétreos para la ejecución del tratamiento superficial deben cumplir con las exigencias de calidad, indicadas en la tabla N° 12.

Tabla N° 12: Exigencias de Calidad de los Agregados

Ensayos	Especificaciones
Partículas del Agregado con una Cara Fracturada (MTC E 210)	85% Mín.
Partículas del Agregado con Dos Caras Fracturadas (MTC E 210)	60% Mín.
Partículas Chatas y Alargadas (MTC E-221)	15% Máx.
Abrasión (MTC E 207)	40% Máx.
Pérdida de Sulfato de Sodio (MTC E 209)	12% Máx.
Pérdida de Sulfato de Magnesio (MTC E 209)	18% Máx.
Adherencia (MTC E 519)	95
Terrones de Arcilla y Partículas Friables (MTC E212)	3% Máx.
Sales Solubles Totales (MTC E 219)	0.5% Máx.

Fuente: MTC, 2014

Además, los agregados triturados y clasificados deberán presentar una gradación uniforme, que se ajustará a alguna de las franjas granulométricas que se indican en las tablas N° 13.1 y N° 13.2.

Tabla N° 13.1: Rangos de gradación para tratamientos superficiales

N° de Huso	Tamaño Normal del agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)				
		1 1/2 (37,5 mm)	1 (25,0 mm)	3/4" (19,0 mm)	1/2" (37,5 mm)	3/8" (9,5 mm)
5	25,0mm a 12,5mm (1" a 1/2")	100	90-100	20-55	0-10	0-5
6	19,0mm a 9,5mm (3/4" a 3/8")		100	90-100	20-55	0-15
7	12,5mm a 4,75mm (1/2" a n°4)			100	90-100	40-70
8	9,5mm a 2,36mm (3/8" a n°8")				100	85-100
9	4,75mm a 1,18mm (n°4 a n°16)					100

Fuente: MTC, 2014

Tabla N° 13.2: Rangos de gradación para tratamientos superficiales

N° de Huso	Tamaño Normal del agregado	Tipo de material (Porcentaje que pasa)			
		N°4	N°8	N°16	N°50
5	25,0mm a 12,5mm (1" a 1/2")				
6	19,0mm a 9,5mm (3/4" a 3/8")	0-5			
7	12,5mm a 4,75mm (1/2" a n°4)	0-15	0-5		
8	9,5mm a 2,36mm (3/8" a n°8")	10-30	0-10	0-5	
9	4,75mm a 1,18mm (n°4 a n°16)	85-100	10-40	0-10	0-5

Fuente: MTC, 2014

2.8.1.1. Características

Se exigen tanto a áridos como a ligantes una serie de características mínimas que aseguren la funcionalidad buscada. La masa del agregado corresponde a un peso específico determinados según AASHTO-T84 y AASHTO-T85.

El pliego de prescripciones técnicas establece la proporción mínima de partículas según la Norma NLT 358/87, y para áridos la norma NLT-149/72, será fijado por el Pliego de prescripciones técnicas particulares. También NLT 150/63 "Método para la determinación de áridos gruesos y finos".

Las características del árido son uno de los aspectos decisivos en el éxito de un TSRG, no sólo porque las prestaciones de un TSRG y la durabilidad de éstos estén estrechamente ligadas a su tamaño y propiedades, sino porque el árido debe ser capaz de soportar las tensiones a que se ve sometido durante la propia ejecución del riego. Con frecuencia se comete el error de seleccionar el árido teniendo en cuenta exclusivamente factores económicos a corto plazo (ejecución) sin tener en cuenta su decisiva influencia en el éxito de la propia ejecución y en el resultado a largo plazo del tratamiento. Para evitar este error es preciso conocer que propiedades debe reunir el árido y cómo se relacionan éstas con las propias prestaciones del riego. Posiblemente el tráfico total, el trazado y la climatología son factores de riesgo tan importantes como el número de vehículos pesados para condicionar la durabilidad del TSRG, es por eso que necesita cumplir con las siguientes características para desempeñar una buena función en el pavimento:

- **Granulometría.** Es un factor decisivo tanto a efectos de la dosificación como de las características finales y de la durabilidad del riego. Para obtener un buen mosaico, en los TSRG deben emplearse áridos de granulometría uniforme, centrada y bien cortados. Áridos con mala granulometría desvirtúan las dosificaciones y producen efectos similares a las lajas. Para evitar estos problemas es necesario que para un árido de dimensiones nominales máxima “D” y mínima “d”. (UNE-EN 933-1)
- Granulometría uniforme. La relación D/d sea inferior a 2 y, mejor aún, inferior a 1,6. Además, cuando más gruesa sea la fracción, menor debe ser la relación D/d . Con las series de tamices definidas en la normativa europea las fracciones granulométricas posibles serían los husos 4/2; 6/3 ; 6/4 ; 8/4; 10/6 ; 12/6 ; 12/8 ; 16/8 ; 16/10 ; 20/12 .
- Granulometría centrada. El cernido por el tamiz $(D+d)/2$, intermedio del huso, debe estar preferentemente comprendido entre el 33 y el 66%.
- Granulometría bien cortada. Las “cabezas” (material retenido por el tamiz D) y las “colas” (material cernido por el tamiz d) deben ser lo menores

posibles. Para ello hay que limitar tanto el porcentaje de los retenidos y cernidos por D y d respectivamente, como los de los tamices inmediatamente anteriores y posteriores a D y d respectivamente. Las condiciones de cada obra harán que los requerimientos a la granulometría de los áridos deban ser mayores o menores. Para dar respuesta a esto parece conveniente emplear dos series, normal (A-D/d) y especial (AE-D/d), de husos de áridos para TSRG que se emplearían en función de dichos requerimientos.

2.8.2. LIGANTE ASFÁLTICO:

- **Selección del tipo de ligante**

La misión básica de los ligantes en los TSRG es asegurar el pegado de las gravillas al soporte. Para ello es necesario que el ligante esté suficientemente adherido a las propias gravillas y al soporte (adhesividad activa), que ésta adherencia sea duradera incluso en presencia de agua (adhesividad pasiva) y que el propio ligante tenga suficiente resistencia interna para no romper frente a los esfuerzos del tráfico (cohesión). Existen tipos de ligantes posibles como las emulsiones aniónicas de alta flotación (empleadas en EE.UU). Los TSRG realizados en España utilizan la emulsión bituminosa como ligante. Las principales ventajas que tienen las emulsiones sobre los ligantes anhidros (betunes y betunes modificados) son:

- El periodo de empleo a lo largo del año es mucho más amplio ya que pueden emplearse incluso en condiciones de relativo frío y humedad.
- Se aplican en frío o con un ligero calentamiento, lo que supone ahorro y menores riesgos ambientales y de seguridad.
- Son más flexibles en la ejecución ya que ofrecen más margen de tiempo, sin perder eficacia, entre la aplicación del ligante y el árido.
- Su baja viscosidad inicial permite un fácil mojado del árido y por tanto un mejor contacto del ligante.

Las características de las emulsiones más adecuadas de los TSRG tratan de garantizar aspectos esenciales como:

- **Almacenabilidad:** Son fundamentales un tamaño de partícula medio y una distribución granulométrica adecuados, así como la ausencia de porciones de ligante mal emulsificados. Esto queda controlado con los ensayos de sedimentación y tamizado.
 - **Manejabilidad:** Definida por la viscosidad, en la que a su vez influye el porcentaje de betún y fluidificante, así como el tamaño y forma de las partículas. Una viscosidad muy elevada impide una fácil aplicación en frío; por el contrario si es muy baja es complicado conseguir una dosificación homogénea por el escurrimiento, especialmente en las zonas con pendientes fuertes.
 - **Calidad del ligante residual:** Definida por la adecuación de la dureza del mismo, (penetración) en relación con la climatología de la zona, tráfico, etc., así como su resistencia a reblandecerse, romper y recuperar (punto de reblandecimiento, ductilidad, retorno elástico).
- Dosificación del árido de cada capa
 - Dosificación de ligante de cada capa

Además de los objetivos concretos que busquemos en cada caso con el TSRG, tendremos que tener en cuenta los condicionantes externos, entre los que tendremos:

- Tráfico
- Características del soporte:
 - Tipo de material
 - Homogeneidad
 - Permeabilidad
 - Rugosidad
 - Regularidad geométrica
 - Presencia de ligante exudado
- Trazado
- Climatología:

- Temperaturas máximas y mínimas
- Pluviometría
- Soleamiento
- Posibilidad de nieves y/o heladas

Fuente: Bituminosas, 2008

Las características básicas de los Ligantes asfálticos se presentan en la tabla N° 14:

Tabla N° 14: Especificaciones para emulsiones Catiónicas

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

Fuente: MTC, 2014

(*) CQS-1h, emulsión que debe cumplir los requisitos considerados en la norma D 3910.

(**) Este requerimiento de prueba en muestras representativas se exige.

(a) En función a las condiciones climáticas del Proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-150 ó 100-250).

2.9. Dosificación y características del material:

En los riegos bicapa (DTS), las granulometrías y dotaciones de ligante de la segunda capa están estrechamente interrelacionadas con las empleadas en la primera aplicación.

Un sencillo método de dosificación sancionado por la experiencia es la llamada regla del décimo, en la que partiendo de los tamaños máximos (D) y mínimos (d) de la gravilla a emplear puede obtenerse tanto la dotación de árido como la de ligante, aplicando una sencilla división.

La citada expresión es la siguiente:

$$A = \frac{D + d}{2}$$

Donde A es la dotación de gravilla, expresada en l/m²

“D” es el tamaño máximo del árido empleado en la gravilla en mm.

“d” es el tamaño mínimo del árido, expresado también en mm.

El máximo valor del coeficiente de desgaste Los Ángeles del árido grueso, según la Norma NLT-149/72, será fijado por el Pliego de prescripciones Técnicas particulares. El mínimo valor del coeficiente del pulido acelerado, según las normas NLT-174/72 y NLT-175/72, será fijado por el Pliego de prescripciones técnicas particulares.

A fin de facilitarnos la labor, la EG-2013 facilita las siguientes dotaciones de gravilla, recogidas en la Tabla N° 15. También se recogen las distintas dosificaciones de ligante para los tratamientos dobles superficiales.

Tabla N° 15: Cantidades aproximadas de materiales para Tratamientos Superficiales Dobles

Aplicaciones	Tamaño Nominal del agregado	N° Huso (b) Granulométrico	Cantidad de Agregado m ³ /m ²	Cantidad de (a) Asfalto l/m ²
1ra Aplicación	25,0 mm a 12,5 mm (1" a 1/2")	5	0,017	1,90
2da Aplicación	12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a n°4)	7	0,008	1,18
1ra Aplicación	19,0 mm a 9,5 mm (3/4" a 3/8")	6	0,012	1,68
2da Aplicación	9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a n°8)	9	0,006	0,91

Fuente: MTC, 2014

(a) La experiencia que las cantidades indicadas deben incrementarse entre un 5 y un 10% cuando los materiales bituminosos se aplicados con poco o ningún calentamiento.

(b) Según en la ASTM D 448 (MTC, 2014).

2.10. EQUIPO

Equipo:

Equipos:

- El equipo consta de lo siguiente:
 - 01 Cisterna imprimador 6x2 178-210HP
 - 01 Rodillo Neumático AUTOP 81-100HP 5.5
 - 01 Tractor de Tiro 80HP
 - 01 Compresora de Aire 85 HP
 - 01 Camión 2.5 Tn
 - 01 Zaranda Metálica $\Phi 1\frac{1}{2}$ " / DIM: 3m x 4m
 - 02 Camioneta Operada
 - 01 Retroexcavadora
 - 01 Camión esparcidor de Agregado

Fuente: Conserminc, 2014

2.10.1. Cisterna de riego.

Suele ser de forma elíptica, con capacidad variable entre los 5.000 y 20.000 l, calorifugada para que las pérdidas de temperatura no superen de media los 2°C/hora. Si la aplicación con la cisterna se hace extensiva a ligantes anhidros debe además estar dotada de un sistema de calentamiento que garantice la temperatura deseada del producto en el momento de su empleo. La cisterna deber ir dotada de termómetros para el control de temperatura y de indicadores de nivel. Igualmente debe disponer de todos aquellos sistemas de seguridad que la aplicación y el transporte de estos productos sean exigidos en la reglamentación vigente. Para la aplicación del ligante a través de la rampa de pulverización, los sistemas de gravedad o presión de aire en el interior de la cuba prácticamente no se utilizan, siendo los más usuales los de:

- Presión constante.
- Volumen constante.
- Dosificación constante.

El primer sistema exige la utilización de un pequeño compresor, cuya misión es la de reponer las pérdidas de altura por vaciado del tanque. La alimentación a volumen constante es el procedimiento más extendido, y la impulsión se efectúa mediante bomba volumétrica. Todo el ligante distribuido por la bomba a la rampa va a la carretera. En este caso, es posible variar la dosificación, bien haciendo variar la velocidad de rotación de la bomba, bien variando la velocidad de avance del camión (BERGKAMP, 2012).

Figura N° 18: Cisterna de riego de ligante



Fuente: Conserminc, 2014

Los esparcidores de emulsión están equipados con las capacidades de un tanque variando de 800 a 5,500 galones (3,028 L a 20,819 L) y son capaces de manejar productos de aplicaciones ligeramente frías de asfalto emulsionado, a cementos pesados de asfalto calentado, al tratamiento de viscosidad. En el extremo posterior del tanque, se encuentra adjuntado un irrigador de emulsión con boquillas. Los irrigadores de asfalto pueden cubrir superficies de seis a 30 pies (1.8 m a 9 m) dependiendo del ancho de la pluma y de la capacidad de la bomba. La mayoría de los esparcidores también están equipados con irrigadores de mano para alcanzar las áreas no cubiertas por el irrigador de asfalto, como también para subsellar las losas rígidas del pavimento.

Sistema de circulación

Una bomba propulsada con un motor activa al sistema de circulación. Esto permite el relleno del tanque esparcidor, circula el material del tanque, al irrigador de emulsión, y hacia la superficie. Es también capaz de transportar el exceso de material desde la barra, hacia el tanque, y hacia dentro de una fuente de retención exterior.

Irrigador de emulsión

Es esencial que el irrigador de emulsión tenga una presión constante en toda su longitud para la salida uniforme de todas las boquillas. Los métodos para mantener la presión pueden variar con el modelo o el fabricante; algunos controlan la presión con velocidades de bomba ajustables mientras que otros utilizan una velocidad de la bomba constante y una válvula de descompresión. La velocidad correcta de la bomba ni atomiza ni distorsiona al spray fan, mientras que la presión no-uniforme resulta en la formación de franjas en la superficie siendo rociada. Demasiada presión puede también ser perjudicial, es por eso que cada fabricante proporciona tablas de velocidad de bombeo y presión para determinar la descarga en volumen por minuto para cada tamaño de las boquillas.

Es también extremadamente importante tener la bombilla de tamaño correcto para el tipo de emulsión, como también el índice de aplicación apropiada. El ángulo del largo eje de cada abertura de las boquillas se debe ajustar para asegurarse de que los spray fans no interfieran el uno con el otro. Mientras que los ángulos pueden variar con el modelo y el fabricante, generalmente se extienden entre 0.26 y 0.52 radianes o de 15 a 30 grados.

La altura de la barra a través de la irrigación debe ser uniforme y no puede ser tan alta que distorsión por el viento pueda ocurrir. Para resultados óptimos, el irrigador de emulsión no debe exceder las 0.5 pulgadas (1.27 cm.). Esta altura debe ser mantenida incluso mientras que la carga se aligera. Para restringir la variación en altura, algunos modelos tienen el bastidor sujeto a los resortes del vehículo, mientras que otros utilizan controles mecánicos.

Controles

El sistema de control en un esparcidor de emulsión es extremadamente importante porque permite a cada aspecto del vehículo ser supervisado y controlado desde la cabina del operador. Consiste de un sistema de válvula que controla el flujo de material, de un tacómetro de la bomba, o de un manómetro de presión para registrar las salidas de la bomba, y un bitumeter.

El bitumeter mide el índice de recorrido en distancia (pies) por minuto. Está compuesto de una rueda de goma sujeta a un bastidor retractable, que gira para medir el exacto índice de recorrido. Un cable está conectado a la rueda y exhibe los datos en la cabina del operador. La rueda bit debe revisarse a menudo para asegurar que ésta está libre de escombros o los resultados serán inexactos.

