

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO EN LA CARRETERA  
INTEROCEANICA SUR**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**JHIERMY ANTHONY PEREZ ORDOÑEZ**

**Lima- Perú**

**2015**

*A Hugo y Martha, por haberme amado, enseñado, motivado y apoyado en todo, nunca podré terminar de agradecer a Dios los grandes padres que me dió, cualquier logro mío, siempre fue y será, logro suyo también. Gracias por todo.*

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	3
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	4
<b>LISTA DE FOTOS.....</b>	5
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	6
<b>LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS.....</b>	7
<b>INTRODUCCION.....</b>	8
<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....</b>	9
1.1 ANTECEDENTES CONTRACTUALES.....	9
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	10
1.3.1 CONDICIONES CLIMATALÓGICAS.....	11
1.3.2 SECTORES A IMPLEMENTAR EL MICROPAVIMENTO.....	12
<b>CAPÍTULO II: DISEÑO DEL MICROPAVIMENTO.....</b>	13
2.1 GENERALIDADES.....	13
2.2 OBJETIVOS.....	13
2.3 DISEÑO DEL ESPESOR DEL MICROPAVIMENTO.....	13
2.4 CARACTERÍSTICAS DEL PAVIMENTO EXISTENTE.....	14
2.5 DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON POLÍMERO SBS.....	14
2.6 OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON POLÍMERO SBR.....	18
<b>CAPÍTULO III: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL MICROPAVIMENTO.....</b>	22
3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	22
3.2 GENERALIDADES DE LA VÍA.....	22
3.3 INSUMOS NECESARIOS PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA.....	23
3.4 CALIBRACIÓN DE LA M1.....	24
3.5 DOSIFICACIÓN.....	24
3.6 MEZCLA.....	25
3.7 LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE.....	25
3.8 APLICACIÓN DEL MICROPAVIMENTO.....	26
3.9 RODILLADO CON NEUMATICO.....	34
3.10 APERTURA AL TRANSITO.....	34

<b>CAPÍTULO IV: PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y ESPECIFICACIONES</b>	
<b>TECNICAS.....</b>	<b>35</b>
4.1 PRESUPUESTO.....	35
4.2 CRONOGRAMA.....	36
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>38</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	38
5.2 RECOMENDACIONES.....	40
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>42</b>

## RESUMEN

A lo largo de los últimos años la construcción de grandes obras viales se ha visto incrementada drásticamente en nuestro país, estas obras viales luego de ser construidas necesitan de un mantenimiento periódico para garantizar su serviciabilidad, esto conlleva en la aparición de nuevas metodologías de mantenimiento que ayuden a ampliar la vida útil de la carretera y garantice los niveles de servicio para los cuales fue construida.

En nuestro país, una de las construcciones viales de mayor importancia fue la construcción de la Carretera Interoceánica Sur, esta carretera se encuentra dividida en dos tramos, los cuales atraviesan los departamentos de Cuzco y Madre de Dios llegando hasta el país de Brasil.

El contrato por la construcción de la carretera Interoceánica fue entre el CONTRATANTE (el Estado Peruano) y el CONTRATADO (empresa encargada de la construcción y concesión de la carretera), este contrato también incluyó la concesión de la carretera por un periodo de 20 años, en el cual el CONCESIONARIO tenía la obligación de prestar el servicio del mantenimiento y operación de la carretera garantizando los niveles de servicio que el CONTRATANTE se comprometió en el contrato.

EL contrato especificaba que el CONCESIONARIO tenía que realizar un mantenimiento total de la carretera cada 05 años , esto en base a un análisis del aumento del flujo vehicular en el tiempo .

El presente informe de suficiencia tiene como objetivo mostrar el diseño de un micropavimento y el proceso constructivo del mismo, esta alternativa de rehabilitación demuestra tener mayores ventajas con respecto a otras alternativas ya que la vida útil de la carretera aumenta en mayor proporción y es la más recomendable técnicamente considerando los factores ambientales de donde será construida.

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro N° 1.1.-</b> Sectores a implementar el micropavimento a lo largo de la carretera	12
<b>Cuadro N° 2.1.-</b> Ensayos mínimos exigidos para la emulsión asfáltica modificada con polímero.	14
<b>Cuadro N° 2.2.-</b> Ensayos mínimos requeridos para el agregado pétreo destinado a la elaboración del micropavimento.	15
<b>Cuadro N° 2.3.-</b> Relación de husos granulométricos recomendados para la granulometría de la arena chancada de 3/8"	16
<b>Cuadro N° 2.4.-</b> Análisis a fuentes de agua a lo largo de la carretera para uso en la microaglomerado.	16
<b>Cuadro N° 2.5.-</b> Dosificación final del microaglomerado.	17
<b>Cuadro N° 2.6.-</b> Ensayos mínimos exigidos para la emulsión asfáltica modificada con polímero.	18
<b>Cuadro N° 2.7.-</b> Ensayos mínimos requeridos para el agregado pétreo destinado a la elaboración del micropavimento.	19
<b>Cuadro N° 2.8.-</b> Relación de husos granulométricos recomendados para la granulometría de la arena chancada de 3/8"	19
<b>Cuadro N° 2.9.-</b> Análisis a 04 fuentes de agua a lo largo de la carretera para uso en la microaglomerado.	20
<b>Cuadro N° 2.10.-</b> Dosificación final del microaglomerado.	21
<b>Cuadro N° 3.1.-</b> Tasas para 10 mm de espesor	25

		Pág.
<b>Foto N° 1.1.-</b>	Carretera en mal estado	10
<b>Foto N° 3.1.-</b>	Traslado de la compresión para limpieza de superficie	28
<b>Foto N° 3.2.-</b>	Utilización de la compresora	29
<b>Foto N° 3.3.-</b>	Limpieza de la superficie a aplicar el micropavimento	29
<b>Foto N° 3.4.-</b>	Vaciado de la emulsión de la cisterna hacia la micropavimentadora.....	30
<b>Foto N° 3.5.-</b>	Traspaso de agregado del volquete hacia el cargador	30
<b>Foto N° 3.6.-</b>	Colocación de agregado en la micropavimentadora con el cargador	31
<b>Foto N° 3.7.-</b>	Mezcla de la emulsión con el agregado en la micropavimentadora	31
<b>Foto N° 3.8.-</b>	Verificación del espesor graduado en la micropavimentadora	32
<b>Foto N° 3.9.-</b>	Aplicación del micropavimento	32
<b>Foto N° 3.10.-</b>	Nivelación con rastrillo de posibles imperfecciones	33
<b>Foto N° 3.11.-</b>	Compactación de la superficie con rodillo neumático	33

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura N° 3.1.-</b> Localización del Proyecto	22
<b>Figura N° 4.1.-</b> Presupuesto de la Obra de Aplicación de Micropavimento.	35
<b>Figura N° 4.2.-</b> Cronograma de ejecución del proyecto de Aplicación de Micropavimento.....	36



## LISTA DE SIMBOLOS Y DE SIGLAS

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Society for Testing and Materials
cm	:Centimetro
ISSA	: International Slurry Surfacing Association
g	:gramos
Km	: Kilómetro
mg	:Miligramo
min	:Minuto
mm	: Milímetros
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
ph	:Medida de acidez o alcalinidad
ppm	: Partes por millón
s	:Segundo
SBR	: Styrene-Butadiene Rubber
TSB	: Tratamiento Superficial Bicapa
%	: Porcentaje
°C	: Grados Celsius

## INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Suficiencia tiene como propósito detallar y explicar el procedimiento constructivo y el diseño de una de las metodologías usadas para la rehabilitación de una estructura vial construida en la selva peruana, esta metodología consiste en aplicar una capa de micropavimento o microaglomerado sobre la carretera a rehabilitar.

