

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



**APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL  
RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**MARCO ANTONIO ROJAS ROJAS**

**Lima- Perú**

**2013**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

### **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Lizardo Rojas Farfan y Antonia Rojas Espinoza, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida, me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. A mis hermanas Liz Rojas y Flor Rojas por demostrarme siempre su cariño y apoyo, sin importar nuestras diferencias de opiniones.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida. A mis padres por su confianza, consejos, apoyo y motivación constante que me brindaron en toda mi formación profesional. A mi familia por las palabras de ánimo y por su demostración de afecto.

Quiero agradecer de manera muy especial a mis amigos Carlos León, Manuel Pezo, Diego Vallejo, Magno Olivares, Ivan Cardenas, quienes me apoyaron y me motivaron durante toda mi vida universitaria.

Un agradecimiento muy especial a mí asesor de Tesis, Ing. Nestor Huaman Guerrero, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado la culminación de esta investigación.

Del mismo modo a la empresa CONALVIAS S.A. por facilitarme sus intermediaciones de su laboratorio en el Proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache), en donde se realizó la investigación; y a su Gerente Vial el Ing. Willian Galvis, por facilitarme toda la información necesaria para la elaboración de esta Tesis.

Por último y no por ello menos importante quiere agradecer, a mi alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería, por haberme formado y haberme dado muchas oportunidades para seguir creciendo hasta el día de hoy. Al Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC) de la UNI, quien cumple una labor fundamental en la formación académica y científica de una nueva generación de jóvenes investigadores en diversas especialidades de la Ingeniería Civil.

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>XV</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>1</b>
1.1 PAVIMENTOS ASFALTICOS DE CARRETERAS	1
1.1.1 Componentes del pavimento asfaltico	3
1.1.1.1 <i>Superficie</i>	3
1.1.1.2 <i>Estructura del pavimento</i>	4
1.1.1.3 <i>Subrasante</i>	5
1.1.2 Factores que causan el deterioro del pavimento	6
1.1.2.1 <i>Factores ambientales</i>	6
1.1.2.2 <i>Efectos del tráfico</i>	7
1.1.2.3 <i>Consecuencias del agrietamiento</i>	7
1.1.3 Mantenimiento y rehabilitación pavimentos	8
1.1.4 Opciones de rehabilitación	10
1.1.4.1 <i>Rehabilitación superficial</i>	11
1.1.4.2 <i>Rehabilitación estructural</i>	11
1.1.5 Factores predominantes para decidir por la alternativa del reciclaje de pavimentos asfalticos	13
1.2 RECICLAJE DE PAVIMENTOS ASFALTICOS	13
1.2.1 Tipos de reciclaje de pavimentos asfalticos	14
1.2.1.1 <i>Fresado en Frio (Cold Planning)</i>	14
1.2.1.2 <i>Reciclado en caliente</i>	15
1.2.1.3 <i>Reciclado en caliente In – situ (HIR)</i>	15
1.2.1.4 <i>Reciclado en frio</i>	16
1.2.1.5 <i>Recuperación Full – Depth</i>	17
1.2.2 Pavimentos indicados para el reciclado	17

1.2.3	Ventajas del reciclaje respecto a un pavimento de carpeta asfáltica nueva	18
1.3	RECICLADO EN FRIO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS	19
1.3.1	Generalidades	19
1.3.1.1	<i>Reciclado en planta</i>	19
1.3.1.2	<i>Reciclado In-situ</i>	20
1.3.2	El proceso de reciclado en frio	21
1.3.3	Beneficios del reciclado en frio	24
1.3.4	Aplicabilidad de los procesos del reciclado en frio	26
1.4	AGENTES ESTABILIZADORES ASFALTICOS	27
1.4.1	Generalidades	28
1.4.2	Tipo de agentes estabilizadores asfálticos	29
1.4.2.1	<i>Estabilización con emulsión asfáltica</i>	29
1.4.2.2	<i>Estabilización con asfalto espumado</i>	30
	<b>CAPÍTULO II: TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO</b>	<b>32</b>
2.1	INTRODUCCIÓN	32
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL ASFALTO ESPUMADO	33
2.2.1	Factores que influyen a las propiedades de la espuma	37
2.2.1.1	<i>Adición de agua</i>	37
2.2.1.2	<i>Tipo de Asfalto</i>	37
2.2.1.3	<i>Fuente de Asfalto</i>	38
2.2.1.4	<i>Temperatura del Asfalto</i>	38
2.2.1.5	<i>Presión de Asfalto y del Agua</i>	38
2.2.1.6	<i>Aditivos</i>	39
2.2.2	Características aceptables para el proceso de espumación	39
2.2.3	Dispersión del asfalto espumado	42
2.3	MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO CON ASFALTO ESPUMADO	44
2.3.1	Temperatura del material para el tratamiento con asfalto espumado	48
2.3.2	Condiciones de humedad de los materiales	49
2.3.3	Muestreo del material, para el diseño de mezcla	51
2.4	PROPIEDADES DE MATERIALES ESTABILIZADOS CON ASFALTO ESPUMADO	52

2.4.1	Resistencia de los materiales estabilizados con asfalto espumado	53
2.4.2	Rigidez de una material estabilizado con asfalto espumado	54
2.4.3	Tiempo de mezclado de un material estabilizado con asfalto espumado	56
2.4.4	Densidad de un material estabilizado con asfalto espumado	56
2.5	APLICACIONES DEL ASFALTO ESPUMADO	56
2.5.1	Alternativas de solución empleando asfalto espumado	58
2.5.1.1	<i>Sustitución de mezcla asfáltica en caliente convencional por RAP estabilizado con asfalto espumado</i>	58
2.5.1.2	<i>Reciclado en dos etapas para alcanzar mayor resistencia</i>	59
2.5.1.3	<i>Reciclado in-situ en dos etapas</i>	61
<b>CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO OBTENIDO EN LABORATORIO</b>		<b>63</b>
3.1	CARACTERIZACIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO	63
3.1.1	Preparación del equipo para la obtención de las propiedades de espumación	63
3.1.1.1	<i>Flujo de agua y flujo de asfalto</i>	66
3.1.1.2	<i>Presiones de Asfalto, Aire y Agua</i>	67
3.1.1.3	<i>Temperatura</i>	67
3.1.1.4	<i>Conexiones e instrumentos</i>	68
3.1.2	Preparación del cemento asfáltico para la obtención de la espuma	68
3.1.2.1	<i>Ensayos preliminares del tipo de asfalto</i>	69
3.1.2.2	<i>Procedimiento para la determinación de las propiedades de espumado del asfalto</i>	70
3.1.2.3	<i>El índice de espumación para medir la espumabilidad del asfalto</i>	71
3.2	GRAFICAS Y RESULTADOS	76
3.3	EJEMPLO DEL LAS PROPIEDADES DE ESPUMACIÓN	77
3.3.1	Resultados de los ensayos preliminares del asfalto	77
3.3.2	Características del cemento asfáltico en la generación de espuma con la mini planta WLB 10S	78
<b>CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO</b>		<b>86</b>
4.1	GENERALIDADES	86

4.1.1	Preparación del equipo para la obtención de la espuma y el mezclado con los materiales (RAP, agregados o ambos)	86
4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	88
4.2.1	Materiaulverizado (RAP) o material granular de aporte	88
4.2.1.1	<i>Muestreo del RAP en campo</i>	90
4.2.1.2	<i>Ensayos estándar de la muestra</i>	90
4.2.1.3	<i>Mezclado de la muestra</i>	90
4.2.1.4	<i>Proporción Representativa</i>	91
4.2.1.5	<i>Temperatura de los Agregados</i>	92
4.2.1.6	<i>Contenido optimo de humedad de los materiales</i>	92
4.2.1.7	<i>Contenido de Humedad Higroscópico</i>	93
4.2.2	Exigencias del Filler activo	93
4.2.3	Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto	94
4.2.4	Propiedades del agua que participara en la mezcla	95
4.2.5	Cemento asfaltico	95
4.2.5.1	<i>Dosificación del asfalto espumado</i>	95
4.3	MEZCLADO, COMPACTACIÓN Y CURADO DE LA MEZCLA	96
4.3.1	Dosificación de la mezcla	96
4.3.1.1	<i>Procedimiento para la mezcla y preparación de las muestras para el tratamiento con asfalto espumado</i>	96
4.3.1.2	<i>Contenidos de humedad y de asfalto</i>	100
4.3.2	Fabricación de probetas de 100 mm de diámetro	100
4.3.2.1	<i>Compactación (Método Marshall)</i>	100
4.3.2.2	<i>Procedimiento de Curado</i>	101
4.3.2.3	<i>Determinación de la Densidad Bruta</i>	102
4.4	ENSAYOS Y RESULTADOS	103
4.4.1	Procedimientos de Ensayo de Resistencia	103
4.4.1.1	<i>Determinación de la Resistencia a la Tracción Indirecta (ITS)</i>	103
4.4.1.2	<i>Determinación de la Resistencia a la Compresión No Confinada</i>	105
4.4.1.3	<i>Determinación de la Densidad Seca</i>	105
4.4.1.4	<i>Determinación del contenido de asfalto de diseño</i>	106
4.4.1.5	<i>Equipos de Laboratorio Requeridos</i>	107
4.4.2	Determinación de las Propiedades de Corte de los Materiales Estabilizados con Asfalto	108
4.5	EJEMPLO DE DISEÑO DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO	109

4.5.1	Velocidad de rotación del tambor fresador de la máquina recicladora Wirtgen WR 2500	110
4.5.1.1	<i>Resultados</i>	111
4.5.1.2	<i>Análisis de resultados y recomendaciones</i>	114
4.5.2	Ensayos de laboratorio y diseño de mezcla con asfalto espumado	114
4.5.2.1	<i>Ensayos de laboratorio del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690</i>	115
4.5.2.2	<i>Diseño de mezcla del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690 con asfalto espumado</i>	117
4.5.2.3	<i>Ensayos de resistencia del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690</i>	118
4.5.2.4	<i>Contenido óptimo de asfalto</i>	119
4.5.3	Recomendaciones finales	121

## **CAPÍTULO V: EL CONTROL DE LAS PROPIEDADES DEL ASFALTO**

	<b>ESPUMADO EN CAMPO</b>	<b>122</b>
5.1	MUESTREO EN CAMPO	122
5.2	COMPACTACIÓN DE PROBETAS Y CURADO	123
5.3	ENSAYOS PARA EL CONTROL DE MEZCLAS	124
5.3.1	Controles Generales	125
5.3.1.1	<i>Calidad del producto bituminoso</i>	126
5.3.1.2	<i>Calidad del agua</i>	126
5.3.2	Ensayos y revisiones de control de procesos	126
5.3.2.1	<i>Granulometría de los agregados</i>	128
5.3.2.2	<i>Calidad de la mezcla</i>	128
5.3.3	Ensayos y revisiones de aceptación del trabajo terminado	129
5.3.3.1	<i>La resistencia del material en la capa reciclada</i>	130
5.3.3.2	<i>La densidad de compactación del material reciclado</i>	131
5.3.3.3	<i>Espesor del material reciclado</i>	132
5.3.3.4	<i>Irregularidades en el material reciclado</i>	132
5.4	EJEMPLO DEL CONTROL DE MEZCLAS EN CAMPO	133
5.4.1	Ensayos de laboratorio y densidades del material reciclado del Km. 169 + 130 – Km. 168 + 136	137
5.4.2	Resumen de resultados del Km. 152 + 300 al Km. 208 + 930	138

<b>CAPÍTULO VI: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL ASFALTO ESPUMADO</b>	<b>147</b>
6.1 PROCESO CONSTRUCTIVO	147
6.1.1 La operación del reciclado de pavimentos	148
6.1.1.1 <i>Configuración del tren de reciclado</i>	148
6.1.1.2 <i>Fase de experimentación y/o tramo de prueba</i>	149
6.1.1.3 <i>Preparación de la superficie existente</i>	149
6.1.1.4 <i>Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregados de adición</i>	150
6.1.1.5 <i>Incorporación de filler activo, agua, producto bituminoso y elaboración de la mezcla</i>	150
6.1.1.6 <i>Extensión de la mezcla</i>	152
6.1.1.7 <i>Compactación de la mezcla</i>	152
6.1.1.8 <i>Apertura al tránsito</i>	153
6.1.1.9 <i>Juntas de trabajo</i>	154
6.1.1.10 <i>Conservación</i>	154
6.1.2 Terminación de la nueva capa reciclada	154
6.2 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS	155
6.2.1 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales	156
6.2.1.1 <i>La recicladora</i>	157
6.2.2 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales	157
6.2.2.1 <i>Equipo de compactación</i>	158
6.2.3 Equipo para proveer los agentes estabilizadores	160
6.2.3.1 <i>Camiones Cisterna</i>	160
6.2.3.2 <i>Aplicación de cemento</i>	161
6.2.4 Objetivo de producción en el proceso de reciclado	162
6.2.5 Material en el pavimento existente	162
6.2.6 Geometría de la carretera existente	162
6.2.6.1 <i>Juntas longitudinales</i>	162
6.2.7 Acomodamiento de tráfico en el proceso de reciclado	164
6.2.8 Logística para la adquisición de insumos	164
6.2.9 Requerimientos de producto final	165
6.2.10 Requerimientos antes del proceso de reciclado	165

6.2.11	Requerimientos antes de la apertura al tráfico	165
6.2.12	Plan de producción diario	166
6.2.13	La unidad de medida del material reciclado	167
6.2.14	Forma de pago	167
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>168</b>
7.1	CONCLUSIONES	168
7.2	RECOMENDACIONES	171
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>175</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>179</b>

## RESUMEN

La presente tesis, muestra los resultados de una investigación sobre las mezclas de material asfáltico reciclado, tratado con asfalto espumado, donde se realizó un estudio de las propiedades de espumación del asfalto a emplear y la obtención de la cantidad óptima de asfalto para lograr una base tratada de alta calidad. También se realizó un seguimiento en el proceso constructivo y en la producción en campo en el proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache).

Este trabajo pretende reunir en un solo documento, información sobre el asfalto espumado, su uso y sobre el rendimiento de los procesos de reciclado en frío "in-situ". En el primer capítulo se presenta una revisión de la literatura de temas relacionados con el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, luego se presentarán los principales conceptos del reciclaje (clasificación y definición) y una breve descripción de los agentes estabilizadores asfálticos. En el segundo capítulo se presentara una actualización bibliográfica de la tecnología de asfalto espumado (conocido como asfalto celular); en el tercer y cuarto capítulo se presenta información referida a los ensayos de laboratorio: especificaciones de calidad y el procedimiento del diseño de mezclas respectivamente. En el quinto capítulo se menciona los controles de las propiedades del asfalto espumado en el proceso de reciclado en campo. Esta investigación reporta los resultados de las características físicas y mecánicas de las mezclas de reciclado usando la tecnología de asfalto espumado del proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache) realizado por la empresa Conalvías S.A. Sucursal Perú. En el sexto capítulo se realiza una descripción del proceso constructivo y de algunas consideraciones constructivas que se deben tomar en cuenta. Finalmente en el séptimo capítulo se presenta las conclusiones y recomendaciones correspondientes a la investigación.

La mezcla espumada resulta ser una pasta de filler ligado con asfalto que actúa como mortero entre las partículas gruesas, el cual se emplea como un agente estabilizador con una variedad de materiales, que van desde materiales granulares de buena calidad hasta suelos marginales con plasticidad relativamente alta, como también en materiales asfálticos reciclados.

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro N° 1. 1</b> Estructuración típica de pavimentos flexibles	5
<b>Cuadro N° 1. 2</b> Ventajas del tipo ecológico del reciclaje en frío	25
<b>Cuadro N° 2. 1</b> Valores deseables de las características de la Espuma	42
<b>Cuadro N° 2. 2</b> Materiales tratados con asfalto espumado	45
<b>Cuadro N° 3. 1</b> Relación entre la Razón de Expansión real (ERa) y la Razón Expansión máxima medida (ERm)	74
<b>Cuadro N° 3. 2</b> Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 150 °C	83
<b>Cuadro N° 3. 3</b> Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 160 °C	83
<b>Cuadro N° 3. 4</b> Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 170 °C	83
<b>Cuadro N° 3. 5</b> Índice de espumación para cada condición de Temperatura	84
<b>Cuadro N° 3. 6</b> Características finales de espumado del asfalto PEN-85/100 de Repsol YPF – Perú	85
<b>Cuadro N° 4. 1</b> Distribución granulométrica recomendada por la experiencia Sudafricana	89
<b>Cuadro N° 4. 2</b> Mezclas de los materiales en proporción al espesor de las capas y a la densidad del material in – situ	91
<b>Cuadro N° 4. 3</b> Análisis de la cantidad de material a ser incluido en la muestra de 10 Kg	92
<b>Cuadro N° 4. 4</b> Recomendaciones para la incorporación de cemento o cal hidratada a la mezcla, mediante el Índice de Plasticidad	94
<b>Cuadro N° 4. 5</b> Procedimientos propuestos para el curado de las mezclas con asfalto espumado	102
<b>Cuadro N° 4. 6</b> Equipo para la preparación de muestras	107

<b>Cuadro N° 4. 7</b> Equipo para la elaboración de probetas Marshall	107
<b>Cuadro N° 4. 8</b> Equipo para el curado de probetas	107
<b>Cuadro N° 4. 9</b> Equipo para el ensayo ITS	108
<b>Cuadro N° 4. 10</b> Equipo para el ensayo UCS	108
<b>Cuadro N° 4. 11</b> Cuadro resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio	116
<b>Cuadro N° 4. 12</b> Dosificación de la mezcla	117
<b>Cuadro N° 4. 13</b> Ensayo de Tracción Indirecta	118
<b>Cuadro N° 4. 14</b> Características finales de la mezcla con asfalta espumado	120
<b>Cuadro N° 5. 1</b> Ensayos de laboratorio del material reciclado	137
<b>Cuadro N° 5. 2</b> Ensayo de Tracción Indirecta	137
<b>Cuadro N° 5. 3</b> Densidad del material reciclado	137
<b>Cuadro N° 5. 4</b> Resumen de los Ensayos de Laboratorio y Densidades del Km. 169 + 130 al Km. 180 + 690	138
<b>Cuadro N° 5. 5</b> Resumen de los Ensayos de Laboratorio y Densidades del Km. 152 + 300 al Km. 169 + 130 - Km. 205 + 465 al Km. 208 + 930	139
<b>Cuadro N° 5. 6</b> Resumen de los ensayos de Resistencia, Km. 169 + 130 al Km. 180 + 690	140
<b>Cuadro N° 5. 7</b> Resumen de los ensayos de Resistencia, Km. 152 + 300 al Km. 169 + 130 - Km. 205 + 465 al Km. 208 + 930	141
<b>Cuadro N° 5. 8</b> Resultados de ensayos de cada progresiva, ordenado de forma ascendente	143

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N° 1. 1</b> Transferencia de carga a través de la estructura del pavimento	1
<b>Figura N° 1. 2</b> Típico deterioro de pavimento por fatiga y con presencia de bombeos de finos	18
<b>Figura N° 1. 3</b> Configuración del tambor fresador / mezclador y de los sistemas de inyección	22
<b>Figura N° 1. 4</b> Tren típico de reciclaje con cemento usando una máquina montada sobre llantas	23
<b>Figura N° 1. 5</b> Tren típico de reciclaje con emulsión asfáltica usando una máquina montada sobre orugas	24
<b>Figura N° 1. 6</b> Tren típico de reciclaje con asfalto espumado solo o combinado con cemento	24
<b>Figura N° 1. 7</b> Dispersión del asfalto espumado en la matriz de finos	29
<b>Figura N° 2. 1</b> Producción del asfalto espumado	34
<b>Figura N° 2. 2</b> Características del asfalto espumado	35
<b>Figura N° 2. 3</b> Aspecto de la mezcla con asfalto espumado y asfalto en caliente	42
<b>Figura N° 2. 4</b> Proceso de mezcla con los agregados	43
<b>Figura N° 2. 5</b> Dispersión del asfalto	43
<b>Figura N° 2. 6</b> Reciclado en dos etapas utilizando material importado	60
<b>Figura N° 2. 7</b> Reciclado en dos etapas utilizando material existente	61
<b>Figura N° 2. 8</b> Reciclado in – situ en dos etapas	62
<b>Figura N° 3. 1</b> Mini planta de Laboratorio WLB 10	64
<b>Figura N° 3. 2</b> Mini planta de Laboratorio WLB 10S	65
<b>Figura N° 4. 1</b> Mini planta de laboratorio WLB 10S y WLM30	87
<b>Figura N° 4. 2</b> Proceso de mezcla en el WLM30	88
<b>Figura N° 4. 3</b> Recicladora Wirtgen WR 2500S	109

<b>Figura N° 4. 4</b>	<b>La cámara de mezclado – Tambor fresador / mezclador</b>	<b>110</b>
<b>Figura N° 5. 1</b>	<b>Muestras obtenidas inmediatamente después del paso de la maquina recicladora</b>	<b>123</b>
<b>Figura N° 5. 2</b>	<b>Curado en horno a 40°C y Saturación a 25°C en agua</b>	<b>124</b>
<b>Figura N° 5. 3</b>	<b>Chequeo de espesores en ambos costados del corte</b>	<b>127</b>
<b>Figura N° 5. 4</b>	<b>Características espumantes del asfalto chequeadas en terreno</b>	<b>128</b>
<b>Figura N° 5. 5</b>	<b>Verificación del asfalto espumado en el material</b>	<b>129</b>
<b>Figura N° 5. 6</b>	<b>Localización del proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache)</b>	<b>134</b>
<b>Figura N° 6. 1</b>	<b>Tren de Reciclado</b>	<b>147</b>
<b>Figura N° 6. 2</b>	<b>Distribución de bolsas de cemento en la superficie del pavimento</b>	<b>151</b>
<b>Figura N° 6. 3</b>	<b>Compactación primaria</b>	<b>153</b>
<b>Figura N° 6. 4</b>	<b>Perfilado, nivelación y compactación final</b>	<b>153</b>
<b>Figura N° 6. 5</b>	<b>Riego de agua y compactación de neumáticos</b>	<b>155</b>
<b>Figura N° 6. 6</b>	<b>Tambor fresador - mezclador</b>	<b>156</b>
<b>Figura N° 6. 7</b>	<b>Proceso de incorporación del asfalto espumado</b>	<b>157</b>
<b>Figura N° 6. 8</b>	<b>Guía de selección para elegir el compactador primario</b>	<b>159</b>
<b>Figura N° 6. 9</b>	<b>Pre – compactación detrás de los neumáticos de maquina recicladora</b>	<b>160</b>
<b>Figura N° 6. 10</b>	<b>Mala distribución del cemento sobre la superficie del pavimento</b>	<b>161</b>
<b>Figura N° 6.11</b>	<b>Planificación de cortes y traslapos</b>	<b>163</b>
<b>Figura N° 6. 12</b>	<b>Distribución de los Carriles para la Recicladora</b>	<b>164</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
<b>Gráfico N° 1. 1</b> Indicadores de deterioro de pavimento	6
<b>Gráfico N° 1. 2</b> Administración de pavimentos para el mantenimiento y rehabilitación a través del monitoreo de la calidad de rodado	9
<b>Gráfico N° 2.1</b> Determinación del contenido óptimo de agua para la espumación	36
<b>Gráfico N° 2. 2</b> Índice de Espumación	41
<b>Gráfico N° 2. 3</b> Características de los materiales adecuados para el tratamiento con asfalto espumado	46
<b>Gráfico N° 3. 1</b> Razones de Expansion de la Línea teórica asintótica versus Razones de Expansion medidos	72
<b>Gráfico N° 3. 2</b> Ciclo de vida del asfalto espumado	73
<b>Gráfico N° 3. 3</b> Relación entre la Razón de Expansión real (ERa) y la Razón Expansión máxima medida (ERm) con la Vida Media	74
<b>Gráfico N° 3. 4</b> El Índice de espumación (FI) para la caracterización de la "espumabilidad" de un asfalto a una tasa de aplicación de agua, donde $FI = A1 + A2$	75
<b>Gráfico N° 3. 5</b> Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 150°C	80
<b>Gráfico N° 3. 6</b> Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 160°C	80
<b>Gráfico N° 3. 7</b> Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 170°C	81
<b>Gráfico N° 3. 8</b> Resumen de las características de espumado a las diferentes temperaturas evaluadas	81
<b>Gráfico N° 3. 9</b> Valores tolerables de Razón de Expansión y Vida Media y los valores recomendados de Razón de Expansión y Vida Media	82
<b>Gráfico N° 4. 1</b> Granulometría del material tratado con asfalto espumado	89

<b>Gráfico N° 4. 2</b>	Distribución Granulométrica 100 rpm rotación del tambor	111
<b>Gráfico N° 4. 3</b>	Distribución Granulométrica 127 rpm rotación del tambor	112
<b>Gráfico N° 4. 4</b>	Distribución Granulométrica 150 rpm rotación del tambor	112
<b>Gráfico N° 4. 5</b>	Distribución Granulométrica 190 rpm rotación del tambor	113
<b>Gráfico N° 4. 6</b>	Distribución granulométrica de suelos por tamizado	115
<b>Gráfico N° 4. 7</b>	ITS vs Contenido de Asfalto - Mezcla de RAP con Asfalto Espumado	119
<b>Gráfico N° 4. 8</b>	TSR y Densidad vs Contenido de Asfalto - Mezcla de RAP con Asfalto Espumado	119
<b>Gráfico N° 5. 1</b>	Resultados de resistencia en todas las progresivas	144
<b>Gráfico N° 5. 2</b>	Resultados de Densidad en todas las progresivas	145
<b>Gráfico N° 5. 3</b>	Comparación de la Densidad y la Resistencia Húmeda de todas las progresivas	146

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla N° 2. 1</b> Valores de Razón de Expansión y Vida Media, por el tipo de asfalto recomendada por Wirtgen GmbH	40
<b>Tabla N° 2. 2</b> Valores mínimos de los parámetros del Asfalto espumando recomendados por Wirtgen GmbH	40
<b>Tabla N° 2. 3</b> Valores de Razón de Expansión y Vida Media recomendados	40
<b>Tabla N° 2. 4</b> Recomendaciones para la incorporación de cemento a la mezcla con Asfalto Espumado	47
<b>Tabla N° 2. 5</b> Facilidad del asfalto espumado para dispersarse	49
<b>Tabla N° 2. 6</b> Contenido de asfalto espumado relativo a la granulometría del agregado	53
<b>Tabla N° 2. 7</b> Resistencia a la tracción indirecta de materiales estabilizados con asfalto espumado	53
<b>Tabla N° 2. 8</b> Rangos de MR típicos para material estabilizado con asfalto espumado, ensayados en laboratorio	55
<b>Tabla N° 3. 1</b> Especificaciones de la mini planta WLB 10S	65
<b>Tabla N° 3. 2</b> Flujos de agua estandarizados relativos al flujo de asfalto y porcentaje de agua inyectada	66
<b>Tabla N° 3. 3</b> Certificado del cemento asfáltico proporcionado por el proveedor (Repsol YPF – Perú)	78
<b>Tabla N° 3. 4</b> Características de Espumado del Asfalto Repsol 85/100	79
<b>Tabla N° 4. 1</b> Proporciones de tamaños característicos de acuerdo con la velocidad de rotación del tambor fresador	113
<b>Tabla N° 5. 1</b> Ubicación del tramo analizado, durante el proceso constructivo en el mes de Julio	135
<b>Tabla N° 5. 2</b> Ubicación del tramo analizado, durante el proceso constructivo en el mes de Agosto	136

<b>Tabla N° 6. 1</b> Masa estática del rodillo mínima para la compactación	159
<b>Tabla N° 6. 2</b> Plan de gasto diario	166

## INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la tecnología y el ritmo con el cual han disminuido los recursos naturales no renovables han hecho crecer espectacularmente la conciencia ecológica de la población mundial. Este sentimiento de conciencia ha hecho, que cada vez más, se reciclen los materiales procedentes del fresado y demolición de pavimentos. La necesidad de recuperar muchos miles de kilómetros de carretera presentan un escenario con un gran reto para los técnicos, ya que tienen que conservar un gran patrimonio vial con recursos financieros siempre escasos, obligando a los técnicos estudiar y aplicar técnicas de mantenimiento innovadoras y menos onerosas, pero con un comportamiento similar a las alternativas tradicionales, para así aprovechar los recursos de una manera más racional y eficiente.

La tecnología del asfalto espumado se emplea en la estabilización de suelos y en el reciclaje de pavimentos asfálticos para la conformación de capas de base. Las mezclas de reciclado de pavimentos con asfalto espumado presentan ventajas especiales frente a mezclas tradicionales, las más importantes son las del tipo energéticas y ambientales. Desde el punto de vista constructivo, el empleo de técnicas modernas especialmente desarrolladas para este tipo de aplicación, le confiere ventajas adicionales en comparación a otro tipo de técnicas constructivas; específicamente admite mayor tolerancia en la especificación de agregados y los procesos constructivos pueden ser de muy alto rendimiento.

El motivo de esta investigación es establecer los criterios de aplicación (metodología de diseño y proceso constructivo) del asfalto espumado en el reciclado de pavimentos asfálticos, para determinar la versatilidad en su aplicación, dada las condiciones ideales; y a partir de esto obtener un estudio técnico para la aplicación de esta tecnología, en futuros proyectos. Esta nueva tecnología nos permitirá obtener considerables economías así como también minimizar el impacto en el medio ambiente; y de esta manera incorporarla como una buena alternativa técnica económica, no solo en la conservación de pavimentos flexibles, sino también en la rehabilitación de pavimentos flexibles y estabilización de materiales.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE CARRETERAS

La única parte visible de una carretera es la superficie. Bajo esta superficie, existe una estructura constituida por varias capas de distintos materiales, que en ciertos casos puede alcanzar profundidades mayores a 1.0 metro. La estructura de pavimento bajo la superficie, es la sección de la carretera que realiza el trabajo de soportar las cargas de tránsito. El peso de los vehículos aplicada en la superficie se transfiere o disipa a la "subrasante" (material natural bajo el pavimento) a través de la estructura de pavimento. La subrasante generalmente es una capa débil en términos de capacidad de soporte. Las fuertes cargas de tráfico aplicadas en la superficie del pavimento se van distribuyendo sobre un área más grande en las capas inferiores hasta llegar a la subrasante, como se ilustra en la Figura N° 1. 1.

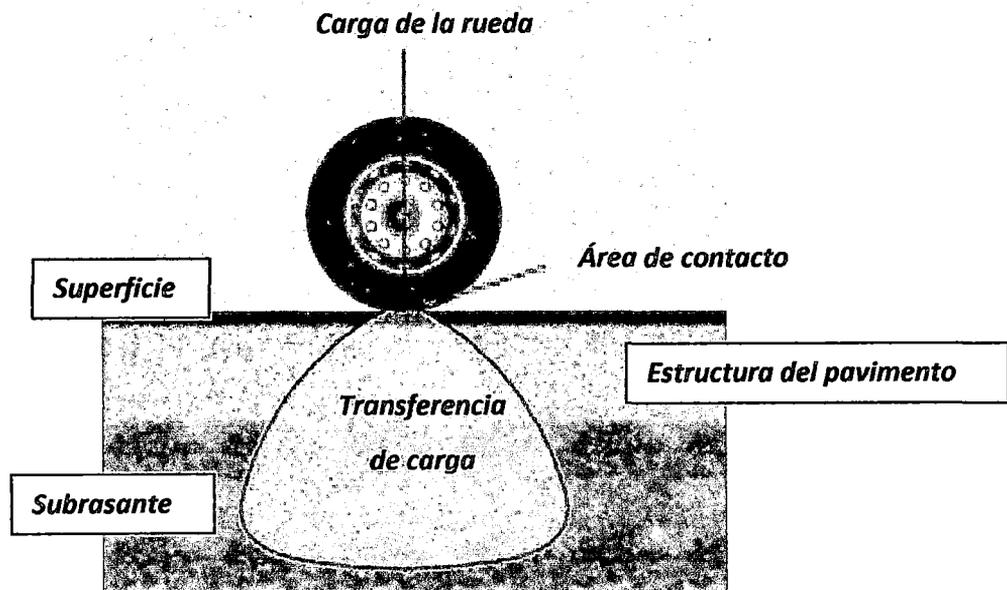


Figura N° 1. 1 Transferencia de carga a través de la estructura del pavimento

Fuente: WIRTGEN GMBH – WIRTGEN COLD RECYCLING TECHNOLOGY – 2010. Pág. 16

Las capas que conforman la estructura de pavimento varían en su composición y espesor (generalmente entre 125 mm a 200 mm). Las capas de la superficie son construidas utilizando materiales de alta resistencia (por ejemplo, una mezcla asfáltica en caliente) con el objetivo de resistir las altas tensiones producidas por

las cargas de tráfico. A medida que la carga se distribuye sobre un área mayor en las capas inferiores, el nivel de tensiones se reduce. Por lo tanto, las capas inferiores pueden estar constituidas por materiales de calidad inferior (por ejemplo, materiales granulares). Como consecuencia, los materiales de las capas inferiores son más económicos que los materiales de las capas superiores (en la Sección 1.1.1 se discutirán los distintos componentes del pavimento). Los pavimentos de carreteras se clasifican básicamente en dos tipos:

- Pavimentos rígidos, con una capa gruesa de concreto de alta resistencia sobre una base granular estabilizada.
- Pavimentos flexibles, contruidos de materiales naturales con las capas superiores con algún tipo de ligante (usualmente asfalto y / o levemente cementadas).

Los pavimentos flexibles pueden ser reciclados in – situ o en planta. Los pavimentos contruidos de un hormigón de alta resistencia también pueden ser reciclados y ser transformados en una base granular de muy alta resistencia; las bases recicladas requieren de una nueva superficie asfáltica de desgaste, que puede también ser agregado como un paso adicional después de compactación. La presente investigación se centrara sólo en los pavimentos flexibles compuestos por una superficie asfáltica.

Una vez que ha finalizado la construcción de una carretera, ésta se somete a las fuerzas destructivas o solicitaciones del medioambiente y del tráfico. Ambos factores actúan en forma continua, reduciendo la calidad de rodadura y la integridad estructural del pavimento. Estas solicitaciones; además de los mecanismos de deterioro de pavimentos y las acciones que deben tomarse para retardar este proceso (mantenimiento), y las medidas para restaurar la serviciabilidad una vez que el deterioro ha alcanzado un nivel de servicio inaceptable (rehabilitación estructural), serán discutidas en la Sección 1.1.2 .

### 1.1.1 Componentes del pavimento asfáltico

Como se mencionó anteriormente, los pavimentos tienen tres componentes principales: la superficie, la estructura de pavimento y la subrasante. Cada uno de estos tiene un objetivo distinto y se definen a continuación.

#### 1.1.1.1 Superficie

La superficie es la interface del pavimento con las solicitaciones de tráfico y medioambiente. Su función es proteger la estructura de pavimento de ambos efectos destructivos, entregando durabilidad e impermeabilidad a la estructura.

El tráfico afecta la superficie en dos formas:

- Tensiones generadas en la superficie por las cargas de rueda. Estas suelen ser predominantes en el plano o dirección vertical. Sin embargo, la componente horizontal llega a ser considerable en los bordes, gradientes de cuestas y en intersecciones o cruces donde los vehículos frenan. Las características de resistencia del material utilizado en la superficie debe ser capaz de resistir todas estas tensiones sin romperse ni deformándose, recuperando su condición inicial.
- Acción abrasiva de los neumáticos. Esta acción es especialmente significativa en las curvas; tiende a deteriorar y desgastar la superficie, generando el pulido de la misma y produciendo una reducción en la fricción de la superficie (resistencia al patinaje). Las superficies desgastadas se vuelven resbaladizas cuando están húmedas y pueden ser peligrosas para los usuarios de la carretera.

El medio ambiente afecta la superficie mediante dos fenómenos: los efectos térmicos y la radiación ultravioleta. Una superficie de pavimento debería presentar las siguientes propiedades para resistir las acciones del medio ambiente:

- Elasticidad, para permitir la expansión y contracción repetitiva de los materiales, producidos por los cambios de temperatura.

- Durabilidad, para absorber el bombardeo de radiación ultravioleta del sol, evitando un envejecimiento prematuro.

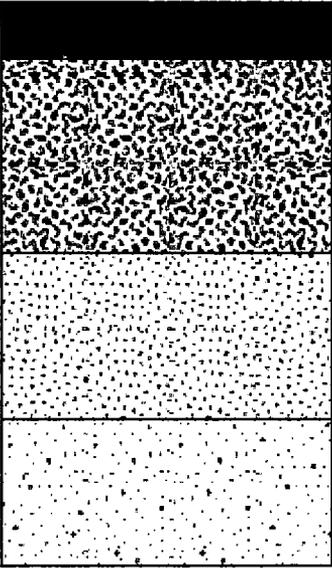
#### 1.1.1.2 Estructura del pavimento

La estructura de pavimento transfiere la carga de tránsito desde la superficie hasta la subrasante. Como se ilustra en la Figura N° 1. 1 la carga aplicada por una rueda se reduce dentro de la estructura a medida que ésta se reparte en una superficie mayor. El pavimento generalmente está compuesto por varias capas de material, con distintas propiedades de resistencia. Cada capa tiene el objetivo de distribuir la carga que recibe desde la parte superior, a un área mayor en la parte inferior. Las capas ubicadas en la parte superior de la estructura están sujetas a tensiones mayores que aquellas en la parte inferior, y por lo tanto requieren de un material más resistente. El Cuadro N° 1. 1 muestra los tipos de materiales que comúnmente se utilizan para construir pavimentos flexibles.

Los puntos más importantes del comportamiento de los materiales que constituyen los pavimentos son:

- Los materiales granulares (gravas y piedra chancada o triturada), transfieren las cargas a través de las partículas o esqueleto de la estructura. La fricción interna de las partículas mantiene la integridad estructural bajo condiciones normales.
- Los materiales ligados con asfalto, actúan en forma similar a una losa. La aplicación de una carga vertical a la superficie de una losa genera tensiones de compresión horizontales en la mitad superior de la misma, y tensiones horizontales de tracción en la mitad inferior. Las tensiones horizontales máximas se producen en el extremo superior e inferior.

La deformación producida en el material granular y el agrietamiento de fatiga del material ligado, están relacionados al número de repeticiones de carga. Esto permite determinar la vida funcional del pavimento en términos del número de veces que puede ser cargado hasta que falle.

Posición relativa en la estructura	Material de construcción
 <p><b>Superficie</b></p>	Mezcla asfáltica o sello asfáltico
<p><b>Base</b></p>	Base granular estabilizado con asfalto o cemento / y material granular adicional si es necesario
<p><b>Subbase</b></p>	Material granular (material in – situ)
<p><b>Subrasante</b></p>	Material granular (material in – situ)

Cuadro N° 1. 1 Estructuración típica de pavimentos flexibles.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 19

### 1.1.1.3 Subrasante

La subrasante o material natural que soporta la estructura de pavimento puede estar compuesto por material in – situ (si se trata de una condición de corte) o material importado a la obra (si se trata de una condición de relleno).