Unidades de remolques

Los esparcidores de emulsión sobre remolques pueden venir con o sin el tanque aislado. Sin éste, pueden ser utilizados como una bomba estacionaria para la transferir líquido bitumen desde el fundidor de asfalto hacia los depósitos de almacenamiento en un montaje de drumming fijado. Éstos también pueden ser montados con un irrigador de emulsión y ser remolcados detrás de una unidad con un tanque para aplicar una capa superficial de asfalto.

Unidades de remolques con los tanques aislados operan con el mismo y exacto principio que los esparcidores de emulsión montados en camiones. Sin embargo, la mayoría de los remolques son considerablemente más pequeños que sus contrapartes montadas sobre camiones (BERGKAMP, 2012).

Parámetros técnicos

Modelo: FS2500 (Euro III) DGL5250TFS—164 (Euro IV)

Chasis del camión: SAG6x4 Densidad de esparcido (kg/ m²)

Capacidad del contenedor: (m³) 16 Potencia del motor (Kw)

Velocidad de esparcido: (mm) 500 ~ 2500 Velocidad de operación (km/h)

Peso máximo (kg): 2500 Velocidad máxima de desplazamiento (km/h)

Dimensiones totales: (LxWxH) (mm) 9090x2500x3320

2.10.2. Esparcidora de sello de Agregado

La esparcidora de sello está especialmente diseñada para esparcir agregado durante la construcción de carreteras. Hay tres modelos disponibles: esparcidora de sello auto-propulsada SS4000, esparcidora de sello tipo rodante o pull SS3000C esparcidora de sello tipo elevada XS3000B.

Figura N° 19: Esparcidora de agregados



Fuente: Conserminc, 2014

A. Esparcidora de sello auto-propulsada SS4000

Con un gran monto de difusión, la esparcidora de sello auto-propulsada puede cumplir los requerimientos de propagación de diferentes agregados y es particularmente adecuada para la construcción continua dentro de un área grande.

Se compone principalmente de motor, marco, tren de potencia, tolva de recepción, tolva de propagación con taladro y rodillo de propagación, cintas transportadoras, plataforma de operación, sistema hidráulico, sistema neumático, sistema de control computarizado, sistema de seguimiento, enganche hidráulico, etc.

Figura N° 20: Esparcidora de agregados



Fuente: Elaboración propia, 2015

Especificaciones de la esparcidora de sello auto-propulsada SS4000

Modelo	SS4000
Velocidad máxima de esparción (mm)	4000
Velocidad de trabajo (km/h)	2.5 a 5
Velocidad de desplazamiento (km/h)	5.6 a 23
Tasa de aplicación máxima (L/m ²)	22
Tasa de aplicación mínima (L/m ²)	2
Tamaño del agregado (mm)	3 a 30
Velocidad de la cinta de transporte (r/min)	100
Velocidad de rotación del taladro (r/min)	42
Velocidad de rotación del rollo de esparción (r/min)	42
Apertura de la Puerta Principal (mm)	30 45 60 75 90
	45
	60
	75
	90
Volumen de la tolva de difusión (m ³)	1.5
Volumen de la tolva de recepción (m ³)	2.8
Peso total (t)	12.5
Dimensiones totales (transporte) (largoxanchoxalto) (mm)	7270x2860x2700

Dimensiones totales (trabajo) (largoxanchoxalto)(mm)	7660x4240x3660
Dimensiones totales de la tolva de esparsión of Spread Hopper (LxWxH) (mm)	4240x940x1340

Durante el trabajo, el camión retrocede el esparcidor, y se engancha automáticamente a la esparcidora de sello, eleva el volquete y abre la puerta trasera. A continuación, las piedras fluyen hacia la tolva de recepción donde son recogidas por dos cintas transportadoras. Las cintas transportadoras transfieren el material a la tolva de propagación, que está equipada con una serie de compuertas radiales que se ajustan fácilmente a la anchura de propagación deseada. Mientras que la tolva de propagación es cargada, el esparcidor de gravilla autopropulsado se inicia y tira del carro detrás de ella.

La apertura de la puerta principal y la velocidad del esparcidor de gravilla están controladas, mediante una computadora y el operador de la esparcidora de sello es fácilmente visible, para garantizar la unión longitudinal. Cuando el camión está vacío, es liberado por el operador. Otro camión se une luego a la esparcidora de sello autopropulsado y vuelca su carga, mientras que la esparcidora de sello sigue extendiéndose (BERGKAMP, 2012).

- Cisterna Imprimador: Consiste en un carro tanque imprimador del ligante asfáltico de las características descritas anteriormente.
- Rodillo Neumático: Se emplearon rodillos neumáticos de un peso superior a tres toneladas (3tn.). Sólo se emplearon rodillos neumáticos, a juicio del Supervisor, su acción no produce fractura de los agregados pétreos.
- Tractor de Tiro: Se utilizó para jalar al camión esparcidor de agregado, es un vehículo especial de autopropulsado.
- Compresora de Aire: Se utilizó para sopletear la vía, para quitarle el exceso de polvo o tierra que pudiera existir en ella.
- Camión de 2.5 tn: Se utilizó para transportar material de la ciudad ó cantera hacia el campamento del proyecto.

- Zaranda Metálica: Se utilizó la zaranda para escoger el material que pasa por ella para la mezcla del material a utilizar para el mantenimiento de la vía.
- Retroexcavadora: Sirvió como ayuda para zarandear el material apilado en el campamento.
- Camión esparcidor de Agregado: Se empleó distribuidoras de agregados mecánicas acopladas a un tractor de tiro, que sean aprobados por el Supervisor y garantice un esparcido uniforme del agregado.

2.11. Proceso Constructivo y Ejecución

El éxito de un riego descansa fundamentalmente en su correcta ejecución, por lo que se estudió cuidadosamente las condiciones y procedimientos de puesta en obra. Los principales puntos a controlar durante la ejecución son los siguientes:

- a. Superficie existente: Debe estar limpia, exenta de polvo, por lo que primeramente es necesario efectuar un barrido enérgico, e incluso aplicar un riego de liga si la capa no ha sido tratada con anterioridad. Asimismo debe presentar cierta impermeabilidad, para evitar la excesiva penetración del ligante y una capacidad portante suficiente para que el árido no se incruste.
- b. Aplicación del ligante: El riego se llevó a cabo mediante una regadora con barra distribuidora (figura N° 18) o manualmente mediante una lanza, siempre que se trate de pequeñas superficies o recodos. Se garantizará una extensión continua, homogénea y uniforme del ligante, calentándose previamente si fuera necesario.
- c. Extensión de la gravilla: Este proceso se acometió inmediatamente después al anterior, para evitar que el ligante se enfríe o rompa antes de tiempo. El árido se dispondrá en el firme en la proporción previamente calculada mediante una extendidora de gravilla, asegurando en todo momento su uniformidad.
- d. Compactación: Se realizó preponderantemente con compactadores de neumáticos lisos de alta presión; al igual que ocurría anteriormente, su ejecución debió ser inmediatamente posterior al extendido, de forma que el ligante aún no se haya enfriado o haya roto. No es conveniente emplear rodillos metálicos de

llanta lisa, ya que su excesivo peso puede incrustar el árido en exceso o disgregarlo, modificando su granulometría.

- e. Apertura al tráfico: No es conveniente abrir el tramo al tráfico antes de un plazo razonable, de forma que el ligante adquiera cierta viscosidad que el permita retener los áridos. En todo caso, puede permitirse la circulación de vehículos a bajas velocidades –menos de 30 km/h- durante las primeras horas.

De cara a conseguir un menor rendimiento, los dobles tratamientos superficiales emplean un equipo que permite la ejecución simultánea de las dos capas de gravilla, sucediéndose inexorablemente las operaciones de riego, extensión y apisonado. Otro aspecto que ya hemos comentado, y que facilita la puesta en obra de los diversos materiales es la climatología: los áridos deben ponerse en obra preferiblemente en tiempo cálido, seco y sin existencia de fuertes vientos.

2.11.1. Que tenemos que tener en cuenta al proyectar y ejecutar los tratamientos superficiales para conseguir buenos resultados

Hay varios aspectos que debemos cuidar para evitar fracasos de obra que harían más impopular de lo que ya son los Tratamientos Superficiales. Debemos tener presente:

- Tipo de carretera.
- Proyecto. Elección del tipo de tratamiento.
- Época de ejecución y climatología de la zona.
- Áridos de que disponemos.
- Tráfico que va a soportar.
- Ejecución. Aspectos exigibles durante la puesta en obra, Compactación, Control del tráfico, etc (Torres).

2.12. INVENTARIO E INSPECCION DE CAMPO

Una inspección significa mirar todo el sistema de la carretera y preparar un sumario de sus condiciones. Esta inspección tiene ventajas sobre las observaciones casuales, ya que pueden hacerse comparaciones entre segmentos y extraerse conclusiones sobre todo el sistema.

Una inspección también permite la revisión de condiciones específicas importantes en el mantenimiento de la carretera, como por ejemplo el drenaje y la resistencia.

Es útil para la toma de decisiones, conocer las condiciones cambiantes de la carretera y hacer una historia de la carretera de manera más consistente (Ing. German Vivar e Ing. Wilfredo Gutiérrez, Pavimentos de Concreto y Asfalto – Mantenimiento y Reparación)

INVENTARIO E INSPECCION DE CAMPO

Fecha del inventario _____

Hecho por _____

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera _____

Tramo numero _____

De _____

A _____

Longitud _____

GEOMETRIA

Ancho de la carretera _____ Numero de vías

Comentarios

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera _____

Acceso a _____

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo _____ de _____ Pavimento

Comentarios _____

OTROS

2.13. GUIA PARA EL MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS

Es parte de la Estrategia Sistemática para el Mantenimiento de Pavimentos.
Esta referida al Mantenimiento Preventivo.

La guía contiene los siguientes elementos:

1. **Fotografías** de los diferentes tipos de daños en los pavimentos (incluyendo problemas de drenaje). Los diferentes tipos de daños se muestran en diferentes etapas de desarrollo.

2. **Una lista** de tratamientos o alternativas de mantenimiento disponibles para cada condición. Esta lista también da la vida esperada de servicio de cada tratamiento.
3. **Estándares** que describan cada tratamiento y detallan la mano de obra, equipo y materiales necesarios. Ellos también demuestran los rendimientos de los equipos de trabajo especificados y en algunos casos el procedimiento de mantenimiento mediante fotografías.
4. Se da un método para determinar cuál de las alternativas de mantenimiento es la de mejor **costo efectivo** por medio del cálculo de **costo anual equivalente** para cada una.

2.1.1 VIDA ESPERADA DE LAS ALTERNATIVAS

Antes de elegir una alternativa, uno debería saber ¿Cuánto durará? La respuesta a esta pregunta se encuentra con investigación de años de experiencia, la vida esperada es un promedio de esos estimados.

2.14. COSTO ANUAL EQUIVALENTE

La intención del mantenimiento de pavimentos es seleccionar el mejor tratamiento para cada situación. El mejor significa el de menor costo efectivo.

Esto se hace usando los números de código en la Clasificación de la Función Mantenimiento dados en las Tablas de Tratamientos. Esos números de código corresponden a los Estándares de Comportamiento, los cuales dan la mano de obra, equipo y materiales necesarios para cada trabajo. A partir de esto se puede calcular el costo unitario de cada alternativa de tratamiento recomendada.

$$\text{COSTO UNITARIO} = \frac{\text{MANO DE OBRA} + \text{EQUIPO} + \text{MATERIALES}}{\text{RENDIMIENTO DIARIO}}$$

El costo unitario por sí solo no es suficiente para hacer una comparación, debido a que un tratamiento puede costar lo mismo que otro, pero durar el doble. Para

tomar en cuenta esa diferencia durante la vida de servicio, se deberá promediar el costo de una reparación durante los años en los que es necesario hacerla de nuevo. Esto se llama el Costo Anual Equivalente:

$$\text{COSTO ANUAL EQUIV.} = \frac{\text{COSTO UNITARIO}}{\text{VIDA ESPECTADA DE LA ALTERNATIVA (años)}}$$

El tratamiento calculado que tenga menor Costo Anual Equivalente es el de mejor costo efectivo entre todas las alternativas y deberá ser el escogido, a menos que prevalezcan otros factores (German Vivar Romero, 1996).

Tabla N° 16: Comparación de Mantenimientos en Pavimentos Flexibles

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

Fuente: Elaboración propia, 2015

2.15. Definición de términos básicos

- **Pavimento:** Estructura conformada por una serie de capas constituido por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas y vehículos.
- **Mantenimiento en carreteras:** Conservación de una carretera para mantenerla en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación y que se encuentre aceptablemente transitable.
- **Mantenimiento Convencional:** Que es muy común o es uno de los mas usado y tiene poco de originalidad.
- **Mantenimiento con Slurry Seal:** Mortero asfáltico utilizado para pavimentos en vías y carreteras.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

El tratamiento superficial con slurry seal tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional en un pavimento flexible.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1 Variable Independiente 1.

Mantenimiento con Slurry Seal.

3.2.2 Variable Independiente 2.

Mantenimiento Convencional.

Variable Independiente 1	Definición Conceptual	Hipótesis	Indicadores	Instrumentos	Unidades de Medición
Mantenimiento con Slurry Seal	Mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua. Tiene un espesor de 1.00 cm.	El tratamiento superficial con slurry seal tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional en un pavimento flexible.	Presupuesto	Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
					Costo Directo, Gastos Generales
			Proceso Constructivo	Tablas de comparación	Secuencia constructiva
					Maquinaria y Equipos
					Vida Útil
Norma Técnica	Información MTC	Pruebas de laboratorio			

Variable Independiente 2	Definición Conceptual	Hipótesis	Indicadores	Instrumentos	Unidades de Medición
Mantenimiento Convencional	Mezcla de ligante hidrocarbonado y gravilla, la primera capa tiene un espesor de 1.50 cm y la segunda capa un espesor de 1.00 cm	El tratamiento superficial con slurry seal tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional en un pavimento flexible.	Presupuesto	Tablas de Costos Unitarios	Análisis Costos Unitarios
					Presupuesto
					Costo Directo, Gastos Generales
			Proceso Constructivo	Tablas de comparación	Secuencia constructiva
					Maquinaria y Equipos
					Vida Útil
Norma Técnica	Información MTC	Pruebas de laboratorio			

CAPÍTULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

Es una investigación No Experimental porque observa los fenómenos en su ambiente para después analizarlos y Descriptiva porque nos permite describir los hechos tal y como son observados, comparando el mantenimiento con Slurry Seal y el mantenimiento convencional sobre un pavimento flexible.

No Experimental:

- i. Descriptivo, tipo transversal

4.2. Material.

4.3. Unidad de estudio.

- Pavimentos flexibles ubicados entre km 65+200 al 26+400, carretera Kunturawasi, empalme Ruta 3N.

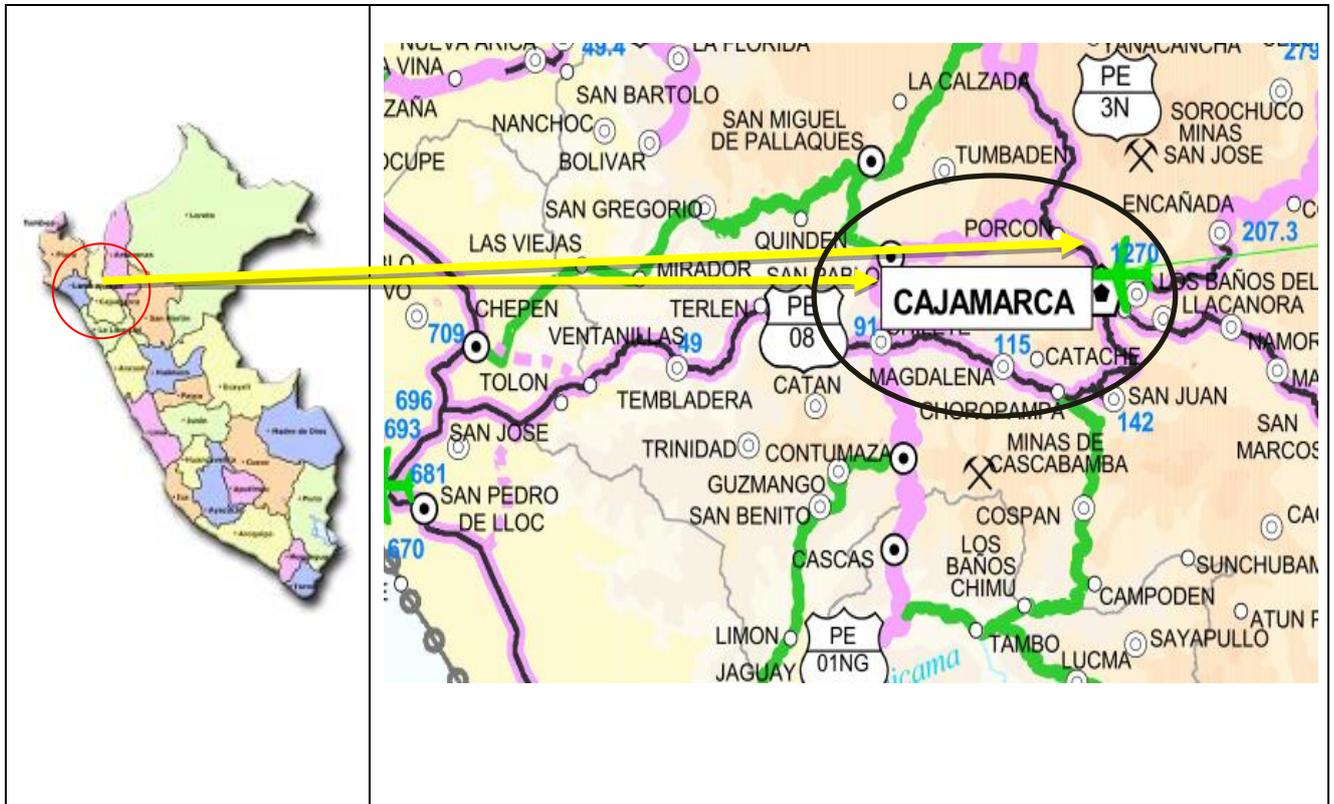
4.4. Población.