El presente Informe de Suficiencia se desarrolló como parte del curso de actualización de conocimientos, durante los meses de Mayo a Setiembre del año 2014 en la carretera Interoceánica Sur, entre los sectores de Inambari (Km 246+445) a Unión Progreso (Km 351+392), ubicados en el departamento de Madre de Dios.

El presente trabajo muestra el beneficio de utilizar el asfalto modificado con relación al asfalto convencional en el micropavimento e indicar las ventajas de utilizar el micropavimento en los trabajos de rehabilitación de una estructura vial.

El Informe de Suficiencia está dividido en cinco capítulos. El primer capítulo muestra las generalidades del proyecto y una descripción de la composición del micropavimento. El segundo capítulo, muestra el diseño del micropavimento, adicionando polímeros y sin adicionar polímeros. En el tercer capítulo nos indica el procedimiento constructivo del microaglomerado y en el cuarto capítulo, se muestra la elaboración del presupuesto y la programación de la obra siguiendo el procedimiento constructivo adoptado en el capítulo anterior y algunas especificaciones técnicas importantes. El cuarto capítulo describe las conclusiones y recomendaciones generadas durante y después del proceso constructivo y para la elaboración del diseño del micropavimento.

## **CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1 ANTECEDENTES CONTRACTUALES**

El CONSECIONARIO (CONSECIONARIA INTEROCEANICA SUR – Tramo 2 S.A. y CONSECIONARIA INTEROCEANICA SUR – Tramo 3 S.A.) como inicio al proceso de aplicación de micro-aglomerado hicieron de conocimiento al Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) un Informe Básico para la Aplicación de Micro-Aglomerado – Sector Inambari Km. 246+445 a Unión Progreso Km. 351+392 Progresiva Hito, el cual contenía la descripción básica del diseño de mezcla del micro-aglomerado, el procedimiento constructivo para su colocación y los sectores que serán intervenidos.

Así mismo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) pone de conocimiento su Informe Final para la Aplicación de Micro-Aglomerado – Sector Inambari Km. 246+445 a Unión Progreso Km. 351+392 Progresiva Hito, en donde presenta el diseño del micro-aglomerado con las dosificaciones de cada uno de sus componentes.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en pronunciamiento al documento anterior emite un Oficio, en donde mediante hace una serie de observaciones puntuales al diseño de mezcla del micro-aglomerado, solicitando se regularicen estas para aprobación.

La CONSECIONARIA presenta el Levantamiento de Observaciones del Informe Final para la Aplicación de Micro Aglomerado con Polímero - Sector Inambari Km. 246+445 a Unión Progreso Km. 351+392 Progresiva Hito, analizando y complementando cada una de las opiniones vertidas por parte del MTC con la finalidad de darlas por subsanadas.

De acuerdo al Contrato de Concesión, EL CONCESIONARIO tiene como obligación fundamental el cumplir y mantener los Niveles de Servicio mínimos establecidos y hará evaluaciones funcionales en el pavimento que definirán el tipo de intervención realmente necesaria y la fecha en que esta debe efectuarse



**FOTO N° 1.1.-** Carretera en mal estado.

## 1.2 OBJETIVO GENERAL

El presente informe de suficiencia tiene como objetivo presentar la documentación que respalda a la ejecución completa de la aplicación del micro-aglomerado, tales como procedimiento constructivo, diseño y documentación contractual cursada y finalmente el dossier de calidad con todos los controles exigidos en las Especificaciones Técnicas de Proyecto, con miras a revisión y posterior aprobación de correcta ejecución.

## 1.3 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO

El pavimento del tramo comprendido entre Inambari (km 246+445) – Unión Progreso (km 351+392), está constituido por una capa de subbase granular cuyo espesor en promedio es de 22 cm, seguido de una capa de base granular en un espesor de 20 cm, y como capa de rodadura se colocó un Tratamiento Superficial doble. Cabe señalar que estas obras una vez ejecutadas han sido sometidas al plan de mantenimiento rutinario para los parámetros de niveles de servicio correspondientes como se encuentra establecido en el Contrato de Concesión.

El objetivo principal del Concesionario fue de optimizar el diseño de mezcla de micro-aglomerado, ya presentado con anterioridad al Concedente, buscando una mezcla de buena performance que se enfoque principalmente en atender las recuperaciones a nivel de serviciabilidad y confort de la vía, para lo cual se debe de buscar parámetros satisfactorios adicionales que nos garanticen la abrasión,

adhesión e integridad que se da entre el agregado y el residuo asfáltico. En tanto se obtenga mejores resultados de estos parámetros, la mezcla de micro-aglomerado tendrá un desempeño satisfactorio.

La ejecución de dicha intervención fue realizada basándose en los requerimientos de las Especificaciones Técnicas que rigen en el proyecto, complementando de forma paralela con normas y manuales ligados a trabajos con Micro-Aglomerados estipulados en el Manual de la ISSA-A-143/2010: INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION, teniendo en consideración que este manual es reconocido mundialmente y garantiza el correcto diseño y ejecución de los micro-aglomerados. Las metodologías de construcción aplicadas se detallan posteriormente en este mismo documento, así como los controles de calidad respectivos.

El micro-aglomerado consiste en la asociación de agregados minerales triturados en su totalidad, filler, emulsión asfáltica modificada con polímero, aditivo (solo en caso de ser necesario, se define en obra en tramos de prueba) y agua, con una consistencia fluida, uniformemente aplicada por equipo adecuado sobre una superficie de pavimento previamente preparada

Una vez terminada la ejecución de la Intervención Técnica a lo largo del sub tramo comprendido entre Inambari y Unión Progreso, se procedió a la evaluación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI), evaluación de los parámetros de Macro Textura (círculo de arena) y la resistencia al deslizamiento (péndulo TRRL), siendo el primer parámetro relacionado al confort del usuario y los dos últimos parámetros íntimamente ligados a la seguridad de la vía.

Los resultados obtenidos de la evaluación de los parámetros anteriormente descritos arrojaron resultados positivos, los cuales están dentro de los límites exigidos en nuestras Especificaciones Técnicas y en el Contrato de Concesión

### **1.3.1 Condiciones Climatológicas**

El clima de Madre de Dios es de tipo tropical: cálido, húmedo y con precipitaciones anuales superiores a 1000 mm. La temperatura media anual en

Puerto Maldonado, capital del departamento, es de 26°C; las máximas llegan a 38°C en los meses de Agosto y Septiembre; las mínimas descienden a 8°C. Existe un periodo de precipitaciones muy escasas que abarca los meses de Junio, Julio y Agosto. La época lluviosa es de Diciembre a Marzo.