Las características de resistencia del material de subrasante determinan las características de la estructura de pavimento requerida para disipar las fuerzas aplicadas en la superficie. Estas fuerzas deben ser reducidas hasta alcanzar una magnitud tal que pueda ser tolerada por la subrasante, evitando la deformación permanente de la misma. Los métodos de diseño de pavimentos generalmente utilizan la resistencia, rigidez y deflexión de la subrasante como parámetros de entrada. La determinación de estos parámetros tiene por objetivo el proveer a la estructura la resistencia necesaria para proteger la subrasante.

### 1.1.2 Factores que causan el deterioro del pavimento

Son tres los factores más importantes que generan el deterioro en los pavimentos: los efectos medio ambientales, las cargas de tráfico y un mal proceso constructivo.

El deterioro del pavimento es normalmente medido indirectamente por la calidad de rodado, pero las características visibles como el ahuellamiento y agrietamiento superficial también son relevantes. El Gráfico N° 1. 1 muestra como estas características se relacionan con el paso del tiempo y el efecto acumulativo de las cargas de tráfico. El deterioro gradual de los pavimentos es causado por una combinación de los factores ambientales y de tráfico, siempre y cuando este pavimento no haya tenido ninguna falla en el proceso constructivo.

Si en el proceso constructivo del pavimento existió fallas, no serán tan importantes los efectos medioambientales y las cargas de tráfico, ya que el pavimento estará propenso a cualquier tipo de efecto negativo, por más simple que sea.

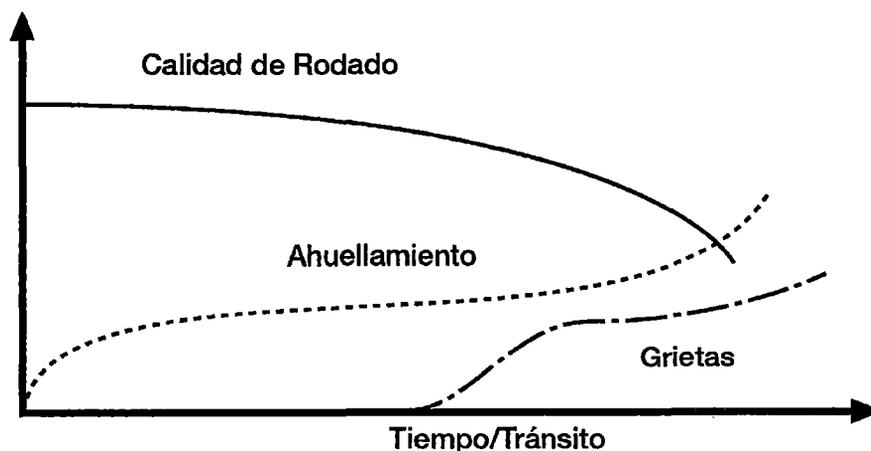


Gráfico N° 1. 1 Indicadores de deterioro de pavimento.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 21

#### 1.1.2.1 Factores ambientales

Los factores medio ambientales son responsables de la mayor parte del inicio del agrietamiento superficial. El principal factor que contribuye a este fenómeno es la

radiación ultravioleta solar, que causa un endurecimiento lento pero continuo del asfalto. Con el endurecimiento, la capa asfáltica reduce su elasticidad lo que produce el agrietamiento cuando la superficie se contrae al disminuir su temperatura. Una vez que la integridad de la superficie se pierde debido al agrietamiento, el pavimento tiende a deteriorarse a una tasa mayor, producto del ingreso del agua a las capas subyacentes.

#### 1.1.2.2 Efectos del tráfico

La carga de tráfico es la responsable, generalmente, de la aparición del ahuellamiento y de la aparición de grietas dentro de la estructura de pavimento. Todo vehículo que utilice un camino va a producir una pequeña deformación momentánea en la estructura de pavimento. El paso de una gran cantidad de vehículos tiene un efecto acumulativo que gradualmente lleva a una deformación permanente y/o agrietamiento de fatiga en el pavimento. Es importante destacar que los ejes sobrecargados de los camiones pesados producen un efecto extremadamente nocivo en la estructura de pavimento, acelerando el deterioro. Este deterioro es causado básicamente por dos mecanismos dentro de la estructura de pavimento:

- Deformación permanente causada por densificación, donde las tensiones de cargas repetitivas hacen que las partículas dentro de las capas del pavimento se aglomeren más, produciendo una reducción en los vacíos de los materiales.
- Agrietamiento de fatiga en materiales ligados. Este se inicia en la parte inferior de la capa, donde la deformación unitaria de tracción producida por las cargas de rueda alcanza su máxima magnitud. A partir de este punto de la capa, las grietas se propagan hacia la superficie.

#### 1.1.2.3 Consecuencias del agrietamiento

Una vez que el agrietamiento llega a la superficie, el agua puede ingresar libremente dentro de la estructura. Los efectos de la pérdida de capacidad de soporte producida por el agua, llevan a la reducción de la resistencia de la

estructura. Esta disminución de la resistencia causa una tasa de deterioro mayor bajo las cargas de tráfico repetitivas.

Además, el agua en un material saturado puede llegar a ser un elemento destructivo cuando el pavimento está sometido a cargas pesadas. De forma similar que un fluido hidráulico, el agua transmite las cargas verticales de los vehículos en presiones, que rápidamente erosionan la estructura de material granular y produce la segregación del agregado en el asfalto. Bajo estas condiciones, la fracción fina del material de pavimento se puede mover dentro de la estructura. Frecuentemente, la fracción fina suele ser expulsada fuera del pavimento a través de las grietas, lo cual produce vacíos dentro del pavimento. Por lo tanto, después de producido el agrietamiento, se observará la rápida formación de baches y un deterioro progresivo aún mayor.

### **1.1.3 Mantenimiento y rehabilitación de pavimentos**

Las acciones para el mantenimiento de pavimentos son generalmente focalizadas en mantener el agua fuera y lejos de la estructura. Esto implica mantener la superficie en una condición de impermeabilidad, y además asegurarse que las medidas de drenaje son efectivas, de tal forma que el agua no quede atrapada en el borde de la carretera. Por lo tanto, las grietas deberían estar selladas en la medida que estas aparecen, y los bordes de la carretera deben mantenerse en buen estado de tal forma que el agua se pueda evacuar fácilmente.

Los efectos del envejecimiento pueden ser tratados en forma efectiva si son manejados a tiempo, con la aplicación de un Riego con emulsión diluida (Fog Seal). Las condiciones más severas de tráfico requieren para el mantenimiento una aplicación con Tratamiento Superficial, Riego en gravilla en el caso de volúmenes de tráfico bajos, o un recapado asfáltico convencional para tráficos mayores.

Todas estas medidas apuntan a mantener la flexibilidad y durabilidad de la superficie, y sólo atacan el deterioro producido por el medio ambiente. La deformación y grietas de fatiga causadas por las cargas de tráfico no pueden ser

tratadas en forma efectiva con acciones de mantenimiento superficial y requieren alguna forma de rehabilitación.

Las autoridades encargadas de las redes viales, en Estados Unidos, generalmente utilizan un sistema de base de datos, conocido como Sistema de Administración de Pavimentos, PMS por sus siglas en inglés (Pavement Management System), para controlar en forma continua la calidad de rodado de los pavimentos que componen la red vial. De ese modo ponen énfasis en los que presentan la peor calidad y requieren de un mantenimiento. El Gráfico N° 1. 2 describe un PMS típico, el cual muestra la efectividad del mantenimiento oportuno y de las medidas de rehabilitación.

El Gráfico N° 1. 2 destaca la importancia de tomar las acciones a tiempo para mantener la calidad de rodado tan alta como sea posible. A medida que la calidad de rodado se reduce, las acciones de mejoramiento del pavimento deberán ser mayores, así como el costo de tales medidas.

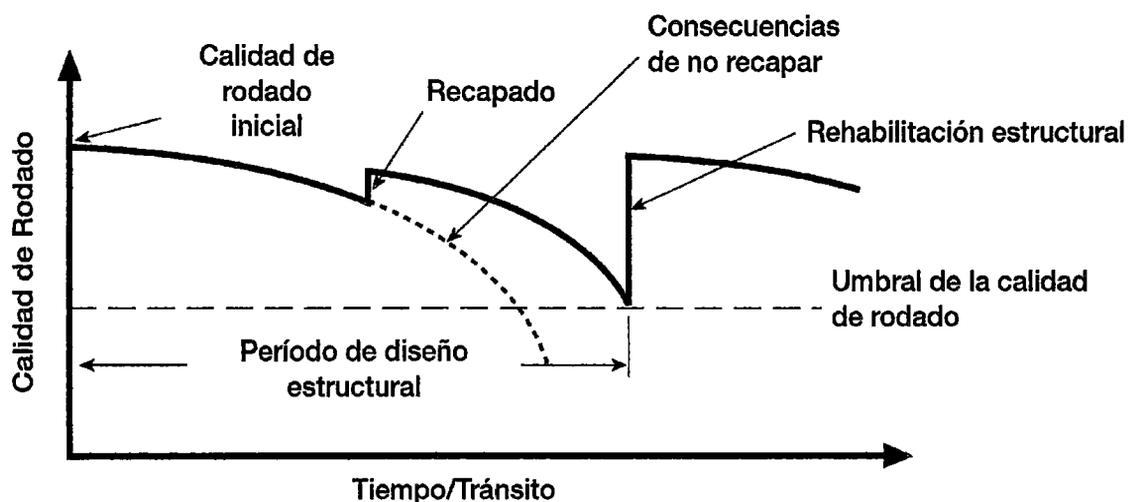


Gráfico N° 1. 2 Administración de pavimentos para el mantenimiento y rehabilitación a través del monitoreo de la calidad de rodado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 24

La decisión de cuál medida tomar en un pavimento deteriorado (mejorar el pavimento o sólo mantener la calidad de rodado) generalmente está limitada por los recursos disponibles. Cada decisión de rehabilitación necesita ser tomada separadamente dentro del contexto de la red vial. Sin embargo, el no tomar

ninguna acción de mantenimiento y permitir que el pavimento sufra un deterioro mayor, es en términos generales la peor decisión; debido a que la tasa de deterioro es exponencial en el tiempo.

#### **1.1.4 Opciones de rehabilitación**

Normalmente existen varias opciones para la rehabilitación de un camino deteriorado, y en algunas oportunidades es difícil determinar cuál es la mejor. Sin embargo, si se cuenta con la respuesta para dos preguntas importantes desde el inicio del proyecto, será mucho más fácil seleccionar la técnica correcta. Las dos preguntas son:

¿Cuál es el problema del pavimento existente? Una rápida inspección visual más algunos ensayos básicos (por ejemplo, medidas de deflexión) normalmente serán suficientes para ser capaz de entender los mecanismos de deterioro. La importancia de éstos es determinar si el deterioro se produce sólo en la superficie del pavimento o si existe un problema estructural.

¿Qué quiere realmente la autoridad vial? Se espera una vida de diseño de 15 años o sólo existe un capital reducido previsto para detener la tasa de deterioro actual, y mantener el pavimento en similares condiciones durante los próximos 5 años.

Las respuestas a estas dos preguntas reducirán las opciones de rehabilitación a sólo aquellas que tienen una buena relación costo – beneficio. Si se separara la naturaleza del problema en dos categorías (superficie y estructura) de la duración del proyecto (corto plazo o largo plazo), la selección de la mejor opción es más sencilla.

Otros puntos importante que afecta la decisión son: las acomodaciones de tráfico, condiciones de clima y la disponibilidad de recursos; estos puntos pueden tener una influencia significativa en cómo es ejecutado el proyecto, y por ende proporcionaran más opciones de descarte, para algunas soluciones.

Todo este ejercicio de análisis tiene un solo propósito, la determinación de la solución con mejor razón costo / efectividad al problema del proyecto, considerando un contexto global.

#### 1.1.4.1 Rehabilitación superficial

Las medidas de rehabilitación superficial resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, usualmente dentro de los 50 a 100 mm. Estos problemas se relacionan normalmente al envejecimiento del asfalto y al agrietamiento que se inicia en la superficie debido a las fuerzas térmicas. Los métodos comúnmente utilizados para tratar estos tipos de problemas son:

- Recapado asfáltico. Construcción de recapado delgado (40 – 50 mm) de mezcla asfáltica en caliente sobre la superficie existente. Asfaltos modificados son utilizados en ciertas oportunidades para mejorar el comportamiento del asfalto, con el objetivo de extender la vida útil del recapado. Sin embargo, recapados sucesivos (uno encima del otro) aumentan las cotas de la superficie, lo que puede causar problemas en el sistema de drenaje.
- Fresar y reemplazar. Este método remueve la capa deteriorada por agrietamiento del asfalto y luego la reemplaza, generalmente con un asfalto modificado.
- Reciclar una capa delgada de material asfáltico del pavimento existente. Este reciclado es realizado en el mismo lugar de la obra, como una aplicación en caliente (remezclado).

#### 1.1.4.2 Rehabilitación estructural

La rehabilitación para eliminar los problemas dentro de la estructura de pavimento se entiende como una solución de largo plazo. Debe tomarse en cuenta que la estructura de pavimento está deteriorada, y también los materiales que la componen. Además, mejorar el estándar de un pavimento existente por el

reforzamiento de la estructura (por ejemplo, una carretera no pavimentada de afirmado a estándares pavimentados) puede ser considerado como una forma de rehabilitación. Como una regla general, la rehabilitación estructural debería apuntar a conseguir el máximo beneficio a partir del valor residual del pavimento existente. Esto implica que el material que se ha densificado no debería ser perturbado. El continuo efecto de consolidación del tráfico toma varios años en alcanzar esta alta densificación, y los beneficios que tal densidad ofrece debería ser aprovechada. Varias opciones típicas para rehabilitación estructural incluyen:

- Reconstrucción total. Esencialmente, la reconstrucción implica eliminar el material existente y construir de nuevo.
- Construcción de capas adicionales (tanto de material granular como de material asfáltico) sobre la superficie existente. Sin embargo un incremento en las cotas de superficie habitualmente produce problemas de drenaje y de acceso.
- Reciclado profundo hasta donde se encuentra el problema del pavimento, mediante el cual se crea una nueva capa homogénea y gruesa que puede ser reforzada con la adición de agentes estabilizadores.
- Combinar 2 métodos de reciclado: reciclado in-situ con reciclado en planta. Esta opción permite tratar pavimentos a una profundidad considerable. El procedimiento consiste en que una parte del material superficial sea removido temporalmente a un acopio. Luego, el material subyacente es reciclado / estabilizado in-situ. El material que se encontraba en acopio se trata en planta y posteriormente es colocado sobre el material reciclado / estabilizado in – situ. Así, la estructura rehabilitada presentará una capacidad estructural adicional sin aumentar significativamente las cotas finales de superficie.

El objetivo de considerar todas estas opciones de rehabilitación de pavimentos es determinar la solución con la mejor razón costo / efectividad. En el Anexo B.1 también se puede observar alternativas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos, propuesto por el Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVAL) en

el Estudio de Rehabilitación de Carreteras en el Perú, Aspectos de Evaluación de Pavimentos.

### **1.1.5 Factores predominantes para decidir por la alternativa del reciclaje de pavimentos asfálticos**

Datos particulares que se requieren para describir adecuadamente la factibilidad de la rehabilitación:

- Localización y tamaño del proyecto.
- Clases de carreteras.
- Seccionar el pavimento existente.
- Geometría de la vía.
- Características del tráfico.
- Características de la subrasante.

Para seleccionar la alternativa más eficaz de reciclaje se requiere tener en cuenta:

- Condición de la superficie.
- Condición de la estructura.

## **1.2 RECICLAJE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Se entiende por reciclaje a la reutilización (generalmente luego de cierto tratamiento) de un material de pavimento que ha cumplido su finalidad inicial, el cual puede emplearse para construir un refuerzo en la misma carretera o alguna capa de una calzada nueva. Se puede emplear parte o la totalidad, de una estructura de pavimento bituminoso para la fabricación de una mezcla asfáltica de calidad similar o superior a la existente o en la estabilización y mejoramiento de las capas granulares. Entre los factores fundamentales que han contribuido al desarrollo de estas técnicas se destacan las siguientes:

- La crisis energética causante de los significativos aumentos en los precios de los productos derivados del petróleo.

- El progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de los agregados pétreos de adecuada calidad y el incremento de sus precios en las canteras.
- Los aspectos ecológicos y la necesidad de conservar el medio ambiente, son factores que les otorgan actualmente la debida atención en los países más desarrollados.
- La critica disponibilidad de los recursos económicos destinados a proyectos nuevos o su insuficiencia para hacer frente a la continua y efectiva conservación, rehabilitación y reconstrucción de las redes viales existentes, ha obligado a estudiar y aplicar técnicas de mantenimientos menos onerosos pero con un comportamiento similar a las actuaciones convencionales.

### **1.2.1 Tipos de reciclaje de pavimentos asfálticos**

La asociación de Reciclado y Recuperación de asfalto (Asphalt Recycling and Reclaiming Association, ARRA), reconoce los cinco tipos de Reciclado de Pavimentos que se indican a continuación:

#### **1.2.1.1 Fresado en Frio (Cold Planning)**

Se remueve el pavimento asfáltico hasta una profundidad especificada y la superficie es restaurada, con las pendientes longitudinal y transversal deseadas, libres de lomos, huellas y otras imperfecciones superficiales, las irregularidades superficiales se quitan, dejando una superficie con textura uniforme. La remoción del pavimento o fresado se completa con la máquina de tambor giratorio autopropulsada para cepillado en frio. El pavimento asfáltico recuperado, en adelante RAP por sus siglas en ingles (Reclaimed Asphalt Pavement), es cargado en volquetes y acopiado, para ser reciclado en caliente o en frio. El equipo de fresado en frio está disponible para ajustarse a los requisitos de casi todos los tipos de producción que pulverizan en frio, desde los más pequeños servicios de trabajo hasta aplicaciones completas de carril. Con el desarrollo de las herramientas de corte de tambor de puntas más resistentes, los contratistas

han ideado avances tecnológicos eficaces para hacer del fresado en frío una opción económica para la rehabilitación de la carretera.

#### 1.2.1.2 Reciclado en caliente

Se combina el RAP con agregado nuevo (estos se analizan en su estado original) y cemento asfáltico, para producir una mezcla asfáltica en caliente. La comprobación de su rendimiento se hará como en una mezcla convencional. Si bien se usan plantas de calentamiento, comúnmente las plantas empleadas para producir la mezcla reciclada son las de tambor. El RAP en su mayor parte es producido por fresado en frío pero también puede elaborarse a partir de la remoción del pavimento y trituración. Los equipos y procedimientos para colocación y compactación de la mezcla son aquellos típicos de las mezclas asfálticas en caliente. El reciclado en caliente puede también ayudar a corregir y mantener la geometría longitudinal y transversal. El reciclado en caliente es una tecnología comprobada que proporciona una respuesta oportuna a los problemas de mantenimiento y de rehabilitación de las carreteras. Los proyectos realizados a través de diversos países han demostrado la rentabilidad y la calidad del pavimento producidas a lo largo del desarrollo de este proceso.

#### 1.2.1.3 Reciclado en caliente In – situ (HIR)

El reciclado se lleva a cabo en el lugar y el pavimento típicamente se procesa hasta una profundidad de 20 – 40 mm (3/4 – 1/2 pulgadas). El pavimento asfáltico es calentado, ablandado, y escarificado hasta la profundidad especificada. Se agrega una emulsión asfáltica u otro agente asfáltico en caliente en la medida necesaria. Una nueva capa de rodado puede también ser agregado con un paso adicional después de compactación. El HIR restablece la calidad de conducir en la carretera; mas no mejora ningún problema de la base o de la sub – base. Los tres métodos de reciclado en caliente in – situ son termo – escarificación, repavimentación y remezclado.

- Termo – escarificación, este método es apropiado para las carreteras que tiene una base estable y estructuralmente adecuada. La superficie del pavimento es calentada con calentadores de radiación, los escarificadores raspan y aflojan la superficie del pavimento, un aditivo

rejuvenecedor es aplicado para mejorar la viscosidad del ligante reciclado, la superficie es nivelada y luego compactada usando el equipo de compactación convencional; la superficie es preparada para la adición de una capa de rodado.

- Repavimentación, este método es similar a la escarificación con calentador, solo la capa superior se remueve completamente y luego es recubierta con una o dos capas de mezcla asfáltica en caliente.
- Remezclado, este método es utilizado cuando un agregado adicional es requerido para mejorar la resistencia o estabilidad. La carpeta asfáltica existente es removida a la profundidad indicada, luego es mezclada con agregado virgen o mezcla asfáltica nueva y/o agente rejuvenecedor, y colocada en una solo capa.

#### 1.2.1.4 Reciclado en frio

Si bien el reciclado en frio se realiza también empleando la planta central o fija, el método más comúnmente utilizado es el reciclado en frio in – situ (Cold In – place Recycling, CIR). En el CIR se basa en el principio que el pavimento bituminoso in – situ es una fuente de materiales que se puede utilizar para construir una capa bituminosa; habitualmente el pavimento asfáltico existente es procesado hasta una profundidad de 50 a 100 mm (2 – 8 pulgadas). El pavimento es pulverizado y el material recuperado se mezcla con la emulsión asfáltica o asfalto espumado; luego, se lo extiende y se lo compacta, construyéndose así una base estabilizada o mejorada.

Las bases recicladas en frio requieren una nueva superficie asfáltica. Para pavimentos de bajo tráfico, puede aplicarse un tratamiento de superficie con una emulsión. Para tráfico intenso, puede aplicarse un tratamiento de superficie con una emulsión modificada o una carpeta de rodamiento con una mezcla asfáltica en caliente. El concepto del CIR fue introducido en Canadá del Este en 1989, por esto, más de veinticinco millones de metros cuadrados de pavimento se han rehabilitado con este proceso desde ese año.

### 1.2.1.5 Recuperación Full – Depth

En este método, toda la sección de pavimento, y en algunos casos un volumen predeterminado del material subyacente, se mezcla con un agente estabilizador para construir una base estabilizada. Con este proceso constructivo, los problemas en la base pueden ser corregidos. Mediante la recuperación full – depth, aplicado a la sección entera del pavimento, se puede corregir secciones transversales descuidadas, aumentar la fuerza de soporte de carga de la base y utilizar el 100% de los materiales existentes. La crítica al éxito de este proceso es la prueba preliminar para establecer criterios de diseño de la gradación, el contenido residual del asfalto y el uso de aditivos. Esta técnica de reconstrucción requiere de una superficie de desgaste con un espesor que puede ser determinado por un análisis de los datos del tráfico. La recuperación full – depth consiste en seis etapas básicas: pulverización, incorporación de aditivos y/o agentes estabilizadores, extendido, compactación, perfilado y colocación de la nueva superficie asfáltica.

### 1.2.2 Pavimentos indicados para el reciclado

Usualmente son viejos pavimentos asfálticos, desde una mezcla asfáltica en caliente a una base granular con tratamiento superficial. Dichos pavimentos adolecerán de fisuración y de desintegración severa, tales como baches, ver Figura N° 1. 2. Frecuentemente la pobre condición del pavimento se debe a que este es, para el tráfico actuante, demasiado débil o de insuficiente espesor, y así es sobre esforzado. Todos los tipos de pavimentos asfálticos pueden ser reciclados: carreteras de bajo, medio y alto volúmenes de tráfico, caminos departamentales, calles urbanas, pistas de aeropuertos, y playas de estacionamiento. Muchos pavimentos asfálticos tienen bases granulares y algunos suelos arenosos en la sub – rasante, pudiéndose en ambos casos lograr un mejoramiento y un aumento en la resistencia mediante la estabilización con emulsión asfáltica o asfaltos espumados.

El reciclado de pavimentos puede emplearse en aquellos casos en que las fallas pueden atribuirse a la elevada rigidez del ligante asfáltico; al desprendimiento de los agregados; deformaciones plásticas que producen ahuellamiento, ondulaciones, corrimientos, etc.; pulimiento de los agregados superficiales que

disminuye la resistencia al deslizamiento; exudación de asfalto; fisuras y grietas ocasionadas por fatiga de las capa asfáltica o por la contracción producida por efectos térmicos.

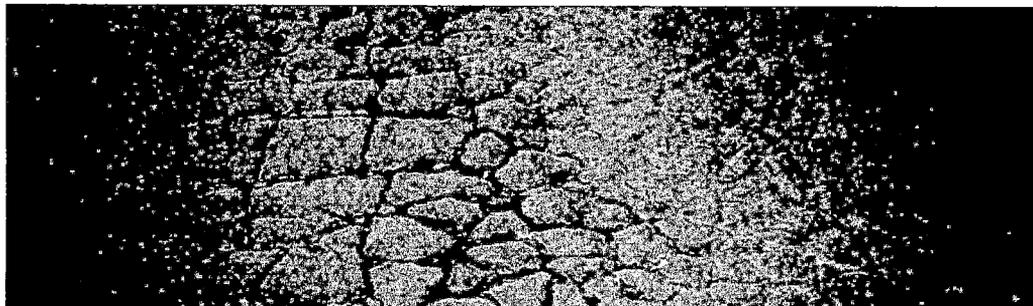


Figura N° 1. 2 Típico deterioro de pavimento por fatiga y con presencia de bombeo de finos.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 23

### 1.2.3 Ventajas del reciclaje respecto a un pavimento de carpeta asfáltica nueva

- Hay una preservación de los recursos naturales gracias a la reutilización/recuperación de forma parcial o total de los agregados y del asfalto en los pavimentos existentes.
- La disposición, como desecho, de los materiales del pavimento es reducida en gran parte o eliminada.
- Reduce la degradación del medio ambiente (explotación de canteras, acumulación de material en botaderos).
- Disminuye en muchos casos las distancias de transporte.
- Los perfiles y secciones transversales de los pavimentos son mejorados o restaurados.
- La fisuración puede ser controlada, ya que es normalmente reducida o demorada con el reciclado en frío in – situ y eliminada con la recuperación full depth.
- Permite la reducción del consumo de energía para el procesamiento de nuevos agregados (extracción del material de cantera, chancado/zarandeo, transporte del material proveniente de la cantera) y no requiere combustible para el calentamiento de materiales.

- Los gastos administrativos de obra y los costos de mantenimiento bajan considerablemente.

Adicionalmente a las mencionadas existen otras asociadas con la zona donde se apliquen y el nivel de implementación de los equipos necesarios.

### **1.3 RECICLADO EN FRÍO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

En éste capítulo se describen y se ejemplifican los equipos y operaciones más usados en el proceso de reciclado en frío. Además, se mencionan algunos de los más comunes agentes estabilizadores. Por otro lado, se discuten los beneficios generados a partir del uso de éstas técnicas, sin dejar de lado el análisis de los factores que influyen en la viabilidad del reciclado en frío en un proyecto específico. Cabe mencionar que las características del reciclado en frío (mencionadas a continuación), serán similares a las características de la recuperación full – depth de pavimentos asfálticos.

#### **1.3.1 Generalidades**

El reciclado en frío puede ser realizado en planta o in – situ. En planta, el reciclado se logra mediante el transporte del material recuperado de un pavimento existente a un depósito central, donde el material se trabaja con una unidad de procesamiento (como un mezclador continuo). In-situ, el reciclado se logra utilizando una máquina recicladora móvil.

En general, el proceso en planta es la opción más cara en términos de costo por metro cúbico de material. Esto se debe principalmente a los costos de transporte, que no existen en el reciclado in situ. Sin embargo, ambos métodos de reciclado tienen su nicho en la industria de la construcción.

##### **1.3.1.1 Reciclado en planta**

El tratamiento en planta permanece siempre como una opción que deberá ser considerada cuando el reciclado tiene aplicación, particularmente en aquellos proyectos que requieren una mezcla de materiales vírgenes a ser tratados, y

también cuando son tratados con asfalto espumado y luego almacenados en acopios para su uso posterior. Los principales beneficios del reciclado en planta versus el reciclado in situ son:

- Control de los materiales de entrada. Mientras que el reciclado in situ permite un control limitado del material recuperado del pavimento existente, el reciclado en planta permite producir un producto final específico al mezclar distintos tipos de agregados.
- Calidad de mezclado. Es posible realizar modificaciones en la operación de mezclado continuo para variar el tiempo en que el material es retenido dentro de la cámara de mezclado, cambiando la calidad de la mezcla.
- Posibilidades de acopiar el material. Particularmente en los materiales tratados con asfalto espumado, el producto producido puede ser almacenado y ser utilizado cuando sea requerido, y de ese modo evitar la dependencia de la producción de la mezcla y la colocación de la misma.

#### 1.3.1.2 Reciclado In-situ

Las máquinas de reciclado han evolucionado constantemente, desde las primeras máquinas modificadas para fresar y estabilizar suelos, hasta las recicladoras especializadas utilizadas hoy en día. Estas recicladoras son especialmente diseñadas para lograr la capacidad de reciclar capas de pavimento de gran espesor en una sola pasada. Las recicladoras modernas tienden a ser máquinas grandes y potentes, las cuales pueden estar montadas sobre orugas o sobre neumáticos de flotación.

El elemento más importante de una máquina recicladora es el tambor fresador-mezclador equipado con un gran número de puntas, especialmente diseñadas para este proceso. El tambor normalmente rota y pulveriza el material del pavimento existente, como se ilustra en la Figura N° 1. 3.

### 1.3.2 El proceso de reciclado en frío

En la actualidad, el tratamiento in – situ de los materiales de pavimentos es de uso generalizado, debido a la llegada de potentes máquinas recicladoras que pueden rehabilitar pavimentos a una fracción del costo de los métodos de reconstrucción convencionales. Además, considerando la situación de los pavimentos a nivel mundial, la rehabilitación de pavimentos existentes excede ampliamente la demanda por carreteras nuevas. Como consecuencia de esto, el reciclado in – situ ha sido adoptado en muchos países como el método recomendado para abordar el enorme trabajo pendiente en términos de rehabilitación de pavimentos.

La gran ventaja de estas máquinas es que permiten reciclar superficies de pavimento de gran espesor en una sola pasada, lo que obliga a sus diseñadores a hacerlas de gran tamaño y con mucha potencia. Estas máquinas funcionan con base en varias herramientas de corte que se encuentran dentro de un tambor fresador / mezclador, el cual gira y fresa el pavimento; esto se puede observar en la Figura N° 1. 3.

El tambor fresador / mezclador se encuentra dentro de una cámara de mezclado, a la cual ingresa agua a través de una manguera flexible desde un tanque conectado. El objetivo de la adición de agua es permitir que se alcance el contenido óptimo de humedad de compactación en la mezcla reciclada, y para ello se regula su paso por medio de un microprocesador, el cual gradúa el agua de manera exacta. Adicionalmente puede introducirse en la cámara de mezclado agentes estabilizadores como lo son las emulsiones asfálticas o lechadas de cemento / agua, individualmente o de manera combinada. Otro agente que puede ser adicionado es el asfalto espumado, el cual se inyecta en la cámara por medio de una manguera especialmente diseñada para tal efecto.

En algunas situaciones se emplea el cemento Portland como agente estabilizador en polvo. Este se dispersa delante de la máquina recicladora para luego ser mezclado con el material reciclado cuando la máquina realiza su operación.

El reciclado de pavimentos implica la configuración de un tren de reciclaje, el cual puede variar sus características dependiendo de la aplicación y el tipo de agente estabilizador empleado. Los equipos utilizados se acoplan mediante barras de tracción los cuales son tirados o empujados por la máquina. La Figura N° 1. 4, Figura N° 1. 5 y la Figura N° 1. 6 ilustran trenes típicos de reciclado.

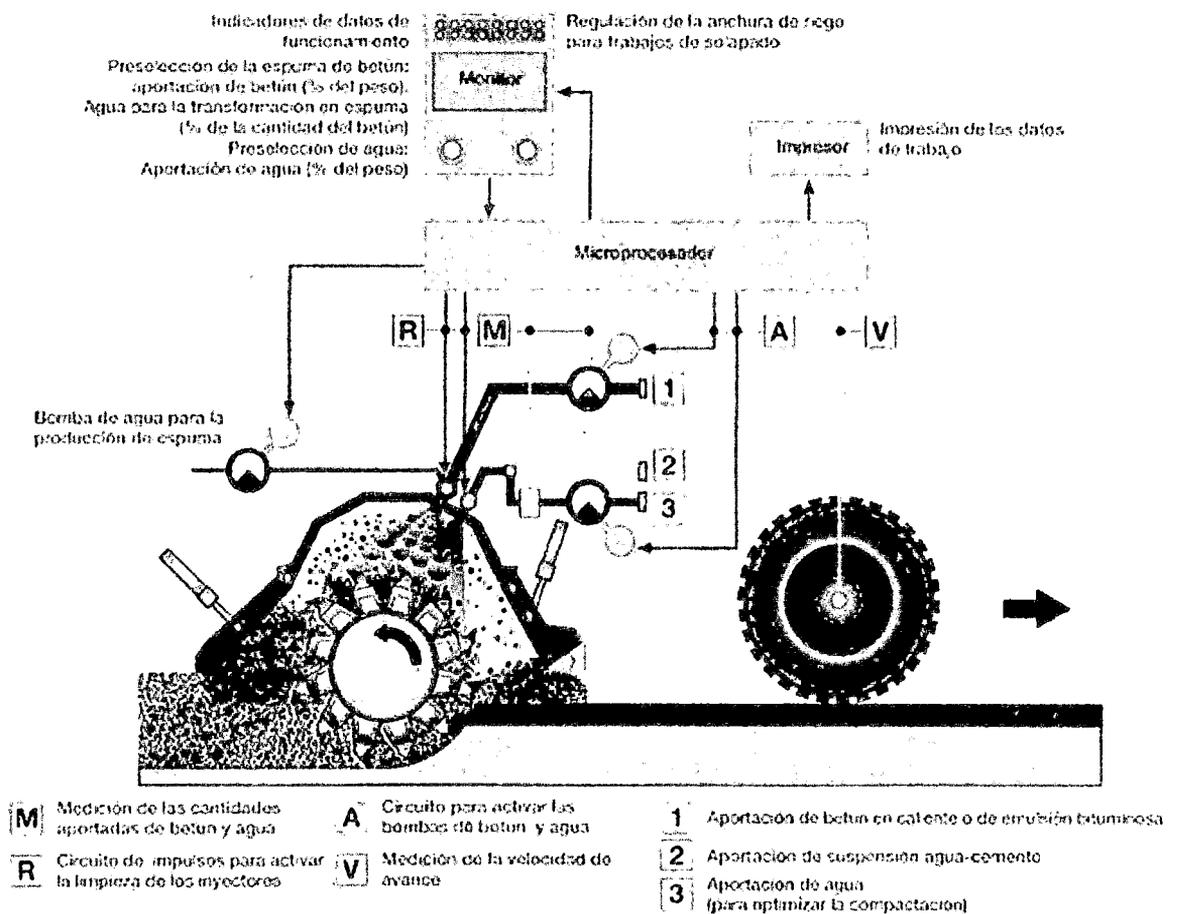


Figura N° 1. 3 Configuración del tambor fresador / mezclador y de los sistemas de inyección.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998. Pág. 25

El reciclado con cemento es una de las técnicas utilizadas en la cual el mezclador de lechada se ubica delante de la recicladora, siendo empujado por esta última como se muestra en la Figura N° 1. 4. La mezcladora reúne de manera exacta las cantidades preestablecidas de agua y cemento, para luego bombear esta mezcla a través de una manguera hasta la cámara mezcladora de la recicladora. En algunos casos se coloca el cemento en polvo delante de la máquina recicladora para no utilizar una mezcladora. Una vez reciclado el

material, se procede a su consolidación mediante el paso de un compactador de rodillo. A continuación se escarifica con una motoniveladora y finalmente se compacta usando una vibro compactadora.

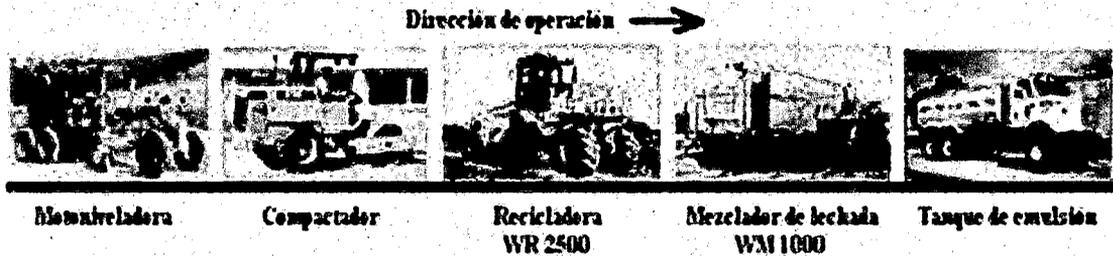


Figura N° 1. 4 Tren típico de reciclaje con cemento usando una máquina montada sobre llantas.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998. Pág. 26

En aquellos casos en que se use una mezcla de emulsión asfáltica con cemento, se acopla un tanque con emulsión al tren descrito anteriormente. Este tanque estará ubicado delante del mezclador de lechada, y cuando se use el cemento en polvo delante del mezclador, se acoplará directamente a la recicladora como se ilustra en la Figura N° 1. 4.

El tren de reciclado configurado en la Figura N° 1. 5 ilustra una recicladora sobre orugas, la cual es empleada en trabajos de reciclado con poca profundidad, como por ejemplo en pavimentos con capas asfálticas gruesas dentro de las cuales se realiza el reciclado. La recicladora puede estar provista de una plantilla pavimentadora, en este caso no será necesario el uso de una motoniveladora para perfilar la superficie.

Otro de los agentes estabilizadores es el asfalto espumado, este suele usarse cuando se reciclan pavimentos que contienen carpetas asfálticas, y piedras trituradas de buena calidad (afirmado). El tren de reciclado utilizado en este caso incluirá dos tanques delante de la recicladora, los cuales estarán provistos, uno de cemento asfáltico caliente y el otro de agua. Una variante de este tren de reciclado podría ser el uso de asfalto espumado y cemento, lo cual podría lograrse con la inclusión de una mezcladora de lechada, o distribuyendo el cemento en polvo delante del tren de reciclado. La Figura N° 1. 6 muestra dos trenes típicos empleados en el reciclado con asfalto espumado.