- Pavimentos flexibles ubicados entre km 65+200 al 26+400, carretera Kunturawasi, empalme Ruta 3N.

4.5. Muestra.

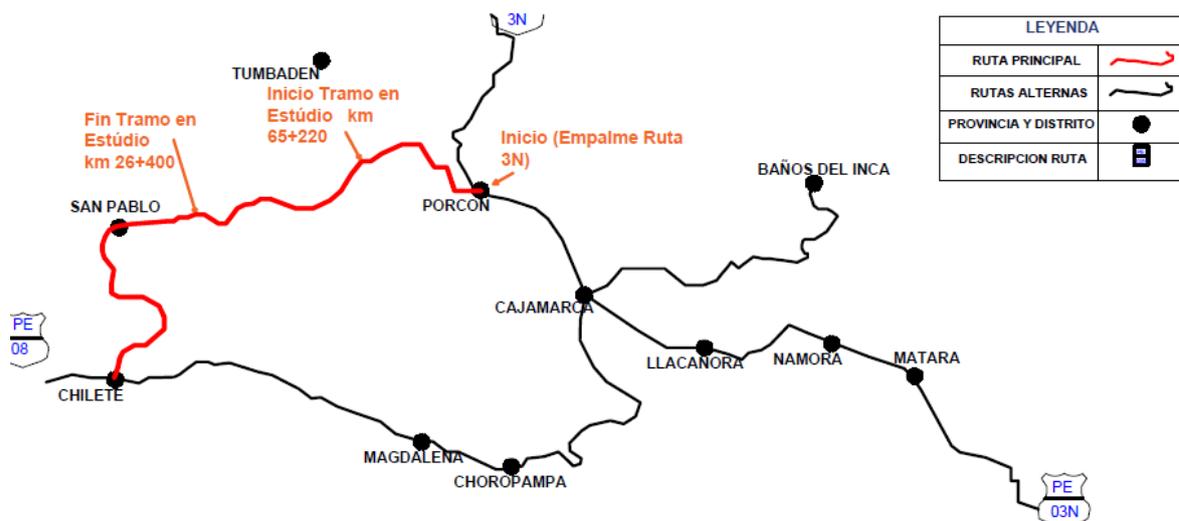
- Pavimentos flexibles ubicados entre km 65+200 al 26+400, carretera Kunturawasi, empalme Ruta 3N.

Figura N° 21: Ubicación carretera San Pablo, Cajamarca, Perú.



Fuente: Mapa Vial MTC, 2015

Figura N° 22: Plano Carretera Kunturwasi, empalme Ruta 3N



Fuente: Mapa Vial MTC, 2015

4.6. Métodos.

4.6.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Investigación basada en la observación y recopilación de información, de libros e informes basados en tratamientos superficiales sobre carreteras.

Estudios en laboratorio tomados de muestras en campo de los cuales se obtendrán datos de las visitas a campo (carretera).

4.6.2. Procedimientos

Al finalizar la investigación teórica de distintos autores con respecto al mantenimiento de carreteras, se procederá a la recolección de datos mediante anotaciones en la inspección de campo (visita a carretera) en las cuales se analizarán los datos tomados de forma visual.

Se procederá a realizar el análisis de costos unitarios para definir el costo de cada mantenimiento y de ésta manera obtener cuál de los dos tipos de mantenimiento es costoso. Adicionalmente se detallarán equipos y procesos constructivos para comparar el tipo de tecnología utilizada por cada uno de los mantenimientos.

CAPÍTULO 5. DESARROLLO

5.1. DOTACIÓN DE MEZCLA EN MANTENIMIENTOS

5.1.1 Dotación para Slurry Seal

Para el proyecto se utilizó Slurry Seal tipo II, el cual cumple con las siguientes especificaciones granulométricas de la tabla:

Tabla N° 17: Gradación de agregados para Superficie de Textura pronunciada Tipo II

Abertura (mm)	Tamiz ASTM	TIPO II % Pasa	Tolerancias
9.5	3/8"	100	+/- 5%
4.75	N° 4	90 – 100	+/- 5%
2.36	N° 8	65 – 90	+/- 5%
1.18	N° 16	45 – 70	+/- 5%
0.59	N° 30	30 – 50	+/- 5%
1.59	N° 50	18 – 30	+/- 4%
2.59	N° 100	10 – 21	+/- 3%
0.075	N° 200	5 – 15	+/- 2%

Fuente: ISSA A105, 2005

La Gradación del agregado se determinará según las especificaciones ASTM C136 y ASTM C117, el muestreo se efectuará de acuerdo a la norma ASTM D75 en cantera (para su aprobación) y en campamento (a su llegada).

La dotación para la mezcla del mortero asfáltico utilizada en el proyecto está especificadas en la tabla:

Tabla N° 18: Dotación de Materiales para Slurry Seal

Materiales	Cantidad
Arena Gruesa N°4	1.3 m3
Agua Potable	50 gln
Filler	17 kg
Emulsión Asfáltica Rotura Lenta (CSS)	69 gal

Fuente: Conserminc, 2014

5.1.2. Dotación para Mantenimiento Convencional

5.1.2.1. Rangos de Gradación para Tratamiento Superficial Bicapa en Proyecto.

El tamaño nominal del agregado fue escogido de acuerdo a las recomendaciones del diseñador "Bituper" principalmente en función de la naturaleza de la superficie a tratar. Por tratarse de un tránsito pesado e intenso se escogió agregados duros y de gradación tipo A para la primera capa y de gradación tipo C para la segunda capa, cumpliendo con los requerimientos de los rangos de gradación de las EG 2013 representados en la siguiente tabla:

Tabla N° 19: Rangos de Gradación para Tratamientos Superficiales

Tamiz	Porcentaje que pasa			
	Tipo de material			
	A	B	C	D
25.0 mm (1")	100	-	-	-
19.0 mm. (3/4")	90-100	100	-	-
12.5 mm. (1/2")	10-45	90-100	100	-
9.5 mm. (3/8")	0-15	20-55	90-100	100
6.3 mm. (1/4")	-	0-15	10-40	90-100
4.75 mm. (N°4)	0-5	-	0-15	20-55
2.36 mm. (N°8)	-	0-5	0-5	0-15
1.18 mm. (N°16)	-	-	-	0-5

Fuente: MTC, 2014

5.1.2.2. Diseño de la Superficie de Tratamiento

Para este diseño se utilizó el método del Instituto del Asfalto un método ampliamente aceptado y utilizado en los países de América latina. Para la ejecución de los trabajos se realizó diseños de TSB (Tratamiento Superficial Bicapa). De acuerdo al diseño realizado para la primera capa, fue determinada una tasa de aplicación de 1.6 lt/m² de asfalto modificado con polímero y una tasa de 13 kg/m² de agregado. Estas tasas de aplicación fueron redistribuidas como se detalla en el cuadro a continuación:

Tabla N° 20: Tasas de Aplicación Distribuidas

Tratamiento Superficial (TSB)	Tasas de Aplicación Propuesto	
	Ligante Asfáltico CRS-2 (Lt/m ²)	Agregado Pétreo (Kg/m ²)
Primera Capa	1.4	19
Segunda Capa	1.4	13

Fuente: Conserminc, 2014

5.2. FORMATO DE COMPARACION DE INVESTIGACION

Se describirá la comparación entre los tipos de mantenimiento convencional y el otro con Slurry Seal en carreteras, primero haciendo una comparación del proceso constructivo de cada uno (A), a seguir se mostrarán los cuadros de comparación general (B), mediante el cual finalmente se llegará a las conclusiones diferenciando sus costos y tecnologías de acuerdo a los parámetros descritos en los cuadros, para la verificación de la hipótesis (Ing. German Vivar e Ing. Wilfredo Gutiérrez, Pavimentos de Concreto y Asfalto – Mantenimiento y Reparación).

5.2.1. Proceso Constructivo

Análisis Inspección de Campo y Costos

1. Se determinó que en la carretera San Pablo-Chilete, Empalme Ruta 3N, en los tramos de que mantenían un buen estado de la superficie del pavimento se pondrá Slurry Seal
2. En los tramos con defectos superficiales se determinó poner un mantenimiento superficial Bicapa.
3. Para lo cual se tienen las tablas de Costos Unitarios de cada tipo de mantenimiento.
4. Se presentara el cuadro del Presupuesto total en soles de cada tipo de mantenimiento.
5. Se presentará la comparación del Costo Anual Equivalente (especificado en el ítem 6.3 Pág. 138)

5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS

A. Procedimiento Constructivo

a. El Procedimiento Constructivo en carretera Kunturwasi utilizando mantenimiento con Slurry seal consiste en:

1. Preparación de la Superficie: Ésta fue realizada semanas o meses antes de la operación real, básicamente la superficie debe estar pareja y nivelada, por lo que los baches deben estar reparados y las grietas grandes deben estar selladas.
2. Verificación de Materiales: Se verificó de que los materiales cumplan con las especificaciones técnicas respectivas (ver tabla N°3 y N°4). Antes de iniciar el acopio de los materiales y la elaboración del mortero asfáltico el supervisor QC (control de calidad) alcanzó a la supervisión los ensayos de los materiales propuestos y diseños a emplear, para su aprobación, también se efectuará este procedimiento si se cambiara la procedencia de alguno de los materiales. A la llegada del material bituminoso, el personal QC verificará e inspeccionará rutinariamente el almacenamiento y manejo de los materiales en planta.
3. Elaboración del mortero asfáltico: La elaboración estuvo en función al diseño propuesto. Diariamente se controlaron las condiciones medioambientales de Temperatura (Medio Ambiente y Pavimento) y Humedad Relativa que no afecten el curado y fragua del material.
4. Seguridad: Se procedió a tomar las medidas de seguridad del control de tránsito adecuadas mediante conos, señales de tránsito y el personal adecuado (cuatro vigías) para evitar posibles accidentes antes, durante y después del trabajo en obra. Un vehículo guía debe dirigir el tráfico durante la operación.
5. Limpieza: Antes de proceder al riego de la lechada asfáltica del mortero se realizó una limpieza y sopleteo de la vía utilizando una compresora de aire (dos peones) y una camioneta como ayuda para el traslado de la compresora, para impedir el exceso de polvo y agentes externos que puedan adulterar el proceso de trabajo a futuro.

6. Riego de Agua: Se regó la vía con un camión cisterna de agua para ayudar a adherir mejor la colocación de Slurry Seal, con la ayuda de tres peones que barrieron la vía para evadir posibles charcos de agua creados en el riego.
7. Colocación de Slurry Seal: Una vez introducidos en el camión Macropaver los materiales debidamente aceptados y que cumplen con las especificaciones respectivas se procedió a la colocación de Slurry Seal con una velocidad del camión de 4.0 km/h. No puede aplicarse el mortero si las temperaturas ambientales se encuentran debajo de 15°C pero puede aplicarse cuando la temperatura se encuentra subiendo sobre los 7°C. El rango de Temperatura para la emulsión CSS-1 rotura lenta será de (20°C-70°C).
 - a) Durante la colocación del mortero asfáltico estuvieron en el camión dos peones calibrando la caja distribuidora para el espesor de salida del mortero y cuatro peones en la vía con herramientas necesarias para acomodar posibles irregularidades o bolos en el proceso de colocación.
 - b) Diariamente y por tancada se comprobó la aplicación de los resultados de la calibración del camión Slurry, la carga de materiales (consumos) que verifiquen la dosificación y el rendimiento con áreas y espesor del mortero colocado antes y durante la aplicación del Slurry.
 - c) Una vez terminado el proceso de colocación del mortero asfáltico (Se extrajeron muestras de mortero para verificar el contenido de asfalto y granulometría) , se espera el proceso de fraguado del Slurry, que con un tiempo favorable soleado tiene un lapso de fragua entre dos a dos horas y media y en tiempo nublado entre tres a cuatro horas.
8. Finalmente se abrió el tránsito y con ayuda de los vehículos el mortero fue compactando adecuadamente sin necesidad de maquinaria. El tráfico puede ser permitido sobre la nueva capa pero un vehículo guía debe controlar la velocidad de que no exceda los 40 km/h.

Nota: A cada una de las actividades se realizó el control de calidad respectivo de tal forma que se cumpla con las especificaciones pertinentes.

b. El Procedimiento Constructivo en carretera Kunturwasi utilizando mantenimiento convencional Bicapa consiste en:

1. Preparación de la Superficie: Ésta fue realizada semanas o meses antes de la operación real, básicamente la superficie debe estar pareja y nivelada, por lo que los baches deben estar reparados y las grietas grandes deben estar selladas.
2. Verificación de Materiales: Se supervisó los materiales necesarios para la obra, así como el personal necesario para tener un desarrollo eficaz y sin contratiempos. Se tuvo el árido a utilizar acopiado para proceder a la ejecución del trabajo a realizar, se habilitaron más acopios para montar el material para la semana de trabajo.
3. Seguridad: Se procedió a tomar las medidas de seguridad del control de tránsito adecuadas mediante conos, señales de tránsito y el personal adecuado (cuatro vigías) para evitar posibles accidentes antes, durante y después del trabajo en obra.
4. Limpieza: Antes de proceder al riego de liga y del tratamiento superficial Bicapa se realizó una limpieza y sopleteo de la vía con una compresora de aire (2 peones) y una camioneta como ayuda para el traslado de la compresora, para impedir el exceso de polvo y agentes externos que puedan adulterar el proceso de trabajo a futuro.
 - ✓ Los tres pasos siguientes estuvieron muy bien coordinados: Aplicación del gigante asfáltico, la colocación del agregado y la compactación de la superficie.
5. Ligante Asfáltico para Mezcla: La aplicación fue uniforme y pareja, la cantidad de asfalto líquido por unidad de área se conoce como tasa de aplicación. Se procedió a colocar la emulsión asfáltica de rotura rápida CRS-2 de acuerdo a la cantidad y especificaciones pre establecida. La temperatura a colocarse el ligante está en un promedio de 50C° y 85C° (MTC, EG-2013).

6. Riego de Gravilla: Una vez incorporados el tractor de tiro y la máquina esparcidor de agregado se procedió a la colocación de un primer tramo como prueba, para verificar y controlar los ajustes de las dotaciones de áridos y ligante, mediante un camión esparcidor de agregado jalado por la ayuda de un tractor de tiro (1 chofer). Sirve también para ajustar velocidad y definir las longitudes a regar en cada tramo y cuatro peones en campo para corregir posibles irregularidades en el riego.
 - Se ejecutó el riego gravilla para las dos capas, la primera capa de un centímetro y medio y la segunda de un centímetro. Se ejecutó el primer riego de la emulsión asfáltica de Rotura rápida y luego el agregado pétreo, de la misma manera fue para la segunda capa.
 - La esparcidora debe seguir a 60 metros al distribuidor de asfalto, para evitar de que rompa la emulsión y no aglutine adecuadamente al agregado.
 7. Es importante tener en cuenta la velocidad de avance ya que el material debe quedarse en el punto donde se colocó, si la velocidad es muy alta el agregado rodará sobre la superficie y cuando esto pasa las piedras se cubrirán de asfalto y serán desplazadas por el rodillo. Por lo tanto la velocidad adecuada fue de 10 km/h.
 8. Compactación: Inmediatamente después se compactó el material esparcido con Rodillos neumáticos de alta presión (3 Ton.) antes que el ligante llegue a enfriarse o romperse.
 9. Una vez finalizada la ejecución, se procedió a la apertura del tráfico, indicando a los vehículos circular a velocidades bajas para evitar que dañen el tratamiento superficial esparcido que todavía no ha alcanzado la cohesión mínima necesaria para oponer resistencia a un tráfico normal. El tráfico puede ser permitido sobre la nueva capa pero un vehículo guía debe controlar la velocidad de que no exceda los 40 km/h.
 10. Finalmente tras una espera de veinticuatro horas se re abrió el tránsito con normalidad.
- Nota: A cada una de las actividades debe realizarse el control de calidad respectivo de tal forma que se cumpla con las especificaciones pertinentes.

C. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESPECIFICACIONES DE AGREGADOS

Tabla N° 21: Análisis Comparativo de Especificaciones de agregados

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
Análisis Gradación de Agregados	Tabla N° 13.1 Y N° 13.2: Gradación de Gravilla en Riegos de gradación para Tratamientos Superficiales. ASTM D 448-02.	Tabla N°17: Gradación de Agregados. Slurry Seal Tipo II. De 3/8" a Tamiz N°4 (90 -100) % Que pasa, Norma ISSA A105
Análisis Especificaciones para Diseño de Mezcla	Tabla N° 12: Exigencia de Calidad de los agregados	Tabla N° 6: Especificaciones para Diseño de Mezcla
Análisis Comparativo de Dotación de Mortero	Tabla N° 20: Tasas de Aplicación Distribuidas	Tabla N° 18: Dotación de Materiales para Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia, 2015

D. ANÁLISIS COMPARATIVO DE EQUIPOS Y PERSONAL

Tabla N° 22: Análisis comparativo de Equipos

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
Equipo	01 Compresora de Aire 85 HP	01 Compresora de Aire de 250 PCM
	01 Cisterna Imprimador 6x2 178-210HP	01 Cisterna de Agua 5000 Gln
	01 Camión Esparcidor de Agregado	01 Camión Macropaver para Slurry
	01 Tractor de Tiro 80HP	
	01 Rodillo Neumático AUTOP 81-100HP	
	01 Camión de 2.5 Tn.	01 Camión de 3 Tn.
	01 Retroexcavadora	01 Retroexcavadora
	01 Zaranda Metálica $\Phi\frac{1}{2}$ " / DIM: 3m x 4m	01 Zaranda Metálica $\Phi\frac{3}{8}$ " / DIM: 3m x 4m
	01 Camioneta Operada	01 Camioneta o Combi
		02 Camioneta 4x4
		01 Tanque Est. 9000 Gls. Para emulsión
		01 Tanque Est. Cisterna 3000 Gls. agua

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 23: Análisis comparativo de personal

Personal	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
Técnico	01 Residente de Obra	01 Residente de Obra
	01 Supervisor de Seg., salud y medio amb.	01 Supervisor de Seg., salud y medio amb.
	01 Supervisor de costos y presupuestos	01 Supervisor de costos y presupuestos
	01 Supervisor de Control de Calidad	01 Supervisor de Control de Calidad
	01 Capataz	01 Capataz
		01 Capataz de Slurry Seal
Campo	01 Chóferes de Volquete	01 Chóferes de Volquete
	01 Chóferes de Cisterna	01 Chóferes de Cisterna
	01 Operador de Esparcidora de Agregados	01 Chóferes de Camión Slurry
	01 Operador de Retroexcavadora	01 Operador de Micropavimentador
	04 Guardianes	01 Operador de Retroexcavadora
	16 Obrs., 4 Vigías, 2 Trazad, 2 oficiales, 8 Peones.	04 Guardianes
		16 Obrs., 4 Vigías, 2 Trazad, 2 oficiales, 8 Peones.

Fuente: Elaboración Propia, 2015

E. ANÁLISIS COMPARATIVO DE NORMATIVAS APLICABLES

Tabla N° 24: Análisis comparativo de Normas Aplicables

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
Normas	Normas ASTM y AASHTO	ISSA A 105 Especificaciones para Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia, 2015

F. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MATERIALES

Tabla N° 25: Análisis comparativo de materiales

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
Materiales	Emulsión Asfáltica Rotura Rápida CRS-2 Para Ligante Asfáltico.	Emulsión Asfáltica Rotura Lenta (css)
	Gravilla p/trat. Superficial (Φ3/4" Y N°4)	Arena Gruesa Seleccionada de Φ 3/8" a N°4
		Agua Potable
		Filler (Cemento Pórtland Tipo I)

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 26: RESUMEN DE RESULTADOS DE TOMA DE DATOS Y COMPARACIÓN DE MANTENIMIENTO DE CARRETERA

	MÉTODO	
	Mantenimiento Convencional	Mantenimiento con Slurry Seal
NORMA TÉCNICA	Norma ASTM	ISSA A 105 Especificaciones para Slurry Seal
MATERIALES Y AGREGADOS	Gravilla(Φ3/8" Y N°4), ligante (CRS-2)	Agua, cemento (Tipo I), arena (Φ3/8" a N°4) y emulsión(CSS)
PROCESO CONSTRUCT.	Limpieza de carretera, riego de imprimación, ligante y gravilla	Limpieza de carretera, agua y se vierte slurry seal
ASPECTO VISUAL	Extendido de gravilla muchas veces no es uniforme	Uniformidad de un solo color
ASPECTOS AMBIENTALES	Leves Impactos ambientales	Leves impactos ambientales
TRANSITAB.	Buena uniformidad, gravilla gasta levemente los neumáticos	Uniformidad de autopista, gasto casi nulo de neumáticos
COSTOS	De acuerdo a partidas y cantidad de materiales es más costoso.	Calidad y cantidad de materiales y partidas es más económico.
DESVENTAJAS	Exudaciones por un elevado contenido de ligante.	Presenta muy poca exudación

Fuente: Elaboración Propia, 2015

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1. Proceso Constructivo

Tabla N° 27: Comparación de proceso Constructivo

Item	Tipo de Mantenimiento	
	Bicapa	Slurry Seal
Seguridad y Control de Tráfico	✓	✓
Limpieza de Vía	✓	✓
Riego con Agua		✓
Colocacion Bicapa con Equipos	✓	
Colocación Slurry Seal		✓
Compactación	✓	
Apertura de Tráfico	✓	✓
Vida Útil	5	4

Fuente: Elaboración Propia, 2015

6.2. Inventario de Slurry Seal

Tabla N° 28: Inventario e Inspección de campo Slurry Seal

Progresivas	Fecha Inventario	Geometría		Tipo de Mantenimiento
		Ancho	N° Vías	
Km 29 + 333 a Km 29 + 500	28/08/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 26 + 400 a Km 27 + 600	29/08/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 27 + 600 a Km 28 + 793	01/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 26 + 400 a Km 26 + 600 km 28 + 793 a km 29 + 800 km 31 + 100 a km 31 + 300	02/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 26 + 600 a Km 27 + 500 km 31 + 300 a km 31 + 700	03/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 27 + 500 a Km 28 + 600	04/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 28 + 600 a Km 29 + 500 km 29 + 800 a km 30 + 000	05/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 31 + 100 a Km 31 + 700 km 35 + 000 a km 35 + 220	06/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 35 + 220 a Km 36 + 820	08/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 36 + 820 a Km 38 + 115	09/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 38 + 115 a Km 38 + 800 km 35 + 000 a km 35 + 578	10/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 35 + 578 a Km 36 + 663	11/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 36 + 663 a Km 37 + 500	17/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 37 + 500 a Km 38 + 260	29/09/2014	8.00	2	Slurry Seal
Km 38 + 260 a Km 38 + 800 km 42 + 100 a km 42 + 450	30/09/2014	8.00	2	Slurry Seal

Fuente: Elaboración Propia, 2015

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 28/08/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 1
De *Km 29 + 333* A *Km 29 + 500 - Carril Izquierdo*
Longitud *167 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 29/08/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 2
De *Km 26 + 400* A *Km 27 + 600 – Carril Izquierdo*
Longitud 1200 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 01/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 3
De *Km 27 + 600* A *Km 28 + 793 - Carril Izquierdo*
Longitud *1193 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 02/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasí, Ruta 3N* Tramo numero 4
De *Km 26 + 400* A *km 26+600 – Carril Derecho*
De *Km 28 + 793* A *Km 29 + 800 – Carril Izquierdo*
De *Km 31 + 100* A *Km 31 + 300 – Carril Izquierdo*
Longitud 1407 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 03/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 5
De *Km 26 + 600* A *Km 27 + 500 – Carril Derecho*
De *km 31 + 300* A *km 31+700 – Carril Izquierdo*
Longitud 1300 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 04/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 6
De *Km 27 + 500* A *Km 28 + 600 – Carril Derecho*
Longitud *1100 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 05/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 7
De *Km 28 + 600* A *Km 29 + 500 – Carril Derecho*
De *km 29 + 800* A *km 30+000 – Carril Derecho*
Longitud 1100 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 06/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoyá

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 8
De *Km 31 + 100* A *Km 31 + 700 – Carril Derecho*
De *km 35 + 000* A *km 35+220 – Carril Izquierdo*
Longitud 820 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 08/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 9
De *km 35 + 220* A *km 36+820 – Carril Izquierdo*
Longitud *1600 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 09/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasí, Ruta 3N* Tramo numero 10
De *km 36 + 820* A *km 38+115 – Carril Izquierdo*
Longitud 1295 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 10/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoyá*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 11
De *Km 38 + 115* A *Km 38 + 800 – Carril Izquierdo*
De *km 35 + 000* A *km 35+578 – Carril Derecho*
Longitud 1253 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 11/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 12
De *Km 35 + 578* A *Km 36 + 663 – Carril Derecho*

Longitud 1085 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2

Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 17/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 13
De *Km 36 + 663* A *Km 37 + 500 – Carril Derecho*

Longitud *837 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías 2

Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 29/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 14
De *Km 37 + 500* A *Km 38 + 260 – Carril Derecho*
Longitud *760 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 30/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 15
De *Km 38 + 260* A *Km 38 + 800 – Carril Derecho*
De *Km 42 + 100* A *Km 42 + 450 – Carril Derecho*
Longitud *890 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en buen estado, no presenta fallas ni grietas, se colocó Slurry Seal sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

6.3. Inventario Mantenimiento Convencional

Tabla N° 29: Inventario e Inspección de campo Bicapa

Progresivas	Fecha Inventario	Geometría		Tipo de Mantenimiento
		Ancho	N° Vías	
Km 64 + 500 a Km 64 + 385	28/08/2014	8.00	2	Bicapa
Km 61 + 600 a Km 61 + 420	29/08/2014	8.00	2	Bicapa
Km 58 + 793 a Km 58 + 500	01/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 56 + 600 a Km 56 + 490 km 59 + 800 a km 59 + 693	02/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 57 + 500 a Km 57 + 355 km 61 + 700 a km 61 + 580	03/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 58 + 600 a Km 58 + 460	04/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 59 + 500 a Km 59 + 355 km 60 + 000 a km 59 + 830	05/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 61 + 700 a Km 61 + 565 km 65 + 220 a km 65 + 080	06/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 56 + 820 a Km 56 + 630	08/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 58 + 115 a Km 57 + 920	09/09/2014	8.00	2	Bicapa
Km 58 + 800 a Km 58 + 685 km 55 + 578 a km 55 + 460	10/09/2014	8.00	2	Bicapa

Fuente: Elaboración Propia, 2015

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 28/08/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 1
De *Km 64 + 500* A *Km 64 + 385 - Carril Izquierdo*
Longitud *115 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 29/08/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 2
De *Km 61 + 600* A *Km 61 + 420 - Carril Izquierdo*
Longitud *180 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 01/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 3
De *Km 58 + 793* A *Km 58 + 500 - Carril Izquierdo*
Longitud *293 m*

GEOMETRIA

Ancho de la carretera *8.00 m* Numero de vías *2*
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 02/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 4
De *Km 56 + 600* A *Km 56 + 490 - Carril Derecho*
De *Km 59 + 800* A *Km 59 + 693 - Carril Izquierdo*

Longitud 217 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 03/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 5
De *Km 57 + 500* A *Km 57 + 355 - Carril Derecho*
De *Km 61 + 700* A *Km 61 + 580 - Carril Izquierdo*

Longitud 265 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 04/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 6
De *Km 58 + 600* A *Km 58 + 460 - Carril Derecho*

Longitud 140 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2

Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 05/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 7
De *Km 59 + 500* A *Km 59 + 385 - Carril Derecho*
De *Km 60 + 000* A *Km 59 + 830 - Carril Derecho*

Longitud 285 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 06/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 8
De *Km 61 + 700* A *Km 61 + 565 - Carril Derecho*
De *Km 65 + 220* A *Km 65 + 080 - Carril Izquierdo*
Longitud 275 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 08/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 9
De *Km 56 + 820* A *Km 56 + 630 - Carril Izquierdo*
Longitud 190 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 09/09/2014
Hecho por Daniel Andrés Pequeño Otoya

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 10
De *Km 58 + 115* A *Km 57 + 920 - Carril Izquierdo*

Longitud 195 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2

Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

FORMATO INSPECCIÓN DE CAMPO

Fecha del inventario 10/09/2014
Hecho por *Daniel Andrés Pequeño Otoya*

SEGMENTO Y UBICACIÓN

Nombre de la carretera *Kuntur Wasi, Ruta 3N* Tramo numero 11
De *Km 58 + 800* A *Km 58 + 685 - Carril Izquierdo*
De *Km 55 + 578* A *Km 55 + 460 - Carril Derecho*
Longitud 233 m

GEOMETRIA

Ancho de la carretera 8.00 m Numero de vías 2
Comentarios *La carretera se encuentra en regular estado, presenta pequeñas grietas, se colocó Tratamiento superficial Bicapa sobre pavimento flexible.*

USO Y CLASIFICACION

Función de la Carretera *Red Vial Departamental*
Acceso a *Carretera a Bambamarca, Chilete – San Pablo*

INFORMACION SOBRE LA CARRETERA

Tipo de Pavimento *Pavimento Flexible*
Comentarios

Firma del Ing. Supervisor

6.4. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO CONVENCIONAL

Tabla N° 30: Presupuesto Total Mantenimiento Convencional

Metrado (∑ Áreas colocadas por Tramos en m2)	11,023	m2		
Metrado (long- x línea)	2,388		3	7,164 ml
Actividades	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
1. Seguridad control de Tráfico	Glb	1	3,738.64	3,739
2. Limpieza de Vía	m2	11,023	0.94	10,361
3. Trat. Sup. Bicapa con Equipos (e=2.5cm)	m2	11,023	9.00	99,203
4.1.1. Pintado de Vías	ml	7,164	2.16	15,474
4.2.1. Señales verticales (preventiva)- Panel	und	80	396.81	31,745
4.2.2. Señales verticales (reglamentaria)- Panel	und	20	396.81	7,936
5. Señales verticales - Poste concreto	und	100	384.09	38,409
6. Pintado de muros y parapetos	m2	435	21.28	9,260
7. Hitos kilométricos	und	75	210.79	15,809
8. Señales Informativas	m2	10	879.06	8,791
Total Costo Directo s/.				240,727.38
Gasto General			18%	42,952.99
Utilidad			7%	16,850.92
Sub Total				300,531.28
IGV		18%		54,095.63
TOTAL PRESUPUESTO s/.				354,626.91

Fuente: Elaboración Propia, 2015

6.4.1. Análisis de Costos Unitarios

1. Partida	SEGURIDAD CONTROL DE TRÁFICO					
Rendimiento	Glb		und	Costo Unitario		3,739
				Directo:		
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
01.01	Oficial	HH	1.00	88.00	14.63	1,287.6
01.02	Peón	HH	2.00	176.00	13.31	2,342.1
Equipo						
01.03	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	3,629.74	108.892

2. Partida	LIMPIEZA DE VÍAS					
Rendimiento	m²/día		2000.00		Costo Unitario Directo:	0.94
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
02.01	Capataz	HH	0.50	0.0020	36.63	0.07
02.02	Oficial para sopleteo	HH	1.00	0.0040	14.63	0.06
02.03	Peón	HH	2.00	0.0080	13.31	0.11
02.04	Vigía	HH	2.00	0.0080	13.31	0.11
Equipo						
02.05	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.34	0.01
02.06	Camioneta Operada	HM	1.00	0.0040	50.47	0.20
02.07	Compresora de Aire 85 HP	HM	1.00	0.0040	96.12	0.38