El clima de Madre de Dios sufre a veces influencias de masas de aire frías que llegan desde el sureste del continente americano, ocasionando sensibles bajas de temperatura, que hacen bajar el termómetro hasta 8°C. y que son conocidas localmente con los nombres de "surazo" o "friaje".

### 1.3.2 Sectores a Implementar el micropavimento

La aplicación del micro-aglomerado cuyo diseño se presenta en este informe, solo se realizará en las zonas que en la actualidad presentan como superficie de rodadura el tratamiento superficial bicapa (TSB), siendo estos sectores los detallados en siguiente cuadro:

**Cuadro N°1.1** Sectores a implementar el micropavimento a lo largo de la carretera

Inicio (Progresiva Proyecto)	Fin (Progresiva Proyecto)	Observación
300+190.194	304+101	No Aplicar – Zona Intervenida con Carpetin Asfáltico
304+111	307+695	Aplicar – Zona con TSB
307+695	309+260	No Aplicar - Zona Tazón con Carpeta Asfáltica
309+260	314+300	Aplicar – Zona con TSB
314+300	315+700	No aplicar - Zona Urbana Mazuko Pavimento Rígido
315+700	329+800	Aplicar – Zona con TSB
329+800	342+800	No Aplicar - Sierra Sta. Rosa con Carpeta Asfáltica
342+800	404+000	Aplicar – Zona con TSB

## **CAPITULO II: DISEÑO DEL MICROPAVIMENTO**

### **2.1 GENERALIDADES**

En la actualidad los grandes volúmenes de tráfico el diseño vehicular y el exceso de carga, el incremento en la presión de inflado de las llantas y las condiciones climáticas, hacen que utilizar asfaltos convencionales en la construcción de carreteras no satisfagan las expectativas del comportamiento del pavimento. Esto es como cumplir un determinado periodo de servicio, es decir, menor resistencia al envejecimiento, menor durabilidad de un camino reflejándose en deformaciones y figuraciones dentro de una carpeta asfáltica. Sin embargo, estos problemas son causados por la selección de materiales en los diseños, mal proceso de construcción, baja calidad del ligante y la necesidad de optimizar las inversiones.

### **2.2 OBJETIVOS**

El presente capítulo tiene como objetivo poner en conocimiento el diseño inicial de la mezcla de Micro-Aglomerado y el diseño final optimizado de la mezcla de Micro-Aglomerado para revisión, el cual se colocará en los tramos indicados en este mismo documento.

### **2.3 DISEÑO DEL ESPESOR DEL MICROPAVIMENTO E=10mm**

El Micro-pavimento (micro-surfacing) es un sistema de pavimentación superficial por capas delgadas compuesto por emulsión asfáltica modificada con polímeros, 100% agregados triturado, finos minerales, agua y aditivo de control de campo según sea necesario. Es aplicado como tratamientos superficiales delgados de 10 - 13 mm de espesor, para mejorar características de fricción en pavimentos principalmente. Su segundo mayor uso es en recuperación de ahuellamientos, tanto en vías con moderado así como con alto volumen de tráfico vehicular. El micro-pavimento ha sido también usado para corregir irregularidades en pavimentos como alisamientos por exudación, desintegración y oxidación. Por un tema técnico el agregado es de máximo tamaño nominal de 3/8" pulg. y la capa tiene que ser mayor a esta dimensión del agregado. Por un tema de costo una aplicación de 10 mm cumple la recuperación de niveles de servicio que se ha comprometido el CONCESIONARIO.

## 2.4 CARACTERÍSTICA DEL PAVIMENTO EXISTENTE

El pavimento del tramo comprendido entre Inambari (km 246+445) – Unión Progreso (km 351+392), está constituido por una capa de subbase granular cuyo espesor en promedio es de 22 cm, seguido de una capa de base granular en un espesor de 20 cm, y como capa de rodadura se colocó un Tratamiento Superficial doble.

Cabe señalar que estas obras una vez ejecutadas han sido sometidas al plan de mantenimiento rutinario para los parámetros de niveles de servicio correspondientes como se encuentra establecido en el Contrato de Concesión.

## 2.5 DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON POLIMERO SBS

### 2.5.1 MATERIALES

Se procede a poner en conocimiento la caracterización de cada uno de los componentes, netamente principales para la elaboración de la mezcla del micro-aglomerado, teniendo en cuenta que estas características estén dentro de las solicitudes exigidas en las Especificaciones Técnicas para garantizar un producto final de calidad que cumplirá con el desempeño esperado para el cual está siendo colocado.

#### A) Material Bituminoso Modificado

El material a emplear es una emulsión asfáltica de rotura controlada tipo CQS-1HP modificada con polímero, cuyas características se muestran en la siguiente Cuadro 3.1, como resultados de una serie de ensayos mínimos exigidos:

**Cuadro N°2.1** Ensayos mínimos exigidos para la emulsión asfáltica modificada con polímero.

ENSAYOS SOBRE EMULSIÓN	METODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MINIMO	MAXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL, 25 °C	D 7496	ssf	20	100	34
DESTILACION	D 6997				
- CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	D 6997	%	62	..+	62.5
- CONTIENIDO DE DISOLVENTES	D 6997	%	..+	..+	0
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24 horas, %	D 6930	%	--	1	0.1
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%		0.1	0
CARGA DE PARTICULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA

ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSIÓN					
PENETRACION, 25 °C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	40	90	59
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	55	--	57
RECUPERACION ELAST LINEAL, 25°C, 20 cm, 1	D 6084	%	60		74.5
VISCOCIDAD CINEMATICA, 35°C, cSt	D 2170	cSt	60	..+	106.5
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D 2042	%	97.5	--	99.98



La emulsión Tipo CQS-1HP como muestra el Cuadro 2.1 cumple con los requerimientos mínimos exigidos en el Manual del ISSA A-143/2010, además de ser diseñada exclusivamente para nuestros agregados procedentes de la cantera Chorrillos, garantizando de esta forma la total compatibilidad entre ambos que conlleva a una buena performance de la mezcla y se consigue las aperturas al tráfico señaladas en las Especificaciones Técnicas.

**B) Agregado Pétreo Procedente de la Cantera Chorrillos (Km. 476+680 Progresiva Proyecto)**

El agregado pétreo destinado para la elaboración del micro-aglomerado es una arena chancada de tamaño máximo de 3/8" procedente de la Cantera Chorrillos, siendo resultado de un proceso de chancado (arena chancada al 100%). A continuación presentamos en el Cuadro 2.2 los resultados de los ensayos mínimos requeridos realizados a esta arena chancada.