Figura N° 1. 5 Tren típico de reciclaje con emulsión asfáltica usando una máquina montada sobre orugas.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998. Pág. 26

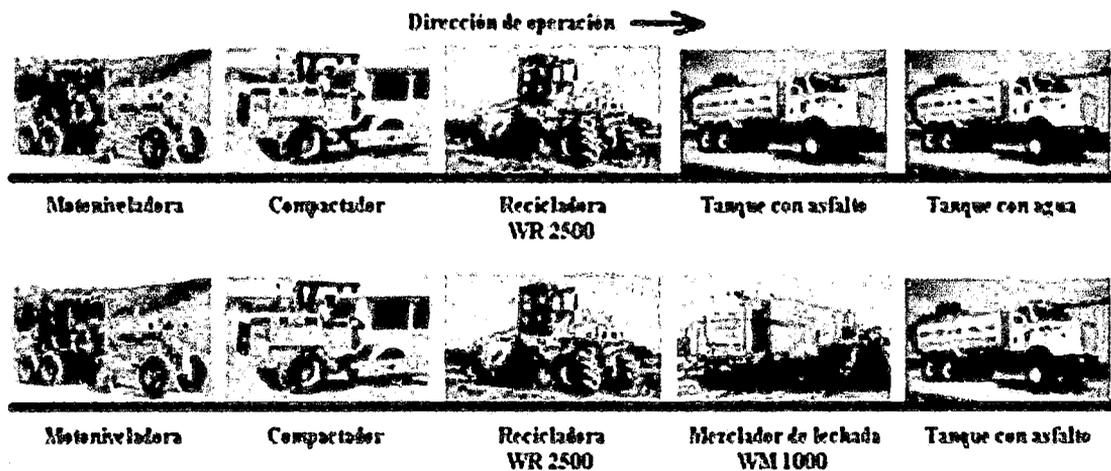


Figura N° 1. 6 Tren típico de reciclaje con asfalto espumado solo o combinado con cemento.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998. Pág. 26

### 1.3.3 Beneficios del reciclado en frío.

El reciclaje en frío es una técnica que ofrece múltiples beneficios, algunos más evidentes que otros:

- Ambientales. La totalidad del material existente es usado, por lo cual no se hace necesario la utilización de botaderos y, de esta manera, se minimiza la cantidad de material nuevo a importar. El daño que causa a las montañas en la explotación de las canteras se minimiza además de la reducción del transporte de materiales (que a su vez disminuye el tráfico

en los corredores viales). El Cuadro N° 1. 2 muestra las ventajas de tipo ecológico del reciclado en frío.

	MÉTODO CONVENCIONAL	MÉTODO DEL RECICLADO
Transporte de la excavadora	Necesario	No necesario
Excavadora para levantamiento de la vía	Necesario	No necesario
Camiones para retirar el material	Necesarios. Costos elevados	No necesario
Costos del botadero	Muy elevados y difícil de encontrar	Se prescinde
Camiones para transportar	Necesarios. Costos elevados	Solo en casos excepcionales
Niveladora para extender el material	Siempre necesario. Costos elevados	Solo necesario sino se dispone de regla
Maquinaria de compactación	Necesario	Necesario
Duración de los trabajos	Considerable	Corta
Daños adicionales en las vías como consecuencia de los trabajos	Muy alta	Mínimo

Cuadro N° 1. 2 Ventajas del tipo ecológico del reciclaje en frío.

Fuente: MÚNERA, Sergio – MÉTODOS Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS DEL RECICLADO DE PAVIMENTOS EN VÍAS URBANAS - 1999. Pág.12

- Calidad de las capas recicladas. La mezcla de materiales con el agua y agentes estabilizadores es manejable, consistente y de alta calidad, debido a que todos los procesos son controlados por microprocesadores. Estos últimos dosifican (de acuerdo al diseño establecido en laboratorio) en la medida exacta la cantidad de agua y de agentes estabilizadores a la cámara mezcladora, la cual realiza una enérgica mezcla de todos los componentes obteniendo así una excelente mezcla.
- Integridad estructural. Como producto final del reciclaje en frío se obtiene capas unidas de gran calibre, contrario a lo que se observa en los

pavimentos construidos convencionalmente, en los que las capas delgadas tienen uniones muy débiles.

- Inalterabilidad de la subrasante. Debido a que el reciclaje en frío es una operación de una sola pasada, se exponen las subrasantes pobres a una menor alteración que la que sufren, cuando se usan equipos de construcción convencionales. Las subrasantes tienen que soportar una sola pasada de la recicladora, ya sea de orugas o de ruedas de alta flotación; mientras que los equipos convencionales someten las subrasantes a altos y repetidos esfuerzos, que se traducen en levantamientos obligando a reemplazar con material importado.
- Menor tiempo de construcción. Debido a la alta productividad de las máquinas recicladoras modernas, la interrupción al tráfico es por un tiempo muy pequeño, beneficiando así a los usuarios.
- Seguridad del tráfico. Este es uno de los más importantes beneficios que ofrece el reciclaje en frío. El tren de reciclado configurado puede ser fácilmente acoplado a un solo carril de la carretera, lo que permite, en vías de dos carriles, que el segundo carril siga en funcionamiento normalmente. Adicionalmente, el carril reciclado durante el día puede abrirse al servicio al atardecer, permitiendo que la totalidad de la vía sea utilizada en óptimas condiciones.
- Economía. Si se tienen en cuenta todos los beneficios descritos anteriormente, el reciclaje en frío puede constituir una buena herramienta a considerar, en proyectos de rehabilitación de pavimentos obteniendo excelentes resultados de una manera económica.

#### **1.3.4 Aplicabilidad de los procesos de reciclado en frío.**

Cuando se decide rehabilitar un pavimento deteriorado, los métodos que poseen una mejor relación costo / efectividad tienden a ser específicos para cada proyecto. Cada proyecto es único en términos de la estructura del pavimento existente y de la calidad de los materiales que constituyen las capas del

pavimento y la subrasante. Por lo tanto, es importante utilizar la solución más apropiada y práctica para cada proyecto, tomando en cuenta los siguientes factores relevantes:

- **Región.** El entorno del sitio en estudio es un factor muy importante en la selección de la mejor solución. Así por ejemplo, la solución a escoger en un proyecto a realizarse sobre una vía urbana altamente transitada, no será la misma a seleccionar en un proyecto de rehabilitación de una carretera rural no pavimentada y poco transitada. Es necesario entonces, analizar cada caso y escoger soluciones totalmente diferentes pero con un objetivo común, el cual es ofrecer satisfacción total a los pobladores brindando el nivel de servicio que ellos consideren aceptable.
- **Ambiente físico.** Otros dos factores importantes a tener en cuenta para seleccionar el método de reciclado más apropiado, son la topografía y la geología del lugar. Además, la pendiente longitudinal de la vía influirá mucho en el tipo de reciclado posible a ejecutarse. El clima también constituye un factor muy importante en la selección del tipo de reciclado, ya que no es lo mismo reciclar en una zona desértica donde casi nunca llueve, que reciclar en un sitio con alta pluviosidad o una región con ciclos de congelamiento / deshielo.
- **Disponibilidad de materiales.** El tipo de reciclado óptimo en determinado sitio, estará altamente influenciado por la disponibilidad de materiales en la zona, y en especial, por la disponibilidad de agentes estabilizadores. El suministro y despacho de estos últimos limitarán la operación de las máquinas recicladoras, las cuales actualmente emplean grandes volúmenes de agentes estabilizadores.

#### **1.4 AGENTES ESTABILIZADORES ASFÁLTICOS**

Hoy en día, muchos de los diferentes tipos de agentes estabilizadores se utilizan mundialmente para mejorar las propiedades de los suelos naturales. Además de aumentar las propiedades de resistencia de un material, los agentes

estabilizadores mejoran la durabilidad y el comportamiento frente a efectos del agua y el medioambiente.

En muchas partes del mundo, los materiales de buena calidad simplemente no están disponibles para la construcción de caminos. Los costos de transporte de importar material adecuado han promovido el desarrollo de técnicas de estabilización para poder utilizar los recursos localmente disponibles. En muchas ocasiones, las resistencias requeridas pueden obtenerse de un material local "marginal", a través de la adición de pequeñas cantidades de agentes estabilizadores a un costo relativamente bajo. Estas técnicas son aplicables tanto al reciclado como a nuevas construcciones.

#### **1.4.1 Generalidades**

Debido a los grandes avances tecnológicos, el uso del asfalto como agente estabilizador ha incrementado enormemente su popularidad, aplicado tanto en su forma de emulsión como asfalto espumado. Estabilizar con asfalto es una manera efectiva, desde el punto de vista de los costos, de mejorar la resistencia de un material y reducir al mismo tiempo los efectos perjudiciales del agua. La estabilización asfáltica produce una capa relativamente flexible en comparación al mismo material tratado con cemento. El material estabilizado con asfalto no sufre del fenómeno de agrietamiento por retracción, lo cual previene la pérdida de áridos en la superficie o el desgaste bajo la acción del tráfico, y puede ser abierto al tránsito inmediatamente, debido a su resistencia inicial.

Reciclar con un agente estabilizador asfáltico crea un material que no tiene la apariencia típica de un pavimento asfáltico. Típicamente, una base de asfalto de graduación continua presenta un contenido de vacíos entre un 3 a un 6% y cada partícula es cubierta con una capa de asfalto delgada, actuando como un "adhesivo de contacto". El material estabilizado con asfalto está caracterizado por la dispersión de asfalto. Por lo tanto, se conforma un material granular con una matriz rica en asfalto, como se muestra en la Figura N° 1. 7. El contenido real de vacíos de este material después de compactado es rara vez menor que 10 % y la resistencia bajo carga tiende a ser tomada en parte por la fracción granular, que es capaz de resistir tensiones de compresión / aplastamiento

debido a la fricción inter – partícula, y en parte por la matriz fina estabilizada la cual presenta un comportamiento visco – elástico, capaz de resistir tensiones de tracción repetidas. Es por esto que se considera un material híbrido.

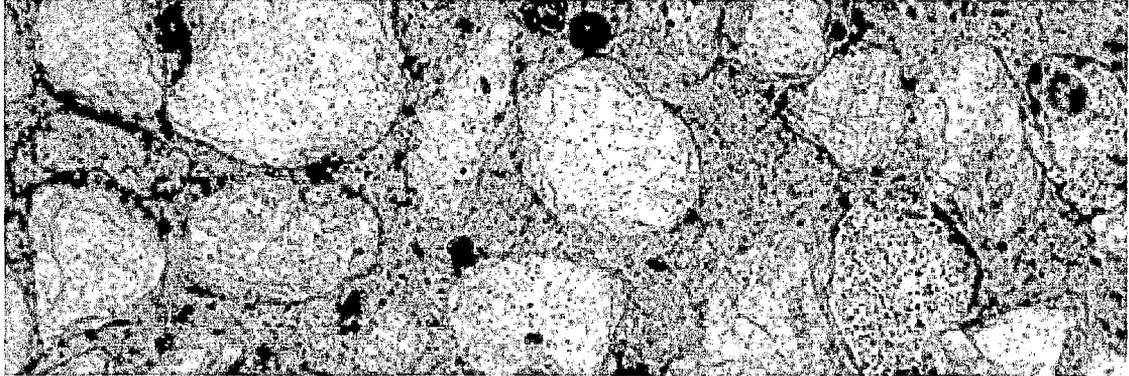


Figura N° 1. 7 Dispersión del asfalto espumado en la matriz de finos.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATINAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 65

Ciertos materiales marginales tratados con un agente estabilizador asfáltico no conservan en forma satisfactoria sus propiedades resistentes, por ejemplo, pierden resistencia al sumergirlos en agua. Esto puede ser enfrentado con la adición de un filler activo, tal como cal hidratada o cemento. En pequeñas cantidades el filler activo (0.5 a 1.5 % en masa) puede producir un aumento significativo de la resistencia retenida sin afectar las propiedades de fatiga de la capa. Es por ello que es una práctica común utilizar cemento o cal hidratada en conjunto con agentes estabilizadores asfálticos.

## 1.4.2 Tipo de agentes estabilizadores asfálticos

### 1.4.2.1 Estabilización con emulsión asfáltica

La mayoría de las emulsiones utilizadas como agentes estabilizadores tienen una componente de “asfalto residual” de 60%, que significa que el 60% de volumen de la emulsión está compuesto de asfalto disperso en un 40% del volumen que es agua. El porcentaje de asfalto puede, sin embargo, variar entre 30% y 70%, pero los porcentajes de asfalto mayores a 60% no son recomendables para el reciclado debido a que la emulsión se torna viscosa, más difícil de bombear y por lo tanto es más difícil cubrir el agregado.

Después de mezclar la emulsión con el suelo a estabilizar se produce el proceso de "rotura", que es la separación del asfalto de la fase de agua y la unión de las gotitas de asfalto con el agregado para producir una película continua de asfalto sobre la superficie de agregado. El exceso de agua del agregado se deposita en la mezcla. El lapso de tiempo entre el mezclado hasta la separación del agua de los glóbulos de asfalto se conoce como el tiempo de "rotura". El proceso de rotura es seguido por el curado, que es la pérdida del agua de la mezcla (principalmente a través de la evaporación) y el incremento de la rigidez y la resistencia a la tracción de la capa estabilizada de asfalto. Existen dos formas muy distintas de tratamiento que pueden ser logradas al utilizar una emulsión asfáltica:

- Proceso rejuvenecedor, aplicable a pavimentos antiguos con mezclas de asfalto en caliente. Al aplicar una emulsión asfáltica especialmente formulada al RAP se logra incorporar asfalto nuevo, permitiendo así que la mezcla sea colocada y compactada como una mezcla en frío. El criterio de diseño para tal proceso es esencialmente el mismo que para las mezclas asfálticas en caliente y los diseños de mezclas son realizados de acuerdo al método tradicional Marshall (con probetas de 100 mm de diámetro) o a los métodos más recientes con compactación giratoria.
- Proceso de estabilización, aplicable a los materiales granulares. Las probetas de muestra son fabricadas usando una compactación tipo Proctor y todos los procedimientos de mezclas utilizan las propiedades de resistencia para determinar el nivel de aplicación requerido. Siendo esencialmente un material granular mejorado, las capas de pavimento construidas de material estabilizado con asfalto deben tener espesores mayores a 100 mm.

#### 1.4.2.2 Estabilización con asfalto espumado

El asfalto espumado (también conocido como asfalto celular), se logra mediante un proceso, en el cual se inyecta una pequeña cantidad de agua fría (1 a 2% del peso del asfalto) y aire comprimido a una masa de asfalto caliente típicamente

entre 160 °C – 180 °C. En el estado espumado (un estado temporal de baja viscosidad), el asfalto puede ser agregado y mezclado con los agregados a temperatura ambiente y con contenidos de humedad in – situ. El proceso de asfalto espumado es análogo al de un panadero batiendo la clara del huevo para formar espuma de baja viscosidad, antes de mezclarla con la harina. En el proceso de batido, la clara del huevo se transforma en burbujas de películas delgadas llenas con aire, ocupando así un volumen mucho mayor; un estado necesario para la distribución homogénea entre las partículas finas de harina; haciendo posible, de esta manera, alcanzar una mezcla consistente.

El asfalto espumado puede ser utilizado como un agente estabilizador con una variedad de materiales, desde piedra chancada de buena calidad hasta gravas marginales con cierto grado de plasticidad. De forma similar a la estabilización con emulsión asfáltica (mencionada en la Sección 1.4.1 ), se debe agregar pequeñas proporciones de cemento o cal junto con el asfalto espumado. El objetivo es mejorar la resistencia retenida en condiciones de humedad.

## CAPÍTULO II: TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Desde la aparición de los vehículos motorizados, el asfalto ha sido un importante material de construcción de vías. Su uso más común es el de sellante de las capas superiores del pavimento, o mezclado con agregados para ser empleado en la construcción de las capas superiores del pavimento. En esta serie de aplicaciones, el asfalto puede ser aplicado de tres formas:

- Como un cemento asfáltico.
- Como un asfalto líquido.
- Como un producto emulsificador con químicos en una suspensión acuosa (emulsión asfáltica)

Sin embargo, actualmente existe una cuarta forma de aplicación, la cual está ganando aceptación en numerosos proyectos de construcción vial alrededor del mundo: El Asfalto Espumado.

La primera persona en darse cuenta del potencial de usar asfalto espumado como agente estabilizador fue el profesor Ladis Csanyi en la Estación Experimental de Ingeniería (Engineering Experiment Station) en la Universidad de Iowa (Iowa State University) en 1956. Esta tecnología fue refinada más tarde por la organización Mobil Oil Australia que desarrollo la primera cámara de expansión para mezclar agua con asfalto para generar espuma, ver Figura N° 2.1. A pesar de que la aplicación del asfalto espumado fue desarrollada en los años '50, esta tecnología comienza a arraigarse de manera más sistemática a partir de 1991 (año en que expira los derechos sobre la patente de invención perteneciente a la compañía Mobil Oil Australia), debido a la disponibilidad libre en el mercado de sistemas para la fabricación de la espuma y a la necesidad de recuperar muchos miles de kilómetros de carreteras alrededor del mundo.

Las pruebas principales de la aplicación de esta tecnología, eran hechas en secciones cortas de camino y acompañadas por un esfuerzo de investigación limitado. Los procedimientos de diseño de mezclas y la caracterización de los

materiales fueron basados en probetas de 100 mm de diámetro fabricados con la compactación Marshall estándar, de manera similar al procedimiento de la tecnología al asfalto en caliente. A medida que se hizo evidente el hecho que el material tratado con asfalto espumado se comportaba de distinta forma al asfalto en caliente, la estabilidad y fluencia del Marshall fueron gradualmente reemplazadas por ensayos de tracción indirecta, procedimientos que, como se describe más adelante, son utilizadas hasta el día de hoy.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL ASFALTO ESPUMADO

La técnica del asfalto espumado permite expandir el asfalto y producir mezclas asfálticas de un modo muy diferente a los sistemas tradicionales. La mezcla íntima que se produce entre asfalto y agregado es también diferente, pero sin embargo, este tipo de mezclas tiene un comportamiento estructural similar a una mezcla tradicional. Las mezclas con asfalto espumado presentan ventajas especiales frente a mezclas tradicionales, las más importantes son las del tipo energéticas y ambientales.

El asfalto espumado (también conocido como asfalto celular), se logra mediante un proceso, en el cual se inyecta una pequeña cantidad de agua fría (1 a 2% del peso del asfalto) y aire comprimido a una masa de asfalto caliente (160° C - 180° C), dentro de una cámara de expansión (ver Figura N° 2. 1), generando espontáneamente espuma (un estado temporal de baja viscosidad).

El proceso de expansión se puede explicar de la siguiente manera: en el momento en que las gotas de agua fría toman contacto con el asfalto caliente, se produce un intercambio de energía entre el asfalto y las gotas de agua, lo que eleva la temperatura del agua hasta los 100°C (punto de ebullición del agua). Esta transferencia energética genera, en forma instantánea, vapor y una expansión explosiva del asfalto. Las burbujas de vapor son forzadas a introducirse en el asfalto dentro de la cámara de expansión. El asfalto, junto con el vapor de agua encapsulado, es liberado desde la cámara a través de una válvula (dispositivo rociador) y el vapor encapsulado se expande formando burbujas de asfalto contenidas por la tensión superficial de éste, hasta alcanzar un estado de equilibrio. Debido a la baja conductividad térmica del asfalto y del

agua, las burbujas pueden mantener el equilibrio por pocos segundos (10 – 30 segundos). Este proceso ocurre para una gran cantidad de burbujas. A medida que la espuma se enfría a temperatura ambiente, el vapor en las burbujas se condensa causando el colapso y la desintegración de la espuma. La desintegración de la burbuja (o colapso de la espuma) produce miles de gotitas de asfalto, las cuales al unirse recuperan su volumen inicial sin alterar significativamente las propiedades reológicas originales del asfalto.

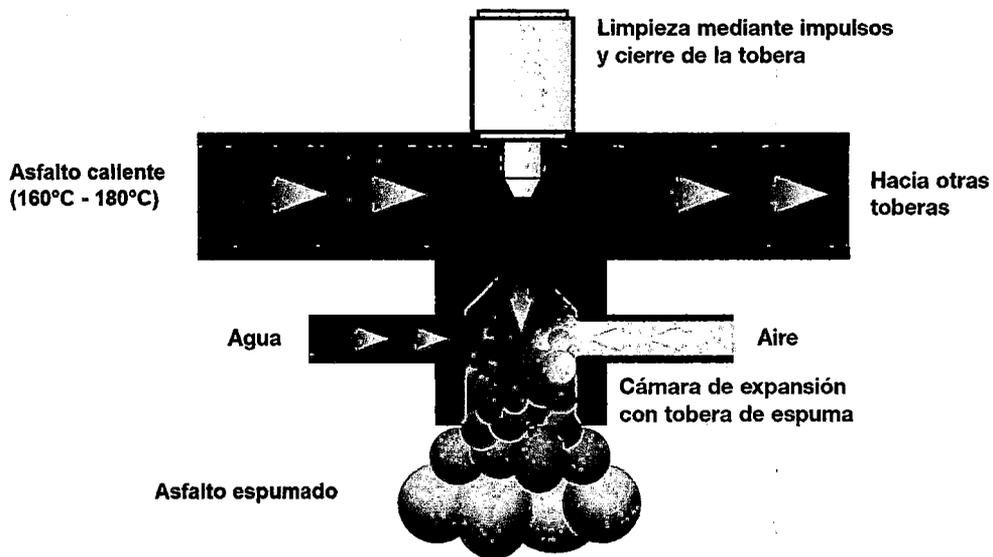


Figura N° 2. 1 Producción del asfalto espumado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 81

Por lo mencionado anteriormente, el proceso de espumado del asfalto es dependiente del cambio de estado del agua, de líquido a vapor, un proceso que está acompañado de una expansión de unas 1500 veces el volumen original del líquido, a una presión atmosférica normal. Por esto, dos parámetros principales han sido desarrollados para ayudar en la caracterización del asfalto espumado; la Razón de Expansión y la Vida Media.

- **Razón de Expansión (Ex)**, es la medida de la viscosidad de la espuma que indica la trabajabilidad de esta, y su capacidad de cubrimiento y mezclado con los agregados. Se calcula como la razón entre el máximo volumen de asfalto en su estado espumoso y el volumen de asfalto original, ver Figura N° 2. 2.

- **Vida Media ( $T_{1/2}$ )**, es la medida de la estabilidad de la espuma y provee una indicación de la tasa de colapso de la espuma, entrega una idea del tiempo disponible para mezclar el asfalto espumado con los agregados antes de su colapso. Se calcula como el tiempo, en segundos, que transcurre para que la espuma colapse a la mitad de su máximo volumen, ver Figura N° 2. 2.

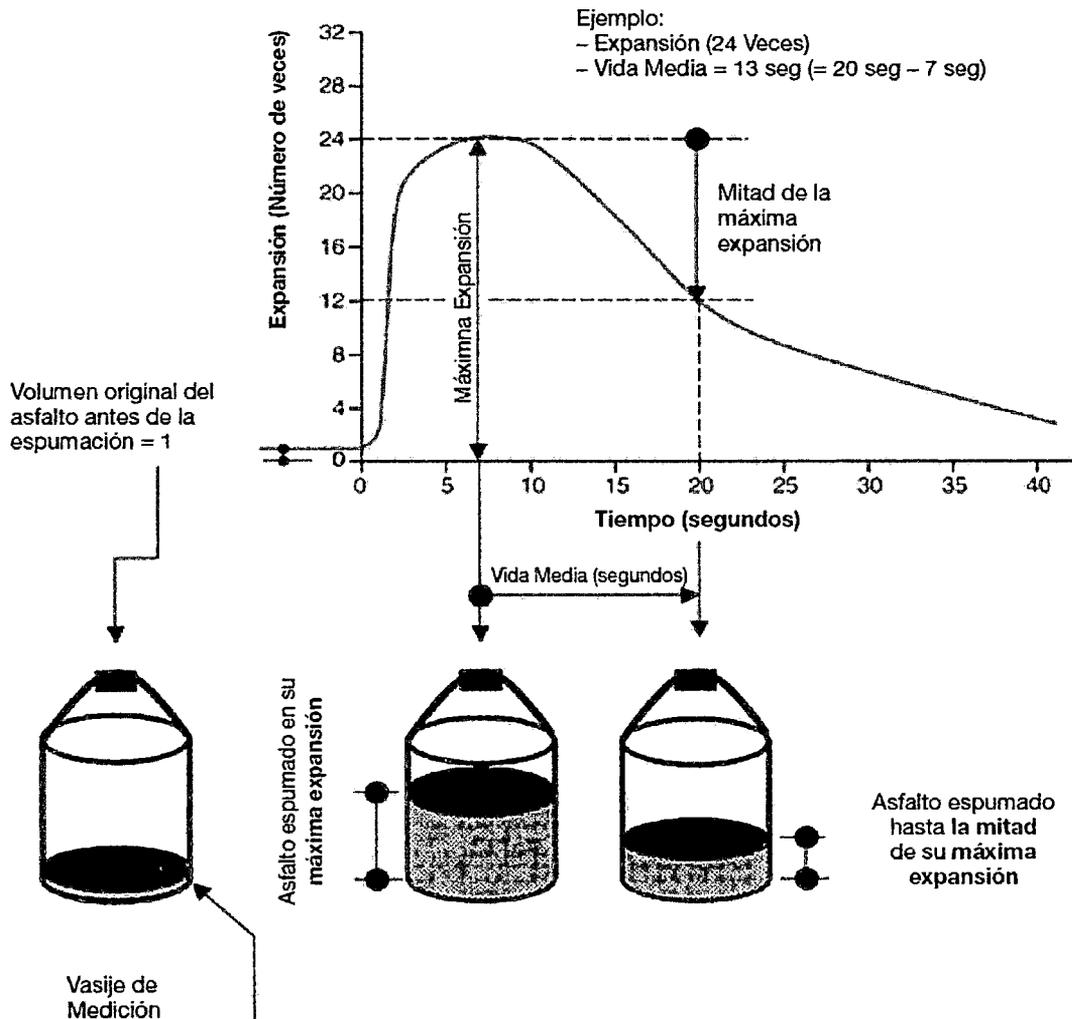


Figura N° 2. 2 Características del asfalto espumado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 83

Las características del espumado (Razón de Expansión y Vida Media) no son medidas exactas, sino más bien órdenes de magnitud. La Razón de Expansión y la Vida Media son propiedades que dependen de muchos factores, siendo las principales la temperatura del asfalto, y la cantidad de agua inyectada al asfalto

caliente durante el proceso de formación de la espuma. Lógicamente, entre mayor sea la Razón de Expansión, menos viscoso será el asfalto y por lo tanto se puede esperar una mejor dispersión (este concepto se definirá en la Sección 2.2.3 ) del asfalto en la mezcla. Así mismo, una mayor Vida Media implica que hay más tiempo disponible para que el asfalto sea mezclado con el material mientras esta aun en su forma espumada.

A mayores temperaturas de espumado y mayor cantidad de agua, se incrementa la Razón de Expansión, así mismo este aumento en la adición de agua causa una reducción en la Vida Media. Sin embargo el mejor espumado es generalmente considerado como aquel que optimiza tanto las propiedades de Razón de Expansión como la Vida Media. Para llevar a cabo dicha optimización es necesario graficar ambas propiedades en una sola grafica, como se muestra en el Gráfico N° 2. 1, para distintas cantidades de agua y diferentes temperaturas. En general no existen especificaciones estándar para optimizar estas propiedades, pero es recomendable aumentar levemente el valor óptimo de la Vida Media, a partir del punto de intersección, aun en desmedro de la Razón de Expansión.

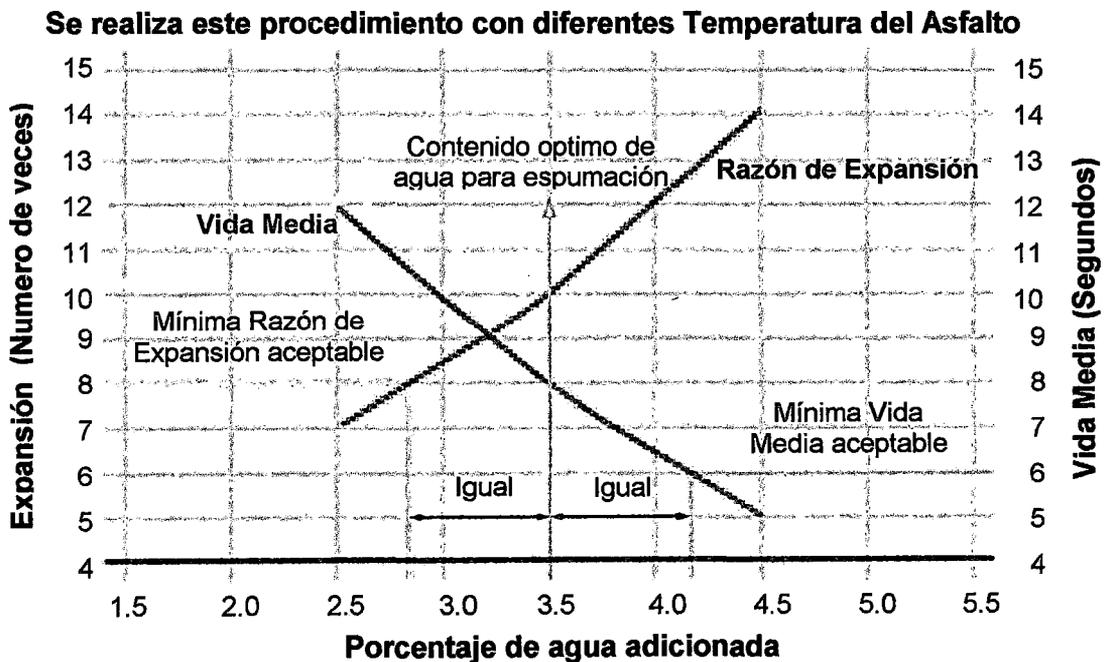


Gráfico N° 2. 1 Determinación del contenido óptimo de agua para la espumación.

Fuente: Elaboración propia

En la práctica, el ingeniero especialista necesita entender estas relaciones y determinar la cantidad de agua, medida como un porcentaje de la masa del asfalto, que producirá una espuma de máxima Razón de Expansión y de mayor Vida Media posible. Cabe mencionar que estas propiedades también pueden ser mejoradas por la introducción de aditivos químicos al asfalto, al agua o ambos, en la producción de la espuma. Tales aditivos son esenciales cuando han sido introducidos agentes anti – espumantes al asfalto durante el proceso de manufactura.

### **2.2.1 Factores que influyen a las propiedades de la espuma**

Se considera que la mejor espumación del asfalto, se lograra cuando se optimiza tanto la Razón de Expansión como la Vida Media. La determinación de las propiedades espumantes de un asfalto se presentara en el siguiente capítulo (Capítulo III), bajo los procedimientos descritos por el diseño de mezclas de material tratado con asfalto espumado (Capítulo IV). La Razón de Expansión y la Vida Media están afectadas por:

#### **2.2.1.1 Adición de agua**

Incrementar la cantidad de agua empleada para generar asfalto espumado, aumenta efectivamente el volumen de la espuma, en una magnitud de 1500 veces. Por lo tanto al aumentar el tamaño de las burbujas creadas, causa un incremento en la Razón de Expansión. Sin embargo, el aumentar el tamaño individual de las burbujas reduce el espesor de la película del asfalto que las rodea, haciéndolas menos estables, resultando en una reducción de la Vida Media. Por ello la Razón de Expansión y la Vida Media están relacionadas de forma inversa a la cantidad de agua que es añadida, como se muestra en el Gráfico N° 2. 1.

#### **2.2.1.2 Tipo de Asfalto**

Generalmente se usan asfaltos con valores de penetración entre 80 y 150 para la espumación, pero existen asfaltos más rígidos que cumplen con los requisitos mínimos de espumación, estos fueron utilizados en el pasado, cuando se iniciaba el desarrollo de la tecnología del asfalto espumado. Por razones

prácticas, los asfaltos más rígidos son generalmente evitados porque producen una espuma de peor calidad, generando una dispersión (este concepto se definirá en la Sección 2.2.3 ) más pobre.

#### 2.2.1.3 Fuente de Asfalto

Algunos tipos de asfaltos tienen una mejor espumación que otros debido a su composición química. Por ejemplo las propiedades espumantes de los asfaltos en Venezuela exceden enormemente a aquellos de otras fuentes. Se sabe además que algunas refinerías introducen agentes anti – espumantes al asfalto durante el proceso de manufactura, ya que la espumación del asfalto es considerada una molestia en el proceso de refinado.

#### 2.2.1.4 Temperatura del Asfalto

La viscosidad del asfalto goza de una relación inversa con la temperatura; a medida que la temperatura aumenta la viscosidad se reduce. Si la viscosidad del asfalto se reduce, mayor será el tamaño de la burbuja que se formara cuando el agua cambie de estado físico, en el proceso de formación de la espuma. Debido a que el agua adicionada emplea la energía del asfalto, en el intercambio de energía, la temperatura del asfalto antes de la espumación debe exceder la temperatura establecida en el laboratorio o por lo menos los 160 °C para poder obtener un producto satisfactorio. El rango de temperaturas en donde se debería trabajar en el laboratorio (para obtener la temperatura deseada que satisfaga la optimización de los parámetros de espumación, mencionados anteriormente) varía entre los 160 °C y 180 °C.

#### 2.2.1.5 Presión del Asfalto y del Agua

El asfalto y el agua son inyectados en la cámara de expansión a través de pequeñas aberturas. El incrementar la presión en las tuberías de suministro, causa que el flujo que pasa a través de estas aberturas se atomice. Mientras más pequeñas son las partículas individuales mayor es el área de contacto disponible, mejorando así la uniformidad de la espuma. Bajas presiones (menores a 3 bares) afectan negativamente tanto a la Razón de Expansión como a la Vida Media.

### 2.2.1.6 Aditivos

Existen muchos productos en el mercado que van a afectar las propiedades espumantes del asfalto, tanto negativa (agentes anti – espumantes, como la silicona) como positivamente (agentes espumantes). Usualmente, los agentes espumantes son sólo requeridos cuando el asfalto ha sido tratado con un agente anti – espumante (normalmente durante el proceso de refinado). La mayoría de los agentes espumantes son añadidos al asfalto antes de calentar a las temperaturas de aplicación y estos tienden a ser sensibles a la temperatura, siendo su vida efectiva bastante corta. Para obtener los beneficios de añadir un agente espumante, el asfalto debe ser utilizado dentro pocas horas. Sin embargo, estos productos son generalmente caros y se consideran sólo como un último recurso para mejorar las propiedades de un asfalto difícil de espumar.

El cortar el asfalto con petróleo diesel ha probado ser exitoso en reducir suficientemente su viscosidad como para alcanzar una espuma aceptable. Sin embargo, esto no es recomendado a menos que sea llevado a cabo por un proveedor de asfalto.

### 2.2.2 Características aceptables para el proceso de espumación

Todos los asfaltos que se pretenden usar para espumar deben ser ensayados en el laboratorio para determinar sus propiedades espumantes. El objetivo de este ejercicio es encontrar la combinación de temperatura de asfalto y adición de agua, que consigue un espumado óptimo (La mayor Razón de Expansión y Vida Media).

Cada tipo asfalto es distinto; incluso diferentes partidas de asfalto de una misma fuente van a variar; sin embargo, siguiendo un simple procedimiento de laboratorio se puede determinar el porcentaje de agua y la temperatura para cada tipo de asfalto, que se desee espumar. Los parámetros determinados en laboratorio serán utilizados en campo a escala real. No hay límites superiores para las propiedades del espumado, el objetivo siempre debe apuntar a producir la mejor calidad de espuma requerida para la estabilización. Existen problemas cuando un asfalto no produce una buena espuma, generando la necesidad de proveer límites inferiores.

A continuación se muestra algunos valores de Razón de Expansión y Vida Media, encontrados en las diferentes bibliografías.

Penetración del Asfalto	Razón de Expansión	Vida Media (seg)
60/70	10 - 12	8 - 12
80/100	10 - 15	9 - 14
150/200	15 - 22	12 - 18

Tabla N° 2. 1 Valores de Razón de Expansión y Vida Media, por el tipo de asfalto recomendada por Wirtgen GmbH.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998

En el Manual también se menciona que la dispersión (este concepto se definirá en la Sección 2.2.3 ) adecuada de la espuma y la estabilización efectiva son posibles cuando las razones de expansión son tan bajas como 8 y la vida media como 6 segundos. El procedimiento para obtener los valores óptimos de los parámetros de espumación se muestra en el Gráfico N° 2. 1.

Temperatura del Agregado	10 ° C a 25 ° C	Mayor a 25 ° C
Razón de Expansión	10	8
Vida Media (seg)	6	6

Tabla N° 2. 2 Valores mínimos de los parámetros del Asfalto espumando recomendados por Wirtgen GmbH.

Fuente: WIRTGEN GMBH-WIRTGEN COLD RECYCLING TECHNOLOGY – 2010. Pág. 137

	Razón de Expansión	Vida Media
<b>Bowering y Martin</b>	10 – 15	2 – 3 minutos
<b>Ruckel (1983)</b>	Valores superiores a 8 o 15	Mínimo 20 segundos
<b>Maccrrone y otros (1995) con el uso de ciertos agentes de superficie activa.</b>	Superiores a 15	Mayores a 60 segundos
<b>Experiencia Surafricana</b>	Superiores a 10	Alrededor a 10 segundos

Tabla N° 2. 3 Valores de Razón de Expansión y Vida Media recomendados.

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso – INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS – 2002. Pág. 642

El profesor Kim Jenkins, a fines de los '90, desarrolló el concepto de "Índice de Espumación" para medir la combinación de Razón de Expansión y Vida Media. Se define el Índice de Espumación como el área bajo la curva obtenida de graficar la Razón de Expansión versus el tiempo, ver el Gráfico N° 2. 2, concluyendo que a mejores propiedades de espumado, mejor el Índice de Espumación y mejor el producto estabilizado alcanzado.

En su investigación comparó el efecto del Índice de Espumación con la temperatura del material al tiempo de mezclado, concluyendo que a medida que la temperatura del material aumenta, un menor Índice de Espumación puede ser usado para alcanzar una estabilización efectiva. Estas experiencias serán descritas en la Sección 2.3.1 .

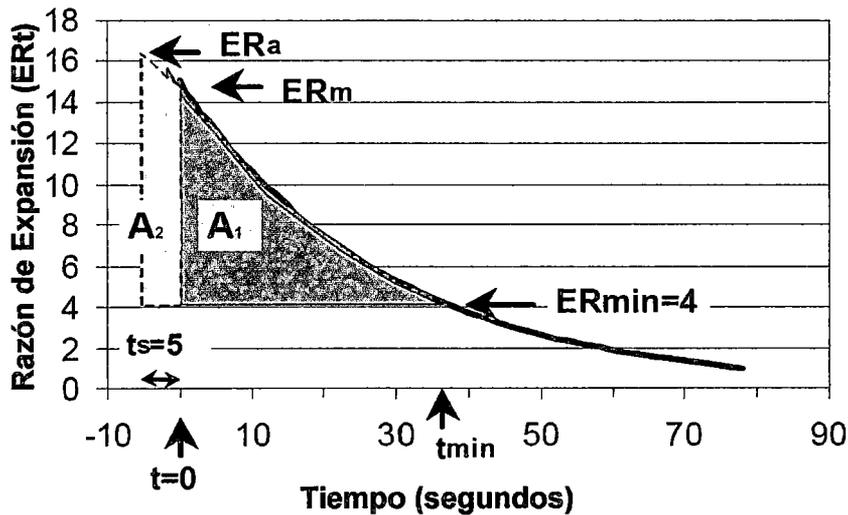


Gráfico N° 2. 2 Índice de Espumación.