4.00	PAVIMENTOS					
4.1 Partida	SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACIÓN DE BICAPA CON EQUIPOS 1ra CAPA (e = 1.5 cm)					
Rendimiento	m²/día		2000.00		Costo Unitario Directo:	6.00
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Materiales						
04.01.01	Gravilla P/Trat. Superficial	m3		0.00950	48.00	0.46
04.01.02	Emulsión asfáltica rotura rápida CRS-2	Gln		0.3696	7.72	2.85
04.01.03	Materiales para Control de calidad	Glb		0.0002	484.50	0.10
Mano de Obra						
04.01.04	Capataz	HH	0.75	0.0030	36.63	0.11
04.01.05	Oficial	HH	6.00	0.0240	14.63	0.35
04.01.06	Cuadrador vigía	HH	1.00	0.0040	13.31	0.05
04.01.07	Peón	HH	6.00	0.0240	13.31	0.32
Equipo						
04.01.08	Herramientas Manuales	%MO		0.0800	0.83	0.07
04.01.09	Rodillo Neumático AUTOP 81-100HP 5.5	HM	1.00	0.0040	80.75	0.32
04.01.10	Tractor de Tiro 80HP	HM	0.50	0.0020	345.61	0.69
04.01.11	Camión Imprimador 6x2 178-210HP	HM	1.00	0.0020	119.29	0.24
04.01.12	Esparcidora de Agregados	HM	1.00	0.0040	109.70	0.44

4.2 Partida SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACIÓN DE BICAPA CON EQUIPOS 2da CAPA (e = 1.00cm)						
Rendimiento	m2/día			2000.00	Costo Unitario	3.00
					Directo:	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Materiales						
04.02.1	Gravilla P/Trat. Superficial	m3		0.00650	48.00	0.312
04.02.2	Emulsión asfáltica rotura rápida CRS-2	Gln		0.3696	0.00	0.00
04.02.3	Materiales para Control de calidad	Glb		0.0002	484.50	0.10
Mano de Obra						
04.02.4	Capataz	HH	0.75	0.0030	36.63	0.11
04.02.5	Oficial	HH	6.00	0.0240	14.63	0.35
04.02.6	Cuadrador vigía	HH	1.00	0.0040	13.31	0.05
04.02.7	Peón	HH	6.00	0.0240	13.31	0.32
Equipo						
04.02.8	Herramientas Manuales	%MO		0.0800	0.83	0.07
04.02.9	Rodillo Neumático AUTOP 81-100HP 5.5	HM	1.00	0.0040	80.75	0.32
04.02.10	Tractor de Tiro 80HP	HM	0.50	0.0020	345.61	0.69
04.02.11	Camión Imprimador 6x2 178-210HP	HM	1.00	0.0020	119.29	0.24
04.02.12	Esparcidora de Agregados	HM	1.00	0.0040	109.70	0.44

5.00 SEÑALIZACION						
5.01 SEÑALIZACION HORIZONTAL						
5.01.1 PINTADO DE VIAS						
Rendimiento	ml/día			2600.00	Costo Unitario Directo:	2.16
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Replanteo y Señalización						
Materiales						
05.01.01	Pintura Esmalte	Gln		0.0010	59.76	0.06
Mano de Obra						
05.01.02	Capataz	HH	0.25	0.0008	36.63	0.03
05.01.03	Trazador	HH	1.00	0.0031	13.31	0.04
05.01.04	Oficial	HH	2.00	0.0062	14.63	0.09
05.01.05	Peón	HH	1.00	0.0031	13.31	0.04
Equipo						
05.01.06	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.20	0.01
05.01.07	Materiales para trazo	HM	1.00	0.0031	6.46	0.02
Marcas en el Pavimento						
Materiales						
05.01.08	Solvente Xilol	Gln		0.0010	37.79	0.04
05.01.09	Pintura para Tráfico TTP 115 f Tipo II	Gln		0.0125	72.68	0.91
05.01.10	Microesferas	Kg		0.0350	7.27	0.25
Mano de Obra						
05.01.11	Capataz	HH	0.25	0.0008	36.63	0.03
05.01.12	Operario	HH	1.00	0.0031	16.63	0.05
05.01.13	Oficial	HH	1.00	0.0031	14.63	0.05
05.01.14	Cuadrador vigía	HH	2.00	0.0062	13.31	0.08
05.01.15	Peón	HH	4.00	0.0123	13.31	0.16
Equipo						
05.01.16	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.37	0.01
05.01.17	Máquina para demarcar pavimentos	HM	1.00	0.0031	44.90	0.14
05.01.18	Camión 2.5 Tn	HM	1.00	0.0031	51.68	0.16

5.02 SEÑALIZACION VERTICAL

5.02.01	COLOCACION Y REEMPLAZO DE SEÑALES (PREVENTIVAS Y REGLAMENTARIAS)					
Partida						
Rendimiento	Und/día	7.00	Costo Unitario Directo:		396.81	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
05.02.01	Oficial	HH	0.50	0.5714	14.63	8.36
05.02.02	Peón	HH	2.00	2.2857	13.31	30.42
Materiales						
05.02.03	Señal Preventiva	Und		1.0000	339.15	339.15
Equipo						
05.02.04	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	38.78	1.16
05.02.05	Camión 2.5tn	hm	0.30	0.3429	51.68	17.72

5.03.01.	POSTES DE SEÑALIZACION					
Partida						
Rendimiento	Und/día	7.00	Costo Unitario Directo:		384.09	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
05.03.01	Capataz	HH	0.50	0.5714	36.63	20.93
05.03.02	Peon	HH	2.00	2.2857	13.31	30.42
05.03.03	Oficial	HH	1.00	1.1429	14.63	16.72
Materiales						
05.03.04	Poste de C° para señal	Und		1.0000	209.95	209.95
05.03.05	Concreto Simple fc 15 Mpa	m3		0.0960	468.35	44.96
Equipo						
05.03.05	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	68.07	2.04
05.03.06	Camión 2.5tn	HM	1.00	1.1429	51.68	59.06

6. Partida		PINTADO DE MUROS Y PARAPETOS				
Rendimiento	m²/día	35.00	Costo Unitario Directo:		21.28	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
06..01	Oficial	HH	0.50	0.1143	14.63	1.67
06..02	Peon	HH	3.00	0.6857	13.31	9.13
Materiales						
06.03	Thiner Acrílico	Gln		0.0200	22.61	0.45
06.04	Pintura esmalte	Gln		0.0600	59.76	3.59
Equipo						
06.05	Herramientas Manuales	%MO		0.0500	10.80	0.54
06.06	Camión 3tn	HM	0.50	0.1143	51.68	5.91

6.01 Partida		HITOS KILOMETRICOS				
Rendimiento	Und/día	14.00	Costo Unitario Directo:		210.79	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
06.01.01	Capataz	HH	0.50	0.2857	36.63	10.47
06.01.02	Peon	HH	2.00	1.1429	13.31	15.21
06.01.03	Oficial	HH	1.00	0.5714	14.63	8.36
Materiales						
06.01.04	Poste de C° hito kilometrico	Und		1.0000	113.05	113.05
06.01.05	Concreto Simple fc 15 Mpa	m3		0.0960	468.35	44.96
Equipo						
06.01.06	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	34.03	1.02
06.01.07	Camión 2.5tn	HM	0.60	0.3429	51.68	17.72

6.5. PRESUPUESTO DE MANTENIMIENTO CON SLURRY SEAL

Tabla N° 31: Presupuesto Total Mantenimiento Slurry Seal

Metrado (Σ Áreas colocadas por Tramos en m2)	74,392	m2		
Metrado (long- x linea)	16,007	3	48,021	ml
Actividades	Und.	Cantidad	P.U.	Importe
1. Seguridad Control de Tráfico	Glb	1	5,087.96	5,088
2. Limpieza de Vía	m2	74,392	0.41	30,501
3. Riego con Agua	glns	16,872	45.65	770,207
4. Emulsión para Slurry Seal (0.69glns/m2)	glns	61,596	6.96	428,710
5. Slurry Seal con Equipo (e=1.00cm)	m2	74,392	4.26	316,908
6.01. Pintado de Vías	ml	48,021	2.09	100,364
7.01 Señales verticales (preventiva)- Panel	und	80	396.71	31,737
7.02 Señales verticales (reglamentaria)- Panel	und	20	396.71	7,934
8. Señales verticales - Poste concreto	und	100	383.92	38,392
9. Pintado de muros y parapetos	m2	435	21.25	9,247
10. Hitos kilométricos	und	75	210.16	15,762
11. Señales Informativas	m2	10	273.00	2,730
Total Costo Directo S/.				1,757,580.12
Gasto General			11%	190,874.96
Utilidad			7%	123,030.61
Sub Total				2,071,485.68
IGV	18%			372,867.42
TOTAL PRESUPUESTO S/.				2,444,353.10

Fuente: Elaboración Propia, 2015

6.5.1. Análisis de Costos Unitarios

1. Partida	SEGURIDAD CONTROL DE TRÁFICO					
Rendimiento	Glb	4200.00	Costo Unitario Directo:	5,087.96		
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
01.01	Oficial	HH	1.00	120	14.63	1,755.8
01.02	peón	HH	2.00	240	13.27	3,183.9
Equipo						
01.03	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	4,939.76	148.193

2. Partida	LIMPIEZA DE VÍAS						
Rendimiento	m²/día		4200.00		Costo Unitario Directo:		0.41
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial	
Mano de Obra							
02.01	Capataz	HH	0.50	0.0010	36.51	0.03	
02.02	Oficial para sopleteo	HH	1.00	0.0019	14.63	0.03	
02.03	Peón	HH	2.00	0.0038	13.27	0.05	
02.04	Vigía	HH	2.00	0.0038	13.27	0.05	
Equipo							
02.05	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.16	0.00	
02.06	Camioneta Operada	HM	1.00	0.0019	50.47	0.10	
02.07	Compresora de Aire 85 HP	HM	0.80	0.0015	96.12	0.15	

3. Partida	RIEGO DE AGUA (0.00189 m³/m²)						
Rendimiento	M²		4200.00		Costo Unitario Directo:		45.65
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial	
Mano de Obra							
03.01	Capataz	HH	1.000	0.0019	36.51	0.03	
03.02	Oficial	HH	1.000	0.0019	14.63	0.03	
03.03	Peón	HH	2.000	0.0038	13.27	0.05	
Equipo							
03.04	Camión Cisterna 5000Gln.	HM	1.00	0.0019	167.74	0.32	
Materiales							
03.06	Agua	m ³		1.0000	45.22	45.22	

4.. Partida	SUMINISTRO DE EMULSION ASFALTICA (0.69 glns/m²)						
Rendimiento	Glb		1.00		Costo Unitario Directo:		6.96
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial	
04.01	EMULSION ASFALTICA						
Materiales							
04.02	Emulsión Asfáltica	Gln		0.6900	8.63	5.95	
04.03	Transporte de emulsión Lima Cajam.	Gln		0.6900	1.45	1.00	

5.00 PAVIMENTOS						
5.1.Partida	SUMINISTRO, PREPARACION Y COLOCACIÓN DE SLURRY SEAL CON EQUIPOS (e = 1 cm))					
Rendimiento	m2/día				Costo Unitario Directo:	4.26
						4200.00
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Materiales						
05.01	Arena gruesa seleccionada 3/8"	m3		0.0130	64.60	0.84
05.02	Cemento portlan tipo I	Bol		0.0040	17.80	0.07
05.03	Agua	m3		0.0019	45.22	0.09
05.04	Materiales para Control de calidad	Glb		0.0002	483.00	0.10
Mano de Obra						
05.05	Capataz	HH	1.00	0.0019	36.51	0.07
05.06	Operario	HH	2.00	0.0038	16.58	0.06
05.07	Oficial	HH	2.00	0.0038	14.63	0.06
05.08	Cuadrador vigía	HH	4.00	0.0076	13.27	0.10
05.09	Peón	HH	6.00	0.0114	13.27	0.15
Equipo						
05.10	Herramientas Manuales	%MO		0.0800	0.44	0.04
05.11	Camión Slurry Seal	HM	1.00	0.0019	452.20	0.86
05.12	Volquete 15 m3	HM	3.00	0.0057	157.41	0.90
05.13	Cargador Frontal	HM	1.00	0.0019	226.34	0.43
05.14	Motobomba 4"	HM	0.20	0.0004	11.31	0.00
05.15	Cisterna de Emulsion 9000 Gln	HM	1.00	0.0019	205.24	0.39
05.16	Camion 3 TN	HM	1.00	0.0019	51.68	0.10

6.00 SEÑALIZACION						
6.01 SEÑALIZACION HORIZONTAL						
6.01.01.						
Partida	PINTADO DE VIAS					
Rendimiento	ml/día		2600.00		Costo Unitario Directo:	2.09
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Replanteo y Señalización						
Materiales						
06.01	Pintura Esmalte	Gln		0.0010	59.76	0.06
Mano de Obra						
06.02	Capataz	HH	0.25	0.0008	36.51	0.03
06.03	Trazador	HH	1.00	0.0031	13.27	0.04
06.04	Oficial	HH	2.00	0.0062	14.63	0.09
06.05	Cuadrador vigía	HH	2.00	0.0062	13.27	0.08
06.06	Peón	HH	1.00	0.0031	13.27	0.04
Equipo						
06.07	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.28	0.01
06.08	Materiales para trazo	HM	1.00	0.0031	6.46	0.02
Marcas en el Pavimento						
Materiales						
06.09	Solvente Xilol	Gln		0.0010	37.79	0.04
06.10	Pintura para Tráfico TTP 115 f Tipo II	Gln		0.0125	60.43	0.76
06.11	Microesferas	Kg		0.0350	7.27	0.25
Mano de Obra						
06.12	Capataz	HH	0.25	0.0008	36.51	0.03
06.13	Operario	HH	1.00	0.0031	16.58	0.05
06.14	Oficial	HH	1.00	0.0031	14.63	0.05
06.15	Cuadrador vigía	HH	2.00	0.0062	13.27	0.08
06.16	Peón	HH	4.00	0.0123	13.27	0.16
Equipo						
06.17	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	0.37	0.01
06.18	Máquina para demarcar pavimentos	HM	1.00	0.0031	44.90	0.14
06.19	Camión 2.5 Tn	HM	1.00	0.0031	51.68	0.16

7.00 SEÑALIZACION VERTICAL

7.01.Partida	COLOCACION Y REEMPLAZO DE SEÑALES (PREVENTIVAS Y REGLAMENTARIAS)					
Rendimiento	Und/día	7.00			Costo Unitario Directo:	396.71
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
07.01	Oficial	HH	0.50	0.5714	14.63	8.36
07.02	Peón	HH	2.00	2.2857	13.27	30.32
Materiales						
07.03	Señal Preventiva	Und		1.0000	339.15	339.15
Equipo						
07.04	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	38.68	1.16
07.05	Camión 2.5tn	hm	0.30	0.3429	51.68	17.72

8. Partida	POSTES DE SEÑALIZACION					
Rendimiento	Und/día	7.00			Costo Unitario Directo:	383.92
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
08.01	Capataz	HH	0.50	0.5714	36.51	20.87
08.02	Peon	HH	2.00	2.2857	13.27	30.32
08.03	Oficial	HH	1.00	1.1429	14.63	16.72
Materiales						
08.04	Poste de C° para señal	Und		1.0000	209.95	209.95
08.05	Concreto Simple fc 15 Mpa	m3		0.0960	468.35	44.96
Equipo						
08.06	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	67.91	2.04
08.07	Camión 2.5tn	HM	1.00	1.1429	51.68	59.06

9. Partida		PINTADO DE MUROS Y PARAPETOS				
Rendimiento	m2/día	35.00	Costo Unitario Directo:		21.25	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
09.01	Oficial	HH	0.50	0.1143	14.63	1.67
09.02	Peon	HH	3.00	0.6857	13.27	9.10
Materiales						
09.03	Thiner Acrílico	Gln		0.0200	22.61	0.45
09.04	Pintura esmalte	Gln		0.0600	59.76	3.59
Equipo						
09.05	Herramientas Manuales	%MO		0.0500	10.77	0.54
09.06	Camión 3tn	HM	0.50	0.1143	51.68	5.91

10. Partida		HITOS KILOMETRICOS				
Rendimiento	Und/día	14.00	Costo Unitario Directo:		210.16	
Código	Descripción Recursos	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial
Mano de Obra						
10.01	Capataz	HH	0.50	0.2857	36.51	10.43
10.02	Peon	HH	2.00	1.1429	13.27	15.16
10.03	Oficial	HH	1.00	0.5714	14.63	8.36
Materiales						
10.04	Poste de C° hito kilometrico	Und		1.0000	112.70	112.70
10.05	Concreto Simple fc 15 Mpa	m3		0.0960	466.90	44.82
Equipo						
10.06	Herramientas Manuales	%MO		0.0300	33.96	1.02
10.07	Camión 2.5tn	HM	0.60	0.3429	51.52	17.66