**Cuadro N°2.2** Ensayos mínimos requeridos para el agregado pétreo destinado a la elaboración del micropavimento.

Ensayo	Norma	Resultados de Arena Chancada - Chorrillos
Equivalente de Arena	AASHTO T176 / ASTM D2419	82.4%
Durabilidad al Sulfato de Sodio	AASHTO T104 / ASTM C88	3.33%
Resistencia a la Abrasión	AASHTO T96 / ASTM C131	20.2%
Azul de Metileno	ISSA TB 145	3.0 mg/gr

La granulométrica de la arena chancada tiene como posibilidades recomendadas por la ISSA los siguientes Husos granulométricos presentados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°2.3** Relación de husos granulométricos recomendados para la granulometría de la arena chancada de 3/8"

Tamiz, ASTM, mm		% que pasa en peso	% que pasa en peso
Pulg.	Mm	Faja II - ISSA	Faja III – ISSA
3/8"	9,5	100	100
Nº 4	4,75	90 – 100	70 – 90
Nº 8	2,36	65 – 90	45 – 70
Nº 16	1,18	45 – 70	28 – 50
Nº 30	0,6	30 -50	19 – 34
Nº 50	0,33	18 – 30	12 -25
Nº 100	0,15	10 – 21	7 -18
Nº 200	0,074	5 -15	5 -15
Mezcla Seca, kg/cm <sup>2</sup>		8 – 18	10 – 20

El Concesionario para la presente aplicación ha visto por conveniencia técnica optar y orientar la producción y control de los agregados con la Faja III – ISSA.

### C) Agua

El agua a emplear debe de estar libre de sales perjudiciales y contaminantes para evitar reacciones desfavorables en la mezcla del micro-aglomerado, conjuntamente debe de cumplir con parámetros de dureza y pH. El Cuadro muestra los resultados de análisis realizados a cuatro (04) fuentes de agua a lo largo del tramo de aplicación que se tiene planeado usar de acuerdo al avance de la actividad de aplicación.

**Cuadro N°2.4** Análisis a fuentes de agua a lo largo de la carretera para uso en la microaglomerado.

Procedencia	Especificación		Resultados	
	PH	Dureza	pH	Dureza
Chaquimayo	(6 - 8)	Máximo 380 ppm	6.84	<b>63 ppm</b>
Quebrada Puerto Carlos			7.67	<b>60 ppm</b>
Quebrada Santa Rita Baja			6.71	<b>60 ppm</b>
Puente Unión Progreso			7.82	<b>57 ppm</b>

### D) Material Filler

El mineral de relleno o filler puede ser cemento portland o cal hidratada, lo recomendable es que esté libre de terrones. Es aceptada bajo inspección visual. El tipo y cantidad de mineral de relleno necesario será determinado por un diseño de mezcla en laboratorio.

### 2.5.2 DISEÑO DE LA COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES EN LA MEZCLA DEL MICRO-AGLOMERADO CON POLIMERO SBS.

El Concesionario después de realizar la optimización del diseño respectivo para el micro-aglomerado presenta en el Cuadro 2.5 los resultados de composición de la mezcla que se colocará en el tramo Pte. Inambari – Unión Progreso. La dosificación propuesta basado en el manual del ISSA A-143/2010 para el microaglomerado es:

**Cuadro N°2.5** Dosificación final del microaglomerado

#### Diseño de Micro-Aglomerado – Arena Chancada Chorrillos

- Cantidad óptima de emulsión asfáltica con polímero CQS-1HP (Rango de tasa de aplicación: 11.5. % a 13.3 % de emulsión)	: 12.5 %
- Cantidad de agua (agua añadida + Humedad natural del agregado)	: 8.0 %
- Cantidad de filler (Cemento portland tipo I o Cal)	: 1.0 %
Aditivo	: 1.0 %

Se concluye que los tramos de prueba realizados aplicando este diseño optimizado de micro-aglomerado presentaron resultados muy favorables, los cuales nos garantizan cumplir la función principal para la cual se está colocando la mezcla, siendo esta la de recuperar el nivel de serviciabilidad y confort de la vía como intervención del quinto año, para lo cual esta debe de brindar buenos resultados de nos garanticen una buena abrasión, adhesión e integridad que se deba dar entre el agregado y el residuo asfáltico.

## 2.6 OPTIMIZACIÓN DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTO CON POLIMERO SBR

### 2.6.1 MATERIALES

Se procede a poner en conocimiento la caracterización de cada uno de los componentes, netamente principales para la elaboración de la mezcla del micro-aglomerado, teniendo en cuenta que estas características estén dentro de las solicitaciones exigidas en las Especificaciones Técnicas para garantizar un producto final de calidad que cumplirá con el desempeño esperado para el cual está siendo colocado.

#### A) Material Bituminoso Modificado

El material a emplear es una emulsión asfáltica de rotura controlada tipo CQS-1HP modificada con polímero, cuyas características se muestran en la siguiente Cuadro 2.6, como resultados de una serie de ensayos mínimos exigidos:

**Cuadro N°2.6** Ensayos mínimos exigidos para la emulsión asfáltica modificada con polímero

ENSAYOS SOBRE EMULSION	MÉTODO ASTM	UNIDADES	ESPECIFICACIONES		RESULTADO
			MÍNIMO	MÁXIMO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL 25 °C	D 7496	ssf	20	100	31
DESTILACION	D 6997				
- CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	D 6997	%	62	—	62.3
- CONTENIDO DE DISOLVENTES	D 6997	%	—	—	0
ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO, 24 horas, %	D 6930	%	—	1	0.5
PRUEBA DEL TAMIZ N° 20	D 6933	%	—	0.1	0.01
CARGA DE PARTÍCULA	D 7402		POSITIVA		POSITIVA
<b>ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO DE EMULSION</b>					
PENETRACIÓN, 25°C, 100 g, 5 s	D 5	dmm	40	90	46
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	D 36	°C	57	—	61.8
DUCTILIDAD, 25°C, 5 cm/min	D 113	cm	40	—	76
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	D 2042	%	97.5	—	99.83

La emulsión Tipo CQS-1HP como muestra el Cuadro 2.6 cumple con los requerimientos mínimos exigidos en el Manual del ISSA A-143/2010, además de ser diseñada exclusivamente para nuestros agregados procedentes de la cantera Chorrillos, garantizando de esta forma la total compatibilidad entre ambos que conlleva a una buena performance de la mezcla y se consigue las aperturas al tráfico señaladas en las Especificaciones Técnicas.

**B) Agregado Pétreo Procedente de la Cantera Chorrillos (Km. 476+680 Progresiva Proyecto)**

El agregado pétreo destinado para la elaboración del micro-aglomerado es una arena chancada de tamaño máximo de 3/8" procedente de la Cantera Chorrillos, siendo resultado de un proceso de chancado (arena chancada al 100%). A continuación presentamos en el Cuadro 2.7 los resultados de los ensayos mínimos requeridos realizados a esta arena chancada.