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 10

Dependiendo de la aplicación del asfalto espumado, se emplea diferentes valores de las propiedades de la espuma, por ende distintos valores de Índice de Espumación, ver Cuadro N° 2. 1. Cuando el material a tratar, contiene contaminantes se requerirá altas valores de Razones de Expansión, para mejorar el cubrimiento; mientras que en los tratamientos superficiales, se recomiendan altas Vidas Medias.

Asfalto Espumado Tipo de mezcla	Valores mínimos deseados		
	Razón de Expansión	Vida Media	Índice de Espumación
Tratamientos superficiales	10	30	131
Mezcla en frío	15	15	164
Mezclas asfáltica templada con RAP	17	13	180
Con contaminantes	25	10	257

Cuadro N° 2. 1 Valores deseables de las características de la Espuma.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998

### 2.2.3 Dispersión del asfalto espumado

El material estabilizado con asfalto espumado no tiene un aspecto de color negro, ver Figura N° 2. 3, a diferencia de las mezclas asfálticas en caliente o mezclas empleando emulsión asfáltica.

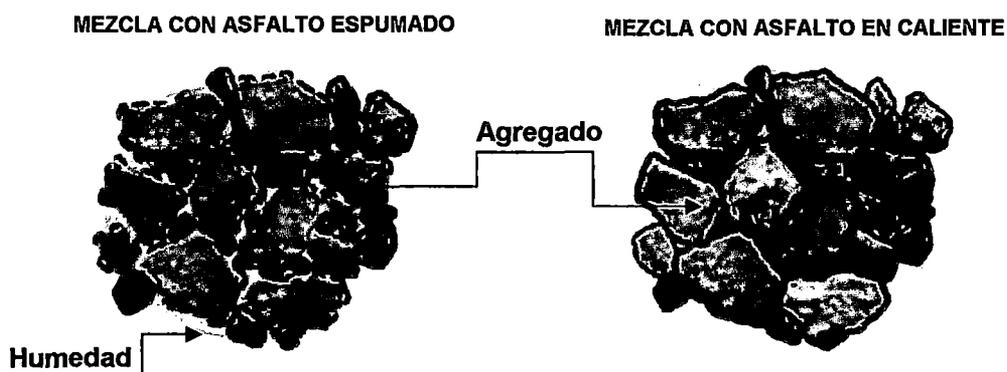


Figura N° 2. 3 Aspecto de la mezcla con asfalto espumado y asfalto en caliente.

Fuente: WIRTGEN GMBH –WIRTGEN COLD RECYCLING TECHNOLOGY – 2010. Pág. 20

En estas figuras se muestra la diferencia notable del cubrimiento del asfalto con el agregado, esto se debe a que las partículas más gruesas del agregado no se cubren totalmente con el asfalto. Cuando el asfalto espumado entra en contacto con el agregado, las burbujas de asfalto revientan en millones de pequeñas gotas de asfalto que se adhieren a las partículas finas, específicamente la fracción menor a 0.075 mm (pasa el tamiz de la malla N° 200). Las pequeñas gotas de asfalto pueden intercambiar calor sólo con la fracción de filler y todavía

tener viscosidad suficientemente baja como para cubrir las partículas. La mezcla espumada resulta en una pasta de filler ligado con asfalto que actúa como mortero entre las partículas gruesas, ver Figura N° 2. 4. Por ende, hay un ligero oscurecimiento del color del material después del tratamiento, ver Figura N° 2. 5. La adición de cemento, cal o algún material fino similar (100% que pasa el tamiz de 0,075 mm) ayuda a dispersar el asfalto, particularmente donde el material reciclado es deficiente en finos (por ejemplo, menos del 5% pasando el tamiz 0.075 mm).

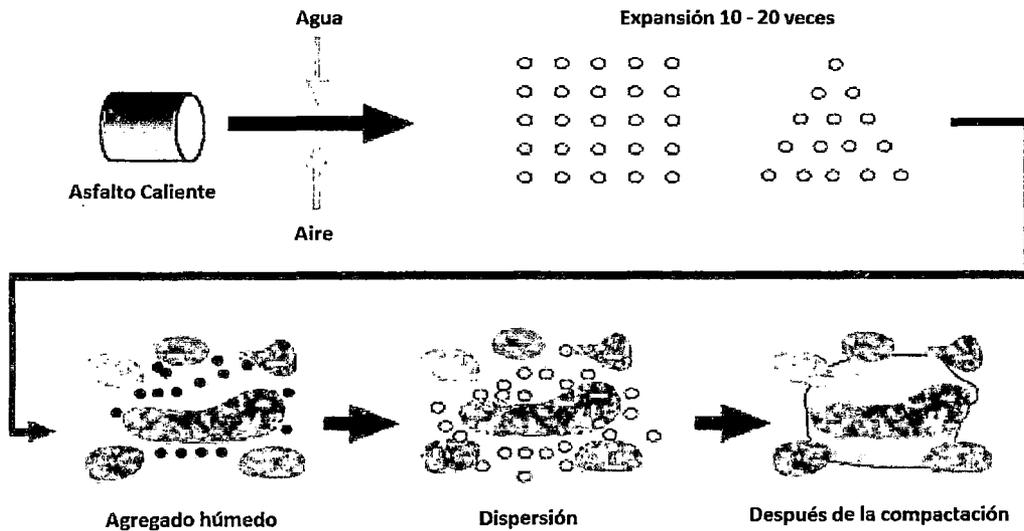


Figura N° 2. 4 Proceso de mezcla con los agregados.

Fuente: THENOUX Z., Guillermo y JAMET A., Andres – ASFALTO ESPUMADO: TECNOLOGÍA Y APLICACIONES – 2002. Pág. 27

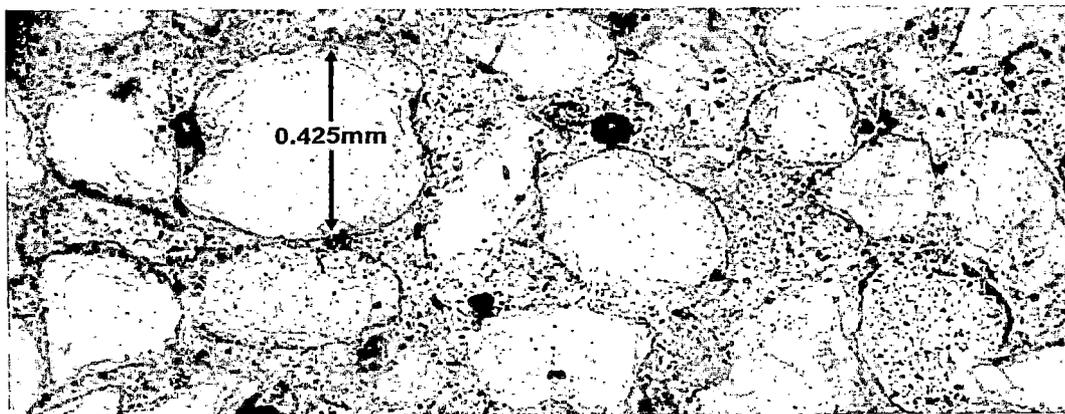


Figura N° 2. 5 Dispersión del asfalto.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 65

Investigaciones limitadas han mostrado que fillers activos (y en particular cemento) no solamente reemplazan al filler natural, sino que además proveen irregularidades en la superficie de las partículas debido a la acción puzolánica, a las cuales las partículas de asfalto tienden a adherirse.

Un asfalto espumado con una alta Razón de Expansión y una alta Vida Media, se dispersara de una manera más adecuada en el material pétreo, mejorando el cubrimiento de los agregados por el asfalto, y por tanto, las propiedades de la mezcla.

### **2.3 MATERIALES PARA EL TRATAMIENTO CON ASFALTO ESPUMADO**

Debido a la gran variedad de agregados que pueden ser empleados con la tecnología del asfalto espumado: arenas, gravas, piedra chancada, RAP y otros materiales tales como suelos marginales con plasticidad relativamente alta (ver Cuadro N° 2. 2), se establecen límites de tolerancia en los agregados, y se identifica la composición óptima del material que va a ser sometida al tratamiento con asfalto espumado. Estos materiales deben ser caracterizados considerando dos propiedades: su distribución granulométrica y el Índice de Plasticidad.

Una vez obtenida la curva granulométrica del agregado, esta debe ser comparada con la clasificación mostrada en el Gráfico N° 2. 3.

Si el material se encuentra en la Zona A de esta clasificación, es apropiado para ser empleado en carreteras con tráfico pesado. Los materiales de la Zona B son apropiados para tráfico liviano, pero su comportamiento puede ser mejorado mediante la adición de fracciones gruesas. Los materiales de la Zona C son deficientes en finos y no son apropiados para la estabilización a menos que su graduación sea mejorada mediante la adición de finos. El contenido de finos del agregado, es un parámetro fundamental debido a la influencia que tiene en el proceso de dispersión del asfalto y en general debe encontrarse sobre un 5%.

USC	Conveniencia para el tratamiento	Rango de contenidos de asfalto		Cohesión	Factores de equivalencia de capa	Comentarios
		Total	Óptimo			
GW	Buena	1.5 - 5.0	2.0 - 2.5	300 - 700	1.25 - 1.50	Mezclas permeables
GW - GM	Buena	1.5 - 5.5	2.0 - 4.5	300 - 400	1.25 - 1.33	Mezclas permeables
GP - GC	Buena	1.5 - 4.0	2.5 - 3.0	300 - 400	1.25 - 1.33	Baja permeabilidad
GC	Pobre	4.0 - 6.0	4.0 - 6.0	300 - 400	1.25 - 1.33	Impermeable Contenido de asfalto crítico, puede usarse añadiendo bajo % de cal
SW	Regular	3.5 - 5.0	4.0 - 5.0	100	-----	Requiere adición de finos que pase la malla N° 200
SW - SM	Buena	1.0 - 6.0	2.5 - 4.0	100 - 400	1.00 - 1.33	-----
SP - SM	Pobre	4.85 - 6.00 +	3.0 - 4.5	100	-----	Requiere asfaltos de baja penetración y adición de finos
SP	Regular	1.0 - 6.0	2.5 - 5.0	100 - 300	1.0 - 1.25	Posiblemente requiere adición de finos
SM	Buena	1.5 - 6.0	2.5 - 4.5	100 - 400	1.0 - 1.33	
SM - SC	Buena	2.5 - 6.0	4	400 - 700	1.33 - 1.50	
SC	Sola - Pobre	3.5 - 6.00 +	4.0 - 6.0	400 - 700	1.33 - 1.50	Requiere la adición de un pequeño % de cal
	Con cal - Buena	-----	3.0 - 4.0	-----	1.33 - 1.50	

Cuadro N° 2. 2 Materiales tratados con asfalto espumado.

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso – INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS – 2002. Pág. 643

En la presente tabla se muestra una clasificación de materiales, agrupados por el tipo de suelo, de acuerdo con su conveniencia para ser tratados con asfalto espumado, desarrollado por Bowering y Martin. Lograron esta clasificación a partir del análisis de los resultados de ensayos realizados sobre un total de 50 materiales. Observaron que los materiales adecuados para ser tratados con asfalto espumado se extienden desde arenas arcillosas de baja plasticidad, hasta gravas y piedras trituradas.

Las bandas granulométricas presentadas en el Gráfico N° 2. 3 tienen un amplio rango de tolerancia y pueden ser ajustadas con el objetivo de obtener una

granulometría que entregue la cantidad mínima de vacíos en el agregado mineral. Si se logra producir mezclas con un bajo contenido de vacíos, se obtiene un material estabilizado con asfalto espumado con excelentes propiedades.

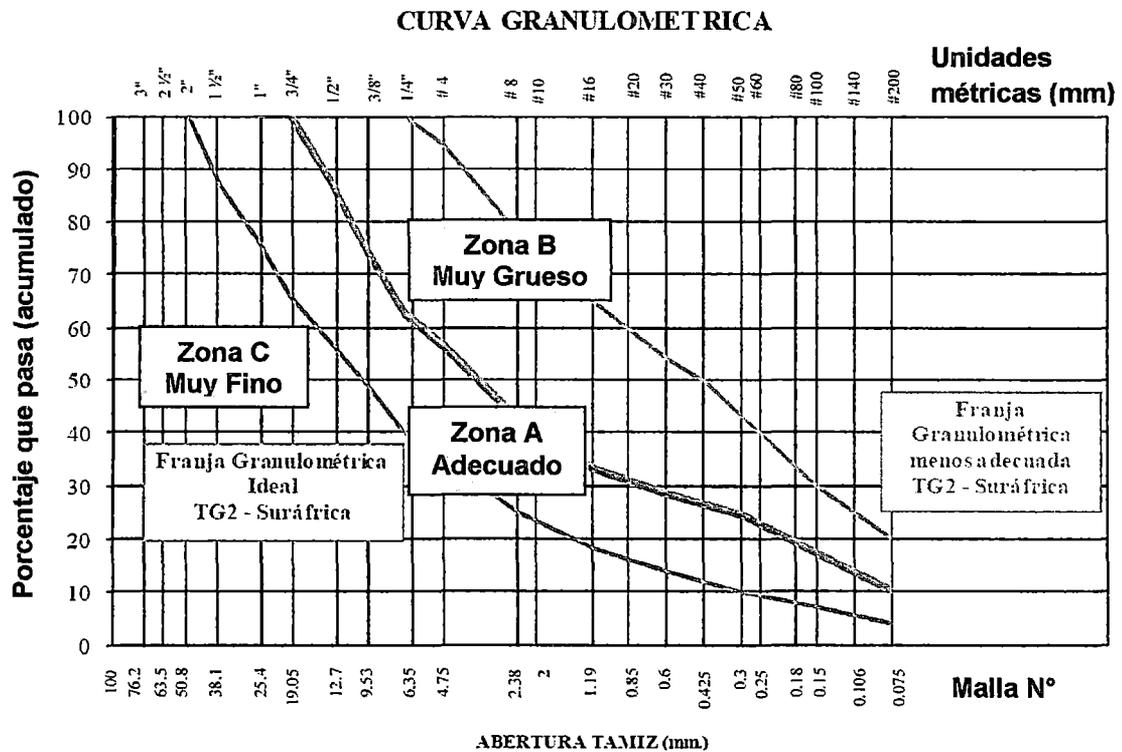


Gráfico N° 2. 3 Características de los materiales adecuados para el tratamiento con asfalto espumado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 86

Estas bandas fueron desarrolladas por Akeroyd & Hicks para Mobil Oil en 1988. Una relación única para conseguir la cantidad mínima de vacíos, que permite la variación en el contenido de filler, se presenta en la Ecuación N° 2. 1. Esta ecuación es útil, puesto que entrega flexibilidad respecto al contenido de finos de la mezcla. Un valor de  $n=0.45$  se requiere para obtener el mínimo de vacíos.

Ecuación N° 2. 1

$$P = \frac{(100 - F)(d^n - 0.075^n)}{(D^n - 0.075^n)}$$

Donde:

$d$  = tamaño seleccionado del tamiz (mm)

$P$  = porcentaje en peso del material que pasa el tamiz de tamaño ( $d$ )

$D$  = tamaño máximo del agregado (mm)

$F$  = porcentaje del contenido de finos (inertes y activos)

$n$  = variable que depende de las características del agregado

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 87

La escasa presencia de finos, disminuye la dispersión del asfalto espumado y tiende a formar filamentos de asfalto (aglomeraciones de material fino con asfalto), los que varían en tamaño dependiendo de la escasez de finos. Un porcentaje de finos muy bajo producirá largos filamentos, los que en la mezcla actuarán como un lubricante y producirán una disminución en la resistencia y estabilidad de material.

No obstante, los materiales cohesivos deben ser tratados con cuidado. Si bien los ensayos de laboratorio de estos materiales pueden arrojar un alto porcentaje de finos que pasan la malla de 0.075 mm de diámetro, generalmente la calidad de mezclado conseguida en terreno es deficiente. Este fenómeno se debe a la naturaleza plástica del material, la que produce que la fracción fina se aglomere, haciendo difícil la dispersión del asfalto en forma de espuma a través del agregado. Por ende, es el Índice de Plasticidad un indicador de la capacidad que tienen los finos para ser mezclados con el asfalto espumado. Dependiendo de los valores que alcance este índice se recomienda el uso de pequeñas cantidades de cemento de acuerdo con la clasificación mostrada en la Tabla N° 2. 4. En algunos países se adiciona 1% de cal (medida con relación a la masa del material tratado) para reducir la plasticidad de las gravas naturales y mejorar la adhesión entre el material tratado y el asfalto.

Índice de Plasticidad	Cantidad de cemento (% en peso del agregado)
IP < 10	1 %
10 < IP < 16	1.5 %
IP > 16	3 %

Tabla N° 2. 4 Recomendaciones para la incorporación de cemento a la mezcla con Asfalto Espumado.

Fuente: LOUDON, A.A. & PARTNERS – MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO WIRTGEN – 1998

Por lo expuesto anteriormente, es importante obtener una granulometría continua, en mejor de los casos con el tamaño del agregado menor a 2 mm, debido a la dispersión del asfalto espumado y a la facilidad en la compactación, ya que se reducen los vacíos y por lo tanto la susceptibilidad al ingreso de agua. Cuando sea necesario, se debe considerar la posibilidad de mezclar dos materiales para mejorar una granulometría deficiente. También es aconsejable el empleo de fillers activos (cemento, cal u otro material que pase en un 100% la malla N° 200) para reemplazar al filler natural, sin embargo si se emplease cemento, debe evitarse una dosificación de cemento superior al 1,5%, porque un porcentaje mayor de cemento tiene un efecto negativo, ya que produce la pérdida de flexibilidad en la capa estabilizada. El contenido de RAP que posea el agregado, también es un factor que influye tanto en las propiedades estructurales de la mezcla como en el contenido óptimo de asfalto, por lo cual es necesario evaluar esta influencia en laboratorio.

### **2.3.1 Temperatura del material para el tratamiento con asfalto espumado**

La temperatura del material a tratar con asfalto espumado es uno de los factores más importantes en la dispersión adecuada del asfalto espumado en la mezcla y, por lo tanto, en la resistencia de la nueva capa estabilizada. El concepto de Índice de Espumación desarrollado por el Profesor Jenkins representa las propiedades espumantes del asfalto (Razón de Expansión y Vida Media). En el desarrollo de su investigación el Profesor Jenkins demostró que el Índice de Espumación y la temperatura del agregado (al momento de producirse la mezcla) son factores importantes en la obtención de la dispersión. También menciona, que para obtener una buena mezcla, a temperaturas más bajas de los agregados, serán necesarios Índices de Espumación más altos.

Los resultados de estas investigaciones son relevantes, pero es importante comparar las condiciones de laboratorio y las condiciones que realmente se presentan en campo. La calidad de la espuma producida en la unidad de laboratorio es siempre inferior a la producida por la maquina recicladora. Esto se debe principalmente a que las presiones de trabajo empleadas en campo son mayores, y a que la continuidad en la operación del tren reciclador permite trabajar a temperaturas más altas. Por lo que es importante verificar las

propiedades de espumación en el terreno; estos valores verificados deberán ser relacionados con la temperatura del material reciclado (en todo el espesor de corte). Esta relación deberá ser comparada con los valores recomendados de la Tabla N° 2. 5. También se recomienda que el trabajo con asfalto espumado no se debiera realizar cuando la temperatura del material reciclado esté bajo los 10 °C.

Índice de Espumación	Razón de Expansión (implícito)	Temperaturas del agregado (°C)		
		Menor a 15 °C	15°C a 25 °C	Mayor a 25°C
Menor a 75	Menor a 8	Muy mala	Mala	Moderada
75 a 150	8 a 12	Moderada	Buena	Buena
Mayor a 150	Mayor a 12	Buena	Muy buena	Muy buena

Tabla N° 2. 5 Facilidad del asfalto espumado para dispersarse.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 88

### 2.3.2 Condiciones de humedad de los materiales

Otro aspecto que resulta importante en la elaboración de mezclas con asfalto espumado y que también tiene gran influencia en el comportamiento de las mismas, es el contenido de la humedad presente en los materiales, antes de ser tratados y en el momento de la compactación.

En los trabajos originales de estabilización de suelos con asfalto espumado realizados por el profesor Csanyi (a quien se le atribuye el origen de la tecnología), y en los diversos estudios realizados en Australia y otros lugares, han mostrado la necesidad de agregar agua al suelo o al agregado antes de adicionarle el asfalto espumado.

Respecto a esta necesidad el profesor Csanyi realizó la siguiente observación: “El agua añadida al agregado durante el proceso de mezcla, ablanda los materiales arcillosos o las fracciones duras, rompe las aglomeraciones y se distribuye uniformemente en la mezcla. El agua, además, separa las partículas finas y las suspende en un medio líquido, creando canales de humedad a través

de los cuales el asfalto espumado puede penetrar y cubrir todas las partículas minerales. La cantidad de agua no es crítica, procede a agregar lo suficiente para que la mezcla se haga satisfactoriamente. El exceso de agua es indeseable, porque hace que la mezcla se reblandezca demasiado y se reduce la cobertura de los agregados. La cantidad apropiada de agua para cualquier mezcla debe ser determinada haciendo pruebas de ensayo con el material”

Para algunos autores el concepto de contenido óptimo de fluidos para la compactación, tal como el empleado para mezclas como emulsiones asfálticas, resulta válido para las mezclas con asfalto espumado; en este concepto, se considera la acción lubricante del ligante y la del agua, de tal manera que el contenido de humedad de la mezcla para una compactación óptima, se reduce en la proporción en que se incrementa la cantidad del ligante.

En el libro de Ingeniería de Pavimentos para carreteras se menciona la Ecuación N° 2. 2, mediante el cual es posible calcular el contenido de la humedad requerido para alcanzar la máxima densidad, después de la compactación de mezclas elaboradas con asfalto espumado. Esta ecuación sugiere que con un mayor contenido de ligante se requerirá una menor cantidad de humedad de compactación.

Ecuación N° 2. 2

$$CHMD = 8.92 + 1.48 CHO - 0.4 PF - 0.39 CA$$

Donde:

*CHMD = contenido de humedad para máxima densidad*

*CHO = contenido de humedad óptimo*

*PF = porcentaje de finos*

*CA = contenido de cemento asfáltico*

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso – INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS – 2002. Pág. 644

Esta ecuación fue desarrollada por los investigadores Sakr y Manke en 1985. De acuerdo con la expresión anterior, el contenido óptimo de humedad para el mezclado resulta ser aproximadamente entre un 10 a 20 % mayor que el contenido de humedad requerido para la compactación (CHMD). Con él objeto de reducir el consumo de tiempo en el secado de material, después de

mezclado, para alcanzar la humedad de compactación y debido a que no se presentan diferencias significativas en las propiedades de las mezclas, Sakr y Manke sugieren que el valor de CHMD sea usado tanto para la mezcla como para la compactación.

En síntesis, las mezclas con asfalto espumado requieren un contenido definido de humedad de los materiales para reciclar el pavimento y alcanzar una buena dispersión de asfalto durante el proceso de mezclado, colaborando de esta manera con su compactación y, por lo tanto, con la estabilidad de la mezcla. Este contenido de humedad variara según el tipo de material y, en especial, con el contenido de la fracción inferior a 0.075 mm; pero, en general, se sugieren que el contenido óptimo de humedad (aquel que maximiza la densidad de la mezcla) se encuentra entre el 65% - 85% de la humedad óptima de compactación AASHTO T180. Las mezclas con bajas densidades son consecuencia de bajos contenidos de humedad, lo que se traduce en una inadecuada dispersión del asfalto espumado. Para el diseño se recomienda como contenido óptimo de humedad, el 75% de la humedad óptima de compactación obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. Resulta importante mencionar que la adición de agua a la mezcla, posterior a la inyección al asfalto espumado, no tiene efectos beneficiosos.

### **2.3.3 Muestreo del material, para el diseño de mezcla**

La metodología a emplear para la toma de muestras, del material que va a ser estabilizado con asfalto espumado, es muy importante, ya que en un control inadecuado o deficiente en la toma de muestra se traduce en ensayos no representativos que entregarán resultados erróneos, lo que puede traer serias consecuencias. Por lo tanto, debe tenerse conocimiento de tres factores importantes para la toma de muestras de dosificación:

- Profundidad del reciclado, y las proporciones de cada capa in – situ que será mezclada y conformará la capa compuesta.
- Variabilidad del material en la longitud de la carretera y la profundidad del pavimento existente. Esto significa que deben realizarse suficientes

diseños de mezclas como para considerar esta variación. En los casos donde la variabilidad es significativa, el material de cada capa debería ser separado en sus fracciones correspondientes, y luego ser mezclado en las proporciones requeridas. De esta forma, puede obtenerse una mezcla óptima y luego estudiar la influencia de la granulometría en la variabilidad de la mezcla tratada con asfalto espumado.

- Se debe preparar el material del pavimento que existe, para el proceso de mezcla. La utilización de una máquina pequeña de fresado para el muestreo del material asfáltico es el procedimiento más adecuado para obtener muestras representativas.

## **2.4 PROPIEDADES DE MATERIALES ESTABILIZADOS CON ASFALTO ESPUMADO**

En esta Sección se describirá las propiedades de ingeniería más importantes aplicables a los materiales estabilizados con asfalto espumado. Dichas propiedades se obtendrán cuando la aplicación del asfalto espumado es óptima, de acuerdo al procedimiento de diseño de mezclas descrito en el CAPÍTULO IV. En la Tabla N° 2. 6 se muestran rangos de aplicación del asfalto espumado, estos valores serán útiles para definir un contenido asfáltico aproximado en el diseño de mezclas (estos rangos de aplicación generalmente son aplicables cuando se utilizan un 1% de filler activo, cal o cemento, en las mezclas).

Los contenidos de asfalto espumado presentados en la Tabla N° 2. 6 son valores aproximados. El contenido óptimo de asfalto está definido por muchos otros factores además de la granulometría del agregado, y por lo tanto es importante que un diseño de mezclas sea efectuado para determinar el contenido óptimo de cada material. También se debe tomar en cuenta que, no es un requisito aplicar siempre el contenido óptimo de asfalto cuando se estabiliza con asfalto espumado. Dependiendo de la aproximación del diseño, un rango de contenido asfáltico bajo el óptimo puede ser suficiente para conseguir las propiedades requeridas. A este rango de aplicación se denomina "contenido mínimo de asfalto".

Porcentaje que pasa por la malla: (%)		Porcentaje de asfalto espumado (% en peso sobre el agregado seco)
4.75 mm (Malla # 4)	0.075 mm (Malla # 200)	
Menor que el 50 %	3.0 – 5.0	2.0 a 2.5
	5.0 – 7.5	2.0 a 3.0
	7.5 – 10.0	2.5 a 3.5
	Mayor a 10	3.0 a 4.0
Mayor que el 50 %	3.0 – 5.0	2.0 a 3.0
	5.0 – 7.5	2.5 a 3.5
	7.5 – 10.0	3.0 a 4.0
	Mayor a 10	3.5 a 4.5

Tabla N° 2. 6 Contenido de asfalto espumado relativo a la granulometría del agregado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 90

#### 2.4.1 Resistencia de los materiales estabilizados con asfalto espumado

La evaluación de la resistencia de los materiales estabilizados con asfalto espumado se realizara empleando la Resistencia a la Tracción Indirecta, en adelante ITS por sus siglas en inglés (Indirect Tensile Strength), en vez del ensayo Marshall. En la Tabla N° 2. 7 se muestra los valores de la resistencia de algunos materiales estabilizados con asfalto espumado.

Tipo de material	Probeta de 100 mm – Marshall		Probeta de 150 mm - Proctor
	ITS seco (kPa)	TSR (Razón)	
RAP / piedra chancada (mezcla 50/50)	250 a 600	0.8 a 1.0	120 a 250
Piedra chancada graduada	200 a 500	0.6 a 0.9	120 a 200
Grava natural (IP<10, CBR<30)	150 a 450	0.3 a 0.75	80 a 150

Tabla N° 2. 7 Resistencia a la tracción indirecta de materiales estabilizados con asfalto espumado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 91

El ensayo del ITS puede ser realizado en probetas de 100 mm o 150 mm de diámetro, confeccionados y curados siguiendo los procedimientos señalados en el CAPÍTULO IV. Además la susceptibilidad a la humedad del material será determinada en términos de de la Resistencia a la Tracción Retenida, en adelante TSR por sus siglas en ingles (Tensile Strength Retained), el cual será ensayado en probetas de 100 mm mediante la Ecuación N° 2. 3.

Ecuación N° 2. 3

$$TSR = \frac{ITS_{saturado}}{ITS_{seco}}$$

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 91

El valor de ITS saturado se obtiene sumergiendo las probetas curadas en agua después de 24 horas antes de realizar en el ensayo como se describe en el CAPÍTULO IV.

Investigaciones recientes han introducido la Resistencia a la Compresión no Confinada, en adelante UCS por sus siglas en inglés (Unconfined Compressive Strength). El resultado de este ensayo es importante especialmente cuando se estabiliza material de baja calidad. En Wirtgen Manual de Reciclado en frio propone un valor mínimo de UCS de 700 kPa para una probeta de 150 mm de diámetro, confeccionada con un esfuerzo de compactación del 100 % del Proctor Modificado (curado y ensayado con el contenido óptimo de humedad).

#### **2.4.2 Rigidez de un material estabilizado con asfalto espumado**

La rigidez de un pavimento o de un material estabilizado se mide a través del Módulo Resiliente, en adelante MR, el cual puede ser medido en el laboratorio si se somete a un ensayo de carga repetitiva. El ensayo de probetas Marshall de 100 mm de diámetro (curado y seco) a tracción indirecta a 10 Hz. y 25 ° C entrega los valores de la Tabla N° 2. 8, los cuales muestran los rangos de valores generalmente obtenidos.

Tipo de material	Módulo Resiliente (MPa.)
RAP/Piedra chancada (mezcla 50/50)	2500 a 4000
Piedra granular chancada	2000 a 3000
Grava natural (IP <10, CBR <30)	1500 a 3000

Tabla N° 2. 8 Rangos de MR típicos para material estabilizado con asfalto espumado, ensayados en laboratorio.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 91

Los modelos de diseño de pavimentos propuestos por la TG2: Guía Técnica: Diseño y uso de materiales tratados con asfalto espumado (TG2: Interin Technical Guideline: The design and use of foamed bitumen materials), asumen que el material presenta dos fases definidas como:

- Fase 1: Rápida pérdida de rigidez ante el tráfico sobre la capa estabilizada.
- Fase 2: Deformación permanente considerando valores menores de rigidez.

Mediciones realizadas en terreno han demostrado que la rigidez de una capa estabilizada con asfalto efectivamente se reduce durante su vida útil. Después de la construcción, la rigidez aumenta en la medida que el material se “cura”, y el contenido de humedad se reduce hasta alcanzar los niveles óptimos. Posteriormente, pareciera existir una fase de “acomodo” acompañada por una pérdida en la rigidez y también por una pequeña deformación permanente, presumiblemente debido a la consolidación del material producto de las cargas de tránsito. Las densidades de construcción van a determinar finalmente la magnitud de la deformación permanente que se producirá mientras la capa se asienta. Los nombres asociados a cada fase respectivamente debieran ser: fase de asentamiento y estado de régimen.

### **2.4.3 Tiempo de mezclado de un material estabilizado con asfalto espumado**

No existe un período de tiempo específico para trabajar el material estabilizado con asfalto espumado. Este dependerá fundamentalmente del contenido de humedad que el material mantenga. Entre más tiempo se mantenga al contenido óptimo de humedad, el período en que se puede trabajar es mayor.

### **2.4.4 Densidad de un material estabilizado con asfalto espumado**

La compactación deberá apuntar siempre a obtener la máxima densidad posible bajo las condiciones prevalecientes en terreno (denominado densidad máxima). En Wirtgen Manual de Reciclado en frío menciona una densidad mínima requerida, como un porcentaje de la densidad AASHTO modificada, generalmente entre un 98% y un 102% para bases estabilizadas con asfalto espumado; a veces se permitirá aceptar un gradiente de densidad a través del espesor de compactación. Esto significa que la densidad en la parte superior de la capa puede ser mayor que la de la parte inferior. Cuando se especifica de este modo, es normal incluir una desviación máxima de 2% para la densidad medida en el tercio inferior de la capa. Así, si la densidad promedio es especificada en un 100%, la densidad en la parte inferior de la capa debe ser mayor que 98%. Para agregados de mejor calidad (por ejemplo, CBR > 80%), es recomendable especificar una densidad absoluta.

## **2.5 APLICACIONES DEL ASFALTO ESPUMADO**

Existen principalmente dos tipos de aplicaciones para el asfalto espumado, el reciclado en frío de pavimentos asfálticos y la estabilización de suelos.

- El Reciclado en frío de pavimentos asfálticos, consiste en la recuperación del material de un pavimento asfáltico existente, el cual es mezclado con asfalto espumado, adiciones (cemento o cal) y agregados nuevos (si es necesario) para formar una base asfáltica que será colocada en el mismo lugar o en otro distinto. La recuperación puede ejecutarse mediante un equipo fresador capaz de disgregar el material o mediante métodos convencionales donde el proceso de disgregación ocurre con

posterioridad a la recuperación. En general el material recuperado está formado no sólo por concreto asfáltico disgregado, sino también por agregados aportados por la base y subbase granular existente.

- La estabilización de suelos, consiste en la estabilización de suelos de relativa baja plasticidad ( $IP < 16$ ) con asfalto espumado en donde los suelos pueden provenir de la recuperación de material de una carretera sin pavimentar o de material proveniente de nuevas canteras. Principalmente se emplean agregados recuperados cuya granulometría es mejorada por agregados nuevos (si es necesario), ya que uno de los objetivos de esta aplicación es obtener mezclas de bajo costo. El proceso de recuperación de los agregados es similar al descrito para el reciclado en frío de pavimentos asfálticos, es por esto que lo mencionado en los anteriores capítulos es válido para las dos aplicaciones.

Ambas aplicaciones pueden ejecutarse mediante tecnología en sitio y en planta:

- La tecnología en sitio requiere de un equipo fresador – mezclador, ver Figura N° 1. 3. Existen varios modelos y configuraciones para este tipo de equipos, pero en general todos poseen un tambor fresador – mezclador, en el cual el material es removido desde la superficie, triturado, mezclado con el asfalto espumado y extendido. La inyección del asfalto espumado en el agregado se realiza simultáneamente a través de varias cámaras de expansión individuales. Dependiendo de los aditamentos del equipo de reciclado, la mezcla puede quedar acordonada, extendida o extendida y nivelada. En este último caso se puede prescindir de motoniveladora.
- En la tecnología en planta el material es fresado, retirado y transportado hasta una planta donde se incorpora el asfalto espumado y se homogeniza la mezcla. Luego la mezcla se transporta hasta el frente de trabajo, donde es extendida por medio de motoniveladoras o preferentemente con pavimentadoras (ya que no se requerirá de nivelación) para luego ser compactada. Los tipos de plantas utilizadas permiten su instalación en lugares inmediatos al frente de trabajo. Esto,

permite reducir significativamente las distancias de transporte de materiales, además la tecnología en planta permite un mejor control de calidad de la mezcla mediante un control de su dosificación.

Tanto en el reciclado en frío de pavimentos asfálticos, como en la estabilización de suelos se coloca sobre la base asfáltica una carpeta de rodado del tipo sello de agregados, lechada asfáltica o una carpeta asfáltica. En caminos de menor importancia, la colocación de la carpeta de rodado puede incluso no ser necesaria.

El proceso del asfalto espumado ha mostrado ser, en otros países, una manera favorablemente económica de mezclar el asfalto con los agregados. No hay costo por el calentamiento del agregado, el cual es significativo en el costo de producción del asfalto. No hay ningún costo de manufactura, lo cual hace a la emulsión asfáltica relativamente costosa. El proceso de asfalto espumado emplea solamente asfalto en un grado de penetración constante, y agua.

### **2.5.1 Alternativas de solución empleando asfalto espumado**

En general los proyectos de rehabilitación de pavimentos presentan características particulares, cada proyecto es único; la profundidad del reciclado y el tipo de estabilización se encuentran establecidos por el tránsito estimado para el periodo de diseño, los materiales del pavimento existentes, la resistencia in – situ de la subrasante, el ambiente físico del lugar de aplicación, el ambiente socio cultural del lugar, etc. En esta sección se proporcionara directrices acerca de soluciones de reciclado, para algunas de las condiciones más comunes que se encuentran al rehabilitar pavimentos deteriorados. Estas directrices deben ser tomadas en cuenta como punto de referencia para futuras aplicaciones.

#### **2.5.1.1 Sustitución de mezcla asfáltica en caliente convencional por RAP estabilizado con asfalto espumado**

Numerosas aplicaciones han demostrado que el material de pavimentos asfáltico recuperado (RAP) estabilizado con asfalto espumado puede ser utilizado como una alternativa a una mezcla asfáltica en caliente, en adelante HMA por sus

siglas en inglés (Hot Mix Asphalt). Esto significa que la capa asfáltica en caliente puede ser sustituida con RAP estabilizado con asfalto espumado. Esto proporciona una oportunidad ideal para eliminar reservas de RAP no deseadas y conseguir beneficios en cuanto a minimizar los costos del proyecto e incluso obtener un producto superior.

Cuando el RAP es tratado, este toma la propiedad de un material granular grueso, con el asfalto espumado disperso en la matriz fina del agregado, y no se considera como material asfáltico ligante. A diferencia de una mezcla asfáltica en caliente convencional, el RAP estabilizado con asfalto espumado no es propenso al ahuellamiento de manera similar a un agregado de piedra chancada. Además, no es sensible a la temperatura.

Una vez obtenida la densidad de terreno producida por una gran energía de compactación (rodillos vibratorios pesados), el RAP tratado con asfalto espumado posee un contenido de vacíos relativamente alto comparado con las HMA. Además de mejorar "la estabilidad" y reducir la propensión a "fluir", este contenido de vacíos relativamente alto reduce la sensibilidad al agrietamiento térmico. Sin embargo, siendo esencialmente un material "granular", el RAP estabilizado con asfalto espumado siempre necesita una superficie de protección para prevenir el ingreso de humedad y el efecto de la abrasión del tráfico.

Numerosas investigaciones han concluido que el material de RAP estabilizado con asfalto espumado que mantiene el 100% de su resistencia seca cuando está saturado ( $TSR = 1$ , ver la sección 2.4.1), puede mantener un comportamiento similar a una HMA convencional.

#### 2.5.1.2 Reciclado en dos etapas para alcanzar mayor resistencia

Sustituir la capa de mezcla asfáltica en caliente (HMA) en el pavimento por RAP estabilizado con asfalto espumado, para grandes profundidades representa una operación de reciclado en dos partes. De este modo, las capas de subbase o subrasante que presenten problemas pueden ser tratadas (por lo general estabilizado con un agente cementante) y luego cubiertas utilizando el material removido inicialmente o importado de alguna de reserva de RAP. Este método

de trabajo es común en lugares donde no se encuentran agregados apropiados para realizar superficies de pavimentos para recapados.