6.6. Cuadros Comparativos

Tabla N° 32: Cuadro comparativo Costos Unitarios

Partida	Costos Unitarios	
	Slurry Seal (s/.)	Bicapa (s/.)
Seguridad contro de Tráfico (Glb)	5087.96	3738.64
Limpieza de Vía (m2)	0.41	0.94
Riego de Agua (Gln)	45.65	
Emulsión para Slurry (gln)	6.96	
Trat. Superficial Bicapa con equipo (m2)		9.00
Slurry Seal con equipo (m2)	4.26	

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 33: Cuadro comparativo Norma Técnica Empleada

Ítem	Slurry Seal	Bicapa
Pruebas de Laboratorio	Pruebas de calidad a las emulsiones asfálticas	Ensayos de calidad para los agregados a ser utilizados
	Lavado asfáltico de emulsión	Ensayos de granulometría
	Análisis granulométrico por tamizado de la arena	Pruebas de calidad del ligante a ser utilizado
Normas Técnicas	ISSA A 105 Especificaciones para Slurry Seal	Norma ASTM
		Norma NLT

Fuente: Elaboración Propia, 2015

6.7. Diferencia de Costos: Mantenimiento Convencional-Mantenimiento con Slurry Seal - COSTO ANUAL EQUIVALENTE (German Vivar Romero, 1996)

Tabla N° 34: Vida Esperada del Mantenimiento sobre Pavimento

VIDA ESPERADA	AÑOS
MANTENIMIENTO CONVENCIONAL	5
MANTENIMIENTO SLURRY SEAL	4

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 35: Costo Anual Equivalente Mantenimiento Convencional

COSTO UNITARIO

Mantenimiento Convencional

Rendimiento Diario	2000.00	m ² /día
Costo por m ²	9.00	s./m ²
COSTO UNITARIO	0.0045	s./m ² /día

COSTO ANUAL EQUIVALENTE

Mantenimiento Convencional

Costo Unitario	0.0045	s./m ² /día
Vid Espect.	5	
C. A. E.	0.0009	s./m ² /día/año

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 36: Costo Anual Equivalente Mantenimiento Slurry Seal

COSTO UNITARIO

Mantenimiento con Slurry Seal

Rendimiento Diario	4200.00	m ² /día
Costo por m ²	4.26	s./m ²
COSTO UNITARIO	0.0010	s./m ² /día

COSTO ANUAL EQUIVALENTE

Mantenimiento con Slurry Seal

Costo Unitario	0.0010	s./m ² /día
Vid Espect.	4	
C. A. E.	0.0003	s./m ² /día/año

Fuente: Elaboración Propia, 2015

Tabla N° 37: Tramos Slurry Seal y Bicapa con Equipo

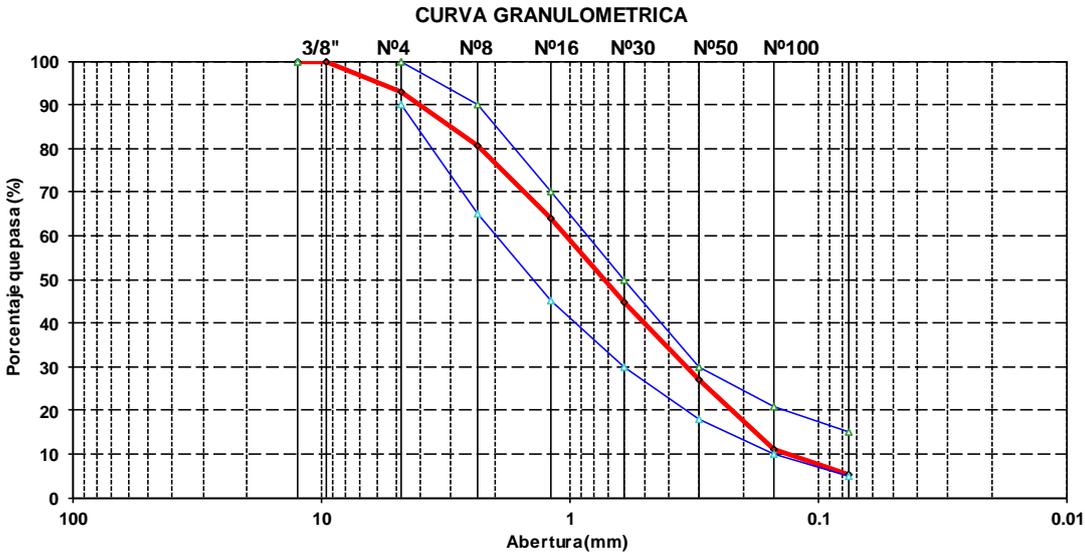
TRATAMIENTO CON SLURRY SEAL			
Tramo	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Km 29 + 333 a Km 29 + 500	167	5.05	842.92
Km 26 + 400 a Km 27 + 600	1200	4.68	5614.72
Km 27 + 600 a Km 28 + 793	1193	4.61	5501.04
Km 26 + 400 a Km 26 + 600 km 28 + 793 a km 29 + 800 km 31 + 100 a km 31 + 300	1407	4.04	5688.17
Km 26 + 600 a Km 27 + 500 km 31 + 300 a km 31 + 700	1300	4.74	6156.43
Km 27 + 500 a Km 28 + 600	1100	4.64	5105.09
Km 28 + 600 a Km 29 + 500 km 29 + 800 a km 30 + 000	1100	5.06	5561.09
Km 31 + 100 a Km 31 + 700 km 35 + 000 a km 35 + 220	820	4.74	3886.95
Km 35 + 220 a Km 36 + 820	1600	4.36	6973.44
Km 36 + 820 a Km 38 + 115	1295	4.57	5921.30
Km 38 + 115 a Km 38 + 800 km 35 + 000 a km 35 + 578	1253	4.74	5937.04
Km 35 + 578 a Km 36 + 663	1085	4.85	5264.54
Km 36 + 663 a Km 37 + 500	837	4.91	4113.07
Km 37 + 500 a Km 38 + 260	760	4.65	3535.80
Km 38 + 260 a Km 38 + 800 km 42 + 100 a km 42 + 450	890	4.82	4290.00
TRATAMIENTO SUPERF. BICAPA			
Tramo	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m ²)
Km 64 + 500 a Km 64 + 385	115	4.87	560.05
Km 61 + 600 a Km 61 + 420	180	5.05	908.46
Km 58 + 793 a Km 58 + 500	293	4.68	1370.65
Km 56 + 600 a Km 56 + 490 km 59 + 800 a km 59 + 693	217	4.57	991.65
Km 57 + 500 a Km 57 + 355 km 61 + 700 a km 61 + 580	265	4.42	1171.90
Km 58 + 600 a Km 58 + 460	140	5.05	707.00
Km 59 + 500 a Km 59 + 355 km 60 + 000 a km 59 + 830	285	4.32	1231.75
Km 61 + 700 a Km 61 + 565 km 65 + 220 a km 65 + 080	275	4.50	1236.35
Km 56 + 820 a Km 56 + 630	190	4.55	864.50
Km 58 + 115 a Km 57 + 920	195	4.87	949.65
Km 58 + 800 a Km 58 + 685 km 55 + 578 a km 55 + 460	233	4.42	1030.62

Σ Long. (m)	Σ Áreas. (m2)
16007	74391.60

Σ Long. (m)	Σ Áreas. (m2)
2388	11022.58

6.8. ANALISIS DE TECNOLOGIA UTILIZADA PARA EMULSIÓN (SLURRY SEAL)

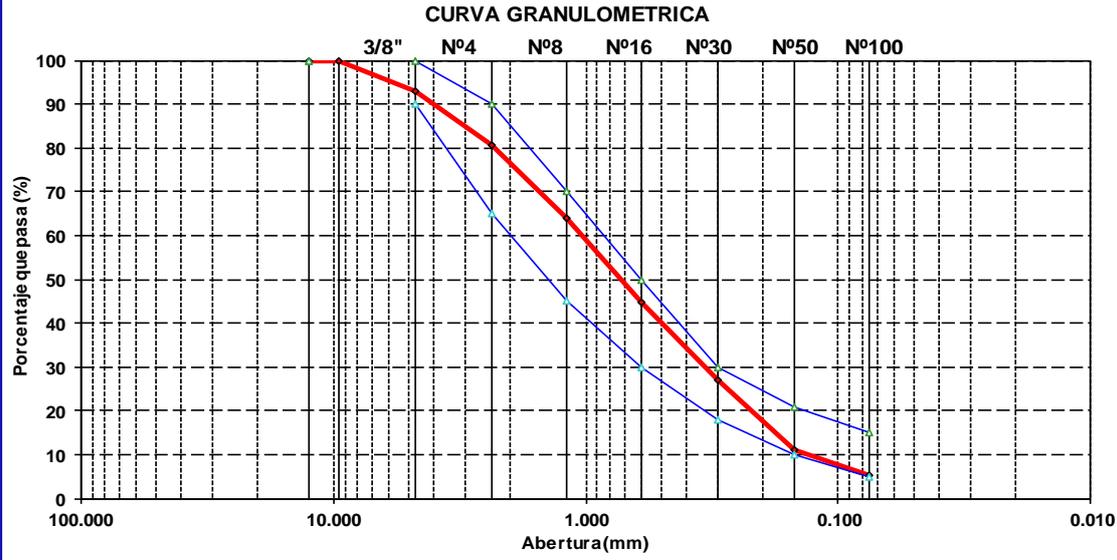
CONSORCIO DE SERVICIOS MINEROS CAJAMARCA S.R.L							
LABORATORIO EN PLANTA							
LAVADO ASFALTICO							
(ASTM D 2172 AASHTO T-164)							
PROYECTO	SLURRY SEAL Y SEÑALIZACION CARRETERA CHILETE - SAN PABLO - EMPALME RUTA PE-3N (KM: 25 CARRETERA CAJAMARCA - BAMBARCA)						
CONTRATISTA	CONSERMINC SRL	RESPONSABLE	Roberto Horna H.				
CANTERA	CHILETE - PROP. WILSON SALAZAR						
MUESTRA	MLAV- 13	UBICACIÓN MUESTREO	km				
FECHA MUESTREO	17 de septiembre de 2014	HORA MUESTREO	06:20:00 a.m.				
LABORATORIO	SLURRY SEAL CONSERMINC	MATERIAL	Slurry seal (lechada asfaltica)				
DATOS DE LA MUESTRA							
MUESTRA	: N°01		PESO INICIAL SECO			:	942.2
			PESO LAVADO SECO			:	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Pasa Malla 200 : 5.9 %
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						Peso Unit.Suelto : gr/cc
1"	25.400						Peso Unit.Comp : gr/cc
1/2"	12.500						
3/8"	9.300		0.0	0.0	100.0	100.0 100.0	
N° 4	4.760	45.9	8.6	8.6	91.4	90 100	
N° 8	2.300	71.2	13.4	22.0	78.0	65 90	
N° 16	1.190	86.9	16.2	38.2	61.8	45 70	Tamaño máx. : 1/2"
N° 30	0.590	87.9	16.5	54.7	45.3	30 50	Módulo de Fineza : 2.89
N° 50	0.297	112.2	21.1	75.8	24.2	18 30	OBSERVACIONES :
N° 100	0.149	75.0	14.1	89.9	10.1	10 21	PESO HUMEDO :
N° 200	0.074	22.5	4.2	94.1	5.9	5 15	PESO SECO :
< N° 200	FONDO	23.6	4.4	98.5			CONT. DE AGUA :

CURVA GRANULOMETRICA	
	<p>OBSERVACIONES:</p>

6.9. ANÁLISIS DE TECNOLOGIA UTILIZADA PARA ARENA (SLURRY SEAL)

LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
OBRA :							
TRAMO :		REALIZADO POR : R.M.A.					
MATERIAL : Arena Lavada.		REVIZADO POR : R.H.H.					
CANTERA : Rio Chilete.		FECHA : 27/08/2014					
MUESTRA : De Acopio.		CERTIFICADO N°:					
DATOS DE LA MUESTRA							
MUESTRA : N°01		PESO INICIAL SECO :		942.2			
		PESO LAVADO SECO :					
TAMIZ	ABERTUR (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO	RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Pasa Malla 200 5.2 %
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						Peso Unit.Suelto gr/cc
1"	25.400						Peso Unit.Comp gr/cc
3/4"	19.050						
1/2"	12.500				100.0	100.0 100.0	
3/8"	9.500						
N° 4	4.750	65.4	6.9	6.9	93.1	90 100	
N° 8	2.360	118.2	12.5	19.5	80.5	65 90	
N° 10	2.000						
N° 16	1.190	154.4	16.4	35.9	64.1	45 70	Tamaño máx. 1/2"
N° 30	0.600	181.5	19.3	55.1	44.9	30 50	Módulo de Fineza 2.79
N° 40	0.420						
N° 50	0.300	167.2	17.7	72.9	27.1	18 30	OBSERVACIONES :
N° 100	0.150	151.6	16.1	89.0	11.0	10 21	PESO HUMEDO
N° 200	0.075	55.0	5.8	94.8	5.2	5 15	PESO SECO
< N° 200	FONDO	48.9	5.2	100.0			CONT. DE AGUA

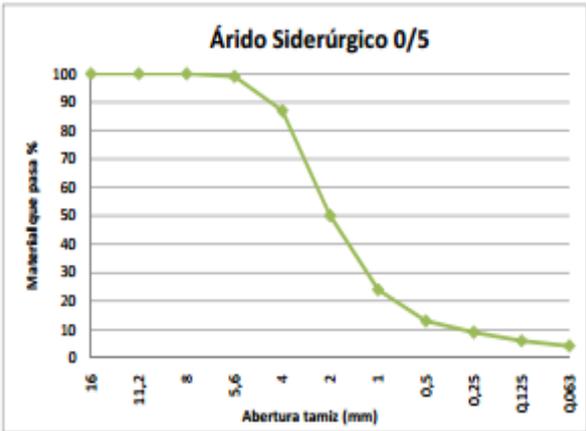
CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

Fuente: Conserminc, 2014

6.10. ANÁLISIS TECNOLOGÍA UTILIZADA PARA GRAVILLA BICAPA

Tipo de Ensayo	Normativa	Resultado																								
Análisis Granulométrico de un árido	UNE-EN 933-1:1998/A1:2006																									
																										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamiz</th> <th>% Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>16</td><td>100</td></tr> <tr><td>11,2</td><td>100</td></tr> <tr><td>8</td><td>100</td></tr> <tr><td>5,6</td><td>99</td></tr> <tr><td>4</td><td>87</td></tr> <tr><td>2</td><td>50</td></tr> <tr><td>1</td><td>24</td></tr> <tr><td>0,5</td><td>13</td></tr> <tr><td>0,25</td><td>9</td></tr> <tr><td>0,125</td><td>6</td></tr> <tr><td>0,063</td><td>4,2</td></tr> </tbody> </table>	Tamiz	% Pasa	16	100	11,2	100	8	100	5,6	99	4	87	2	50	1	24	0,5	13	0,25	9	0,125	6	0,063	4,2
Tamiz	% Pasa																									
16	100																									
11,2	100																									
8	100																									
5,6	99																									
4	87																									
2	50																									
1	24																									
0,5	13																									
0,25	9																									
0,125	6																									
0,063	4,2																									
Tipo de Ensayo	Normativa	Resultado																								
Determinación del contenido de finos	UNE-EN 933-1:1998/A1:2006	4,20%																								
Equivalente de arena de un árido fino	UNE-EN 933-8:2000	78																								
Determinación de terrones de arcilla (hormigones)	UNE 7133:1958	EXENTO																								
Densidad, porosidad, absorción de un árido fino	UNE-EN 1097-6:2001	Densidad Aparente... 3,56 Mg/m ³ Densidad secado en estufa... 3,37 Mg/m ³ Densidad partículas saturadas con la superficie seca... 3,42 Mg/m ³ Absorción de agua... 1,60%																								
Material retenido tamiz 0.063 y flota líquido de p.e. 2	UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 14.2	INAPRECIABLE																								
Estabilidad ante disoluciones sulfato sódico/magnesio	UNE-EN 1367-2:1999 UNE-EN 1367-2:1999 UNE-EN 1367-2:1999 UNE-EN 1367-2:1999	Fracción granulométrica... entre 2,36 y 3,35mm Valor sulfato de magnesio(MS ₁)... 2,90% Valor sulfato de magnesio(MS ₂)... 2,30% Valor medio sulfato magnesio (MS)... 3%																								
Contenido en Cloruros-Metodo volumétrico	UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 7	0,007%																								
Contenido total en azufre (a. hormigón)	UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 11 UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 11	Contenido azufre expresado como S... 0,27% Contenido azufre expresado como SO ₃ ... 0,675%																								
Contenido de materia orgánica HUMUS	UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 15.1	EXENTO																								
Azul de metileno-árido para hormigones	UNE-EN 933-9:2010	0,23g/kg																								
Contenido en sulfatos solubles en acido	UNE-EN 1744-1:1999 Capítulo 12	0,735 % SO ₃ AS _{1,0}																								
Reactividad Alcali-Sílice	UNE 146507-1:1999 EX	No reactivo																								
Adhesividad a áridos finos de ligantes bituminoso	NLT 355/93	Índice de adhesividad Riedel-Weber... 6-9																								
Coefficiente de friabilidad de las arenas	UNE 83115:1989 EX	13%																								

Fuente: Conserminc, 2014

Tabla N° 38: Descripción de los mantenimientos

Criterio	Slurry Seal	Bicapa
Descripción	Mezcla de agregado de granulometría cerrada.	Tratamiento superficial de dos capas
Composición	Compuesto por emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua.	Compuesto por aplicaciones sucesivas de ligante y árido
Espesor	Tiene un espesor de 1.00 cm	La 1ra capa tiene un espesor de 1.5 cm y la 2da un espesor de 1.00 cm
Diámetro áridos	Arena gruesa seleccionada $\phi 3/8''$ a N°4	Gravilla $\phi(3/8''$ y N°4)
Normas	Norma ISSA A 105 Especificaciones para Slurry Seal	Norma ASTM Y AASHTO
Costo	El costo del mantenimiento Slurry Seal es de s/.4.26 por m ²	El costo del mantenimiento convencional es de s/.9.00 por m ²
Foto	 	 

Fuente: Elaboración propia, 2015

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

En la presente tesis se tuvo el propósito de investigar la diferencia entre un mantenimiento con Slurry Seal y otro con un mantenimiento convencional teniendo en cuenta los costos de mantenimiento y la tecnología utilizada. Se pretendió examinar también las ventajas y desventajas que presentan cada uno de estos tipos de mantenimiento dando la información necesaria y cuál era el más rentable en costos con respecto a un costo Anual Equivalente.