**Cuadro N°2.7** Ensayos mínimos requeridos para el agregado pétreo destinado a la elaboración del micropavimento.

Ensayo	Norma	Resultados de Arena Chancada - Chorrillos	Exigencias
Equivalente de Arena	AASHTO T176 / ASTM D2419	82.4%	Mínimo 65 %
Durabilidad al Sulfato de Sodio	AASHTO T104 / ASTM C88	3.33%	Máximo 15 %
Resistencia a la Abrasión	AASHTO T96 / ASTM C131	20.2%	Máximo 30 %
Azul de Metileno	ISSA TB 145	3.0 mg/gr	Máximo 30 %
Índice de plasticidad fracción pas. N° 40	AASHTO T 90 / ASTM D 4318	NP	NO PLÁSTICO
Índice de plasticidad fracción pas. N° 200	AASHTO T 90 / ASTM D 4318	3	Máximo 4

La granulométrica de la arena chancada tiene como posibilidades recomendadas por la ISSA los siguientes Husos granulométricos presentados en el siguiente cuadro:

**Cuadro N°2.8** Relación de husos granulométricos recomendados para la granulometría de la arena chancada de 3/8"

Tamaño de Tamiz		FAJA II porcentaje pasante	FAJA III porcentaje pasante	Tolerancias
3/8"	9,500	100	100	
N° 4	4,750	90 – 100	70 – 90	± 5 %
N° 8	2,360	65 – 90	45 – 70	± 5 %
N° 16	1,180	45 – 70	28 – 50	± 5 %

Nº 30	0,600	30 - 50	19 - 34	± 5 %
Nº 50	0,330	18 - 30	12 - 25	± 4 %
Nº 100	0,150	10 - 21	7 - 18	± 3 %
Nº 200	0,074	5 - 15	5 - 15	± 2 %
Mezcla Seca, kg/cm <sup>2</sup>		8 - 18	10 - 20	

El Concesionario para la presente aplicación ha visto por conveniencia técnica optar y orientar la producción y control de los agregados con la Faja III – ISSA.

### C) Agua

El agua a emplear debe de estar libre de sales perjudiciales y contaminantes para evitar reacciones desfavorables en la mezcla del micro-aglomerado, conjuntamente debe de cumplir con parámetros de dureza y pH. El Cuadro muestra los resultados de análisis realizados a cuatro (04) fuentes de agua a lo largo del tramo de aplicación que se tiene planeado usar de acuerdo al avance de la actividad de aplicación.

**Cuadro N°2.9** Análisis a 04 fuentes de agua a lo largo de la carretera para uso en la microaglomerado.

Procedencia	Especificación		Resultados	
	pH	Dureza	pH	Dureza
Chaquimayo	(6 - 8)	Máximo 380 ppm	6.84	<b>63 ppm</b>
Quebrada Puerto Carlos			7.67	<b>60 ppm</b>
Quebrada Santa Rita Baja			6.71	<b>60 ppm</b>
Puente Unión Progreso			7.82	<b>57 ppm</b>

### D) Material Filler

El mineral de relleno o filler puede ser cemento portland o cal hidratada, lo recomendable es que esté libre de terrones. Es aceptada bajo inspección visual. El tipo y cantidad de mineral de relleno necesario será determinado por un diseño de mezcla en laboratorio

### E) Aditivo

Su uso exclusivamente obedece a darle mayor tiempo de mezclado y trabajabilidad a la mezcla de micro aglomerado, dependiendo de las condiciones climáticas donde se proceda a colocar dicha mezcla, para nuestro caso se considera utilizar el aditivo Micropavimento E o similar, cuya utilización y/o dosificación será ajustada a pie de obra.

### 2.6.2 COMPOSICIÓN DE LOS MATERIALES EN LA MEZCLA MICRO-AGLOMERADO DEL DISEÑO DE OPTIMIZACIÓN CON POLIMERO ELASTOMERICO SBR.

El Concesionario después de realizar la optimización del diseño respectivo para el micro-aglomerado presenta en el Cuadro 2.10 los resultados de composición de la mezcla que se colocará en el tramo Pte. Inambari – Unión Progreso. La dosificación propuesta basado en el manual del ISSA A-143/2010 para el microaglomerado es:

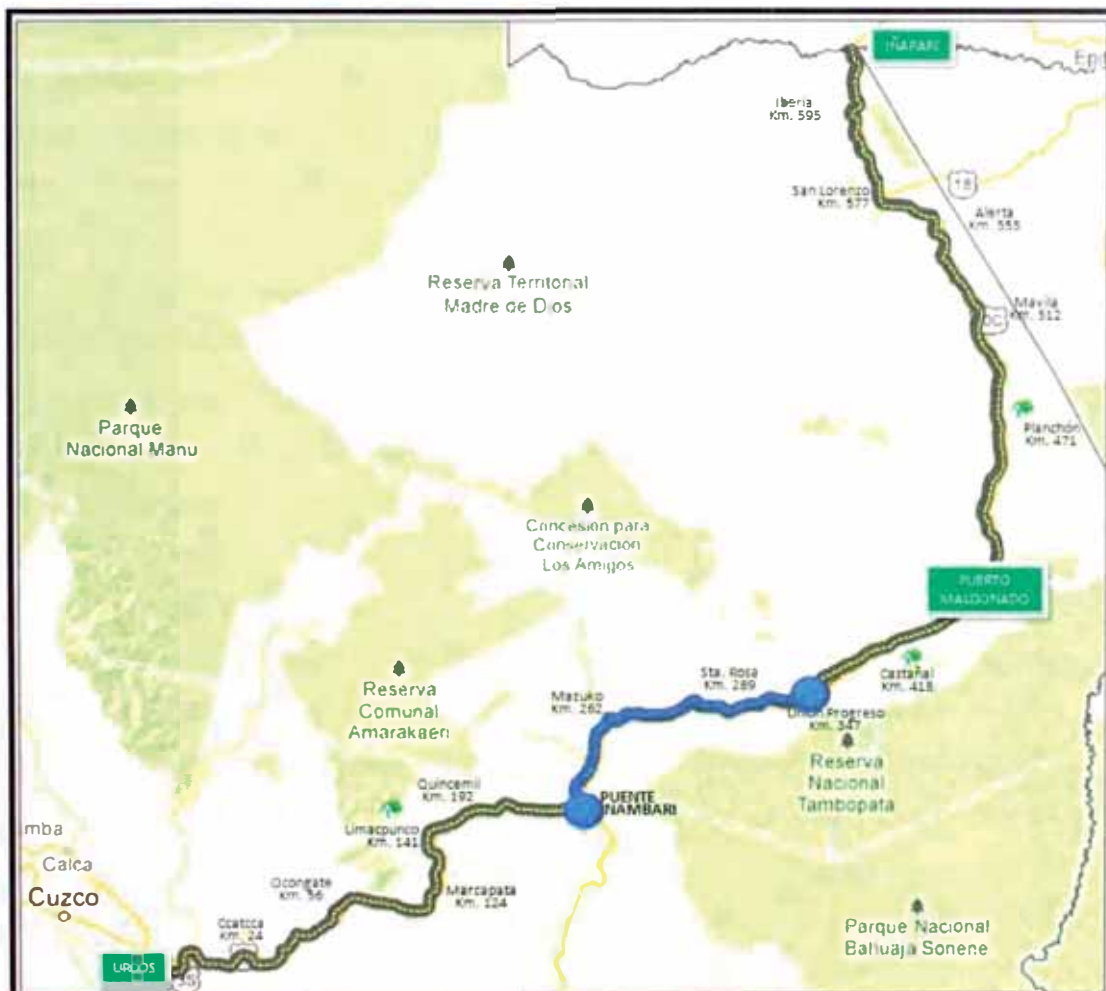
**Cuadro N°2.10** Dosificación final del microaglomerado