El control de la profundidad durante la segunda etapa de reciclado es importante, ya que cualquier material no estabilizado intercalado entre las dos capas recicladas, puede conducir al deterioro prematuro del pavimento. Para evitar esta condición, es normal trabajar aproximadamente a 25 mm por debajo del espesor de la capa de base, con el objetivo asegurarse que el reciclado penetrará hasta la superficie de la futura subbase.

La Figura N° 2. 6 y la Figura N° 2. 7 ilustra las opciones típicas de las dos etapas de reciclado, con importación de material, y usando el material existente.

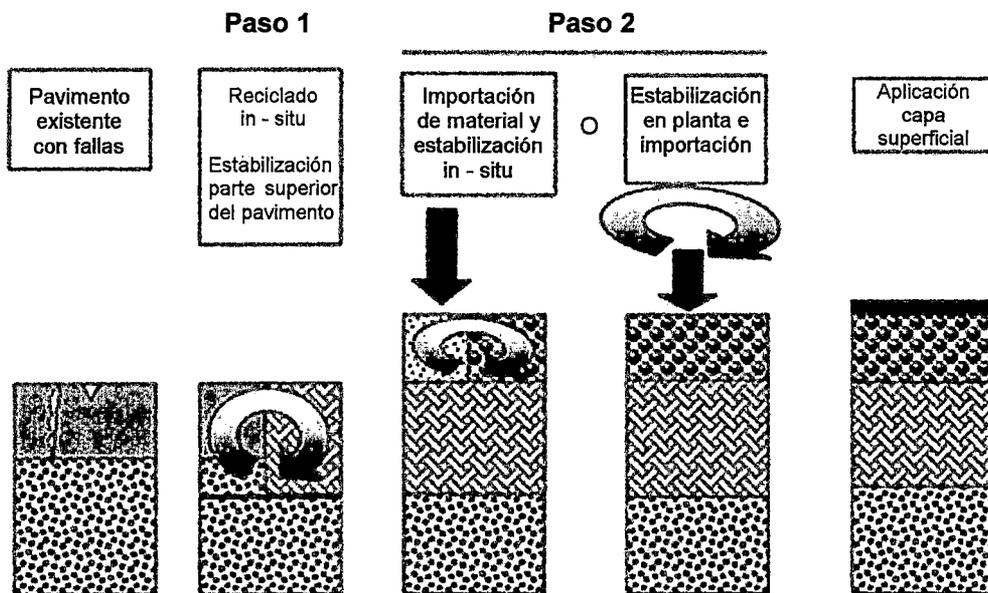


Figura N° 2. 6 Reciclado en dos etapas utilizando material importado.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 100

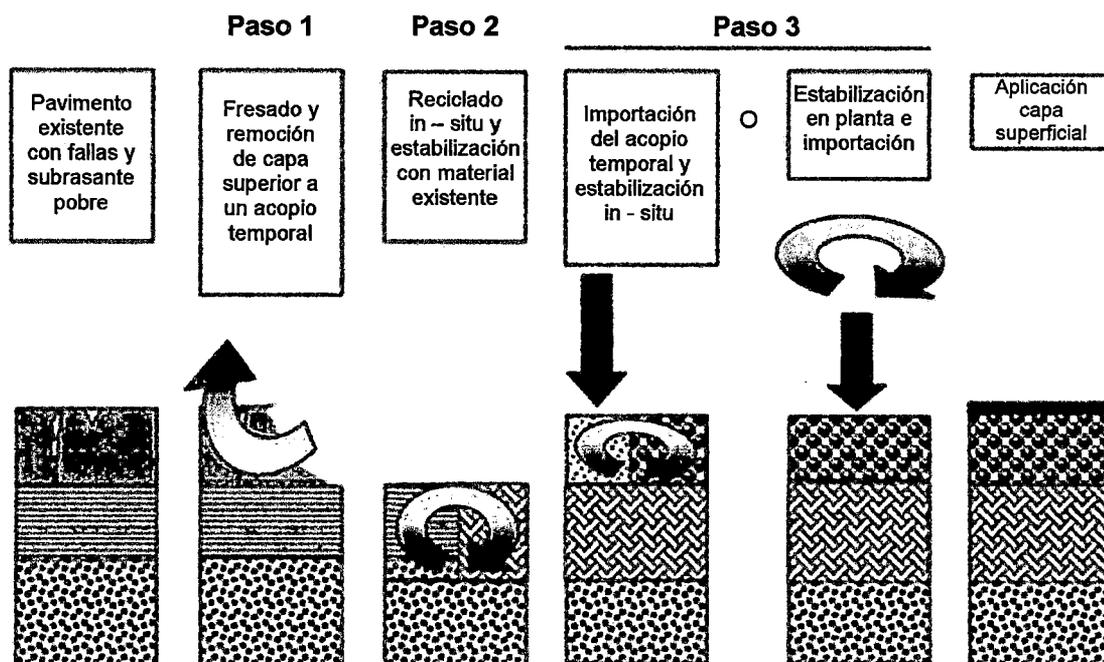


Figura N° 2. 7 Reciclado en dos etapas utilizando material existente.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 100

### 2.5.1.3 Reciclado in-situ en dos etapas

El deterioro del pavimento en caminos con bajo volumen de tránsito en ocasiones es producido por materiales sensibles a la humedad en las capas superiores del pavimento. Estos materiales frecuentemente se caracterizan por una alta plasticidad ( $IP > 10$ ), los cuales pueden ser tratados con cal hidratada.

Estos tratamientos son normalmente realizados reciclando hasta la parte inferior de la capa de subbase (200 – 300 mm de profundidad) y agregando entre un 2% a 4% de cal. Sin embargo, en ocasiones este proceso por sí solo no es suficiente para alcanzar las propiedades requeridas en la rehabilitación del pavimento, y por lo tanto es necesario construir capas adicionales o un segundo tratamiento (más delgado), normalmente aplicando un reciclado con un agente estabilizador bituminoso. Esta doble operación es conocida como "reciclado en dos etapas", ver Figura N° 2. 8.

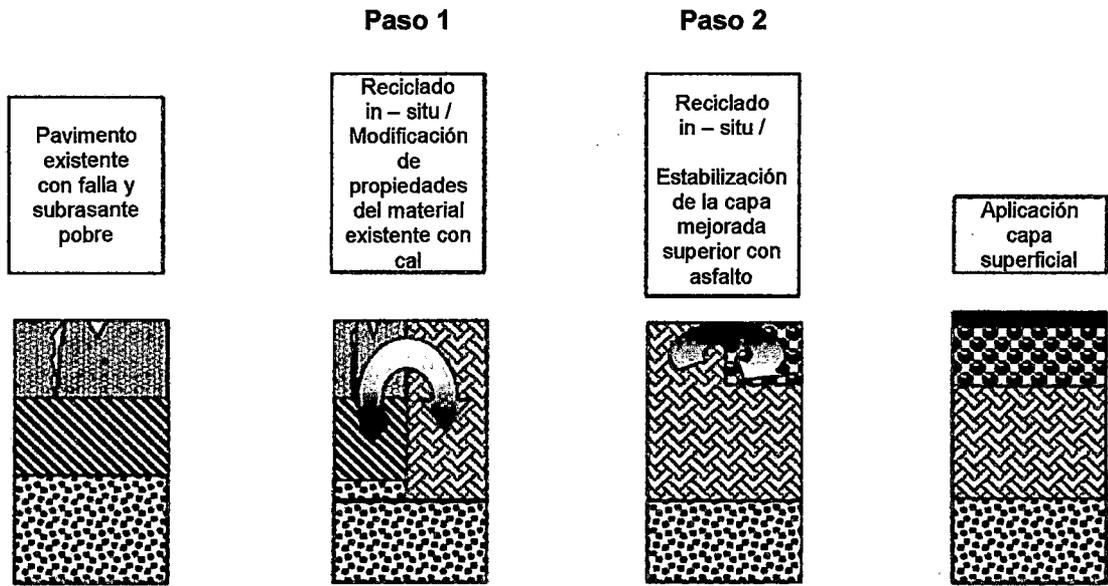


Figura N° 2. 8 Reciclado in – situ en dos etapas.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 101

## **CAPÍTULO III: CARACTERIZACIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO OBTENIDO EN LABORATORIO**

### **3.1 CARACTERIZACIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO**

Esta etapa tiene como objetivo determinar la temperatura del asfalto y la cantidad de agua a inyectar, que optimicen tanto la Razón de Expansión como la Vida Media. Ello se lograra midiendo la Razón de Expansión y la Vida Media de las espumas elaboradas, bajo diferentes condiciones de temperatura, presión de aire y concentración de agua que se adiciona al asfalto. Para llevar a cabo las mediciones en laboratorio de las propiedades de la espuma, se emplea un equipo de producción de asfalto espumado, cuya principal característica es poseer una cámara de expansión, idéntica a la empleada en campo, para producir la espuma de asfalto.

#### **3.1.1 Preparación del equipo para la obtención de las propiedades de espumación**

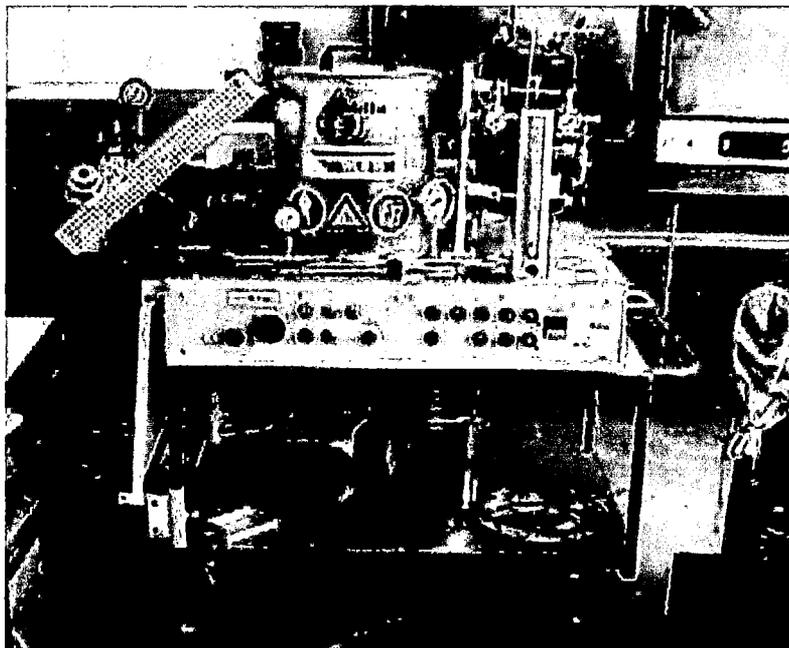
El equipo simulara el asfalto espumado que será producido durante la producción a gran escala. La planta de laboratorio de asfalto espumado consiste, esencialmente, en una caldera para calentar el asfalto, y dos sistemas de bombeo calibrados, uno para el asfalto caliente y otro para el agua usada en la producción de la espuma. Se inyectaran cantidades predeterminadas de asfalto caliente y agua fría en una cámara de expansión especialmente diseñada, donde el asfalto espumado será descargado a través de una boquilla.

Existen diferentes equipos que fueron empleados, para la generación de la espuma, durante el proceso de evolución de la tecnología del asfalto espumado. Para mencionar alguno de estos; el equipo empleado por el proyecto SCORE en el Centro de Investigación EUROVIA (artículo publicado por la revista francesa REVUE GÉNÉRALE DES ROUTES ET DES AÉRODROMES en su número 849, de junio de 2006, páginas 61 a 68) para el ensayo de espumabilidad en el tubo de vidrio. Esta prueba es interesante y bastante seductora debido a su simplicidad, rapidez de ejecución y pareciere especialmente adaptada para un ensayo con un gran número de variables; pero no puede dar datos confiables, ya

que resulta demasiado distante de las condiciones reales de fabricación de la espuma en el terreno.

Actualmente el equipo empleado para la generación de la espuma de asfalto en laboratorio es la mini planta Wirtgen: WLB 10 (Figura N° 3. 1) y WLB 10S (Figura N° 3. 2 y la Tabla N° 3. 1), no difieren mucho en sus funciones de control y sus parámetros de ajuste por ser del mismo fabricante. Para el presente estudio se empleara la mini planta WLB 10S.

Figura N° 3. 1 Mini planta de Laboratorio WLB 10.



Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

El WLB 10 S produce asfalto espumado variando distintos parámetros, como la temperatura del asfalto, la cantidad de agua o la presión de aire. Los parámetros de ajuste y las funciones de control del WLB 10 S son muy variados y permiten un control completo del proceso: el panel de control claro del WLB 10 S le indica al usuario todos los circuitos de calefacción del equipo para poder controlar el proceso completo. El panel de control también informa al usuario sobre los tiempos de rociado con la dosis correspondiente: en este caso, se visualiza la cantidad de gramos de asfalto espumado inyectada en el aglomerado. El flujo de asfalto está ajustado, de forma estándar, a 100 g por segundo. Si se desean añadir, por ejemplo, 330 g de asfalto, el operario tiene que ajustar manualmente

el flujo de asfalto a 3.3 segundos. Más información sobre la mini planta WLB 10S revisar el Anexo B.2.

Para la obtención de valores correctos de la cantidad de asfalto y el agua a inyectarse, se debe calibrar el equipo según las especificaciones del equipo de laboratorio. Después de obtenidos los parámetros del equipo se procede a poner en marcha el equipo de espumado, y así lograr los flujos correctos de agua inyectada para cada variación de porcentaje aplicada a un flujo constante de asfalto.

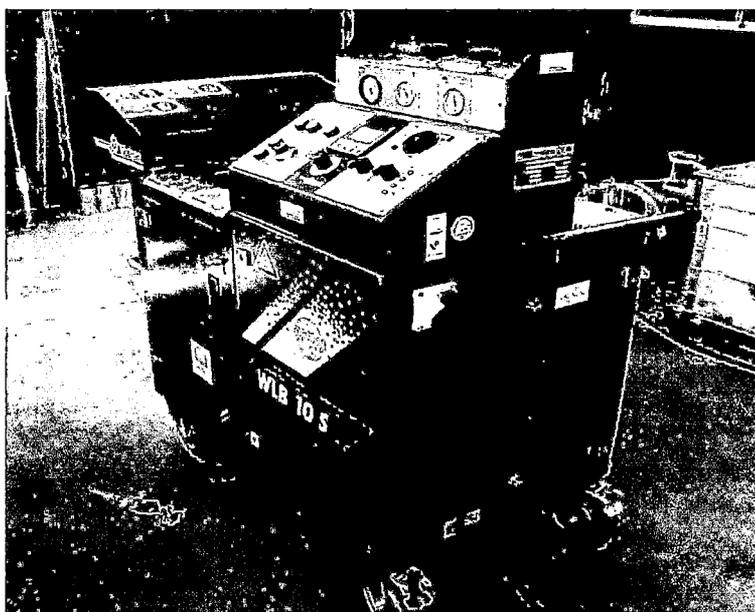


Figura N° 3. 2 Mini planta de Laboratorio WLB 10S.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

---

<b>Dimensiones (L x W x H):</b>	1.450 x 730 x 1.450 mm
<b>Bomba de asfalto:</b>	Bomba de engranaje dentados con calefacción eléctrica
<b>Instalación eléctrica :</b>	Son posibles varias redes de consumidores
<b>Temperatura del asfalto:</b>	140 - 200 °C
<b>Cantidad de agua:</b>	0 - 5 % del asfalto
<b>Presión de aire:</b>	0 - 10 bar

---

Tabla N° 3. 1 Especificaciones de la mini planta WLB 10S.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

### 3.1.1.1 Flujo de agua y flujo de asfalto

El ajuste del Flujómetro se efectúa de forma manual. Para este ajuste de flujo de agua se empleara los valores obtenidos de la Ecuación N° 3. 1 (previamente a esto se obtendrá el flujo del asfalto mediante la Ecuación N° 3. 2), la cantidad de alimentación de agua también se puede calcular a través del panel de control del equipo. El depósito de agua integrado dentro del equipo, tiene una capacidad de 20 litros.

Ecuación N° 3. 1

$$Q_{agua}[lt/hr] = Q_{asfalto}[gr/seg] \times (\%Agua) \times \left(\frac{3.6}{100}\right)$$

Ecuación N° 3. 2

$$Q_{asfalto} = \text{Medición real de } \frac{\text{Peso}}{\text{Tiempo}} [gr/seg]$$

A continuación se muestra en la Tabla N° 3. 2 un ejemplo del proceso teórico de la calibración del agua inyectada mediante el empleo de la Ecuación N° 3. 1 y la Ecuación N° 3. 2.

Flujo de asfalto (gr/seg)	Tiempo de rociado (seg)	Porcentaje de agua inyectada (%)								
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
100	1.00	3.6	5.4	7.2	9.0	10.8	12.6	14.4	16.2	18.0
105	1.05	3.8	5.7	7.6	9.5	11.3	13.2	15.1	17.0	18.9
110	1.10	3.4	5.9	7.9	9.9	11.9	13.9	15.8	17.8	19.8

Tabla N° 3. 2 Flujos de agua estandarizados relativos al flujo de asfalto y porcentaje de agua inyectada.

Fuente: Elaboración propia

La tabla anteriormente expuesta muestra los valores recomendados por el fabricante para cada flujo de asfalto; si según la calibración del equipo, el flujo de asfalto no se encuentra dentro de la Tabla N° 3. 2, se procede a interpolar los valores para así lograr los flujos de agua inyectada correspondientes a cada porcentaje de agua.

### 3.1.1.2 Presiones de Asfalto, Aire y Agua

El siguiente procedimiento después de la calibración del equipo es la elección de las presiones de diseño (Presión del Asfalto, Agua y Aire), para esta elección se constituirá un abanico de ensayos, cuyas variables estarán vinculadas una de la otra; la gama de opciones mostradas a continuación debe ser tomadas de modo referencial, ya que las especificaciones mostradas en la Tabla N° 3. 2 aceptan mayores límites.

- Presión de Asfalto (entre 3.5 y 4.5 Bar), cada 0.5 Bar.
- Presión de Aire (entre 3.5 y 4.5 Bar), cada 0.5 Bar.
- Presión de Agua (entre 3.5 y 4.5 Bar), cada 0.5 Bar.

Luego de estos ensayos, se decidirá que asfalto o asfaltos son los adecuados para este proyecto en particular. En caso existieran varios tipos de asfaltos, la decisión final será tomada en función de sus optimas características de espumación (Razón de Expansión y Vida Media).

### 3.1.1.3 Temperatura

El panel de control de la mini planta WLB 10S le indicara al usuario todos los circuitos de calefacción del equipo para poder controlar el proceso completo. A fin de obtener resultados precisos, la tubería circular utilizada para la circulación del asfalto, se calienta completamente, al igual que en todas las recicladoras de Wirtgen. Esto será necesario para mantener una temperatura uniforme en todo el sistema y no encontrar variaciones de temperatura que originan deficientes características de espumación por el intercambio de calor. En todos los lugares relevantes se encuentran, además, unos puntos independientes para la medición de la temperatura, por ejemplo, en el recipiente de asfalto, la tobera y la bomba de asfalto y en la tubería circular. A fin de obtener resultados sumamente precisos de los análisis, el encargado del laboratorio puede regular óptimamente el circuito completo de la instalación, dado que es posible ajustar individualmente y controlar la temperatura de cada uno de los componentes.

#### 3.1.1.4 Conexiones e instrumentos

Es importante revisar el buen funcionamiento de todos los accesorios, conexiones del equipo y algunos instrumentos que serán necesarios para la fabricación de la espuma y las mediciones de esta.

- Panel de control.
- Tanque de aire.
- Tanque de agua.
- Manómetro agua y aire.
- Flujómetro de agua.
- Tanque de asfalto.
- Bomba de asfalto.
- Manómetro de asfalto.
- Cámara de expansión.

#### 3.1.2 Preparación del cemento asfáltico para la obtención de la espuma

Se puede emplear cualquier tipo de asfalto, para la fabricación de la espuma, siempre y cuando este deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en las normas MTC EG – 2000 (Manual de ensayo de materiales del MTC E 301 2000 hasta el MTC E 320 2000); los requisitos más representativos, que se deben cumplir, para la elección de los asfaltos se muestran en la Sección 3.1.2.1 . A continuación se presentara algunas consideraciones que deberán ser tomados en cuenta en la elección de los asfaltos (estas consideraciones son resultados de las experiencias internacionales en la generación de la espuma de asfalto).

- Para el proceso de espumación no debe utilizarse asfalto modificado.
- Asfaltos de menor viscosidad propician mayor expansión.
- Asfaltos que contienen siliconas pueden presentar expansión reducida.
- Aditivos mejoradores de adherencia (anti – stripping), pueden intensificar la capacidad de formación de la espuma.
- La temperatura mínima para la formación de la espuma es de 150° C, pero es recomendado trabajar con una temperatura de 160° C, por

consideraciones de intercambio de energía en la generación de la espuma, revisar la Sección 2.2.1.4.

Siempre se debe asegurar que el asfalto de trabajo sea el adecuado para la producción de la espuma, y se debe establecer periódicamente, en el laboratorio piloto WLB-10S, muestras representativas del asfalto que se pretenda usar en obra, mediante la determinación de las condiciones de temperatura y concentración de agua con las cuales se alcancen las mejores características de espumado, dadas por una Razón de Expansión superior a 10 veces y una Vida Media mayor a 8 segundos. Son tolerables Razones de Expansión de 8 veces y Vidas Medias de 6 segundos, teniendo en cuenta que la experiencia ha demostrado que con espumas de estas características se ha logrado una adecuada dispersión del asfalto en el material recuperado, así como una estabilización efectiva.

#### 3.1.2.1 Ensayos preliminares del tipo de asfalto

Para la elección del tipo de asfalto, a emplear en la generación de la espuma, se debe analizar mediante la realización de ciertos ensayos, que serán mencionados a continuación.

- Penetración de materiales asfálticos. MTC E 304 - 2000
- Punto de Ablandamiento de Materiales Bituminosos (Anillo y Bola) MTC E 307 - 2000
- Viscosidad Saybolt Furol. MTC E 309 - 2000
- Solubilidad de materiales bituminosos en tricloroetileno. MTC E 302 - 2000
- Ductibilidad de materiales bituminosos. MTC E 306 – 2000
- Viscosidad del Asfalto con el método del viscosímetro capilar de vacío. MTC E 308 - 2000

Existen algunos ensayos que no se mencionan, ya que no pertenecen al manual de ensayo de materiales del MTC, pero si son incluidas en experiencias internacionales, algunos de estos ensayos son: Punto de fulgor y el Índice de Susceptibilidad Térmica.

Generalmente se usan asfaltos con valores de penetración entre 80 y 150. Existen especificaciones internacionales como la del Instituto del Desarrollo Urbano de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (ESPECIFICACIONES IDU – ET – 2005 – SECCIÓN 450-05 – “RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN EL SITIO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA O CON ASFALTO ESPUMADO) o del Instituto Nacional de Vías también de Colombia (ARTÍCULO 461 – 07 – “RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN FRÍO EN EL LUGAR EMPLEANDO LIGANTES BITUMINOSOS”) que mencionan textualmente, “Para los reciclajes con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 80-100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en las presentes especificaciones. Si se requiere un cemento asfáltico de diferentes características, éste deberá ser objeto de una especificación particular”

### 3.1.2.2 Procedimiento para la determinación de las propiedades de espumado del asfalto

Se analizan distintos porcentajes de asfalto a distintas temperaturas (150, 160, 170 y 180 °C), con objeto de definir aquella combinación que maximiza los parámetros de la espuma (Razón de Expansión y Vida Media)

- **PASO 1.-** Calentar el asfalto en el recipiente calentador del laboratorio Wirtgen WLB 10S con la bomba circulando asfalto por el sistema, hasta alcanzar la temperatura requerida (normalmente comenzando con 150 °C). Mantenga la temperatura requerida durante al menos 5 minutos antes de comenzar las pruebas.
- **PASO 2.-** Calibrar la razón de descarga de asfalto y ajuste el temporizador en el laboratorio Wirtgen WLB 10S para descargar 500 g de asfalto.
- **PASO 3.-** Ajustar el medidor de caudal de agua para alcanzar la razón de inyección requerida de agua (normalmente comenzando con un 2 % de la masa de asfalto).

- **PASO 4.-** Descargar asfalto espumado dentro de un recipiente de acero precalentado ( $\pm 75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante un tiempo de rocío calculado para 500 g de asfalto. Inmediatamente después que la descarga de espuma se detiene, comenzar a medir el tiempo con un cronómetro.
- **PASO 5.-** Utilizando la varilla de aceite suministrada con el Wirtgen WLB 10 (la cual está calibrada para un recipiente de acero de 275 mm de diámetro y 500 g de asfalto) medir la altura máxima alcanzada por el asfalto espumado en el recipiente. Esto es registrado como el volumen máximo.
- **PASO 6.-** Use el cronómetro para medir el tiempo, en segundos, que transcurre para que la espuma colapse a la mitad de su volumen máximo. Este tiempo es registrado como la vida media del asfalto espumado.
- **PASO 7.-** Repetir el procedimiento anterior tres veces o hasta alcanzar lecturas similares.
- **PASO 8.-** Repetir los pasos 3 al 7 para un rango de al menos tres razones de inyección de agua. Típicamente se usan valores de 2%, 3% y 4 % por la masa de asfalto.
- **PASO 9.-** Trazar un gráfico de la Razón de Expansión versus Vida Media para las diferentes razones de inyección de agua sobre los mismos.
- **PASO 10.-** Repetir el Paso 1 a 9 para otras dos temperaturas de asfalto (normalmente 160, 170 y 180  $^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.1.2.3 El Índice de Espumación para medir la espumabilidad del asfalto

La investigación sobre una variedad de asfaltos con la Planta de Laboratorio de asfalto espumado – Wirtgen, ha demostrado que la desintegración de su espuma puede ser modelada con éxito mediante la adaptación de las ecuaciones de la descomposición de isótopos. Jenkins (en 1999) desarrolló la Ecuación N° 3. 3 para describir la desintegración de la espuma de asfalto.

Ecuación N° 3. 3

$$ER(t) = ER_m \cdot e^{\frac{-\ln 2}{\tau_{1/2}} \cdot t}$$

Donde:

$ER(t)$  = Razón de Expansión con respecto al tiempo después de la  
descarga de la espuma

$ER_m$  = Maxima Razón de Expansión medida (medida inmediatamente después  
de la descarga de espuma)

$\tau_{1/2}$  = Vida media (segundos)

$t$  = Tiempo medido a partir del momento en que toda la espuma es  
descargada (segundos)

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED  
BITUMEN – 1999. Pág. 7

La línea teórica, asintótica en decadencia, tal como se define en la Ecuación N°  
3. 3 es representada, en relación con un ejemplo real de una espuma de asfalto  
con el  $ER_m = 11$  y  $t_{1/2} = 6$  segundos, en el Gráfico N° 3. 1.

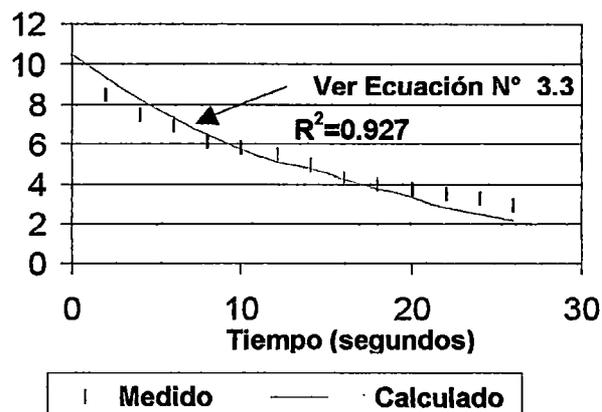


Gráfico N° 3. 1 Razones de Expansión de la Línea teórica asintótica versus  
Razones de Expansión medidos.

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED  
BITUMEN – 1999. Pág. 8

Una importante característica en la generación de la espuma, obtenida en  
laboratorio, ha sido ignorada; la desintegración de la espuma durante la  
descarga, pero antes de que el volumen sea medido. Esta es una de las  
debilidades de las técnicas utilizadas actualmente para la caracterización de

asfalto espumado y que tiene una influencia particularmente significativa en los asfaltos con una baja Vida Media. En la mayoría de los casos, el asfalto ha estado decayendo durante un máximo de 5 segundos antes de que se mida la Razón de Expansión (ver el Gráfico N° 3. 2), es decir, la Razón de expansión máxima medida  $ER_m$ , no es la máxima Razón de expansión  $ER_a$  de la espuma, por lo tanto  $ER_m \neq ER_a$ .

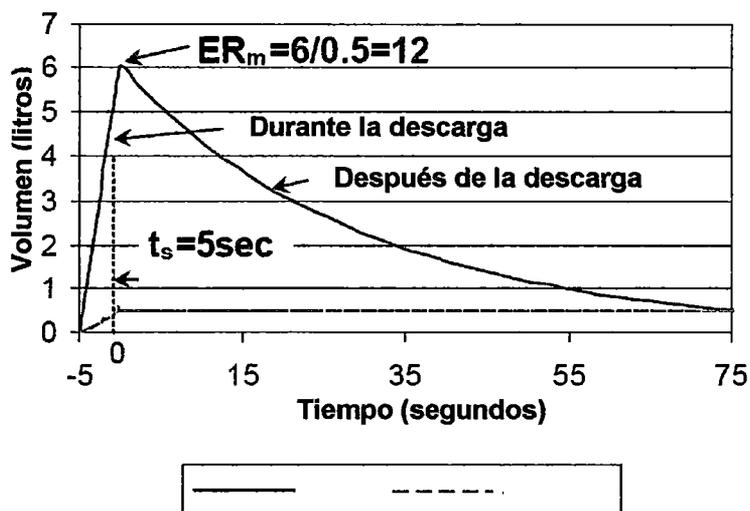


Gráfico N° 3. 2 Ciclo de vida del asfalto espumado.

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 8

Esta diferencia ha sido explicada por Jenkins, en 1999. Utilizando la relación gradual de la curva de desintegración del asfalto espumado durante la descarga de la boquilla; la Razón de Expansión máxima real  $ER_a$  es una proporción requerida para obtener la máxima expansión medida  $ER_m$ , esta relación encontrada en el laboratorio se puede volver a calcular. No es posible medir la Razón de Expansión real, debido a la desintegración durante la descarga, pero es posible calcularla de nuevo. El Cuadro N° 3. 1 proporciona un análisis de sensibilidad del  $ER_a$  versus el  $ER_m$  para diferentes Vidas Medias y tiempos de descarga. Por tanto, es imperativo tener en cuenta este factor del asfalto con valores relativamente bajos de Vida Media.

Una relación más amplia entre la  $ER_a$  y  $ER_m$  se muestra en el Gráfico N° 3. 3. Dado por un  $t_s$  (tiempo de descarga del asfalto espumado) y  $t_1 / 2$  (Vida Media) y el factor de corrección  $c$  ( $= ER_m / ER_a$ ), este factor de corrección se puede

utilizar para obtener la Razón de Expansión real (ERa) a partir de la máxima Razón de Expansión medida (ERm).

Spray time (t <sub>s</sub> )	ER <sub>m</sub>	ER <sub>a</sub>				
		τ <sub>1/2</sub> =2 (secs)	τ <sub>1/2</sub> =5 (secs)	τ <sub>1/2</sub> =15 (secs)	τ <sub>1/2</sub> =30 (secs)	τ <sub>1/2</sub> =60 (secs)
1 sec	5	6.02	5.39	5.13	5.06	5.03
	15	18.05	16.17	15.38	15.19	15.10
	25	30.05	26.95	25.64	25.32	25.15
5 secs	5	11.50	7.20	5.66	5.30	5.20
	15	34.40	21.48	16.98	16.00	15.50
	25	57.20	35.80	28.30	26.60	25.80
10 secs	5	21.34	9.88	6.38	5.66	5.33
	15	63.98	29.64	19.14	16.98	15.97
	25	106.63	49.39	31.89	28.30	26.61

Cuadro N° 3. 1 Relación entre la Razón de Expansión real (ERa) y la Razón Expansión máxima medida (ERm).

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 8

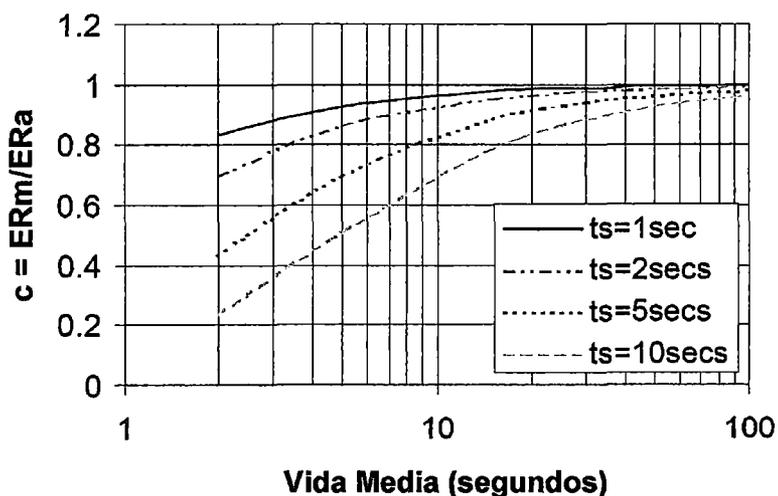


Gráfico N° 3. 3 Relación entre la Razón de Expansión real (ERa) y la Razón Expansión máxima medida (ERm) con la Vida Media.

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 9

Un parámetro adecuado para la caracterización de asfalto espumado, es la propiedad que refleja la capacidad de mezclarse con el agregado mineral. La Razón de Expansión es una medida de la viscosidad de la espuma; mientras que

la velocidad a la que colapse la espuma es definida por la curva de desintegración, el cual indica el tiempo disponible para la mezcla. El área bajo la curva de desintegración del asfalto espumado en particular será la característica deseada. Esta área ha sido definida como el Índice de Espumación (Jenkins, en 1999). La Razón de Expansión de la espuma debe ser al menos  $ER = 4$  para que resulte en una mezcla adecuada para todos los asfaltos espumados. Este valor se utiliza como el valor mínimo para el cálculo del área bajo la curva, ver el Gráfico N° 3. 4.

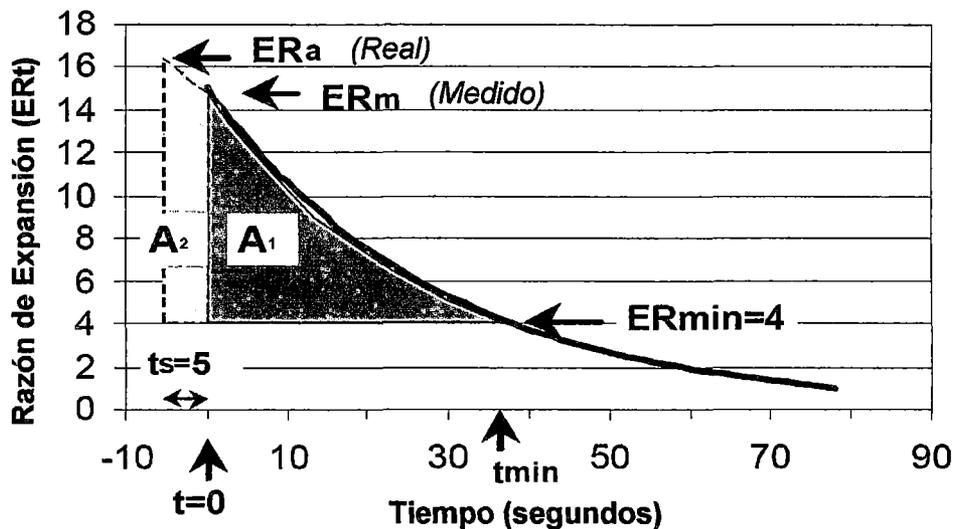


Gráfico N° 3. 4 El Índice de espumación (FI) para la caracterización de la "espumabilidad" de un asfalto a una tasa de aplicación de agua, donde  $FI = A_1 + A_2$

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 10

La integración de la ecuación de decaimiento a la zona del área  $A_2$ ,  $A_1$  y el cálculo geométrico, ofrece la siguiente expresión para el índice de espuma de espumación (se empleara las determinaciones que se definió anteriormente):

Ecuación N° 3. 4

$$\text{Índice de Espumación (FI)} = \frac{-\tau_{1/2}}{\ln 2} \cdot \left[ 4 - ER_m - 4 \ln 2 \left( \frac{4}{ER_m} \right) \right] + \left( \frac{1+c}{2c} \right) \cdot ER_m \cdot t_s$$

Fuente: Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A. – CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN – 1999. Pág. 11

Ejemplo: Supongamos que un asfalto con las siguientes propiedades medidas en el laboratorio:  $t_s = 5$  segundos,  $ER_m = 15$  y  $t_{1/2} = 10$  seg,  $c = ER_m / ER_a = 0.83$  obtenida del Gráfico N° 3. 3; se obtiene un Índice de Espumación igual 165.1. Para nuestro proyecto en particular emplearemos el valor de  $t_s = 5$  segundos, porque la cantidad de asfalto a utilizar por cada ensayo es de 500 gr a un flujo de asfalto de 100 gr / seg.

### 3.2 GRAFICOS Y RESULTADOS

Se realizara el Gráfico Vida Media, Razón de Expansión vs Contenido Agua Espumación (ver Gráfico N° 2. 1) para cada temperatura.

En la Sección 2.2.2 se muestran tablas con diferentes valores de Razón de Expansión y Vida Media los cuales pueden ser tomados en cuenta. Se recomienda una Razón de Expansión superior a 10 veces y una Vida Media mayor a 8 segundos, pero son tolerables relaciones de expansión de 8 veces y vidas medias de 6 segundos, como valores mínimos. A continuación se esboza el procedimiento para lograr alcanzar los parámetros óptimos de la espuma:

- Se busca la intersección de las curvas, Razón de Expansión y Vida Media en un gráfico de dos ejes de ordenadas.
- Para la obtención de los valores óptimos en la grafica, se puede elegir: aumentar levemente el valor óptimo de la vida media, a partir del punto de intersección, aún en desmedro de la razón de expansión o escoger la adición óptima de agua como un promedio de los dos contenidos de agua requeridos para encontrar los valores mínimos, ver Gráfico N° 2. 1.
- Desde ese punto elegido se leerán los valores óptimos de la espuma de asfalto: selección de la temperatura, porcentaje de agua, Razón de Expansión y Vida Media.

Una de las características, en el proceso de encontrar las características óptimas del asfalto espumado, es que a mayor Temperatura del asfalto genera mayor Razón de Expansión pero menor Vida Media y a mayor cantidad de agua también generara mayor Razón de Expansión pero menor Vida Media.

### **3.3 EJEMPLO DEL LAS PROPIEDADES DE ESPUMACIÓN**

Para el presente estudio se describirá un ejemplo, para encontrar las propiedades óptimas del espumado, de un tipo de asfalto. Para tal motivo se utilizaron las inmediaciones del laboratorio de la empresa Conalvías Perú; empresa que realiza el proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache), en donde se contempla el reciclaje del pavimento existente, usando la tecnología de Asfalto Espumado, en una longitud de 180 Km.