Además, se identificaron aquellos factores que se tomaron en cuenta en las visitas a campo para la verificación de los materiales a ser utilizados para cada tipo de mantenimiento tanto en el convencional como en el de Slurry Seal. A continuación, se estarán discutiendo los principales puntos y hallazgos de este estudio.

De acuerdo con los datos obtenidos en la inspección de campo en cada mantenimiento sobre el pavimento flexible, de ésta investigación, se puede decir que el costo por metro cuadrado del mantenimiento con Slurry Seal es más económico que el mantenimiento Convencional y con un año menos de duración promedio de vida útil que el mantenimiento convencional ya que el mantenimiento convencional Bicapa tiene una duración promedio de 5 años y el Slurry Seal de 4 años.

Según las tablas de Costo Anual Equivalente nos muestra que dar un mantenimiento con Slurry Seal de acuerdo al rendimiento de avance por metro cuadrado por día al año y a la vida esperada en años, es más económico que el mantenimiento convencional sobre un pavimento flexible. Si hablamos en términos generales la colocación de Slurry seal es más económico que el mantenimiento convencional debido a la rapidez de avance por ser una sola capa de espesor de un centímetro lo que en el mantenimiento convencional se necesitan dos capas de diferentes espesores y el tiempo de colocación es el doble.

En los últimos 10 años, se vienen realizando mantenimientos convencionales a las vías y carreteras del país, las cuales se realizan cuando el pavimento está muy desgastado y maltratado, lo cual no ocurriría si es que desde un inicio se le diera una protección temprana al pavimento, para evitar concurrentes mantenimientos y tener un pavimento cuidado y duradero.

CONCLUSIONES

- Al realizar la comparación de costos y tecnología se verificó que el mantenimiento con Slurry Seal tiene mayores ventajas tecnológicas y económicas que el mantenimiento convencional sobre un pavimento flexible.
- El Mantenimiento con Slurry Seal es un muy buen mantenimiento aplicado sobre pavimentos flexibles, es un tratamiento no estructural que protege al pavimento de los agentes externos, su aplicación de un centímetro de espesor con tecnología de equipos innovadora le da un tiempo de vida útil promedio de cuatro años.
- El mantenimiento convencional es uno de los mantenimientos de capas múltiples más utilizados, que esparcido sobre un pavimento flexible tiene un tiempo de protección de vida útil promedio de cinco años.
- El mantenimiento convencional Bicapa es un método de mantenimiento de carreteras más costoso que el mantenimiento con Slurry Seal, ya que el costo por metro cuadrado para el mantenimiento convencional es de 9.00 s/./m² para el mantenimiento con Slurry Seal es de 4.26 s/./m².
- Los procesos constructivos de éstos dos tipos de mantenimiento son muy parecidos, una de las diferencias es que en el proceso constructivo el Slurry Seal se coloca sobre el pavimento con una sola pasada del camión Slurry Seal para lo que el mantenimiento convencional Bicapa necesita de dos esparcidas de ligante y dos de gravilla, siendo la ejecución de Slurry Seal casi cuatro veces mas rápida.
- Podemos concluir es que se utilizan diferentes tipos de tecnologías en máquinas y equipos para la realización del trabajo en campo como también las especificaciones técnicas de los agregados no son los mismos ni tampoco el tipo de emulsión asfáltica a utilizarse, así como los tiempos de ejecución de riego de las mezclas sobre el pavimento. En éste análisis el Slurry Seal le saca ventaja al mantenimiento convencional debido al proceso de ejecución de la lechada asfáltica que es mucho más rápido y el fraguado del mortero que tiene un tiempo de espera promedio de 2 a 4 horas de curado ó enfriado.
- No obstante, se admite que el mantenimiento convencional es una buena opción para los pavimentos, el problema son los materiales usados para este tipo de

mantenimiento, que no siempre se encuentran en las mejores condiciones, y muchas veces no pasan por un control de calidad necesario lo cual hace que el mantenimiento convencional dure un lapso de tiempo menor al de su vida útil promedio establecida.

- Por un lado, podríamos decir que es conveniente realizar un mantenimiento con Slurry Seal al pavimento a una temprana edad, para que este sea cuidado, y no solo el pavimento, sino también hablamos del cuidado de los neumáticos de los autos, ya que al secarse el mortero ofrece un relieve liso y uniforme el cual permite un mejor deslizamiento de los neumáticos y por ende un tránsito adecuado.
- Finalmente ésta investigación debe servir como referente crítico, abarca una serie de elementos de la realidad que pueden hacer funcionar un mantenimiento mejor que otro o hacer exactamente lo contrario, el personal, las personas capacitadas para realizar cada uno de los trabajos, la experiencia de los ingenieros que hace evitar cierto tipos de contra tiempos y resolver problemas que casi siempre se presentan en campo. El equipo y herramientas a usar influyen también en la rapidez y avance lo cual podríamos obtener un muy buen mantenimiento con los materiales adecuados y los puntos anteriormente citados.

Entonces los procesos para estos dos tipos de mantenimiento dependen de muchos factores, que tienen que ver con la responsabilidad con la que se va a llevar y desarrollar el trabajo, cumpliendo con las normas, estándares y especificaciones técnicas requeridos para realizarlos, con lo cual, lo que se quiere es salvar costos y mejorar el estilo de vida de la sociedad.

RECOMENDACIONES

- Se puede completar ésta investigación al analizar y estudiar los agentes externos que más daño ocasionan a los pavimentos flexibles de acuerdo a la zona donde se encuentren teniendo en cuenta el periodo de diseño de pavimento.
- Los mantenimientos deben realizar un control de calidad de los agregados y emulsión que se utilizará en obra para que de esta manera el mantenimiento tenga una vida útil esperada disminuyendo costos y tiempos de mantenimiento.
- Extender los estudios sobre financiamiento para la posibilidad de una mayor colocación de Slurry Seal en carreteras interprovinciales, especialmente para vías y carreteras nuevas para obtener una mejor calidad de desempeño y cuidado del pavimento.
- Incluir más modelos y tipos de mantenimiento a usar, para que el sistema regional e interprovincial de pavimentos mejore y se vaya adaptando con el tiempo a nuevas tecnologías, incrementando a niveles de trabajo dentro de la región usando nuevas tecnologías de mantenimiento de ingeniería necesaria para el beneficio de todos.

CAPÍTULO 8. Referencias

1. Antonio Cusato, C. P. (2008). *Lecciones de Mantenimiento de Carreteras en el Peru, 1992 - 2007*. Lima: Instituto Peruano de Economía.
2. Blazquez, L. B. (2008). *Tratamientos Superficiales*.
3. Blázquez, L. B. (s.f.). *Tratamientos Superficiales*.
4. Burga, J. S. (2009). *Pavimentos Economicos, Mantenimiento de vías urbanas con el uso de Emulsiones Asf*. Lima: TDM.
5. Campana, J. M. (2010). *Mantenimiento Vial, Informe Sectorial*. CAF.
6. Conserminc S.R.L. (2014). *Plan Control de Calidad*. Cajamarca: Minera Yanacocha S.R.L.
7. Cubillas, C. P. (2008). *Importancia de la Imprimación Asfáltica en Carreteras*.
8. Flexibles, P. (2008).
9. German Vivar Romero, W. G. (1996). *Pavimentos de Concreto y Asfalto, Mantenimiento y Reparación*. Lima: Laser Jet ACI-UNI.
10. Herencia, W. (2009). *Epevia, Diseño Slurry Seal y Micropavimento*. Lima: Epevia.com.
11. Institute, A. (2010). *Manual Básico de Emulsiones Asfálticas*. Usa: AEMA.
12. Montenegro, M. M. (2010). *Guía Básica para la Conformación de Bases y Subbases para Carreteras*.
13. MTC. (2007). *Especificaciones Técnicas Generales para la Conservación de Carreteras*. Lima.
14. Ronal Mercado, C. B. (2008). *Emulsiones Asfálticas, Usos - Rompimiento*. Merida, Venezuela: Universidad de los Andes.
15. s.l., E. (2010). *www.ezague.com*.
16. SAC, C. (2014).
17. Salomon, D. (2009). *Conservación de Pavimentos: Metodología y Estrategias*. Usa.
18. SEAL, L. S. (2011). *limaslurryseal.com*.
19. Torres, S. (s.f.). *Tratamientos Superficiales con Gravilla*. Repsol YPF.
20. Varela, L. R. (2002). *Índice de Condición del Pavimento*. Manizales.

21. Varela, L. V. (2002). *Indice Condición del Pavimento*. Manizales.
22. www.arqhys.com. (2010). *www.arqhys.com*. Obtenido de www.arqhys.com.
23. www.asfalca.com. (2009). Obtenido de Asfalca.
24. www.camohesa.com. (2008). Obtenido de Camohesa.
25. www.e-asphalt.com. (s.f.). Obtenido de e-asphalt.
26. www.ezague.com. (2010). *www.ezague.com*. Obtenido de www.ezague.com.

ANEXOS

MEMORIA DE CÁLCULO

Mantenimiento Convencional

- La sumatoria de Áreas colocadas en metros cuadrados de los tramos es 11022.5.
- La sumatoria de la longitud total de los tramos colocados es 2388.
- Los 7164 es el producto de la multiplicación de 2388 por la cantidad de Líneas por pintar.

Tabla N° 39: Tasas de aplicación distribuidas

Cálculo Cantidades de Material

Mantenimiento Superficial Bicapa

Tratamiento Superficial (TSB)	Tasas de Aplicación Propuesto	
	Asfalto Modificado SBS (Lt/m ²)	Agregado Pétreo (Kg/m ²)
Primera Capa	1.4	19
Segunda Capa	1.4	13

Cálculo 1ra Capa (e= 1.50 cm)

$$\frac{1.4 \text{ lt}}{\text{m}^2} \times \frac{0.264 \text{ gl}}{1 \text{ lt}} = 0.3696 \text{ gl/m}^2$$

$$\frac{19 \text{ kg/m}^2}{2000 \text{ kg/m}^3} = 0.0095 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Cálculo 2da Capa (e= 1.00 cm)

$$\frac{1.4 \text{ lt}}{\text{m}^2} \times \frac{0.264 \text{ gl}}{1 \text{ lt}} = 0.3696 \text{ gl/m}^2$$

$$\frac{13 \text{ kg/m}^2}{2000 \text{ kg/m}^3} = 0.0065 \text{ m}^2/\text{m}^3$$

Mantenimiento Slurry Seal

- La sumatoria de Áreas colocadas en metros cuadrados de los tramos es de 74391.60.
- La sumatoria de la longitud total de los tramos colocados es 16007
- Los 48021 es el producto de la multiplicacion de 16007 por la cantidad de Líneas por pintar

Tabla N° 40: Dotación para mezcla de mortero

Cálculo Cantidades de Material

Mantenimiento Slurry Seal

Materiales	Cantidad
Arena Gruesa	1 m ³
Agua Potable	50 gln
Filler	17 kg
Emulsión Asfáltica Rotura Lenta (CSS)	60 gal

Arena : $1.3 \text{ m}^3 \times 0.01 = 0.0130 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Agua Potable:
 $50 \text{ Gln} = 189 \text{ lts}$
 $189 \text{ ts} \times 0.001 = 0.189 \text{ m}^3$
 $0.189 \text{ lts} \times 0.01 = 0.00189 \text{ m}^3/\text{m}^2$

Filler : $\frac{17 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg}} = 1 \text{ bls}/\text{m}^3$
 $0.4 \text{ bls} \times 0.01 = 0.004 \text{ bls}/\text{m}^3$

Emulsión Asf. (CSS): $69 \text{ Gls}/\text{m}^3 \times 0.01\text{m} = 0.69 \text{ Gln}/\text{m}^2$

Riego con Agua:
 Cantidad de Slurry Seal x Cantidad de Agua x 1.2

Emulsión para Slurry Seal (0.69 gln/m²):
 Cantidad de Slurry Seal x Cantidad de Emulsión x 1.2
 $144063 / \text{m}^2 \times 0.189\text{m} \times 1.2 = 32673 \text{ Gln}/\text{m}^2$

Cálculo Hora – Hombre

1 Remuneración Bruta Mensual

Peón	=	1384.00
Oficial	=	1534.00
Operario	=	1764.00
Capataz	=	3800.00

2 Remuneración Total Anual

a. Remuneración Anual	1384.00	x	12	=	16608
b. Vacaciones	1384.00	x	0	=	0
c. Gratificaciones al Año (2)	1384.00	x	2	=	<u>2768</u>
d. Remuneración Total anual (a+b+c)			TOTAL	=	19376.00

3 Costo Horario Calculado Anualmente

a. Dias al año	=	365			
b. Dias no laborables	=				
- Vacaciones	=	30			
- Domingos	=	48			
- Feriados	=	<u>12</u>			
TOTAL	=	90			
c. Dias Laborables	=	275	DL	HD	
d. Horas Laborables al año	=		275	x	8 = 2200
e. Costo Horario (2e/3d)			SUB-TOTAL	=	8.81

4 Pagos Obligatorios

a. ESSALUD	=	9.00%	=	0.79
b. Pensión	=	0.65%	=	0.06
c. Seguro Complementario de trabajo	=	0.65%	=	<u>0.06</u>
e. Total pagos obligatorios (a+b+c)			SUBTOTAL	= 0.91

5 C.T.S.

a. Cálculo CTS	Remuneración total anual	x	8.33%	=	1614.021
b. Costo horario de CTS ((5a/3c))/8			SUB-TOTAL	=	0.73

6 Costo por Hora sin Adicionales (3e+4e+5b) TOTAL(1) = 10.45

7 Costos Adicionales

a. Alimentación	15.00	C/H	= (15.0 / 8) =	1.88
b. Exám. Méd.(2)*Camb. Trim(4)	271.00	C/H	= (2168.0 / 3d) =	0.25
c. Implementos de Seguridad (4)	240.00	C/H	= (960.0 / 3d) =	0.44
d. Ropa de Trabajo	150.00	C/H	= (300.0 / 3d) =	0.14
e. Capacitación	285.00	C/H	= (285.0 / 3d) =	0.13
f. Movilidad		C/H	= (0.0 / 3d) =	0
g. Costo Hora adicional (a+b+c+d)			TOTAL (2) =	2.82