<b>Diseño de Micro-Aglomerado – Arena Chancada Chorrillos</b>	
- Cantidad óptima de emulsión asfáltica con polímero CQS-1HP (Rango de tasa de aplicación: 11.7 % a 13.3 % de emulsión)	: 12.5 %
- Cantidad de agua (agua añadida + Humedad natural del agregado)	: 9.5 %
- Cantidad de filler (Cemento portland tipo I o Cal)	: 1.0 %
- Aditivo	: 1.0 %

## CAPITULO III: PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL MICROPAVIMENTO

### 3.1 UBICACION DEL PROYECTO

La intervención con Micro-Aglomerado sobre la superficie de rodadura de la estructura del pavimento está comprendida entre el tramo Inambari – Unión Progreso, la cual se ubica entre el km 246+445 al km 351+392 (progresivas hito) del Corredor Vial Interoceánico Sur Perú – Brasil Tramo 3, en el Departamento de Madre de Dios. En la figura se muestra la ubicación del tramo materia de este informe.



**Figura 3.1 Localización del proyecto**

### 3.2 GENERALIDADES DE LA VIA

En la selva peruana el pavimento se expone a altas temperaturas. La temperatura promedio anual del departamento Madre de Dios es de 26.5 °C, con



una temperatura mínima para ciertas épocas del año de 9°C y una máxima de 39.5°C. Este gradiente de temperatura producirá que el nivel de servicio de la carretera disminuya y ocurran deformaciones permanentes en el pavimento, por lo que es necesario recurrir a nuevas tecnologías, con el fin de garantizar los niveles de servicio que se establecieron al momento de la construcción..

### **3.3 INSUMOS NECESARIOS PARA LA MEZCLA ASFALTICA**

Los insumos que serán necesarios para la mezcla asfáltica serán los siguientes:

- **AGREGADOS**

Los agregados serán homogenizados y protegidos con matos o carpas para mantener en lo posible la mínima variación de la humedad, no debe ser contaminado con el material que tiene como cama, el operador debe dejar un espesor de aproximadamente 20 cm de material en el piso, que será recuperado una vez terminado el material del acopio.

- **EMULSION**

La emulsión tendrá una temperatura no mayor a 35° C, para evitar que la mezcla rompa en la caja, dependiendo del clima, podría trabajar con mayor temperatura siempre que la mezcla lo permita y el operador la pueda controlar con el uso de cemento y agua.

- **AGUA**

El agua para la mezcla se tomará de las fuentes de agua que fueron evaluadas y aprobadas para el empleo en la mezcla.

Se tomarán las precauciones para no remover el fondo de la fuente de agua y evitar la succión de sólidos que pueden perjudicar el comportamiento de la emulsión y afectar el funcionamiento de la M1.

Realizar la revisión del filtro de la bomba de agua y determinar cada qué tiempo debe realizarse su mantenimiento y así evitar paralizaciones no deseadas en plena jornada.

- **FILLER**

El cemento que se encuentre en obra debe ser protegido por la humedad y las lluvias, para evitar que se formen grumos que obstruyan a la salida del dosificador y altere la proporción adecuada.

Revisar y limpiar el gusano del dosificador de cemento para evitar acumulaciones de grumos de cemento que obstruyan la salida hacia la caja de mezclado.

### **3.4 CALIBRACION DE LA M1**

Es muy necesario realizar la calibración de manera periódica y así verificar los factores que determinan las cantidades de los agregados, emulsión y cemento, por experiencia en nuestro proyecto se recomienda realizar la calibración cada 100,000 m<sup>2</sup>. En la última calibración realizada el 12 de octubre de 2013 se obtuvo los siguientes factores.

➤ <i>Arena</i>	<i>18.31</i>	<i>kg/dígito de arena</i>
➤ <i>Emulsión</i>	<i>0.934</i>	<i>kg/dígito de emulsión</i>
➤ <i>Cemento</i>	<i>0.067</i>	<i>kg/dígito de cemento</i>

Estos factores se multiplican por los dígitos que se registran en la M1 y se obtienen las cantidades en kg que luego son convertidos en m<sup>3</sup>, galones y bolsas de cemento respectivamente, la cantidad de agua es variable y dependiente del factor climático.

### **3.5 DOSIFICACION**

La dosificación para la preparación de la mezcla, debe respetar las proporciones que se indiquen en el Diseño de Micro Aglomerado proporcionado por nuestro laboratorio, cualquier modificación estará autorizada solo por el personal de Laboratorio.

La cantidad de agua y cemento están sujetos a cambios dependiendo del factor climático, y corresponde al operador de la pavimentadora en realizar los ajustes necesarios para mantener una mezcla trabajable y consistente.

La dosificación del agregado y emulsión depende de la abertura de la compuerta de agregados, para la aplicación que estamos empleando en campo actualmente es de 11.0 cm, que corresponde a 12.13 % de emulsión, teniendo en cuenta que el flujo de emulsión es constante y la arena tiene una humedad variable, se ha creado una tabla en base a los pesos volumétricos sueltos de la arena con

distintas humedades ya que a mayor humedad disminuye el peso seco por metro cúbico, de tal manera que la abertura será corregido para mantener el 12.13 % de emulsión, la humedad con que fue calibrada la pavimentadora es de 3.5% y partiendo del peso volumétrico suelto con esta humedad, se hacen las correcciones, se debe tomar en cuenta que el porcentaje de emulsión es con respecto al agregado y no a la mezcla. Se adjunta a este procedimiento la tabla de corrección por humedad de la arena para la abertura de la compuerta de agregados. Las tasas y tolerancias se muestran en el siguiente cuadro N° 3.1.

**Cuadro N° 3.1** Tasas para 10 mm de espesor

Tasas para 10 mm de espesor						
Materiales	Kg/m3	%	Tasas		Tolerancias	
Arena	1648.0	--	16.48	Kg/m2	14.83 - 18.13	Kg/m2
Emulsión	199.9	12.13	0.53	Gal/m2	0.48-0.58	Gal/m2
Cemento	16.48	1.0	0.165	Kg/m2	0.149-0.182	Kg/m2

### 3.6 MEZCLA

La mezcla tendrá una consistencia uniforme para poder ser esparcida con facilidad, la falta de agua origina una mezcla seca poco trabajable y el exceso una mezcla demasiado fluida que se escurrirá por los bordes de los patines causando derrames y superficies brillosas por la separación de los finos y la gravilla de la arena, esto retarda el ingreso del rodillo neumático debido a que la presión de los neumáticos hace que esta superficie fina se adhiera fácilmente y se tengan acabados deficientes que no serán aceptados hasta su reparación completa.