Se fabricó la espuma de asfalto, se caracterizó y se elaboraron las mezclas del material reciclado con el asfalto espumado; de igual manera se efectuó los diseños necesarios para establecer dosificaciones de materiales, aplicadas a los trabajos en obra. La empresa, Conalvías, ha adquirido la planta piloto de laboratorio WLB 10S, la cual simula las condiciones de la espuma que se obtendrán en campo con una Máquina Wirtgen WR – 2500 S o similar.

La instalación y puesta en marcha de la planta de laboratorio, junto con la capacitación del personal que la tendrá a su cargo y será responsable de los diseños y el control de laboratorio, ha sido confiada por Conalvías Perú, a la Escuela Colombiana de Ingeniería, en donde se presentara los resultados de las características de espumado del cemento asfáltico 85/100, procedente de Repsol YPF – Perú, que será usado en los trabajos de campo. A continuación se muestra el procedimiento realizado por la Escuela Colombiana de Ingeniería, en donde mi persona tuvo participación en calidad tesista.

#### **3.3.1 Resultados de los ensayos preliminares del asfalto**

La empresa proveedora de asfalto nos proporciona los resultados de los ensayos, que son requisitos de calidad establecidos en las normas MTC EG – 2000. Esta etapa de la investigación, será el primer filtro para la elección de los tipos de cemento asfáltico comercialmente disponibles en el mercado de los dos principales proveedores del país, Repsol YPF – Perú y Petroperú.

Para este proyecto en particular se empleara el cemento asfáltico de penetración 85/100, procedente de Repsol YPF – Perú, que será empleado en los trabajos

de campo. En la Tabla N° 3. 3 se muestra los resultados de los ensayos de calidad, establecidos en la Sección 3.1.2.1 .

Propiedades	Métodos	Resultados
	ASTM/OTROS	
Penetración a 25°C, 100 gr, 5 seg, 1/10 mm	D 5/AASHTO T 49	95
Ductibilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113/AASHTO T 51	> 105
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	45.8
Viscosidad cinemática 100°C, cSt	D 445	1809
Viscosidad cinemática 135°C, cSt	D 2170/AASHTO T 201	240
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042/AASHTO T 44	99.95

Tabla N° 3. 3 Certificado del cemento asfáltico proporcionado por el proveedor (Repsol YPF – Perú).

Fuente: elaboración propia

El producto cumple con las normas: ASTM, AASHTO Y NTP. Más información sobre los ensayos de laboratorio se puede encontrar en el Anexo B.3.

### 3.3.2 Características del cemento asfáltico en la generación de espuma con la mini planta WLB 10S

Como segundo filtro en la elección del cemento asfáltico Se analizaron las bondades, en materia de espumación, de los cementos asfálticos escogidos en la primera etapa. Para esta elección se constituirá un primer abanico de ensayos mencionados en la Sección 3.1.1.2 , cuyas variables adicionales y vinculantes serán la Presión del Asfalto, Agua y Aire. Esta etapa también es importante porque se definirá las presiones con las cuales se van a trabajar en la planta piloto de laboratorio WLB 10S.

Como se menciona anteriormente el cemento asfáltico escogido para este proyecto fue el PEN-85/100 de Repsol, el cual presentó características óptimas de espumación. Asimismo, las presiones finales fueron las siguientes:

- Presión de Asfalto 4.5 Bar.
- Presión de Aire 3.5 Bar.
- Presión de Agua 4.5 Bar.

Una vez definido estos componentes, se estableció un segundo abanico de combinaciones con la temperatura (150 °C, 160 °C y 170 °C) y el contenido de agua (1.5 % a 3.0 %, en incrementos cada 0.5%). En la Tabla N° 3. 4 se presentan los valores de la Razón de Expansión (en adelante R.E.) y Vida Media (en adelante V.M.), obtenidos para las condiciones de temperatura y concentración de agua que se indican, aplicadas al cemento asfáltico 85/100 de Repsol. Para cada ensayo se empleo 500 gr de cemento asfáltico; y el procedimiento a seguir se menciona en la Sección 3.1.2.2 . Revisar el Anexo C.

Contenido de Agua	T = 150 °C		T = 160 °C		T = 170 °C	
	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media	Razón de Expansión	Vida Media
1.5 %	18.3	10.7 seg	14.3	11.5 seg	12.3	8.5 seg
2.0 %	22.0	10.7 seg	18.7	8.7 seg	17.3	8.5 seg
2.5 %	23.0	10.4 seg	22.7	7.7 seg	20.7	7.5 seg
3.0 %	23.7	8.6 seg	24.7	6.7 seg	23.3	6.4 seg

Tabla N° 3. 4 Características de Espumado del Asfalto Repsol 85/100.

Fuente: elaboración propia

Para cada una de las condiciones de temperatura y con los resultados obtenidos, serán representados en el Gráfico N° 3. 5, Gráfico N° 3. 6 y el Gráfico N° 3. 7.

En el Gráfico N° 3. 8 se representan de manera comparativa, para cada una de las temperaturas evaluadas, los valores de R.E. contra V.M. encontrados en el proceso de espumado, del cemento asfáltico Repsol 85/100. En el Gráfico N° 3. 9 se presenta de manera comparativa los valores tolerables de R.E. y V.M. (8 y 6 respectivamente) y los valores recomendados de R.E. y V.M. (10 y 8 respectivamente). Estos valores límites son mencionados en Wirtgen Manual de Reciclado en Frio y son empleados en diferentes investigaciones; por lo tanto serán valores que tomaremos en cuenta en la elección de los valores óptimos de las propiedades de la espuma.

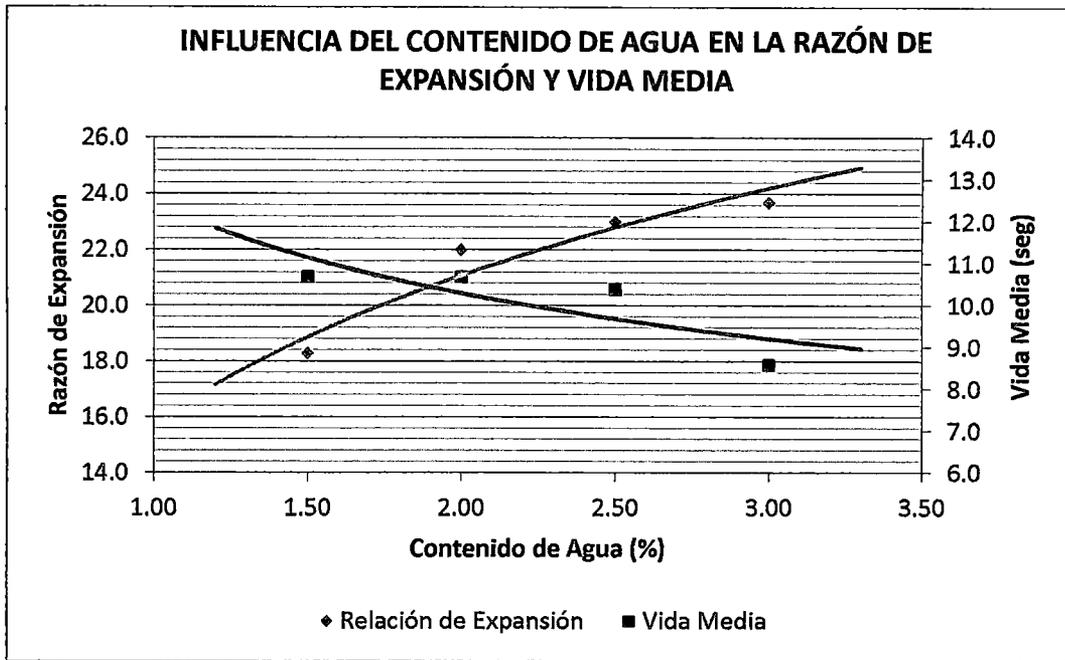


Gráfico N° 3. 5 Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 150°C.

Fuente: elaboración propia

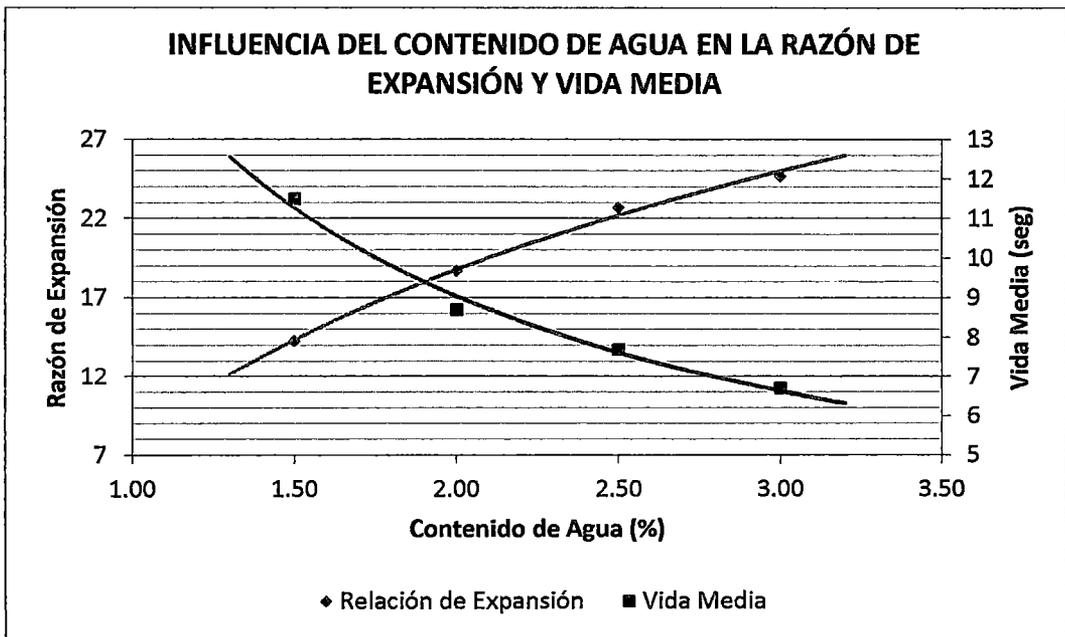


Gráfico N° 3. 6 Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 160°C.

Fuente: elaboración propia

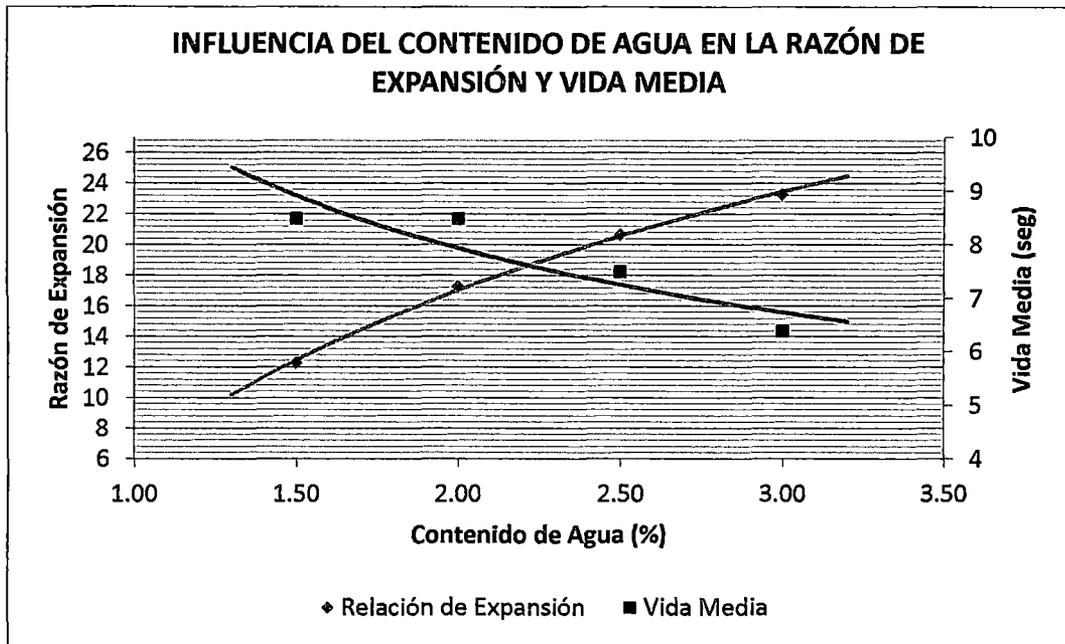


Gráfico N° 3. 7 Relación de Expansión y Vida Media del Asfalto Repsol 85/100 a 170°C.

Fuente: elaboración propia

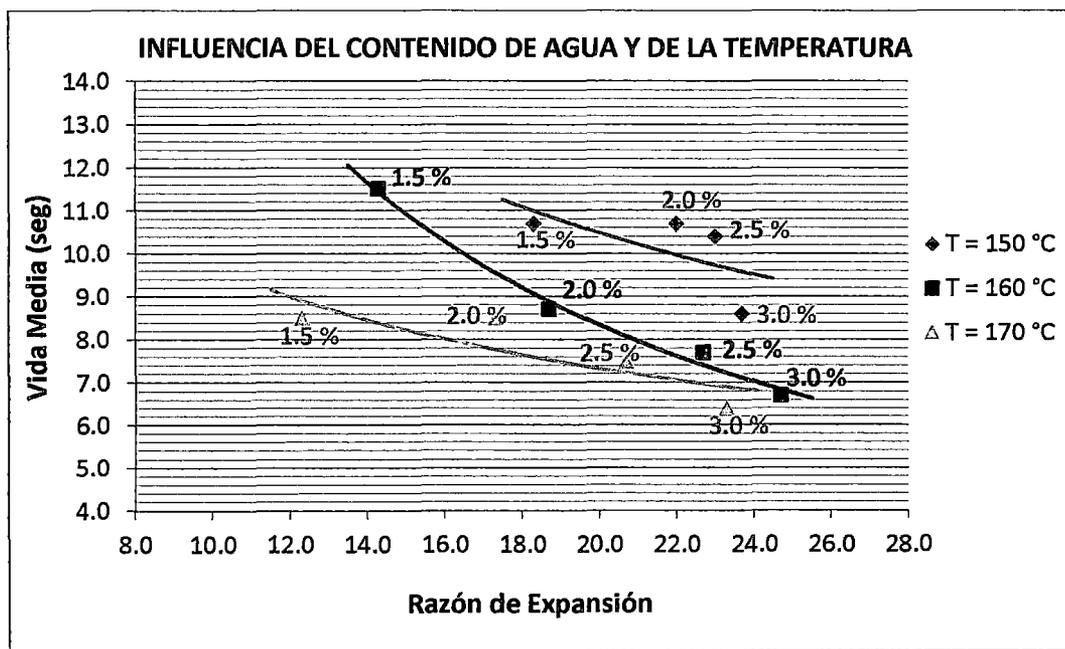


Gráfico N° 3. 8 Resumen de las características de espumado a las diferentes temperaturas evaluadas.

Fuente: elaboración propia

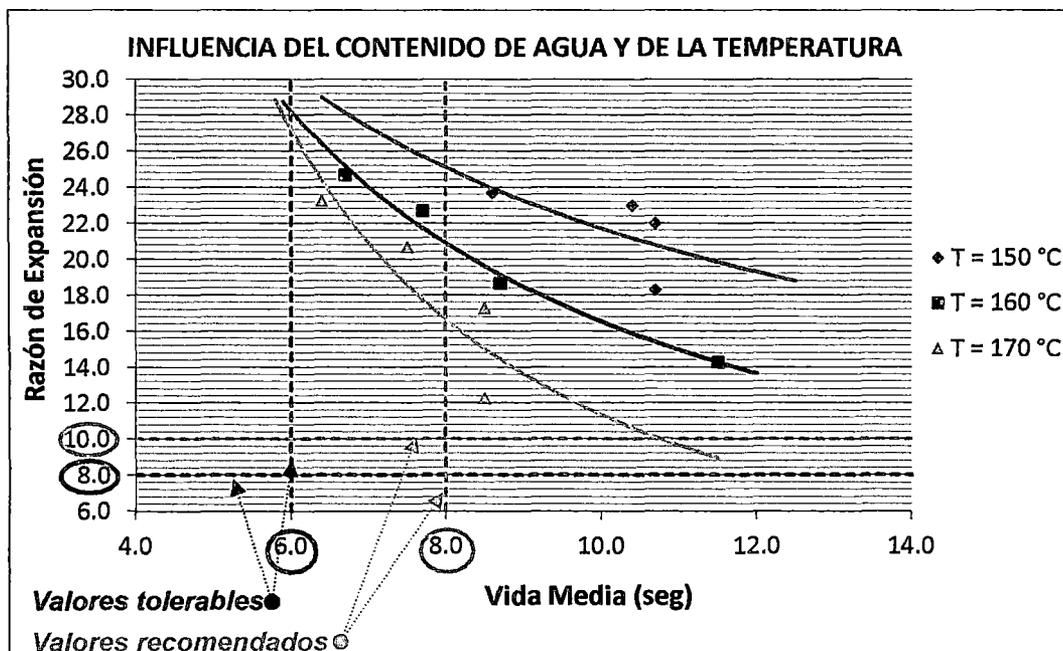


Gráfico N° 3. 9 Valores tolerables de Razón de Expansión y Vida Media y los valores recomendados de Razón de Expansión y Vida Media.

Fuente: elaboración propia

Como parte de la investigación se propone criterios en la elección de estos valores óptimos de espumación. Como primera etapa se debe cumplir con los valores mínimos tolerables y si es posible con los valores recomendados; para tal propósito se elegirá valores de R.E. y V.M. para cada temperatura. Para la obtención de los valores en la gráfica, se puede elegir: hallando los valores de R.E. y V.M. a partir del punto de intersección (procedimiento 1) o escoger la adición óptima de agua como un promedio de los dos contenidos de agua requeridos para encontrar los valores mínimos R.E. = 8 y V.M. = 6, ver Gráfico N° 2. 1 (procedimiento 2); para este caso en particular se emplearan los dos procedimientos para poder realizar una comparación.

Se emplearan los valores obtenidos de las gráficas de las líneas de tendencia de R.E. y V.M. para cada temperatura, por lo que se presentaran las ecuaciones para cada línea de tendencia. Ver Cuadro N° 3. 2, Cuadro N° 3. 3 y Cuadro N° 3. 4.

PROPIEDADES	ECUACIÓN DE TENDENCIA	PROCEDIMIENTO 1		PROCEDIMIENTO 2	
		1.90 % de Agua		5.25 % de Agua	
Razón de Expansión	$y = 7.6973\ln(x) + 15.759$	20.70	Mayor que 10	28.53	Mayor que 10
Vida Media	$y = -2.665\ln(x) + 12.174$	10.46	Mayor que 8	7.75	Mayor que 6 y Menor que 8

Cuadro N° 3. 2 Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 150 °C.

Fuente: elaboración propia

PROPIEDADES	ECUACIÓN DE TENDENCIA	PROCEDIMIENTO 1		PROCEDIMIENTO 2	
		1.90 % de Agua		2.21 % de Agua	
Razón de Expansión	$y = 15.356\ln(x) + 8.1471$	18.00	Mayor que 10	20.30	Mayor que 10
Vida Media	$y = 15.357x^{-0.764}$	9.40	Mayor que 8	8.39	Mayor que 8

Cuadro N° 3. 3 Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 160 °C.

Fuente: elaboración propia

PROPIEDADES	ECUACIÓN DE TENDENCIA	PROCEDIMIENTO 1		PROCEDIMIENTO 2	
		2.22 % de Agua		2.57 % de Agua	
Razón de Expansión	$y = 15.882\ln(x) + 6.0375$	18.67	Mayor que 10	21.01	Mayor que 10
Vida Media	$y = 10.507x^{-0.404}$	7.62	Mayor que 6 y Menor que 8	7.18	Mayor que 6 y Menor que 8

Cuadro N° 3. 4 Comparación de los valores obtenidos de R.E. y V.M. para una Temperatura de 170 °C.

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar en los cuadros anteriores para todas las condiciones de temperatura y concentraciones de agua consideradas, las espumas obtenidas con el cemento asfáltico de trabajo, superan los requerimientos mínimos de Razón de Expansión (mín. 8) y Vida Media (mín. 6 s) pero los valores que cumplan con los valores recomendados son: T = 150 °C (procedimiento 1), T = 160 °C (procedimiento 1) y T = 160 °C (procedimiento 2).

Los valores para la temperatura de 150 °C mediante el procedimiento 1 son, R.E. = 20.70 y V.M. = 10.46 para un 1.90 % de Agua, estos valores son obtenidos mediante la aplicación de las ecuaciones de tendencia. Por lo tanto se elegirá los valores reales obtenidos en laboratorio, para esto se elegirá los valores reales de laboratorio más próximos a los valores obtenidos mediante las ecuaciones de tendencia. Estos valores reales de laboratorio son: R.E. = 22.00 y V.M. = 10.70 para un 2.00 % de Agua.

Los valores para la temperatura de 160 °C mediante el procedimiento 1 son, R.E. = 18.00 y V.M. = 9.40 para un 1.90 % de Agua; y en el procedimiento 2 es, R.E. = 20.30 y V.M. = 8.39 para un 2.21 % de Agua, estos valores son obtenidos mediante la aplicación de las ecuaciones de tendencia. Por lo tanto se elegirá los valores reales obtenidos en laboratorio, para esto se elegirá los valores reales de laboratorio más próximos a los valores obtenidos mediante las ecuaciones de tendencia. Para los dos procedimientos los valores de laboratorio son: R.E. = 18.70 y V.M. = 8.70 para un 2.00 % de Agua.

Como segunda etapa para la elección de los valores óptimos de espumación, se procede a emplear el Índice de Espumación para las dos condiciones de Temperatura, ver Cuadro N° 3. 5. Como se puede observar para las dos condiciones de Temperatura se cumple con todos los requerimientos, por lo que sería factible utilizar cualquiera de ellas.

Temperatura	% de Agua	Razón de Expansión	Vida Media	$c = ER_m / ER_a$	Índice de Espumación
<b>Para los valores R.E. y V.M. obtenidos mediante la aplicación de las ecuaciones de tendencia</b>					
150 °C	1.90	20.70	10.46	0.8355	266.52
160 °C	1.90	18.00	9.40	0.8137	208.68
160 °C	2.21	20.30	8.39	0.8010	232.72
<b>Para los valores R.E. y V.M. obtenidos en laboratorio</b>					
150 °C	2.0	22.00	10.70	0.8370	293.31
160 °C	2.0	18.70	8.70	0.8057	211.85

Cuadro N° 3. 5 Índice de espumación para cada condición de Temperatura.

Fuente: elaboración propia

Sin embargo, por consideraciones de intercambio de energía en la generación de la espuma, se recomienda usar para el espumado del asfalto una temperatura de  $160\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , con una concentración de agua del 2%, para las cuales se obtiene una R.E. = 18.7 y una V.M. = 8.7 segundos.

A continuación se muestra un Cuadro de resumen de los resultados de las propiedades de la espuma del cemento asfáltico 85/100 de Repsol y los requerimientos para asfalto espumado (ver Cuadro N° 3. 6). Además el valor de índice de espumación muestra: una espuma de calidad buena para una temperatura del agregado menor a  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de calidad muy buena para una temperatura del agregado de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  y de calidad muy buena para una temperatura del agregado mayor a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (ver Tabla N° 2. 5).

<b>Requerimientos y resultados de espuma de asfalto PEN-85/100 de Repsol</b>			
<b>Propiedades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Requerimientos</b>	<b>Referencia</b>
Presión de Agua	4.5 Bar	Mayor que 3	CAPITULO II, Sección 2.2.1.5
Presión de Asfalto	4.5 Bar	Mayor que 3	CAPITULO II, Sección 2.2.1.5
Presión de Aire	3.5 Bar	Mayor que 3	CAPITULO II, Sección 2.2.1.5
Temperatura	$160\text{ }^{\circ}\text{C}$	Mayor que $160\text{ }^{\circ}\text{C}$	CAPITULO II, Sección 2.2.1.4
% de Agua	2.0 %	-----	CAPITULO II, Sección 2.2.1.1
Vida Media	8.70	Mayor que 8	CAPITULO III, Sección 3.1.2 (*)
Razón de Expansión	18.70	Mayor que 10	CAPITULO III, Sección 3.1.2 (*)
Índice de Espumación	211.85	Mayor que 150	CAPITULO II, Tabla N° II-5 (Para una Razón de Expansión mayor a 12) y el Cuadro N° II-1 (Para una Mezcla en Frio)

**Cuadro N° 3. 6 Características finales de espumado del asfalto PEN-85/100 de Repsol YPF – Perú.**

Fuente: elaboración propia

La fuente de estos valores límites son tomados de Wirtgen Manual de Reciclado en Frio, ya que en este manual condensa la mayoría de experiencias e investigaciones internacionales.

## **CAPÍTULO IV: DISEÑO DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO**

### **4.1 GENERALIDADES**

Cada proyecto es único en términos de la estructura del pavimento existente y de la calidad de los materiales que constituyen las capas del pavimento y la subrasante. Por lo tanto, es importante utilizar la solución más apropiada y práctica para cada proyecto.

Una vez definido el tipo de asfalto, la temperatura de aplicación y el porcentaje de agua ideal para obtener la mejor espuma (reflejada en el índice de espumabilidad); se procederán a bosquejar, mediante un plan de trabajo, los diseños de mezcla con el material a reciclar existente en la plataforma. Es importante para esta etapa del proyecto tener definido el espesor del pavimento a reciclar (esto se obtendrá mediante un diseño estructural previo de la vía), ya que este definirá la proporción de material de cada capa in – situ que será mezclada y conformará la capa compuesta. Por lo tanto el proceso de reciclado consiste en la disgregación de las capas asfálticas y parte de la base granular del pavimento existente en una profundidad de corte (de 12 a 15 cm según el proyecto); la eventual adición de nuevos materiales pétreos, agua, la incorporación de cemento asfáltico espumado; y la mezcla, compactación y curado de los materiales tratados.

#### **4.1.1 Preparación del equipo para la obtención de la espuma y el mezclado con los materiales (RAP, agregados o ambos)**

Gracias al equipo de laboratorio de generación de espuma WLB 10S es posible realizar, con toda facilidad, series de mediciones precisas para determinar las propiedades óptimas del asfalto espumado y, en combinación con la mezcladora de laboratorio WLM 30, determinar rápidamente la composición apropiada del aglomerado, ver Figura N° 4. 1.

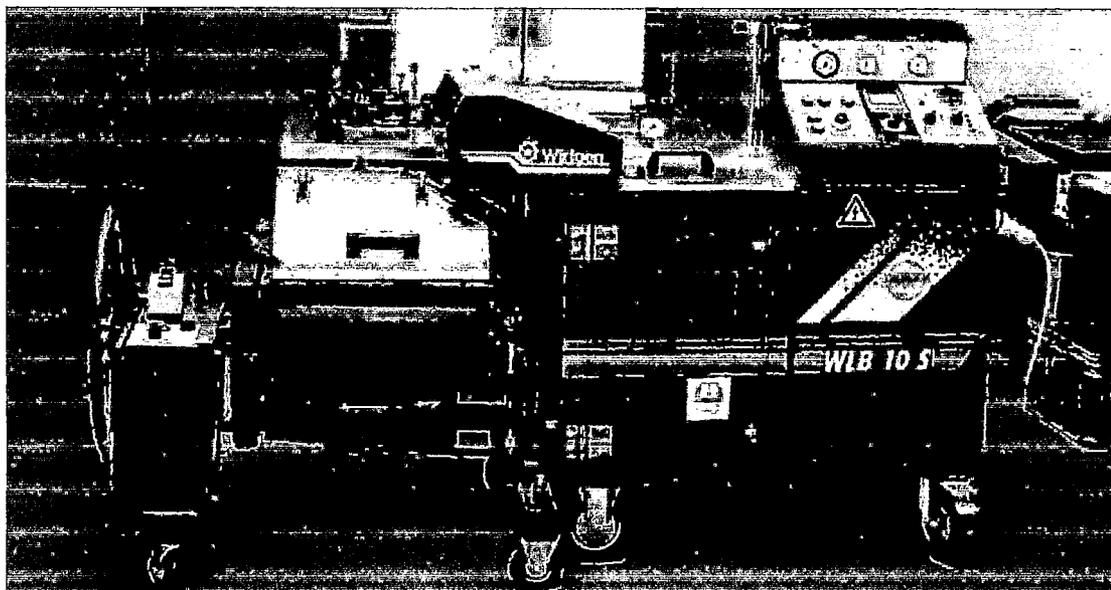


Figura N° 4. 1 Mini planta de laboratorio WLB 10S y WLM30.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

La mezcladora WLM 30 es muy útil para producir muestras de la mezcla (ver Figura N° 4. 2), mediante una circulación forzada, con una capacidad de 30 kg como máximo y cuyo rendimiento está perfectamente adaptado al equipo de laboratorio. El asfalto espumado procedente de la WLB 10 S se puede inyectar directamente en la cámara de mezcla de una WLM 30. La mezcladora prepara el aglomerado de manera que se puedan formar piezas de ensayo.

La potente mezcladora de laboratorio WLM 30 mezcla el aglomerado muy homogéneamente, siendo posible variar y ajustar por separado el tiempo de mezcla. Un motor eléctrico acciona la WLM 30; el número de giros variable de la mezcladora asciende a 110 r.p.m. La elevada intensidad de mezcla corresponde a los mecanismos mezcladores de las recicladoras en frío que se emplean en las obras viales. Con ello quedan garantizadas unas condiciones idénticas durante todo el proceso.

Las dimensiones compactas del WLM 30 son de 1.085 mm de longitud, 770 mm de anchura y 960 mm de altura; la WLM 30 se puede combinar fácilmente con el WLB 10 S, en una unidad de trabajo cerrada. Ambos equipos se pueden unir a través de unos puntos de fijación, ver Figura N° 4. 1.

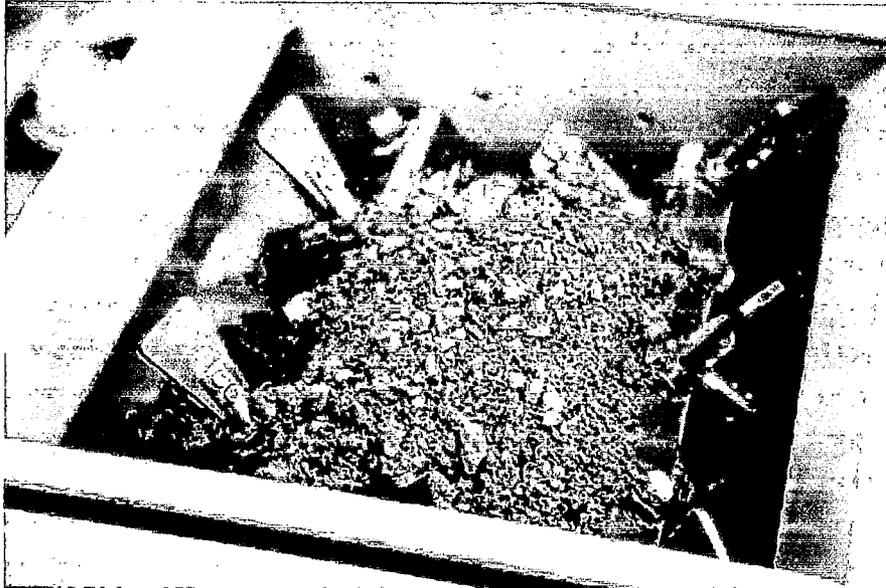


Figura N° 4. 2 Proceso de mezcla en el WLM30.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

## 4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

### 4.2.1 Material pulverizado (RAP) o material granular de aporte

Debido a la gran variedad de agregados que pueden ser mezclados con asfalto espumado (piedra chancada, arena arcillosa, RAP y otros materiales tales como escorias), estos deben ser caracterizados considerando dos propiedades importantes: su distribución granulométrica y el Índice de Plasticidad. Una vez obtenida la curva granulométrica del agregado, es comparada con la clasificación mostrada en el Gráfico N° 4. 1 y el Cuadro N° 4. 1.

En particular, es necesario prestar atención especial a la presencia de un porcentaje adecuado de material fino (material que pasa la malla de 0.075 mm – N° 200), pues su deficiencia da lugar a una mezcla poco adecuada con el asfalto espumado y a una disminución en la resistencia y en la estabilidad del material tratado. El porcentaje mínimo de finos requerido es del 5%, aun cuando en algunas referencias se acepta del 4%.

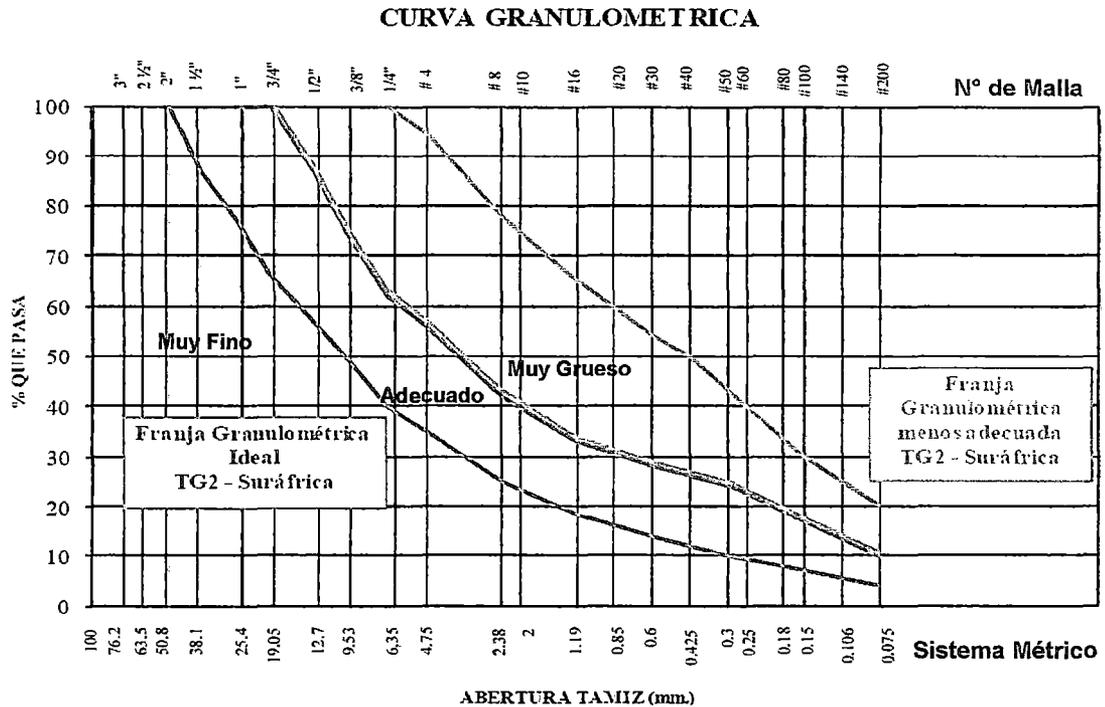


Gráfico N° 4. 1 Granulometría del material tratado con asfalto espumado.

Fuente: ASPHALT ACADEMY – TECHNICAL GUIDELINE (TG2): A GUIDELINE FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF BITUMEN EMULSION AND FOAMED BITUMEN STABILISED MATERIALS – 2009. Pág. 19

Tamaño Tamiz (mm)	Porcentaje que pasa	
	Ideal	Menos adecuado
50	100	---
37.5	87 – 100	---
26.5	77 – 100	100
19	66 – 99	99 – 100
13.2	67 – 87	87 – 100
9.6	49 – 74	74 – 100
6.7	40 – 62	62 – 100
4.75	35 – 56	56 – 95
2.36	25 – 42	42 – 78
1.18	18 – 33	33 – 65
0.6	14 – 28	28 – 54
0.425	12 – 26	26 – 50
0.3	10 – 24	24 – 43
0.15	7 – 17	17 – 30
0.075	4 – 10	10 – 20

Cuadro N° 4. 1 Distribución granulométrica recomendada por la experiencia Sudafricana.

Fuente: WIRTGEN GMBH–WIRTGEN COLD RECYCLING TECHNOLOGY – 2010. Pág. 131

En el caso de que se requiera la adición de material pétreo para satisfacer el requisito de gradación, éste deberá cumplir con las características de material de base granular o de sub - base granular de las normas del MTC EG – 2000. La granulometría resultante del material pulverizado que considera los agregados de adición deberá cumplir también los requerimientos granulométricos presentados en el Cuadro N° 4. 1.

#### 4.2.1.1 Muestreo del RAP en campo

Las muestras son obtenidas durante las investigaciones en terreno y en la excavación de calcatas. Cada una de las capas superficiales del pavimento ( $\pm$  300 mm) deben ser muestreadas separadamente, recuperando al menos 150 Kg de material de cada capa el cual probablemente se utilizara en algún procedimiento de diseño de mezcla, tener en cuenta la consideraciones de la Sección 2.3.3.

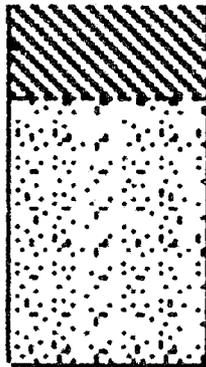
#### 4.2.1.2 Ensayos estándar de la muestra

Determinar la granulometría, MTC E – 107 2000 (ASTM D 422) y el índice de plasticidad MTC E – 111 2000 (ASTM D 4318) del material muestreado de cada capa en forma individual.

#### 4.2.1.3 Mezclado de la muestra

En caso de ser necesario, mezclar el material muestreado de las diferentes capas para obtener una mezcla combinada que sea representativa del material reciclado a profundidad total. La densidad in – situ de los componentes debe ser considerada cuando los materiales están mezclados, como se muestra más adelante en el ejemplo. Repetir los ensayos descritos en la Sección 4.2.1.2 para determinar la granulometría y el índice de plasticidad de la muestra mezclada.

**Estructura superior del  
pavimento existente**



60 mm Pavimento  
asfáltico (densidad in – situ  
2300 Kg / cm<sup>3</sup>)

200 mm Base granular  
(densidad in – situ 2000 Kg  
/ cm<sup>3</sup>)

Profundidad de reciclado 200 mm

60 mm Pavimento asfáltico  
+  
140 mm Base granular

Material	Por metro cuadrado (Kg)	Proporción en peso (%)	Por 10 Kg de muestra (gr)
Pavimento asfáltico (60 mm en 2300 Kg/m <sup>3</sup> )	$0.06 \times 2300 = 138$	$138 / 418 = 0.33$	$0.33 \times 10\,000 = 3300$
Base granular (140 mm en 2000 Kg/m <sup>3</sup> )	$0.14 \times 2000 = 280$	$280 / 418 = 0.67$	$0.67 \times 10\,000 = 6700$
Total	418	1.00	10 000

Cuadro N° 4. 2 Mezclas de los materiales en proporción al espesor de las capas y a la densidad del material in – situ.