8 Costos Adicionales

a. Costo por hora (6+7g)			=	13.27
b. Gastos Financieros	0%		=	0
c. Gastos Administrativos	0%		=	0
d. Utilidad	0%		=	0
e. Costo Total por hora (a+b+c+d)				13.27

	Nuevos Soles S/.	=	13.27
	Dólares Americanos U.S.\$	=	4.11
Peón	S/.	=	13.27

Cálculo Hora – Máquina

Tabla N° 41: Cálculo Hora máquina

DATOS GENERALES						
ITEM	DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	MARCA	MODELO	Categoría del Operador	POTENCIA HP	Precio US\$ Suministro
1	CARGADOR FRONTAL	KOMATSU	WA420-3	E4+II	220	0.31
2	CISTERNA DE AGUA 5000	VOLVO	NL 12 6X4	N2	400	0.31
3	CISTERNA DE AGUA 9000	VOLVO	NL 12 6X4	N3	400	0.31
4	RETROEXCAVADORA	KOMATSU	WB 140-2	E4+II	86	0.31
5	VOLQUETE 15 M3	VOLVO	NL 12 6X4	N3	400	0.31

ITEM	COSTO HORARIO MAQUINA OPERADA						COSTO MÁQUINA TOTAL				
	Costo de Posesión	Costo de Mantenimiento y Reparación	Costo de Suministro de Combustible	Costo Neumáticos	Costos Indirectos Operador	Costos Planilla Actualizado Operador	Total Costo de Máquina Operada	Consumo Galones	Costo de Combustible	Tarifa US\$ Hora Máquina	Tarifa S/. Hora Máquina
						3.23			4.05		
1	12.95	14.32	2.02	3.35	1.61	9.50	43.745	6.50	26.33	70.07	226.3
2	13.85	6.36	1.24	1.88	1.61	10.95	35.89	4.00	16.20	52.09	168.3
3	17.56	6.79	1.55	4.28	2.16	10.95	43.29	5.00	20.25	63.54	205.2
4	10.74	6.28	0.93	0.89	1.61	8.23	28.68	3.00	12.15	40.83	131.9
5	13.23	5.02	1.21	3.00	1.61	8.87	32.939	3.90	15.80	48.73	157.4

Fuente: Elaboración Propia, 2015

GASTOS GENERALES - MANTENIMIENTO CONVENCIONAL							
1.GASTOS VARIABLES							
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	%PARTIC.	TIEMPO	SUELDO/ JORNAL	PARCIAL (S/.)
OFICINA CENTRAL							
1	Gerente General	mes	0.10	100.00%	1.00	12,922.81	1,292.28
2	Gerente Administrativo	mes	0.10	100.00%	1.00	10,001.28	1,000.13
3	Gerente Operaciones	mes	0.20	100.00%	1.00	11,472.22	2,294.44
4	Administrador	mes	0.10	100.00%	1.00	8,663.83	866.38
5	Contador General	mes	0.10	100.00%	1.00	2,717.53	271.75
6	Jefe de Logística	mes	0.10	100.00%	1.00	2,876.22	287.62
7	Jefe de Recursos Humanos	mes	0.10	100.00%	1.00	3,055.68	305.57
8	Asistente Recursos Humanos	mes	0.10	100.00%	1.00	2,353.83	235.38
9	Asistente Contabilidad	mes	0.10	100.00%	1.00	2,353.83	235.38
2.GASTOS FIJOS							
PERSONAL DEL PROYECTO							
1	Ingeniero Residente de Obra	mes	1.00	100.00%	1.00	8,171.90	8,171.90
2	Supervisor Costos	mes	1.00	100.00%	1.00	6,474.83	6,474.83
3	Supervisor de PdP y MA	mes	1.00	100.00%	1.00	6,474.83	6,474.83
4	Almacenero	mes	1.00	100.00%	1.00	1,615.00	1,615.00
5	Guardianes	mes	1.00	100.00%	1.00	1,615.00	1,615.00
			Subtotal	Subtotal			31,140.49
MOVILIDAD							
Item	Descripción	Unidad	CANTIDAD	Incidencia	Tiempo	P U	Parcial
1	Camioneta 4x4	und	1.00	1.00	0.37	9,690.00	3,552.35
2	Combi (Transporte de Personal)	und	1.00	1.00	0.37	8,721.00	3,197.12
			Subtotal	Subtotal			6,749.47
SERVICIOS							
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	N° Dias	Tiempo	Costo	Parcial
1	Luz (Oficina en Cajamarca)	mes	0.20	11.00	1.00	484.50	96.90
2	Agua (Oficina en Cajamarca)	mes	0.20	11.00	1.00	258.40	51.68
3	Telefono, Celular	mes	4.00	11.00	1.00	32.30	129.20
4	Mantenimiento de Instalaciones	mes	0.10	11.00	1.00	904.40	90.44
5	Internet	mes	3.00	11.00	1.00	116.28	348.84
6	Alquiler Oficina y cocheras Cajamarca	mes	0.10	11.00	1.00	3,553.00	355.30

7	Equipos de radios para Vigías	mes	5.00	11.00	1.00	161.50	807.50
			Subtotal	Subtotal			1,879.86
INSTALACIONES TEMPORALES							
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	N° Dias	Tiempo	Costo	Parcial
1	Baños Portátiles	mes	1.00	11.00	1.00	452.20	452.20
2	Container para Ingenieros	mes	1.00	11.00	1.00	9.69	9.69
3	Cilindros y señalización	mes	1.00	11.00	1.00	1,938.00	1,938.00
			Subtotal	Subtotal			2,399.89
SERVICIOS Y UTILES DE OFICINA							
Item	Descripción		Cantidad	%Deprec.	Tiempo	Precio	Parcial
1	Escritorios y mobiliario	gbl	0.00	36.66%	1.00	0.00	0.00
2	Computadora de Oficina	und	2.00	36.66%	1.00	64.60	47.36
3	Computadora Portátil	und	1.00	36.66%	1.00	129.20	47.36
4	Impresiones	gbl	1.00	70.00%	1.00	646.00	452.20
5	Fotocopias	gbl	0.00	0.00%	1.00	0.00	0.00
6	Útiles de Oficina	gbl	1.00	36.66%	1.00	646.00	236.82
			Subtotal	Subtotal			783.75
Total GG							S/. 42,953.47

GASTOS GENERALES-MANTENIMIENTO SLURRY SEAL								-
1.GASTOS VARIABLES								
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	%PARTIC.	TIEMPO	SUELDO/ JORNAL	PARCIAL (S/.)	
OFICINA CENTRAL								
1	Gerente General	mes	0.50	100.00%	1.50	19,382.81	14,537.11	
2	Gerente Administrativo	mes	0.50	100.00%	1.50	16,461.28	12,345.96	
3	Gerente Operaciones	mes	0.75	100.00%	1.50	17,932.22	20,173.74	
4	Administrador	mes	0.50	100.00%	1.50	8,663.83	6,497.87	
5	Contador General	mes	0.50	100.00%	1.50	4,009.53	3,007.15	
6	Jefe de Logística	mes	0.50	100.00%	1.50	5,460.22	4,095.16	
7	Jefe de Recursos Humanos	mes	0.50	100.00%	1.50	6,608.68	4,956.51	
8	Asistente Recursos Humanos	mes	0.50	100.00%	1.50	3,968.83	2,976.62	
9	Asistente Contabilidad	mes	0.50	100.00%	1.50	3,968.83	2,976.62	
2.GASTOS FIJOS								
PERSONAL DEL PROYECTO								
1	Ingeniero Residente de Obra	mes	1.00	100.00%	1.50	14,631.90	21,947.85	
2	Supervisor Costos	mes	1.00	100.00%	1.50	9,704.83	14,557.24	
3	Supervisor de PdP y MA	mes	1.00	100.00%	1.50	9,704.83	14,557.24	
4	Laboratorista	mes	1.00	100.00%	1.50	5,006.50	7,509.75	
5	Almacenero	mes	1.00	100.00%	1.50	2,907.00	4,360.50	
6	Guardianes	mes	1.00	100.00%	1.50	2,907.00	4,360.50	
			Subtotal	Subtotal			138,859.82	
MOVILIDAD								
Item	Descripción	Unidad	CANTIDAD	Incidencia	Tiempo	P U	Parcial	
1	Camioneta 4x4	und	2.00	1.00	1.50	9,690.00	29,070.00	
2	Combi (Transporte de Personal)	und	1.00	1.00	1.50	8,721.00	13,081.50	
			Subtotal	Subtotal			42,151.50	
SERVICIOS								
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	N° Días	Tiempo	Costo	Parcial	
1	Luz (Oficina en Cajamarca)	mes	0.20	15.00	1.50	646.00	193.80	
2	Agua (Oficina en Cajamarca)	mes	0.20	15.00	1.50	323.00	96.90	
3	Telefono, Celular	mes	4.00	15.00	1.50	32.30	193.80	
4	Mantenimiento de Instalaciones	mes	0.10	15.00	1.50	969.00	145.35	
5	Internet	mes	3.00	15.00	1.50	116.28	523.26	
6	Alquiler Oficina y cocheras	mes	0.30	15.00	1.50	3,876.00	1,744.20	

	Cajamarca							
7	Equipos de radios para Vigías	mes	5.00	15.00	1.50	161.50	1,211.25	
			Subtotal	Subtotal			4,108.56	
INSTALACIONES TEMPORALES								
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	N° Dias	Tiempo	Costo	Parcial	
1	Baños Portátiles	mes	1.00	15.00	1.50	452.20	678.30	
2	Container para Ingenieros	mes	1.00	15.00	1.50	9.69	14.54	
3	Cilindros y señalización	mes	1.00	15.00	1.50	1,938.00	2,907.00	
			Subtotal	Subtotal			3,599.84	
SERVICIOS Y UTILES DE OFICINA								
Item	Descripción		Cantidad	%Deprec.	Tiempo	Precio	Parcial	
1	Escritorios y mobiliario	gbl	0.00	50.00%	1.50	0.00	0.00	
2	Computadora de Oficina	und	2.00	50.00%	1.50	64.60	96.90	
3	Computadora Portátil	und	1.00	50.00%	1.50	129.20	96.90	
4	Impresiones	gbl	1.00	70.00%	1.50	646.00	678.30	
5	Fotocopias	gbl	0.00	0.00%	1.50	0.00	0.00	
6	Útiles de Oficina	gbl	1.00	50.00%	1.50	646.00	484.50	
			Subtotal	Subtotal			1,356.60	
Total GG							S/. 190,076.31	

CUADRO DE METRADOS POR PROGRESIVAS:

Tabla N° 42: Progresivas Slurry Seal con equipo

Actividades	Und.	Cantidad	FECHA
Slurry Seal con Equipo (e = 1.00 cm)	m2	74,391.60	
	m2	842.92	28-ago-14
	m2	5,614.72	29-ago-14
	m2	5,501.04	01-sep-14
	m2	5,688.17	02-sep-14
	m2	6,156.43	03-sep-14
	m2	5,105.09	04-sep-14
	m2	5,561.09	05-sep-14
	m2	3,886.95	06-sep-14
	m2	6,973.44	08-sep-14
	m2	5,921.30	09-sep-14
	m2	5,937.04	10-sep-14
	m2	5,264.54	11-sep-14
	m2	4,113.07	17-sep-14
	m2	3,535.80	29-sep-14
	m2	4,290.00	30-sep-14

Fuente: (Conserminc, 2014)

Tabla N° 43: Progresivas Bicapa con equipo

Actividades	Und.	Cantidad	FECHA
Tratamiento Superficial Bicapa (e = 2.5 cm)	m2	11,022.58	
	m2	560.05	28-ago-14
	m2	908.46	29-ago-14
	m2	1,370.65	01-sep-14
	m2	991.65	02-sep-14
	m2	1,171.90	03-sep-14
	m2	707.00	04-sep-14
	m2	1,231.75	05-sep-14
	m2	1,236.35	06-sep-14
	m2	864.50	08-sep-14
	m2	949.65	09-sep-14
	m2	1,030.62	10-sep-14

Fuente: (Conserminc, 2014)

**SALIDA A CAMPO CARRETERA KUNTUR WASI EMPALME RUTA 3N (22-04-15),
(29-04-15) y (05-05-15)**

Fotografía N° 01: Tomando nota de datos de la carretera km. 38+416 (05/05/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 02: Camión echando Slurry Seal a km. 38+416 (10/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 03: Carretera Kuntur Wasi km. 38+416 (05/05/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 04: Obreros en camión Lechadora de Slurry Seal km. 38+416 (10/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 05: Carretera Kuntur Wasi km. 38+416 (05/05/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 06: Tomando nota Lechada de Slurry Seal Carretera Kuntur Wasi km. 59+811
(22/04/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 07: Obreros trabajando con Slurry Seal Carretera Kuntur Wasi km. 59+811
(22/04/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 08: Estado de la carretera con Slurry Seal Carretera Kuntur Wasi km. 38+416
(05/05/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 09: Slurry Seal húmedo Carretera Kuntur Wasi km. 59+811 (22/04/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 10: Mezcla de Slurry Seal (cemento y emulsión) Carretera Kuntur Wasi km. 33+128 (29/04/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 11: Tomando nota de datos de la carretera km. Mantenimiento convencional km
63+900 (22/04/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 12: kilometraje mantenimiento convencional km. 64+500 (29/04/2015)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 13: Estado de la carretera Kuntur Wasi mantenimiento convencional km. 58+00
(05/05/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 14: Tomando nota estado de la carretera Kunturwasi km. 58+150 (10/09/14)



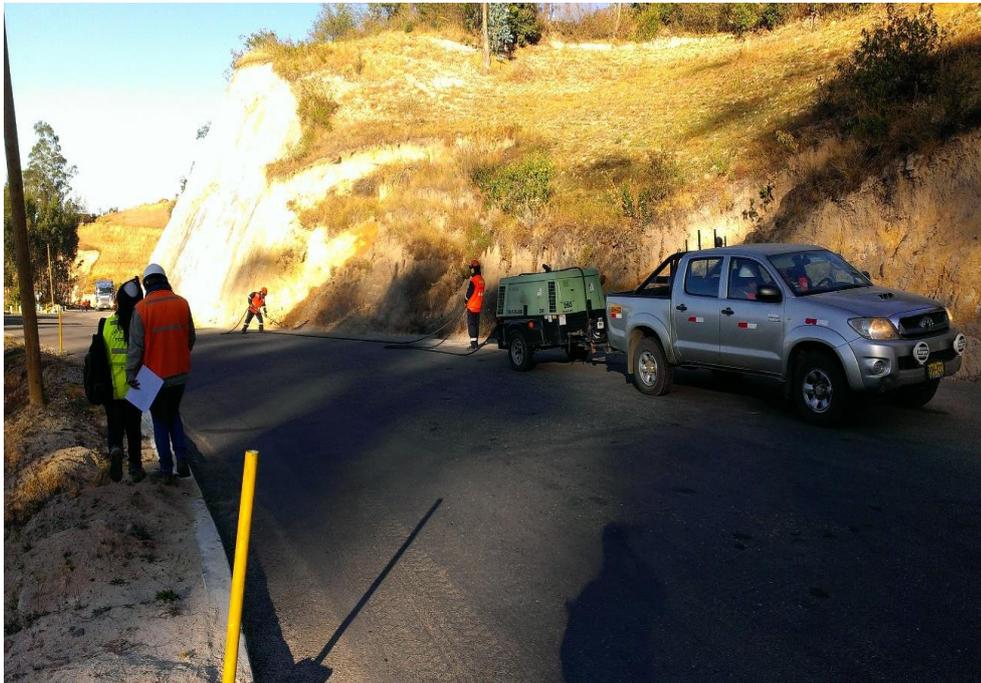
Fuente: Elaboración Propia, 2015

*Fotografía N° 15: Estado de la Carretera Kuntur Wasi mantenimiento convencional km. 64+450
(29/04/15)*



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 16: Sopleteo de carretera previa a lechado de Slurry Seal. 38+416 (10/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 17: Laboratorista haciendo las pruebas al material utilizado para mortero de Slurry Seal. (10/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 18: Obreros en camión Lechadora de Slurry Seal km. 59+811 (22/04/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 19: Almacenamiento de materiales y equipo en campamento (13/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 20: Almacenamiento de emulsión en cilindro gigante en campamento (13/09/14)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 21: Visita carretera Kunturwasi km 61+500 (17/11/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 22: Visita carretera Kunturwasi km 42+450 (17/11/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015

Fotografía N° 23: Estado de la vía km 42+450 (17/11/15)



Fuente: Elaboración Propia, 2015