### 3.7 LIMPIEZA DE LA SUPERFICIE

La superficie debe ser lavada con agua a presión y sopleteada con una compresora para eliminar las partículas adheridas y ajenas al TSB existente, si es necesario debe de emplearse escobillones o escobas para ayudar a eliminar lo que no desprende el lavado y el sopleteo.

En las curvas internas, no solo debe sopletearse este carril, también se sopleteará en el carril de la curva externa, que siempre se encuentra a un nivel más alto, esta limpieza se realizará para evitar que el agregado suelto que se

encuentra en este carril, sobretodo en la berma de la curva externa, sea trasladado por el tráfico hacia el carril trabajado, regando parte del material suelto sobre la capa aplicada.

Antes de iniciar la colocación del Micro Aglomerado, el subcontratista debe comunicar cual es el tramo a colocar, así el personal de laboratorio hará la evaluación de la limpieza y dependiendo del resultado de esta, se autorizará la colocación o en su defecto se desaprobará y tendrán que levantar las observaciones para poder continuar con los trabajos, este procedimiento será asentado con el REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO, que será generado todo los días, en la cual firmarán los responsable del subcontratista, producción y el personal de calidad en campo.

### **3.8 APLICACIÓN DEL MICROPAVIMENTO**

En la aplicación del Micro Aglomerado, se deben tomar en cuenta varios puntos muy importantes que se mencionan a continuación:

- I. El empalme que se genera en el inicio de la aplicación, no debe presentar desnivel con respecto al tramo anterior, no deben utilizar material segregado que es originado por rastrillar demasiado, si esto ocurre, el material debe ser reemplazado con material bien mezclado de consistencia adecuada para el manipuleo con el rastrillo, paleta de jebe y regla de aluminio que genere un buen acabado.
- II. En las paralizaciones que se generen en el transcurso del día, se colocará toda la mezcla que quede en la caja arrastrando hasta el nivel cero eliminando la mezcla segregada y seca, este procedimiento no es válido cuando la paralización sea por mezcla mal dosificada o que evidencie una mezcla no adecuada.
- III. El empleo del aspersor para humedecer la superficie, debe ser de uso constante sobre todo cuando se den temperaturas altas, de colocar en superficie húmeda, se coordinará con el encargado de calidad para obviar el empleo de agua si fuese necesario.

- IV. El responsable del acabado es el subcontratista por lo tanto se recomienda utilizar yute en todo el ancho de la capa colocada para mejorar la uniformidad de la superficie del Micro Aglomerado, y debe ser cambiada cuando empiece a generar rayas o surcos en la superficie, si la superficie no muestra estas imperfecciones, se dejará de utilizar el yute.
- V. El espesor de la capa es de 10 mm +/- 10% (0.9 mm – 11.0 mm) según Especificaciones Técnicas, y el personal que se encuentra en la caja debe intentar en lo posible mantener los espesores correctos, y conforme avance la pavimentadora, el personal de calidad realizará cálculos de manera permanente en cada longitud que estime conveniente y determinará la tasa de agregado, emulsión y cemento, y dependiendo de los resultados se corregirán los espesores si fuese necesario.
- VI. La aplicación de la M1 es continua, por lo tanto se deben evitar paralizaciones en corta distancias que originen empalmes seguidos, para esto se debe sincronizar los camiones alimentadores para completar el ciclo de carga y descarga, si se da alguna paralización, los rastrilleros y paleteros deben acudir de inmediato y trabajar el final de esta aplicación para evitar que la mezcla se rompa y se pierda.
- VII. La alineación longitudinal tanto en el eje como en el borde de la calzada será sin curvaturas, para esto el subcontratista debe retirar el material excedente y corregir estas imperfecciones, el empalme longitudinal del eje será la guía para el empalme del otro carril adyacente.
- VIII. En el carguío de los volquetes en pista se debe contar con un personal que retire la arena que siempre cae, o en todo caso corregir para que no deje material en pista.
- IX. Cuando haya tendencia a llover, los camiones alimentadores, la pavimentadora y el acopio, deben ser protegidos con mantos para evitar que la arena se humedezca y complique la aplicación por variaciones significativas en la humedad de la arena. Si se colocó algún tramo o se

está aplicando micropavimento, debe ser protegido con mantos que estarán disponibles en pista para su inmediata colocación.

- X. Cualquier trabajo que no cumpla con las exigencias del Expediente Técnico será registrado en la hoja de **REGISTRO DE CONTROL DE CAMPO**, además, se generará el **CERTIFICADO DE NO CONFORMIDAD** en donde se detallarán las observaciones que se generen.

### **Registro Fotográfico**



**Foto 3.1 : Traslado de la compresora para limpieza de superficie**



**Foto 3.2: Utilización de la compresora (Depende de las impurezas en el sector)**



**Foto 3.3 Limpieza de la superficie a aplicar el micropavimento.**



**Foto 3.4: Vaciado de la emulsión de la cisterna hacia la micropavimentadora**



**Foto 3.5: Traspaso de agregado del volquete hacia el cargador**





**Foto 3.6: Colocación de agregado en la micropavimentadora con el cargador**



**Foto 3.7: En la micropavimentadora ocurre la mezcla de la emulsión con el agregado**



**Foto 3.8: Verificación del espesor graduado en la micropavimentadora**



**Foto 3.9: Aplicación del micropavimento**



**Foto 3.10 : Nivelación con rastrillo de posibles imperfecciones**



**Foto 3.11 Compactación de la superficie con rodillo neumático**

### **3.9 RODILLADO CON NEUMÁTICO**

El rodillo neumático ingresará hasta cierto tramo que muestre una superficie que pueda ser rodillada sin adherirse a la capa aplicada, en la práctica se está ingresando aproximadamente 2 horas después de la aplicación, el tiempo de ingreso dependerá del factor climático y se coordinará con el personal de calidad quien se encargará de evaluar la superficie para la autorización del rodillado así como el ingreso al siguiente tramo. En caso no se logra rodillar todo el tramo ejecutado en el día, se protegerá y continuará el día siguiente.

### **3.10 APERTURA AL TRANSITO**

La apertura al tránsito dependerá del factor climático, si hay condiciones para liberar algún tramo que se inició en las primeras horas del día, se debe generar una tranquera con una longitud arenada de 150 m aproximadamente donde se detendrán los vehículos. La arena empleada más recomendable es la arena zarandeada menor a 4.76 mm (N° 4), la cual además será humedecida para evitar desprendimientos. Los sectores arenados que ya cumplieron con la función deberán ser limpiados por medio de escobas manuales, compresora o algún otro medio que garantice la limpieza de la superficie para poder realizar la evaluación superficial correspondiente (IRI, Péndulo y Círculo de arena) el tramo que no se libere será protegido hasta el día siguiente. En el carril trabajado se deben colocar palos o cualquier otros obstáculos que impidan el ingreso a la vía asfaltada y no deterioren la superficie, si esto ocurre se evaluará para tomar las medidas correctivas, de preferencia el tránsito debe liberarse cuando la temperatura haya bajado considerablemente.