Fuente: Elaboración propia

**4.2.1.4 Proporción Representativa**

Separar el material en muestras representativas dentro de las siguientes cuatro fracciones:

- Retenido en el tamiz de 19.0 mm (N° 3/4")
- Que pase el tamiz de 19.0 mm (N° 3/4"), pero queda retenido en el tamiz de 13.2 mm (N° 1/2")
- Que pase el tamiz de 13.2 mm (N° 1/2"), pero queda retenido en el tamiz de 4.75 mm (N° 4")
- Que pase el tamiz de 4.75 mm (N° 4")

Reconstituir muestras representativas conforme a la granulometría determinada en la Sección 4.2.1.3 , sobre la porción que pasa el tamiz de 19.0 mm (N° 3/4"). Sustituir la porción retenida en el tamiz de 19.0 mm (N° 3/4") con el material que pasa el tamiz de 19.0 mm (N° 3/4"), pero es retenido en el tamiz de 13.2 mm (N° 1/2"). Este procedimiento es explicado en el Cuadro siguiente:

Análisis por Tamiz		Cantidad de Material a ser incluido en una muestra de 10 kg		
Tamaño Tamiz (mm)	% que pasa	Pasa 4.75 mm	Pasa 13.20 mm Retenido 4.75 mm	Pasa 19.0 mm Retenido 13.2 mm
19.0	90.5	$(53,6/100 \times 10000) = 5.360 \text{ g}$	$((72,3 - 53,6) / 100 \times 10000) = 1.870 \text{ g}$	$((100 - 72,3) / 100 \times 10000) = 2.770 \text{ g}$
13.2	72.3			
4.75	53.6			

Cuadro N° 4. 3 Análisis de la cantidad de material a ser incluido en la muestra de 10 Kg.

Fuente: Elaboración propia

Si el material es insuficiente (por ejemplo, el que pasa el tamiz de 19.0 mm pero queda retenido en el tamiz de 13.2 mm) para sustituir el retenido en el tamiz de 19.0 mm, entonces triturar ligeramente el material retenido en el tamiz de 19.0 mm para proporcionar más de esta fracción.

#### 4.2.1.5 Temperatura de los Agregados

La temperatura óptima del agregado debe estar entre 13 °C – 20 °C, temperaturas muy bajas, reducen la efectividad de la espuma. Revisar la Sección 2.3.1.

#### 4.2.1.6 Contenido óptimo de humedad de los materiales

Para la estabilización con asfalto espumado, se puede asumir que el Óptimo Contenido de Humedad OCH (OMC por sus siglas en inglés, Optimum Moisture Content) y la Máxima Densidad Seca MDS (MDD por sus siglas en inglés, Maximum Dry Density) son iguales al OCH y MDS determinados para muestras representativas de materiales, no tratados previamente con asfalto espumado.

Por esto se realizara un ensayo del Proctor Modificado (AASHTO T180), para obtener el contenido óptimo de humedad del agregado.

El contenido óptimo de humedad del material (RAP, agregados o ambos) es necesario para una adecuada compactación posterior; por lo que se recomienda una humedad comprendida entre 65 – 85% de la humedad óptima de compactación, mediante el ensayo del Proctor Modificado. Revisar la Sección 2.3.2.

#### 4.2.1.7 Contenido de Humedad Higroscópico

Para determinar el contenido de humedad higroscópico (secado al aire) del material se utilizan dos muestras representativas de 1 kg aproximadamente, secadas al aire. (Nota: se requerirá muestras de mayor tamaño cuanto más grueso sea el agregado). Las muestras secadas al aire se pesan, con aproximación a 0.1 g, y luego se colocan en un horno a una temperatura entre 105 °C y 110 °C hasta alcanzar masa constante. El contenido de humedad higroscópico es la pérdida de masa expresada como un porcentaje de la masa seca de la muestra.

#### 4.2.2 Exigencias del Filler activo

En la práctica, para suplir una deficiencia en los finos presentes en el material a tratar o para disminuir la susceptibilidad al agua, cuando se tienen finos que presentan plasticidades menores a un 6% u 8%, se acostumbra incorporar cemento (debe evitarse una dosificación de cemento superior al 1.0%, con el objeto de no reducir la flexibilidad en la capa estabilizada). Por lo tanto la estabilización con asfalto es realizada normalmente en combinación con una pequeña cantidad de filler activo (cemento, cal hidratada o ceniza volante). En el Cuadro N° 4. 4 se muestra algunas tasas de aplicación de cal hidratada o cemento que deben ser usadas como guía, revisar la Tabla N° 2. 4.

El tratamiento previo con cal requiere que este y el agua sean añadidas al menos 4 horas antes de agregar el asfalto espumado. El material tratado debe ser colocado en un contenedor hermético para conservar la humedad. Sin

embargo, debido al proceso de hidratación, siempre se debe verificar el contenido de humedad y, si es necesario, ajustarlo antes de agregar el agente estabilizador asfáltico.

Índice de Plasticidad – Menor que 10	Índice de Plasticidad - Mayor que 10 y menor que 16	Índice de Plasticidad – Mayor que 16
Agregar 1 % de Cemento Portland	Agregar 1 % de Cal Hidratada	Tratar previamente con 2 % de Cal Hidratada

Cuadro N° 4. 4 Recomendaciones para la incorporación de cemento o cal hidratada a la mezcla, mediante el Índice de Plasticidad.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 181

Aunque se recomienda el uso de filler activo, en algunas partes del mundo estos agentes no se encuentran fácilmente disponibles. En tal caso, puede ser utilizado polvo de trituración (abertura del machacador menor a 6 mm) o un material similar. No obstante, algunos materiales cohesivos deben ser tratados con cuidado. Si bien los ensayos de laboratorio de estos materiales pueden arrojar un alto porcentaje de finos que pasan la malla de 0.075 mm de diámetro, generalmente la calidad de mezclado conseguida en terreno es deficiente, este fenómeno se debe a la naturaleza plástica del material, ver Sección 2.3.

En conclusión la adición de cemento o cal junto con el asfalto espumado, además de ayudar a la dispersión del asfalto, mejora la resistencia retenida en condiciones de humedad, mejora la trabajabilidad de la mezcla y especialmente la Cal colabora con la reducción del Índice de Plasticidad. Durante el proceso de diseño de mezcla se realizan ensayos adicionales sin filler activo y/o con polvo de trituración. Los resultados de estos ensayos permiten tomar una decisión para garantizar la adición de filler activo o polvo de trituración.

#### 4.2.3 Aditivos mejoradores de adherencia entre agregados y asfalto

Cuando se requieran, deberán ser propuestos por el constructor. El tipo de aditivo y dosificación deberán asegurar el cumplimiento del requisito de resistencia a la tracción indirecta retenida o conservada de la mezcla. Asimismo, se deberá garantizar que su incorporación no produzca ningún efecto nocivo a

los agregados, al ligante asfáltico o a la mezcla. La dosificación y dispersión homogénea del aditivo, será responsabilidad del contratista.

#### **4.2.4 Propiedades del agua que participara en la mezcla**

En el proceso de reciclaje con asfalto espumado se requiere de agua para dos propósitos independientes:

- Agua para fabricar la espuma o agua de espumado.
- Agua para la compactación del material tratado.

En el primer caso el agua debe encontrarse libre de impurezas y de partículas que puedan obstruir la boquilla de inyección a la cámara de espumado. En el segundo caso el agua requerida para el humedecimiento de los agregados pétreos estará libre de materia orgánica y de elementos químicos que dificulten el proceso de mezclado y el curado de la mezcla.

#### **4.2.5 Cemento asfáltico**

Para el reciclaje con cemento asfáltico espumado, el ligante será de penetración 85 – 100, compatible con los agregados pétreos, el cual deberá cumplir con los requisitos de calidad establecidos en las normas MTC EG – 2000. Para el proceso de espumación no debe utilizarse asfalto modificado. Siempre se deberá asegurar que el asfalto con el que se trabaja sea el adecuado para la producción de la espuma; se establecerá periódicamente, en el laboratorio piloto WLB – 10S sobre muestras representativas del asfalto que se pretenda usar en obra, las condiciones de temperatura y concentración de agua con las cuales se alcancen las mejores características de espumado.

##### **4.2.5.1 Dosificación del asfalto espumado**

La cantidad de asfalto espumado a ser adicionado al material reciclado para adquirir la resistencia requerida, solo puede ser determinada estableciendo un proceso de laboratorio de diseño de mezcla. Esto vinculara muestras preparadas de mezclas con diferentes cantidades de asfalto espumado (típicamente 2%, 3%,

4%, etc. por masa), para luego fabricar briquetas y determinar su resistencia relativa.

### **4.3 MEZCLADO, COMPACTACIÓN Y CURADO DE LA MEZCLA.**

#### **4.3.1 Dosificación de la mezcla**

De acuerdo con el espesor de pavimento que deba procesarse en los trabajos, se estimará la cantidad óptima de cemento asfáltico espumado y de cemento, de modo de producir una mezcla cuya calidad cumpla los requerimientos mínimos establecidos en los reportes de diseños de mezclas con asfalto espumado. Previamente a la definición del contenido de ligante, se establecerá la necesidad de incorporar agregados pétreos nuevos en la mezcla para corregir deficiencias granulométricas y se indicará la proporción en que ellos deban intervenir.

La humedad de compactación podrá ser ajustada entre un 65% a un 100% del humedad óptima del Proctor modificado, dependiendo de la consistencia y apariencia que se obtenga del material tratado en campo. A la humedad de compactación se le deberá descontar la humedad natural del material existente.

La fórmula de trabajo establecida en el laboratorio se podrá ajustar con los resultados de las pruebas que serán realizadas durante la fase de experimentación en campo. Igualmente, si durante la ejecución de las obras varía la procedencia de alguno de los componentes de la mezcla, se requerirá el estudio de una nueva fórmula de trabajo.

#### **4.3.1.1 Procedimiento para la mezcla y preparación de las muestras para el tratamiento con asfalto espumado**

- **PASO 1.-** Colocar la cantidad de muestra requerida dentro de un contenedor mezclador adecuado (10 kg para elaborar probetas de 100 mm de diámetro, o 20 kg para probetas de 150 mm de diámetro).
  
- **PASO 2.-** Determinar la masa seca de la muestra usando la Ecuación N° 4. 1.

$$\text{Ecuación N° 4. 1} \quad M_s = \frac{M_{\text{air-dry}}}{\left(1 + \left(\frac{W_{\text{air-dry}}}{100}\right)\right)}$$

Donde:

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{\text{air-dry}}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

$W_{\text{air-dry}}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

- **PASO 3.-** Determinar el porcentaje requerido de filler activo (cal o cemento) usando la Ecuación N° 4. 2.

$$\text{Ecuación N° 4. 2} \quad M_{\text{cement}} = \left(\frac{C_{\text{adi}}}{100}\right) \times M_s$$

Donde:

$M_{\text{cement}}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$C_{\text{adi}}$  = Porcentaje de cal o cemento requerido (%)

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

- **PASO 4.-** Determinar el porcentaje de agua a ser agregada para lograr un mezclado óptimo usando la Ecuación N° 4. 3. Luego determine la masa de agua a ser agregada a la muestra usando la Ecuación N° 4. 4.

$$\text{Ecuación N° 4. 3} \quad W_{\text{adi}} = 1 + (0.5W_{\text{OMC}} - W_{\text{air-dry}})$$

$$\text{Ecuación N° 4. 4} \quad M_{\text{agua}} = \left(\frac{W_{\text{adi}}}{100}\right) \times (M_s + M_{\text{cement}})$$

Donde:

$W_{\text{adi}}$  = Agua agregada a la muestra (%)

$W_{\text{OMC}}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

$M_{\text{agua}}$  = Masa de agua agregada (gr)

- **PASO 5.-** Mezclar el material, el filler activo, y el agua en un mezclador hasta que esté uniforme.

Inspeccionar la muestra después del mezclado para asegurar que el material no quede adherido a las paredes del mezclador. Si esta situación ocurre, mezclar una muestra nueva con un contenido de humedad inferior. Comprobar que el material se mezcla fácilmente y permanece en un estado suelto o esponjado. Si alguna partícula de polvo es observada al final del proceso de mezclado, agregar pequeñas cantidades de agua y mezclar nuevamente hasta alcanzar un estado suelto sin polvo.

- **PASO 6.-** Determinar el asfalto espumado a ser agregado usando la Ecuación N° 4. 5.

$$\text{Ecuación N° 4. 5} \quad M_{\text{asfalt}} = \left( \frac{B_{\text{adi}}}{100} \right) \times (M_s + M_{\text{cement}})$$

Donde:

$M_{\text{asfalt}}$  = Masa de asfalto agregado (gr)

$B_{\text{adi}}$  = Contenido de asfalto espumado (%)

- **PASO 7.-** Determinar el ajuste del temporizador en el Wirtgen WLB 10S usando la Ecuación N° 4. 6.

$$\text{Ecuación N° 4. 6} \quad T = \text{factor} \times (M_{\text{asfalt}} + Q_{\text{asfalto}})$$

Donde:

$T$  = Tiempo de ajuste en el temporizador del WLB 10S (s)

$M_{\text{asfalt}}$  = Masa de asfalto agregado (gr)

$Q_{\text{asfalt}}$  = Caudal del asfalto para el WLB 10S ( $\text{gr}/\text{s}$ )

**factor** =

Compensación de pérdidas de asfalto en el equipo mezclador

La experiencia ha mostrado que un factor de 1.1 es aplicable al usar un mezclador Hobart y 1.0 usando un mezclador tipo tornillo

- **PASO 8.-** Colocar el mezclador mecánico adyacente al laboratorio de espumado de modo que el asfalto espumado pueda ser descargado directamente en el mezclador.

- **PASO 9.-** Comenzar el mezclado y dejar mezclando durante al menos 10 segundos antes de descargar la masa de asfalto espumado requerida dentro del mezclador. Seguir mezclando durante 30 segundos más, después de que el asfalto espumado se ha descargado dentro del mezclador.
- **PASO 10.-** Determinar la cantidad de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo usando la Ecuación N° 4. 7.

$$\text{Ecuación N° 4. 7} \quad M_{\text{plus}} = \frac{(W_{\text{OMC}} - W_s) \times (M_s + M_{\text{cement}})}{100}$$

Donde:

$W_s$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)

$M_{\text{plus}}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el (gr)  
contenido de humedad óptimo (gr)

- **PASO 11.-** Agregar la cantidad de agua adicional y mezcle hasta que quede uniforme.
- **PASO 12.-** Traspasar el material tratado con asfalto espumado a un contenedor y sellarlo inmediatamente para conservar la humedad. Para reducir al mínimo la pérdida de humedad de la muestra preparada, elaborar cuanto antes las probetas siguiendo los procedimientos pertinentes para probetas de 100 mm o 150 mm de diámetro, como se describe en la Sección 4.3.2 .

Se añadirá suficiente agua, de manera que el contenido de humedad más el contenido de ligante añadido sean iguales al contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo modificado de compactación. El mezclador mecánico debe ser colocado de manera que la espuma sea descargada directamente al recipiente de mezcla. Los agregados y el agua se mezclan aproximadamente durante un minuto. Posteriormente, sin parar el mezclador, se descarga la masa requerida de asfalto espumado en el recipiente de mezcla y se continúa el proceso de mezclado durante los siguientes 30 segundos.

Repetir los pasos anteriores para un mínimo de cuatro contenidos diferentes de asfalto espumado (1% – 3 % de asfalto) para determinar el contenido óptimo de asfalto, y evaluar el comportamiento de cada una de ellas en función de la Tracción Indirecta (o tracción por compresión diametral), determinada tanto en estado seco como saturado. Para encontrar el contenido óptimo de asfalto se debe tener en cuenta aquel contenido que maximice la Tracción Indirecta saturada.

#### 4.3.1.2 Contenidos de humedad y de asfalto

Se toman muestras de cada mezcla por duplicado, para verificar los contenidos de agua y de asfalto. Se seca cada muestra hasta encontrar una masa constante a una temperatura de 105 – 110°C, para determinar su humedad. Posteriormente, se realiza una extracción para determinar el contenido de asfalto.

#### 4.3.2 Fabricación de probetas de 100 mm de diámetro

##### 4.3.2.1 Compactación (Método Marshall)

- **PASO 1.-** Preparar el molde y martillo Marshall limpiando el molde, collar, plato base y la cara de compactación del martillo. El equipo de compactación no debe ser previamente calentado, sino mantenerse a temperatura ambiente.
- **PASO 2.-** Pesar material suficiente para alcanzar una altura de compactación de 63.5 mm  $\pm$  1.5 mm (usualmente 1150 g). Punzar 15 veces la mezcla con una espátula alrededor del perímetro y 10 veces en la superficie, dejando la superficie levemente redondeada.
- **PASO 3.-** Compactar la mezcla aplicando 75 golpes con el martillo de compactación. Debe asegurarse que el martillo caiga libremente.
- **PASO 4.-** Retirar el molde y el collar del pedestal, invertir la probeta (dar vuelta). Volver a colocar y presionar firmemente para asegurar que descansa firmemente sobre el plato base. Compactar la otra cara de la probeta aplicando nuevamente 75 golpes.

- **PASO 5.-** Después de la compactación, retirar el molde del plato base y desmoldar la probeta por medio de un extrusor.

Con ciertos materiales que carecen de cohesión, puede ser necesario dejar las probetas en el molde durante 24 horas para desarrollar la resistencia antes de extraerlas.

#### 4.3.2.2 Procedimiento de Curado

Otro aspecto relevante a ser tenido en cuenta en la tecnología de los asfaltos espumados, es el curado de las mezclas y el efecto de las condiciones del mismo, sobre las propiedades mecánicas del material tratado.

El curado es el proceso mediante el cual la mezcla del agregado con asfalto espumado gana gradualmente resistencia con el tiempo, mientras se presenta la reducción en el contenido de humedad. La temperatura del curado, su duración y por lo tanto las condiciones de humedad, afectan severamente la resistencia de las mezclas con asfalto espumado. De manera similar a lo que sucede con las mezclas en frío, elaboradas con emulsiones asfálticas, las mezclas con asfalto espumado desarrollan su resistencia con el tiempo, aunque se requiere un periodo relativamente menor para alcanzar su resistencia final. Con el objeto de reproducir en el laboratorio las condiciones de humedad y así mismo la resistencia obtenida de material tratado en obra, a diferentes edades: corto, mediano y largo plazo se propone algunos procedimientos de curado en el Cuadro N° 4. 5.

El profesor Ruckel y otros investigadores propusieron los procedimientos de curado que se muestran en el Cuadro N° 4. 5. En Wirtgen Manual de Reciclado en Frío proponen colocar las probetas sobre una bandeja plana y curar en un horno con aire forzado durante 72 horas a 40 °C. Retirar del horno después de 72 horas y dejar enfriar a temperatura ambiente. Procedimiento similar a lo propuesto en el Cuadro N° 4. 5 para una edad a largo plazo.

Termino	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Duración en Laboratorio	24 horas	48 horas	96 horas
Condición de curado	Dentro de los moldes	24 horas dentro de los moldes y 24 horas fuera de los moldes	24 horas dentro de los moldes y 72 horas fuera de los moldes
Temperatura	Ambiente	40 °C	40 °C
Similitud con la obra: • Duración después extendida la capa • Condición climática	• 1 día • Seca	• 7 a 14 días • Seca	• 30 días • Seca

Cuadro N° 4. 5 Procedimientos propuestos para el curado de las mezclas con asfalto espumado.

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso – INGENIERÍA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS – 2002. Pág. 648

En un gran número de investigaciones se ha adoptado el procedimiento de curado de las mezclas propuesto por Bowering en 1970, consistente en el secado de las muestras en horno a 60 °C durante 72 horas. Algunos autores consideran que esta temperatura, por el hecho de ser superior a la temperatura correspondiente a la del punto de ablandamiento del cemento asfáltico, puede generar cambios en su dispersión y un posible envejecimiento del mismo.

#### 4.3.2.3 Determinación de la Densidad Bruta

Después de enfriar cada probeta a temperatura ambiente:

- **PASO 1.-** Determinar la masa.
- **PASO 2.-** Medir la altura en cuatro sitios uniformemente espaciados alrededor de la circunferencia y calcule la altura promedio.
- **PASO 3.-** Mida el diámetro.
- **PASO 4.-** Calcule la densidad bruta usando la Ecuación N° 4. 8.

$$\text{Ecuación N° 4. 8} \quad BD = (4 \times M_{\text{briq}}) \times (\pi \times d^2 \times h) \times 1000$$

Donde:

**BD** = Densidad bruta ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

**M<sub>briq</sub>** = Masa de la probeta (gr)

**h** = altura promedio de la probeta (cm)

**d** = Diametro de la probeta (cm)

La densidad bruta puede ser verificada usando el método de “peso en aire/peso en agua”. Se excluirá cualquier probeta cuya densidad bruta difiera del promedio en más de  $50 \text{ Kg} / \text{m}^3$ .

#### 4.4 ENSAYOS Y RESULTADOS

Las probetas de 100 mm de diámetro son ensayadas por resistencia a la tracción indirecta bajo condición seca y saturada siguiendo el procedimiento descrito en la Sección 4.4.1.1 .

Los resultados de los ensayos de ITS seco y saturado son graficados con respecto al contenido de asfalto respectivo que fue agregado. El contenido de asfalto óptimo es aquel que permite alcanzar las mejores propiedades deseadas.

##### 4.4.1 Procedimientos de Ensayo de Resistencia

###### 4.4.1.1 Determinación de la Resistencia a la Tracción Indirecta (ITS)

El ITS es usado para ensayar probetas bajo diferentes condiciones de humedad: seco, saturado y contenido de humedad de equilibrio. El ITS es determinado midiendo la carga última de falla de una probeta sujeta a una razón de deformación constante de 50.8 mm/minutos sobre su eje diametral. El procedimiento es el siguiente:

- **PASO 1.-** Ubicar la probeta en el cabezal para ensayos de ITS. Colocar la probeta tal que las bandas de carga estén paralelas y centradas en el plano vertical diametral.

- **PASO 2.-** Ubicar el plato de transferencia de carga sobre la banda superior y colocar el cabezal de ensayo ensamblado de manera que quede centrado bajo el pistón de carga de la máquina de compresión.
- **PASO 3.-** Aplicar carga a la probeta a una razón de avance de 50,8 mm por minuto hasta alcanzar la carga máxima. Registrar la carga máxima P (en kN), con aproximación a 0.1 kN.
- **PASO 4.-** Inmediatamente después de ensayar la probeta, romperla y tomar una muestra de 1.000 g aproximadamente para determinar el contenido de humedad (W break). Este contenido de humedad es usado en la Ecuación N° 4. 12 para determinar la densidad seca de la probeta.
- **PASO 5.-** Calcule el ITS de la probeta con aproximación a 1 kPa usando la Ecuación N° 4. 9.

$$\text{Ecuación N° 4. 9} \quad \text{ITS} = \frac{(2 \times P)}{(\pi \times h \times d)} \times 1000$$

Donde:

**ITS** = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)

**P** = Carga máxima aplicada (kN)

**h** = altura promedio de la probeta (cm)

**d** = Diámetro de la probeta (cm)

- **PASO 6.-** Para determinar el ITS saturado, coloque las probetas bajo agua a 25 °C ± 1 °C por 24 horas. Saque las probetas del agua, séquelas superficialmente y repita los pasos 1 al 5.

La Resistencia a la Tracción Retenida (TSR) es la relación entre el ITS seco y el ITS saturado para un conjunto específico de probetas, expresada como porcentaje usando la Ecuación N° 4. 10.

$$\text{Ecuación N° 4. 10} \quad \text{TSR} = \frac{\text{ITS}_{\text{Saturado}}}{\text{ITS}_{\text{Seco}}} \times 100$$

#### 4.4.1.2 Determinación de la Resistencia a la Compresión No Confinada

El UCS es usado para ensayar probetas con el contenido de humedad de equilibrio. Se asume que esto representa el contenido de humedad real del pavimento. El UCS es determinado midiendo la carga última de falla de una probeta de 127 mm de alto y 150 mm de diámetro sujeta a una razón de carga constante de 140 kPa/s (153 kN/min). El procedimiento es el siguiente:

- **PASO 1.-** Ubicar la probeta entre las placas de compresión de la máquina de ensayo. Colocar la probeta tal que se encuentre centrada en las placas de carga.
- **PASO 2.-** Aplicar carga a la probeta a una razón de avance de 140 kPa/s hasta alcanzar la carga máxima. Registrar la carga máxima P (en kN), con aproximación a 0.1 kN.
- **PASO 3.-** Inmediatamente después de ensayar la probeta, romperla y tomar una muestra de 1.000 g aproximadamente para determinar el contenido de humedad (W break). Este contenido de humedad es usado en la Ecuación N° 4. 12 para determinar la densidad seca de la probeta.
- **PASO 4.-** Calcular el UCS de la probeta con aproximación a 1 kPa usando la Ecuación N° 4. 11.

$$\text{Ecuación N° 4. 11} \quad \text{UCS} = \frac{(4xP)}{(\pi xd^2)} \times 1000$$

Donde:

**UCS** = Resistencia a la Presión no confinada (kPa)

**P** = Carga máxima aplicada (kN)

**d** = Diametro de la probeta (cm)

#### 4.4.1.3 Determinación de la Densidad Seca

Utilizando el contenido de humedad determinado en cada uno de los ensayos descritos anteriormente, calcule la densidad seca usando la Ecuación N° 4. 12.

$$\text{Ecuación N}^\circ 4.12 \quad DD = \left( \frac{M_{\text{briq}}}{\text{Vol}} \right) \times \left( \frac{100}{W_{\text{break}} + 100} \right) \times 1000$$

Donde:

**DD** = Densidad seca ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )

**M<sub>briq</sub>** = Masa de la probeta (gr)

**Vol** = Volumen de la probeta ( $\text{cm}^3$ )

**W<sub>brak</sub>** = Contenido de humedad de la probeta (%)

#### 4.4.1.4 Determinación del contenido de asfalto de diseño

Para todas las muestras (tanto las ensayadas en seco como bajo saturación), se dibuja una gráfica que represente el contenido de asfalto (abscisas) contra la resistencia a la tensión indirecta (ordenadas), en el mismo juego de ejes. También se dibujaran las graficas que represente el contenido de asfalto (abscisas) contra la resistencia a la tracción retenida (ordenadas) y la densidad (ordenadas), en el mismo juego de ejes.

El contenido de asfalto para el cual las probetas ensayadas alcanzan la máxima resistencia a la tracción bajo saturación, es el contenido de asfalto óptimo de la mezcla con asfalto espumado. Se determina si esta resistencia y la correspondiente en seco para el mismo contenido de ligante satisfacen las especificaciones. Si no lo hacen, se deberá diseñar una nueva mezcla.

Se recomiendan algunos valores como guía para la selección del óptimo contenido de asfalto en la mezcla reciclada, también revisar la Sección 2.4.1 y la Sección 2.4.2.

- Resistencia de probetas curadas en seco  $\geq 200$  kPa
- Resistencia de probetas curadas en húmedo  $\geq 100$  kPa
- Resistencia a la tracción retenida tras curado húmedo  $\geq 50$  %

#### 4.4.1.5 Equipos de Laboratorio Requeridos

Descripción del equipo a emplear	Cantidad
Separador (abertura de 25 mm)	1
Recipientes	3
Tamices (450 mm de diámetro)	
• 19.0 mm	1
• 13.2 mm	1
• 4.75 mm	1
Contenedores herméticos de 20 Litros	20
Balanza mecánica (o balanza de 50 Kg usada para el ensayo del Proctor modificado)	1

Cuadro N° 4. 6 Equipo para la preparación de muestras.

Fuente: Elaboración propia

Descripción del equipo a emplear	Cantidad
Compactador (Manual / Automático con pedestal de madera y martillo)	1
Moldes (con collar y plato base) $\phi = 100$ mm	12
Calibrador Vernier de 250 mm	1
Gato extrusor	1

Cuadro N° 4. 7 Equipo para la elaboración de probetas Marshall.

Fuente: Elaboración propia

Descripción del equipo a emplear	Cantidad
Bandejas 250 mm x 350 mm	12
Horno de secado 240 Litros	1
Bolsas plásticas $\pm 10$ Litros	500
Balanza electrónica (o la balanza para el análisis de tamices) 10 Kg $\pm 0.1$ gr	1
Baño de agua con temperatura controlada (o el baño para CBR cuando la Temperatura ambiente es $\pm 25$ °C)	1

Cuadro N° 4. 8 Equipo para el curado de probetas.

Fuente: Elaboración propia

Descripción del equipo a emplear	Cantidad
Cabezal de ensayo ITS $\phi = 100$ mm	1
Cabezal de ensayo ITS $\phi = 150$ mm (si es requerido)	1
Maquina de ensayo a la compresión (razón de avance de 50.8 mm/min se puede usar la prensa para CBR si esta es ajustable)	1

Cuadro N° 4. 9 Equipo para el ensayo ITS.

Fuente: Elaboración propia

Descripción del equipo a emplear	Cantidad
Plato de transferencia de carga $\phi = 150$ mm	1
Maquina de ensayo a la compresión (razón de avance de 153 Kn/min se puede usar la prensa para CBR si esta es ajustable)	1

Cuadro N° 4. 10 Equipo para el ensayo UCS.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2 Determinación de las Propiedades de Corte de los Materiales Estabilizados con Asfalto

El ensayo tri – axial es necesario para determinar la cohesión y el ángulo de fricción interna de un material estabilizado con asfalto. El ensayo es normalmente realizado sólo con el contenido óptimo de asfalto, pero se pueden utilizar contenidos de asfalto adicionales para investigar la susceptibilidad de los parámetros de corte. El ensayo tri – axial estático es usado para determinar la resistencia del material con respecto a la cohesión (c) y al ángulo de fricción interna ( $\phi$ ). Se realizan cuatro ensayos a diferentes presiones de confinamiento y los resultados son usados para definir la envolvente de rotura de Mohr – Coulomb. Todos los ensayos tri – axiales son realizados a una temperatura de 25 °C. Existe un procedimiento de este ensayo que pertenece al Protocolo de Prueba para Ensayos Tri – axiales de la Universidad de Stellenbosch, Sudáfrica. Este procedimiento es mencionado en Wirtgen Manual de Reciclado en Frio.

#### 4.5 EJEMPLO DE DISEÑO DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO

Para el presente estudio se describirá el diseño de la mezcla y los ensayos de laboratorio pertinentes, con el motivo de encontrar el contenido óptimo de asfalto. Para tal motivo se utilizaron las inmediaciones del laboratorio de la empresa Conalvías Perú; empresa que realiza el proyecto de conservación de la carretera La Oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo María – Emp. 5N (Dv. Tocache), en donde se contempla el reciclaje del pavimento existente, usando la tecnología de Asfalto Espumado.

Se elaboraran las mezclas del material reciclado con el asfalto espumado, se efectuara los diseños necesarios para establecer dosificaciones de materiales, con la planta piloto de laboratorio WLB 10S en combinación con la mezcladora de laboratorio WLM 30 (ver Figura N° 4. 1), las cuales simulan las condiciones que se obtendrán en campo con una Máquina recicladora Wirtgen WR – 2500 S o similar, ver Figura N° 4. 3 y Figura N° 4. 4.



Figura N° 4. 3 Recicladora Wirtgen WR 2500S.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

Con el propósito de establecer, para condiciones particulares del proyecto, la velocidad de rotación del tambor fresador de la máquina recicladora Wirtgen WR 2500 S, que resulte apropiada para obtener una distribución granulométrica en el material recuperado (acorde con los requerimientos granulométricos presentados

en el Cuadro N° 4. 1), se realizó un tramo de prueba en el sector de San Rafael (perteneciente a la carretera Chicrin – Huánuco).

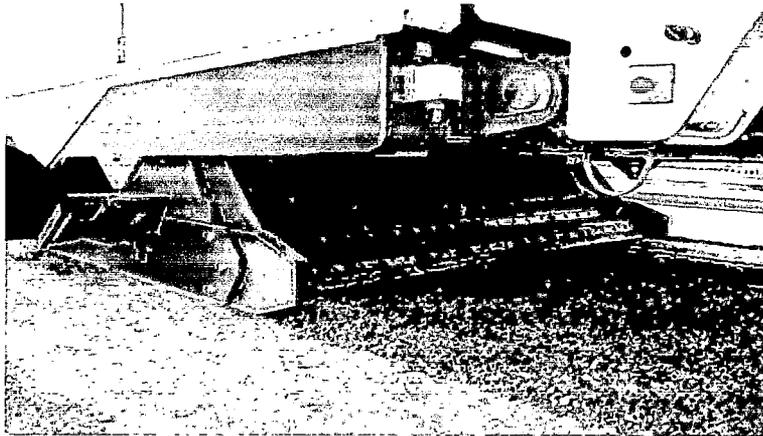


Figura N° 4. 4 La cámara de mezclado – Tambor fresador / mezclador.

Fuente: Pagina web – [www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)

El tramo de prueba que se seleccionó es un sector que presentaba un agrietamiento severo en la carpeta asfáltica, aunque la condición del pavimento es heterogénea en toda su longitud. Para este proyecto en particular, de acuerdo al análisis de la estructura de la vía, se definió un espesor de 15 cm. En la Sección 4.5.1 se dará cuenta de los resultados obtenidos del tramo de prueba.

#### **4.5.1 Velocidad de rotación del tambor fresador de la máquina recicladora Wirtgen WR 2500 S**

En un tramo de vía seleccionado en el sector de San Rafael (perteneciente a la carretera Chicrin – Huánuco), se realizó el fresado del pavimento existente a una profundidad de 15 cm, en una longitud total aproximada de 80 m con la máquina recicladora Wirtgen WR 2500 S. La velocidad de rotación del tambor fresador se varió cada 20 m aplicando la siguiente secuencia: 100 rpm, 150 rpm, 127 rpm y 190 rpm. En cada uno de los tramos se midieron los espesores de capa asfáltica y base granular, el contenido de humedad y se tomaron muestras representativas para caracterizar en el laboratorio. El cambio de revoluciones o ajuste del rotor pulverizador se modifica en el orden que el equipo Wirtgen WR 2500 S lo permite siendo este 100 – 150 rpm y 127 – 190 rpm.

#### 4.5.1.1 Resultados

En toda la longitud del tramo se encontraron espesores de 9 cm de Carpeta Asfáltica y 6 cm de Base Granular, para un espesor total fresado de 15 cm y contenidos de humedad del orden del 2%.

Las distribuciones granulométricas para las velocidades de rotación del tambor fresador de 100 rpm, 127 rpm, 150 rpm y 190 rpm, comparadas con las recomendaciones Sudafricanas, establecidas en el Cuadro N° 4. 1, se indican en el Gráfico N° 4. 2, Gráfico N° 4. 3, Gráfico N° 4. 4 y el Gráfico N° 4. 5.

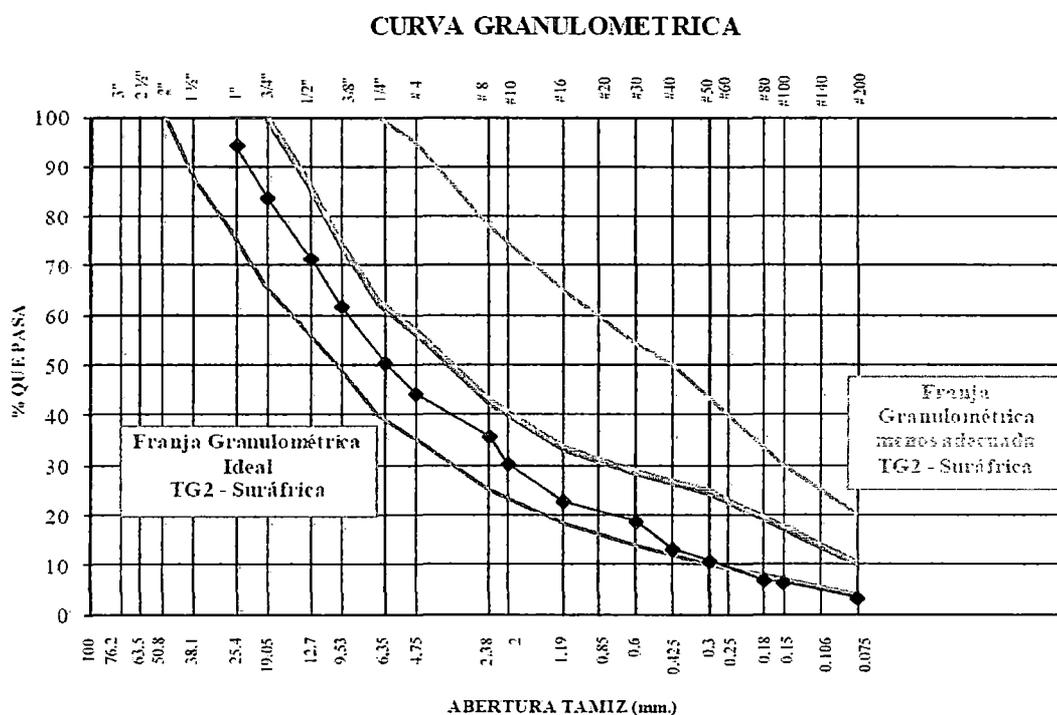


Gráfico N° 4. 2 Distribución Granulométrica 100 rpm rotación del tambor.

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO JARAVITO – VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL TAMBOR FRESADOR MÁQUINA WR 2500 S – INFORME IGP-002-10 – 2010

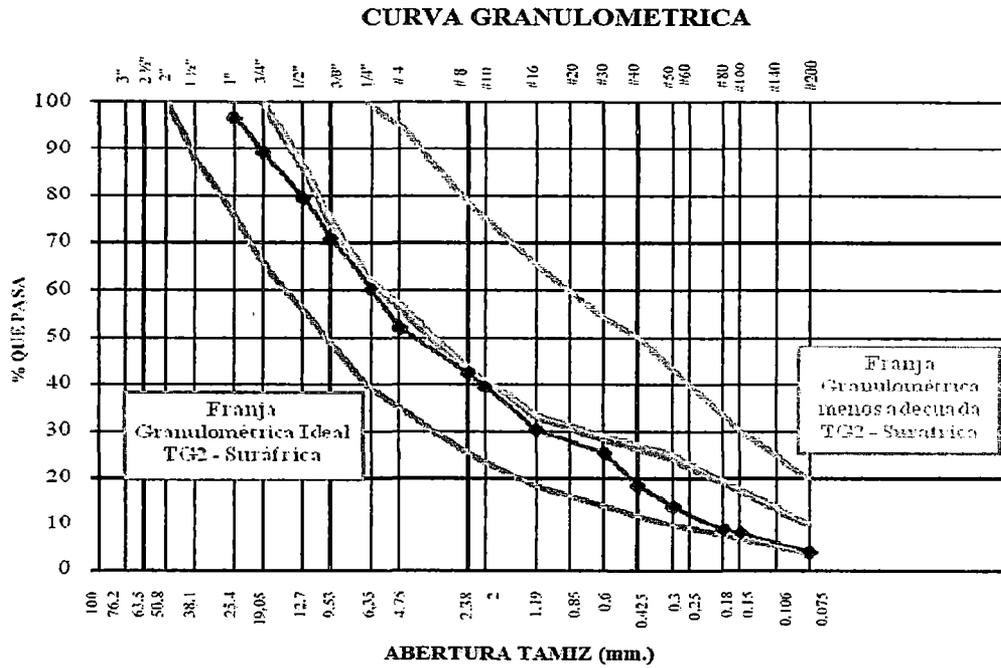


Gráfico N° 4. 3 Distribución Granulométrica 127 rpm rotación del tambor.