## CAPITULO IV: PRESUPUESTO, CRONOGRAMA Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 4.1 PRESUPUESTO

#### PRESUPUESTO DEL PROYECTO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD REFERENCIAL	P. UNITARIO (US\$)	PARCIAL (US\$)
1.00	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN	GLB	1.00	110,460.00	110,460.00
2.00	APLICACIÓN DE MICROPAVIMENTO ASFALTICO	M2	1,165,254.00	0.84	978,813.36
3.00	SEÑALIZACIÓN DE OBRA Y SEGURIDAD VIAL	M2	1,165,254.00	0.10	116,525.40
4.00	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	M2	1,165,254.00	0.09	104,872.86
5.00	LIMPIEZA DE VEGETACIÓN Y RETIRO DE TACHAS	M2	1,165,254.00	0.05	58,262.70
6.00	CARGUIO Y TRANSPORTE TOTAL DE INSUMOS	M2	1,051,741.00	0.43	452,248.63
7.00	CARGUIO Y TRANSPORTE DE INSUMOS (UNIÓN PROGRESO - INAMBARÍ)	M2	113,513.00	0.08	9,081.04
<b>SUB TOTAL</b>					<b>1,830,263.99</b>
<b>GASTOS GENERALES (31%)</b>					<b>567,381.84</b>
<b>UTILIDAD (15%)</b>					<b>274,539.60</b>
<b>TOTAL</b>					<b>2,672,185.43</b>

**Figura N° 4.1:** Presupuesto de la Obra de Aplicación de Micropavimento

Por lo tanto se tiene un ratio de 2.29 US\$/m<sup>2</sup> de aplicación de micropavimento en la carretera Interoceánica Sur.

### 4.2 CRONOGRAMA

Por lo general, todo proyecto de construcción de obras tiene definido el presupuesto, el plazo, las especificaciones técnicas y proyecto de ingeniería de detalle, los dos primeros puntos se encuentran definidos en el contrato y los dos últimos se encuentran en los anexos del contrato, estos forman parte del alcance del proyecto.



Las consideraciones tomadas para la programación de la obra son las siguientes:

- Día de inicio: Se inician las actividades el 02 de abril del 2014 con la movilización de los equipos.
- Calendario: Se va a trabajar con el calendario determinado considerando las paras por días feriados y días de lluvia.
- Restricciones: El proyecto no debe durar más de 6 meses, según el cronograma contractual.
- Adelantos y Retrasos: Algunas actividades tienen relación de adelanto o retraso con respecto a otras actividades.

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

#### **En el Proceso Constructivo:**

- Antes de esparcir el microaglomerado nos debemos asegurar que la mezcla tenga una consistencia uniforme ya que generara unos acabados deficientes.
  - Poco agua: Mezcla poco trabajable.
  - Mucho Agua: Demasiada fluida, superficies brillosas, separación de finos y retarda el rodillo neumático.
- El personal que se encuentra realizando el esparcido debe tratar siempre de que la capa sea de espesor de 10mm.
- La aplicación de la micropavimentadora de la M1 es continua, se deben evitar paralizaciones.
- El empleo de aspersor para humedecer la superficie debe ser de uso constante.

#### **En el diseño:**

- De los certificados de diseño que se obtuvieron se puede observar que los resultados de los ensayos de abrasión en húmedo (WTAT) y rueda cargada (LWT) son bastante satisfactorios, arrojándonos un valor de contenido de asfalto óptimo de 7.8% equivalente a un contenido óptimo de emulsión asfáltica modificada con polímero tipo CQS-1hp de 12.5%, el mismo que se encuentra dentro de los parámetros recomendados en el ítem 5.2 del Manual ISSA A-143/2010.
- Los resultados más relevantes de la optimización del diseño de microaglomerado se observa en los resultados del ensayo de compatibilidad Shulze Breuer & Ruck normado por el método de ensayo ISSA TB-144, el cual denota excelentes resultados a la abrasión obteniéndose una pérdida mínima equivalente a 0.17 gr, el cual está calificado con un puntaje de 4 (en una escala de 0 a 4) o de grado A. De la misma forma los ensayos de adhesión e integridad del sistema presentaron también excelentes resultados con valores de 98.06% y 99.16% respectivamente.
- Se consiguió un puntaje global de 12 equivalente a una calificación AAA que representa al máximo puntaje que se puede obtener en este tipo de ensayo



que es considerado el más riguroso en el diseño de los micro-aglomerados, con lo cual se tiene demostrado la excelente compatibilidad del sistema (agregado-emulsión-polímero) y por tanto una buena optimización del diseño

- Es preciso mencionar que la emulsión asfáltica esta también diseñada y modificada con polímero elastomérico SBR en cumplimiento a las recomendaciones del Manual del ISSA A-143/2010, obteniendo valores de punto de ablandamiento próximos a los 60 °C el mismo que resulta beneficioso para climas caluroso como con el que se tiene en nuestro proyecto
- Este diseño fue corroborado en campo con la aplicación de un tramo de prueba entre las progresivas km. 394+710 al km. 395+770 carril izquierdo y del km. 393+552 al km. 394+710 carril izquierdo, obteniéndose resultados satisfactorios en la calidad de la mezcla y la textura de aplicación de micro aglomerado manteniendo este comportamiento una vez abierto al tráfico.
- Referente a las evaluaciones post – construcción podemos rescatar que el parámetro correspondiente al Índice de Rugosidad Internacional IRI, presenta valores de Media Deslizante Máxima menores al máximo umbral permitido de 3.5 m/km + 15% de tolerancia, el cual es exigido en el Apéndice 3 del Anexo I del Contrato de Concesión, con lo cual podemos concluir que se ha logrado la recuperación del confort de la carretera. Adicionalmente se calculó la Media Fija Máxima de los resultados, correspondiente a cada kilómetro definido entre hitos, dichos resultados también resultaron menores al máximo umbral permitido de 3.5 m/km + 15% de tolerancia. Referente a la evaluación de la textura de la superficie de rodadura del sub tramo en cuestión, también se consiguieron valores superiores a los mínimos exigidos en la Especificaciones Técnicas de Proyecto para el control y aceptación de obra terminada, por lo tanto podemos afirmar que el tramo tiene una correcta ejecución y por ende garantiza la seguridad del usuario al presentar una textura de superficie de rodadura muy aceptable.
- De las conclusiones anteriormente vertidas podemos afirmar que la ejecución del Micro-Aglomerado el Sub Tramo Inambari – Unión Progreso se realizó correctamente teniendo como base a las Especificaciones Técnicas del Proyecto logrando la recuperación de los Niveles de Servicio mediante la intervención periódica correspondiente al quinto año.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- En el proceso constructivo previo a la apertura al tránsito, se empleará el rodillo neumático para uniformizar la superficie.
- Cuando haya tendencia a llover, se deben proteger todos los camiones alimentadores.
- En el carguío de volquetes en pista se debe contar con personal que retire la arena que siempre cae, o en todo caso para que no deje material en la pista.
- En las paralizaciones que se generen en el transcurso del día se colocará toda la mezcla que quede en la caja.