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO JARAVITO – VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL TAMBOR FRESADOR MÁQUINA WR 2500 S – INFORME IGP-002-10 – 2010

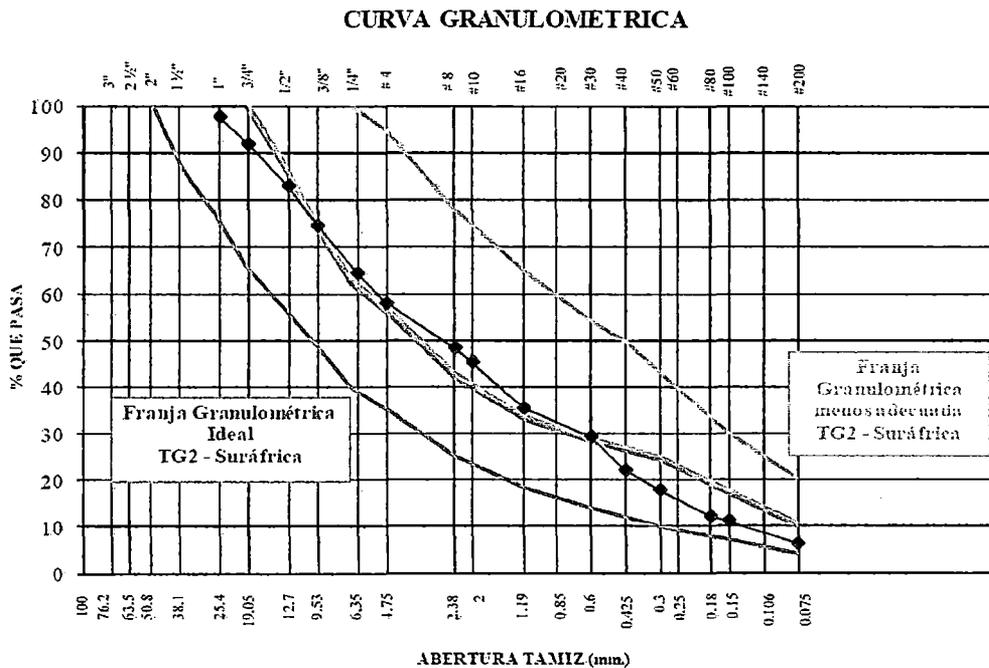


Gráfico N° 4. 4 Distribución Granulométrica 150 rpm rotación del tambor.

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO JARAVITO – VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL TAMBOR FRESADOR MÁQUINA WR 2500 S – INFORME IGP-002-10 – 2010

CURVA GRANULOMETRICA

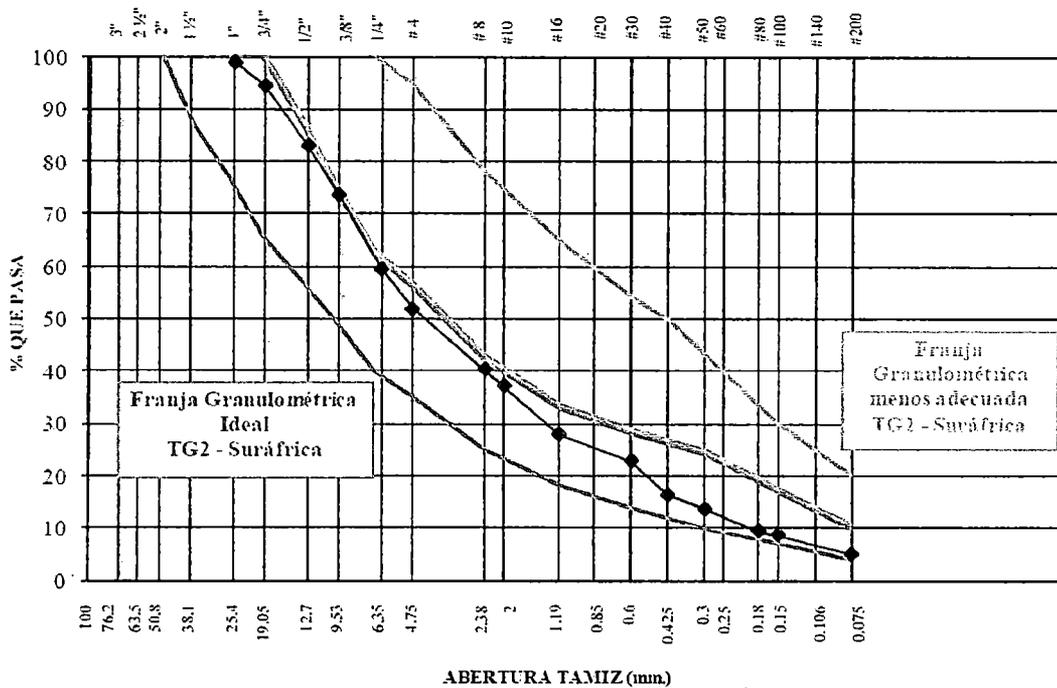


Gráfico N° 4. 5 Distribución Granulométrica 190 rpm rotación del tambor.

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO JARAVITO – VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL TAMBOR FRESADOR MÁQUINA WR 2500 S – INFORME IGP-002-10 – 2010

El porcentaje de tamaños superiores a 1 1/2", junto con las proporciones de material que pasan los tamices de 4.8 mm (N° 4 - Arenas) y 0.075 mm (N° 200 – Finos), para las diferentes velocidades de rotación del tambor se resumen en la Tabla N° 4. 1. Se indican en el orden de ajuste de las poleas en la máquina (100 rpm – 150rpm) – (127 rpm – 190 rpm).

Velocidad de rotación (rpm)*	100	150	127	190
Material retenido en 1 1/2" (%)	11.6	2.4	1.5	0.8
Pasa tamiz de 4.8 mm (N° 4) (%)	44	58	52	52
Pasa tamiz de 0.075 mm (N° 200) (%)	3.0	6.1	4.2	5.0

Tabla N° 4. 1 Proporciones de tamaños característicos de acuerdo con la velocidad de rotación del tambor fresador.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.2 Análisis de resultados y recomendaciones

De acuerdo con los resultados anteriores, en términos generales, se puede indicar que un cambio en la velocidad de rotación del tambor fresador produce una variación de la granulometría del material pulverizado. A medida que se incrementa la velocidad de rotación del tambor fresador, se disminuye la proporción de sobre tamaños y de material grueso, presentes en el material recuperado, aumentando de esta manera la cantidad de finos necesaria para que el asfalto espumado actúe de manera efectiva.

Basados en los resultados obtenidos se recomienda para las condiciones iniciales de trabajo, actuando sobre espesores de 15 cm en donde se incorporan carpetas asfálticas y material de base granular, emplear una velocidad de rotación del tambor fresador de la máquina recicladora Wirtgen WR 2500 S igual a 150 rpm, teniendo en consideración la mayor presencia de tamaños superiores a 11/2" en el material fresado con el tambor rotando a 100 rpm y teniendo en consideración que una rotación de 190 rpm produce un material más fino. Con la rotación de 150 rpm se obtuvo una adecuada proporción de finos (0.425 mm a 0.075 mm) y en especial de la fracción inferior a 0.075 mm (Pasa N° 200), aun cuando se da una mayor proporción de arenas gruesas (4.8 mm a 0.425 mm).

Finalmente, es necesario indicar que se requiere verificar permanentemente que la gradación de los materiales obtenidos del fresado del pavimento existente, en los espesores de trabajo, se encuentre conforme con la recomendación granulométrica establecida como ideal para este tipo de tratamientos. Debido a lo anterior y debido a la heterogeneidad del pavimento, la rotación del tambor fresador puede ser modificada por el constructor según las condiciones particulares del pavimento siempre y cuando la curva granulométrica cumpla los requerimientos establecidos en el Cuadro N° 4. 1.

#### 4.5.2 Ensayos de laboratorio y diseño de mezcla con asfalto espumado

Para realizar el diseño de mezcla se empleo material reciclado – RAP de distintos puntos de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco, por lo que se efectuó varios diseños, a continuación se describe la ubicación de los puntos de donde se muestreo el material reciclado: (Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690), (Km.

162 + 670), (Km. 168 + 136 – Km. 169 + 130), (Km. 170 + 183 – Km. 171 + 198) y (Km. 175 + 718 – Km. 176 + 685). Se mostrara un resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio, el diseño de mezcla y los gráficos para encontrar el contenido optimo de asfalto para el RAP del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690, para los otros puntos los resultados serán presentados en el Anexo D (aquí también serán mostrados los resultados de los ensayos de calidad de agua, que se realizaron en diferentes puntos del corredor vial).

#### 4.5.2.1 Ensayos de laboratorio del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690

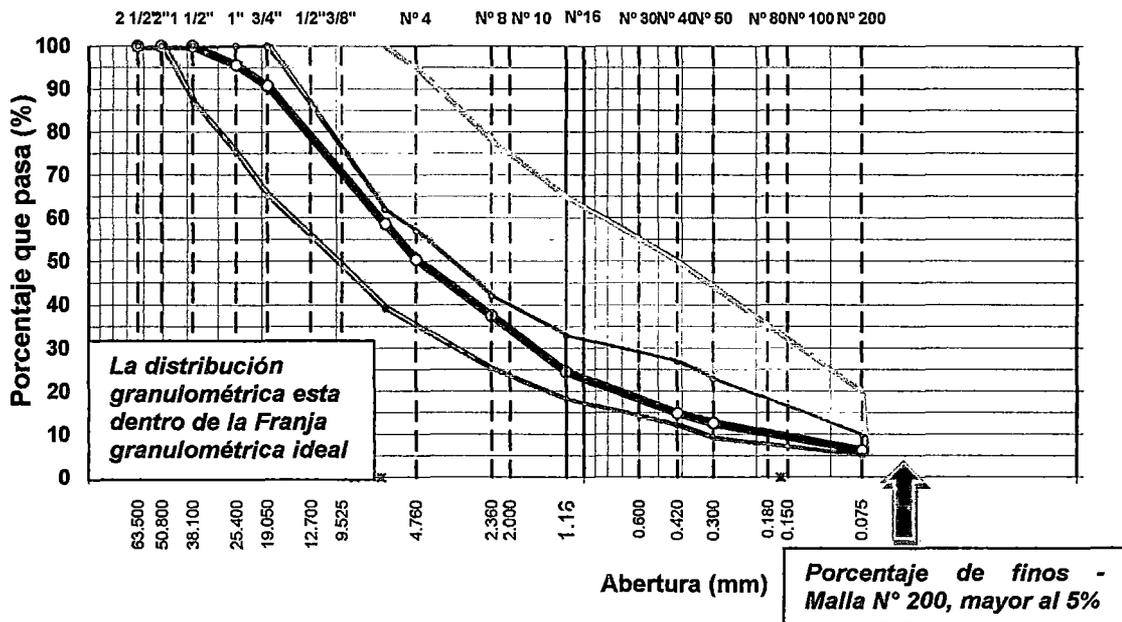


Gráfico N° 4. 6 Distribución granulométrica de suelos por tamizado.

Fuente: Elaboración propia

Ensayos de Laboratorio	Métodos	Resultados
	ASTM/OTROS	
Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	ASTM D 422 – C136 / MTC E107 - 2000	6.2% en la malla N°200
Limite liquido (LL), Limite plástico (LP) e Índice de plasticidad de los suelos (IP).	ASTM D 4318 / MTC E110 – 2000, MTC E111 – 2000	LL: 27.58 LP: No presenta IP: No presenta
Ensayo de equivalente de arena, suelos y agregados finos.	MTC E 114 – 2000 / ASTM D 2419	Equivalente de Arena promedio: 34%
Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.	ASTM D 1557 / MTC E115 - 2000	Máxima Densidad Seca(MDS): 2.096 gr/cm <sup>3</sup> Optimo Contenido de Humedad (OCH): 6.1%
Ensayo de CBR de suelos en laboratorio.	ASTM D 1883 / MTC E132 - 2000	CBR (100% de la MDS y 0.1´ de penetración): 85% CBR (95% de la MDS y 0.1´ de penetración): 54%

Cuadro N° 4. 11 Cuadro resumen de los resultados de los ensayos de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.2 Diseño de mezcla del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690 con asfalto espumado

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIEMENTOS ASFÁLTICOS									
MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO									
Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU								
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas			Nº de muestra:	M - 01		Fecha de fabricación:	23/06/2011	
ASFALTO:	Repsol YPF – Perú	TIPO:	85/100	TEMPERATURA:	160 °C		Relación Expansión:	18.30	
AGUA (%):	2.5%	CEMENTO:	1.0%	Relación Expansión:	18.30		Vida Media (s):	10.00	
AGREGADO:	Material reciclado en la vía ( Km. 180+290 - 180+690 - Espesor de 15 cm ) + 1% de Cemento Portland								
Fecha de muestreo: 23/06/2011									
FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO									
Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima									
Identificación	Humedad		Peso		Agua agregada		Agua agregada para alcanzar el óptimo		
	Inicial – Walr-dry (%)	Óptima - W <sub>OMC</sub> (%)	Húmedo - Mair-dry (gr)	Seco - Ms (gr)	Wadi (%)	Magua(gr)	Ws (%)	Mplus(gr)	
C1	1.12	6.10	10000.0	9889.2	2.93	292.65	3.32	278.05	
C2	1.12	6.10	10010.0	9899.1	2.93	292.94	3.17	292.55	
C3	1.12	6.10	10005.0	9894.2	2.93	292.80	3.36	274.02	
Variación del Contenido de Asfalto									
Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)				
C1	1.0	98.89	2.0	199.8	2.21				
C2	1.0	98.99	2.5	250.0	2.77				
C3	1.0	98.94	3.0	299.8	3.32				
Contenido de Humedad de la muestra preparada									
Identificación	Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)				
C1	1	119.2	1122.4	1090.2	3.32				
C2	2	124.6	1125.8	1095.0	3.17				
C3	3	116.4	1126.0	1093.2	3.36				
$M_s = \frac{M_{air-dry}}{\left(1 + \left(\frac{W_{air-dry}}{100}\right)\right)}$ $W_{adi} = 1 + \left(0.5W_{OMC} - W_{air-dry}\right)$ $M_{agua} = \left(\frac{W_{adi}}{100}\right) \times (M_s + M_{cement})$ $M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_s) \times (M_s + M_{cement})}{100}$									
<p>Ms=Masa seca de la muestra (gr)      Mair-dry = Masa seca al aire de la muestra (gr)                      Wair-dry = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)</p> <p>Wadi=Agua agregada a la muestra (%)      W<sub>OMC</sub> = Contenido de humedad óptimo (%)                      Wair-dry = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)</p> <p>Wadi=Agua agregada a la muestra (%)      Ms = Masa seca de la muestra (gr)                      Magua=Masa de agua agregada (gr)      Mcement = Masa de cal o cemento requerido (gr)</p> <p>W<sub>OMC</sub> = Contenido de humedad óptimo (%)      Mcement = Masa de cal o cemento requerido (gr)                      Ws = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)      Mplus = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)                      Ms = Masa seca de la muestra (gr)</p>									

Cuadro N° 4. 12 Dosificación de la mezcla.

Fuente: Elaboración propia

4.5.2.3 Ensayos de resistencia del material reciclado del Km. 180 + 290 – Km. 180 + 690

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIEMTOS ASFÁLTICOS											
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA											
Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU									Fecha de fabricación: 23/06/2011		
Cliente: Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas.											
ASFALTO: Repsol YPF – Perú 85/100						CEMENTO: 1.0%					
Agua (%): 2.5%			Relación Expansión: 10.04			Vida Media (s): 18.30					
AGREGADO: Material reciclado en la vía ( km. 180+290 - 180+690 )											
Fecha Extracción: 24/06/2011 8:00:00						Fecha de ensayo probetas en condición seca: 27/06/2011 8:30:00 a.m.					
Fecha de ensayo probetas condición saturada: 28/06/2011 12:42:00 a.m.											
Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada											
Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	2.0	6.56	10.16	1184.5	1150.9	2.164	624.0		584.1		
Diseño	2.0	6.51	10.16	1185.1	1152.1	2.183	612.0		577.3		
Diseño											
Diseño	2.0	6.47	10.14	1184.3	1148.8	2.199		468.0		445.1	
Diseño	2.0	6.50	10.16	1184.1	1149.6	2.182		414.0		391.1	
Diseño											
PROMEDIO						2.182	618.0	441.0	580.7	418.1	72.0
Diseño	2.5	6.50	10.15	1185.9	1148.1	2.183	675.0		638.3		
Diseño	2.5	6.48	10.15	1182.2	1146.0	2.186	548.0		519.8		
Diseño	2.5	6.54	10.14	1179.7	1145.9	2.170	498.0		468.5		
Diseño	2.5	6.50	10.15	1186.1	1151.1	2.189		333.0		314.9	
Diseño	2.5	6.47	10.15	1186.6	1153.3	2.203		468.0		444.6	
Diseño	2.5	6.55	10.15	1183.0	1148.3	2.167		430.0		389.5	
PROMEDIO						2.183	573.7	410.3	542.2	387.7	71.5
Diseño	3.0	6.49	10.16	1186.6	1149.9	2.185	519.0		491.1		
Diseño	3.0	6.50	10.16	1185.6	1150.7	2.184	498.0		470.5		
Diseño											
Diseño	3.0	6.53	10.15	1185.0	1151.2	2.179		439.0		413.2	
Diseño	3.0	6.67	10.16	1184.0	1150.4	2.127		359.0		330.5	
Diseño											
PROMEDIO						2.169	508.5	399.0	480.8	371.9	77.3
$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$											
						ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)			h = Altura promedio probeta (cm)		
						P = Máxima Carga Aplicada (kN)			d = Diámetro de la probeta (cm)		

Cuadro N° 4. 13 Ensayo de Tracción Indirecta.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que la Resistencia de Tracción Indirecta Seco y Saturada cumple con los valores limites propuestos en la Sección 4.4.1.4 , así como los valores de la Resistencia Retenida (o Resistencia conservada como se menciona en el Cuadro N° 4. 13).

#### 4.5.2.4 Contenido óptimo de asfalto

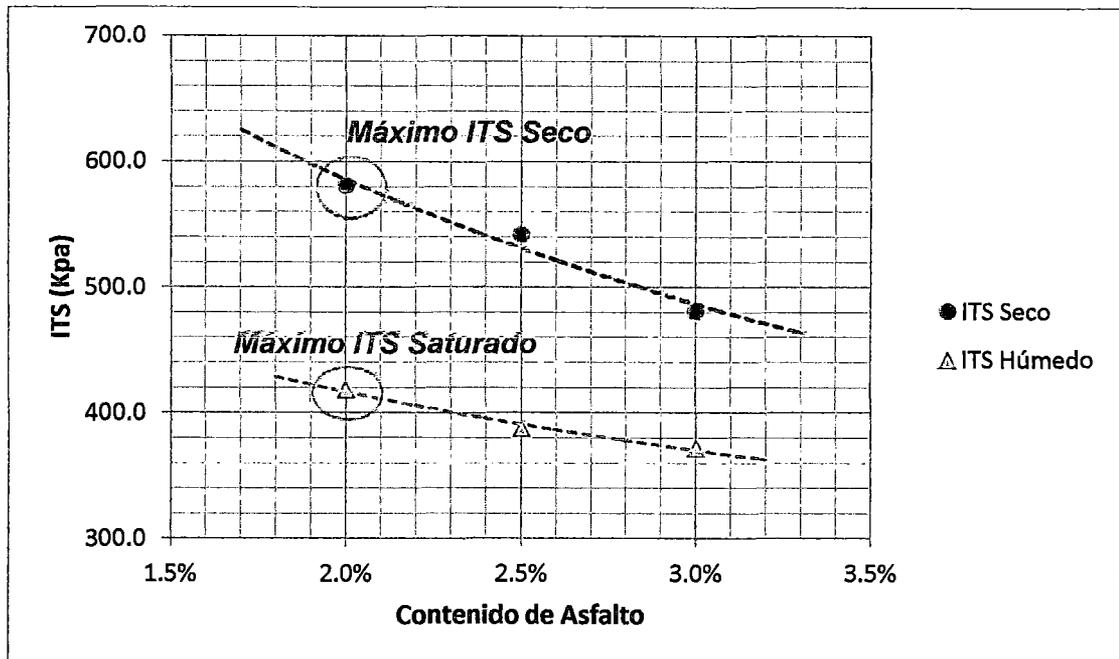


Gráfico N° 4. 7 ITS vs Contenido de Asfalto - Mezcla de RAP con Asfalto Espumado.

Fuente: Elaboración propia

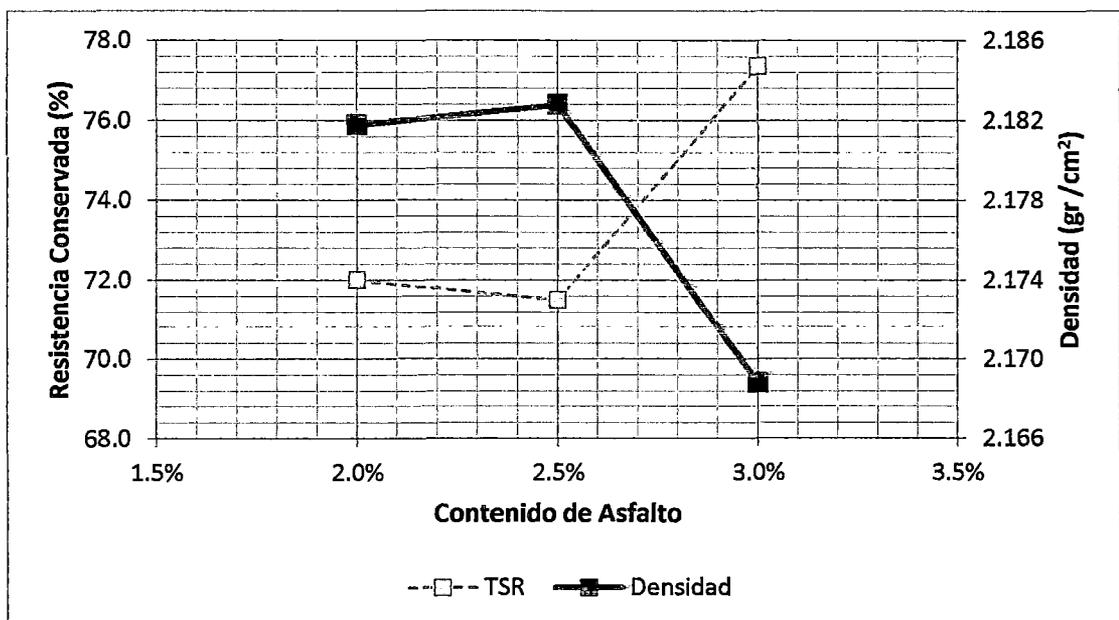


Gráfico N° 4. 8 TSR y Densidad vs Contenido de Asfalto - Mezcla de RAP con Asfalto Espumado.

Fuente: Elaboración propia

Como todos los valores obtenidos en los ensayos de Resistencia superan los requerimientos mínimos especificados en la Sección 4.4.1.4 , sería factible utilizar cualquiera de ellas. Sin embargo, para la probeta ensayada con el contenido de asfalto del 2% alcanza el máximo ITS saturado, por lo tanto se recomienda usar un contenido de asfalto de diseño del 2%. Además, por consideraciones económicas, se escogerá el que contiene menor cantidad de asfalto.

A continuación se muestra un Cuadro de resumen de los resultados de las propiedades de mezcla del material reciclado de pavimento con el asfalto espumado y sus respectivos requerimientos (ver Cuadro N° 4. 14).

<b>Requerimientos y resultados del diseño de mezcla con asfalto espumado</b>			
<b>Propiedades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Requerimientos</b>	<b>Referencia</b>
Distribución granulométrica	6.2%	% del N° 200 Entre el 4% y 10%	CAPITULO II, Sección 2.3 CAPITULO IV, Cuadro N° IV-1 Grafico N° IV-1
Índice de plasticidad	No Presenta	Menor que 10	CAPITULO II, Tabla N° II-4 CAPITULO IV, Sección 4.2.2
Contenido de asfalto	2.0 %	-----	CAPITULO II, Tabla N° II-6
ITS seco	580.7 kPa	Mayor que 200 kPa	CAPITULO II, Sección 2.4.1 CAPITULO IV, Sección 4.4.1.4
ITS saturado	418.1 kPa	Mayor que 100 kPa	CAPITULO II, Sección 2.4.1 CAPITULO IV, Sección 4.4.1.4
TSR (Resistencia a la Tracción Retenida)	72%	Mayor que 50%	CAPITULO II, Sección 2.4.1 CAPITULO IV, Sección 4.4.1.4

Cuadro N° 4. 14 Características finales de la mezcla con asfalta espumado.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Cuadro N° 4. 14 para la elección del contenido de asfalto, se toma también en cuenta los valores especificados en la Sección 2.4, el cual sirve de guía en la elección de contenido de asfalto óptimo para el diseño de mezcla.

La fuente de estos valores límites son tomados de Wirtgen Manual de Reciclado en Frio, ya que en este manual condensa la mayoría de experiencias e investigaciones internacionales.

#### **4.5.3 Recomendaciones finales**

Es necesario insistir en que la variabilidad en las proporciones en que se encuentran presentes las capas asfálticas y de base granular en el espesor fresado, así como la variabilidad de los materiales y de las condiciones en la longitud del proyecto, exigen la realización de suficientes diseños de mezclas para considerar estas variaciones y establecer las formulas de trabajo respectivas.

Durante la ejecución de los trabajos se deben verificar las características de espumado de tal forma que se obtengan relaciones de expansión superiores a 10 veces y vidas medias mayores a 8 segundos, aun cuando se pueden aceptar valores de 8 y 6 segundos respectivamente.

Igualmente, durante el proceso constructivo, se recomienda en campo tomar muestras representativas del material dejado detrás de la máquina recicladora, para compactar probetas tipo Marshall de 10 cm de diámetro y probar la resistencia a la tracción indirecta en condición seca (ITS seco) y en condición saturada (ITS saturada), verificando que se obtengan resistencias mínimas de ITS seco de 200 kPa y de ITS saturada de 100 kPa, junto con una resistencia conservada del 50% (ITS saturada / ITS seco).

## **CAPÍTULO V: EL CONTROL DE LAS PROPIEDADES DEL ASFALTO ESPUMADO EN CAMPO**

Debe existir un control en el proceso de reciclado. La calidad del producto final depende de la correcta operación de la recicladora, de la aplicación de los aditivos (agente estabilizador, agua y cemento) en sus dosis correctas y finalmente, la adecuada colocación, compactación y terminación del material tratado.

La responsabilidad de este control recaerá en el contratista, quien deberá realizar un trabajo que se ajuste a la calidad y precisión de los detalles, de acuerdo a todos los requerimientos de las especificaciones expresadas en el diseño.

### **5.1 MUESTREO EN CAMPO**

Las muestras serán obtenidas inmediatamente después del paso de la maquina recicladora, ver Figura N° 5. 1. Cada muestra recuperada será de aproximadamente 200 Kg; la manipulación de esta muestra se realizara en un medio hermético (idealmente al vacio); la muestra obtenida será separada por el método del cuarteo, para después ser ensayada bajo los respectivos parámetros de control.

Los parámetros de control de calidad de la base reciclada y la frecuencia de su ejecución serán los siguientes:

- Análisis Granulométrico por Tamizado (Uno por tramo diario avanzado).
- Proctor Modificado (Uno por tramo diario avanzado).
- Densidad in situ Min. 98.0 % MDS (Cada 100.0 m.)
- Medición de espesores efectivos de reciclado. (Cada 100.0 m.)
- Tracción Indirecta (ITS seco, ITS húmedo, TSR). (Seis juegos de moldes / por franja avanzada, 3 franjas aproximadamente por el ancho total de la carretera; con un total de 18 moldes por tramo diario avanzado)
- Lavado Asfáltico mediante centrifugado. (Uno por tramo diario avanzado)



Figura N° 5. 1 Muestras obtenidas inmediatamente después del paso de la máquina recicladora.

Fuente: Elaboración propia

Estos parámetros de control serán descritos en la Sección 5.3 . El material estabilizado debe ser ensayado según las exigencias anterior mente señaladas, y tomando medidas (según frecuencia establecida) de la profundidad efectiva de reciclado; de modo tal, que cumpla las exigencias de las Especificaciones del Proyecto. El avance diario del reciclado es aproximadamente de 1.0 Km a 1.5 Km de carretera.

## 5.2 COMPACTACIÓN DE PROBETAS Y CURADO

La elaboración de probetas Marshall se realizara en el mismo lugar de trabajo (para que se evita pérdidas de humedad en el traslado de la muestras al laboratorio) mediante el siguiente procedimiento: se limpia el molde, el collar, la placa de base y la base del martillo de compactación; se coloca un papel de filtro en el fondo del molde; se pesa una cantidad suficiente de material para que la probeta compactada tenga una altura de  $63.6 \pm 1.5$  mm (usualmente 1150 gramos son suficientes); se golpea la muestra con la espátula 15 veces por su perímetro y 10 veces en su parte interior, de manera que la superficie quede ligeramente redondeada.

Se compacta la mezcla aplicando 75 golpes del martillo, desde la altura libre establecida. Se remueven el molde y el collar del pedestal, se invierte aquel y se coloca firmemente sobre la placa de base, se ajusta de nuevo el collar y se aplican otros 75 golpes a la nueva superficie superior de la muestra. En algunos países como Australia, el compactador giratorio es usado en lugar del martillo Marshall.

Terminada la compactación, se remueve el molde de la placa de base y se permite el curado de la probeta compactada durante 24 horas dentro de molde a temperatura ambiente. Después se extrae la probeta compactada del molde; con ayuda de un gato de extrusión u otro dispositivo adecuado, para ser curadas en un horno por 72 horas, a temperatura de 40 °C, ver Figura N° 5. 2.

La mitad de las probetas serán ensayadas para determinar el ITS seco. Para determinar el ITS saturado, se colocara las probetas bajo agua a 25 °C  $\pm$  1 °C por 24 horas (ver Figura N° 5. 2), y después serán ensayadas.



a) Probetas en el horno a 40 °C

b) Probetas en saturación a 25 °C

Figura N° 5. 2 Curado en horno a 40°C y Saturación a 25°C en agua.

Fuente: Elaboración propia

### 5.3 ENSAYOS PARA EL CONTROL DE MEZCLAS

Mientras se trabaja en el reciclado, una serie de pruebas y chequeos de control de procesos son requeridos para monitorear la operación. Estos chequeos y pruebas tienen el objetivo de asegurar que las máquinas funcionen apropiadamente; y de esta manera mantener todas las configuraciones y

calibraciones, y hacer los ajustes necesarios si es que llega a ocurrir un problema. El reciclado es una operación con una alta tasa de producción, si un problema no es detectado y corregido tempranamente éste se agrava rápidamente y hace que sea difícil de rectificar, obligando a rehacer parte del trabajo. Esto tiene un impacto negativo en la productividad y genera pérdidas tanto de tiempo como de dinero.

Una vez completado el trabajo, es importante que una serie de ensayos de aceptación sean realizados. El propósito de hacer estos ensayos es asegurar que la capa reciclada cumpla con las expectativas de desempeño anticipadas, asegurando que la vida de diseño del pavimento rehabilitado sea alcanzada. Los requerimientos de calidad están descritos en las Especificaciones de Proyecto, que detallan los criterios relevantes de aceptación. Los resultados de los ensayos van a probar si el producto se ajusta a los criterios de aceptación, permitiendo al contratista proceder con confianza; o si se van a identificar áreas con problemas, permitiendo que se efectúen los esfuerzos necesarios para su rectificación inmediata.

### **5.3.1 Controles Generales**

Durante la ejecución de los trabajos, se adelantarán los siguientes controles principales:

- Verificar el buen estado y correcto funcionamiento de los equipos y herramientas empleados.
- Comprobar que los materiales cumplen con los requisitos de calidad definidos.
- Supervisar la correcta aplicación del método de trabajo, definido como resultado de la ejecución de la fase de experimentación.
- Ejecutar ensayos de compactación en el laboratorio.
- Verificar la densidad de las capas compactadas efectuando la corrección previa por partículas de agregado grueso, siempre que ella resulte necesaria. El control de densidad se realizará en el espesor de capa realmente construido, de acuerdo con el proceso constructivo aplicado.

### 5.3.1.1 Calidad del producto bituminoso

A la llegada de cada cisterna con cemento asfáltico al sitio de los trabajos, se deberá entregar una certificación original, expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de ensayos básicos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deberán satisfacer las condiciones especificadas. Además, se realizarán eventualmente las pruebas para verificar la Razón de Expansión y la Vida Media del asfalto espumado.

### 5.3.1.2 Calidad del agua

Siempre que se tenga alguna sospecha en relación con la calidad del agua utilizada en el reciclado se verificará u ordenará la verificación de su contenido de sulfatos y su contenido de materia orgánica, cuyos resultados deben satisfacer las exigencias especificadas para permitir su empleo.

## 5.3.2 Ensayos y revisiones de control de procesos

Estos son las revisiones que realizara un supervisor para tener la certeza de que el proyecto se desarrolla en forma adecuada y que todos los sistemas internos de la recicladora están funcionando apropiadamente.

- **Chequeos visuales.** Son requeridas verificaciones continuas para asegurar que la maquina recicladora debe estar siguiendo la línea de corte adecuada manteniendo el ancho requerido de traslapo. El supervisor del tren de reciclado debe estar en contacto por radio con el operador para poder comunicarse y hacer cambios apenas éstos sean requeridos.
- **Profundidad de reciclado.** El espesor final de la capa reciclada dependerá principalmente de la profundidad de reciclado. Si la profundidad es muy baja, el espesor resultante de la capa va a ser menor al requerido. Debe recordarse que el espesor de capa es uno de los parámetros más críticos en el desempeño global del pavimento, por lo que estos chequeos deben

ser llevados a cabo adecuadamente y constantemente, ver Figura N° 5.

3.



Figura N° 5. 3 Chequeo de espesores en ambos costados del corte.

Fuente: Elaboración propia

- Aplicación de agua y agente estabilizador. Los procedimientos operacionales para la recicladora deben ser cuidadosamente seguidos para asegurar que el material reciclado sea tratado con las tasas de aplicación requeridas. La información que se ingresa al microprocesador debe ser cuidadosamente verificada, las tasas de flujo deben ser monitoreadas en la consola del computador y en las pantallas de los medidores de flujo de la máquina.
  
- Características espumantes del asfalto. Cuando se aplica asfalto espumado, las características espumantes del asfalto deben ser chequeadas en terreno (usando la boquilla de prueba al costado de la recicladora), al menos una vez por cada cisterna de asfalto, ver Figura N° 5. 4.
  
- Temperatura del asfalto antes de acoplar a la maquina recicladora. Antes de acoplar un camión cisterna a la recicladora se debe chequear la temperatura del asfalto usando un termómetro distinto al que está

incorporado al camión (los termómetros digitales manuales son los ideales).



a) Boquilla de prueba de la recicladora



b) Producción del asfalto espumado en campo

Figura N° 5. 4 Características espumantes del asfalto chequeadas en terreno.

Fuente: Elaboración propia

- Juntas Laterales. Se requiere de especial atención en los detalles para asegurar la continuidad de la aplicación de agentes estabilizadores y humedad a lo largo de todas las juntas que se forman cuando el tren se detiene, revisar la Sección 6.2.6.

#### 5.3.2.1 Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Las curvas obtenidas deberán encontrarse dentro de los límites especificados en el Grafico N° 4. 1.

Cuando los valores obtenidos incumplan este requisito, se deberá preparar en el laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa y el porcentaje de asfalto espumado que dé lugar al contenido medio de asfalto residual de la mezcla elaborada con dicho material. Ella se someterá a las pruebas mencionadas anteriormente. Si los requisitos allí indicados no resultan satisfactorios, se rechazará el lote al cual corresponda esa muestra.

#### 5.3.2.2 Calidad de la mezcla

La velocidad de avance de la recicladora debe ser chequeada regularmente para asegurar que la velocidad óptima de reciclado (entre 6 m/min y 12 m/min) no sea

excedida. Además son requeridas verificaciones continuas de la calidad de la mezcla, del material después del paso de la maquina recicladora, con el contenido de humedad adecuado y que la mezcla “se vea bien” idealmente; la calidad de la mezcla debe ser periódicamente evaluada tanto visualmente como por la compactación con ambas manos de una bola de material, y después ver la presencia de asfalto espumado en la palma de la mano, ver Figura N° 5. 5. También es útil chequear las variaciones de temperatura en el ancho de corte usando un termómetro digital.



Figura N° 5. 5 Verificación del asfalto espumado en el material.

Fuente: Elaboración propia

El supervisor del tren de reciclado debe estar en contacto por radio con el operador para poder comunicarse y hacer cambios apenas éstos sean requeridos, particularmente si se quiere alterar la adición de agua o cambiar la dirección para seguir la línea de corte.

La capa terminada deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se recicla, no podrá ser menor que la señalada en los planos. La cota definitiva de cualquier punto de la capa reciclada no podrá variar en más de diez milímetros (10 mm) de la proyectada.

### 5.3.3 Ensayos y revisiones de aceptación del trabajo terminado

La calidad del trabajo culminado está determinada por los resultados de los ensayos, que muestran el futuro comportamiento del material, tratado con asfalto espumado, durante su vida útil de diseño.

Se considerará como "lote" que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios:

- Doscientos cincuenta metros lineales (250m) de pavimento reciclado en frío en el lugar.
- La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

#### 5.3.3.1 La resistencia del material en la capa reciclada

Con un mínimo de una (1) muestra por lote de la mezcla elaborada, se moldearán probetas (seis por muestra) para verificar su resistencia en el ensayo de tensión indirecta, mediante el procedimiento de la Sección 5.2 . Tres (3) de ellas se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda.

La resistencia media de las tres (3) probetas sometidas a curado seco ( $R_m$ ) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la resistencia seca de la mezcla definitiva de trabajo ( $R_t$ ). Un criterio similar se aplicará para las probetas sometidas a curado húmedo.

$$R_m \geq 0.9 R_t$$

Además, la resistencia de cada probeta ( $R_i$ ) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio correspondiente ( $R_m$ ), admitiéndose sólo un (1) valor individual por debajo de ese límite.

$$R_i \geq 0.8 R_m$$

A su vez, la resistencia conservada promedio ( $R_{cm}$ ) deberá ser, como mínimo, el cincuenta por ciento (50%), sin que se admita ninguna tolerancia.

Si uno o más de estos requisitos se incumplen, se rechazará el lote al cual representan las muestras. En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado para después ser corregido. Una opción de corrección es un nuevo trabajo de

reciclado de esta capa, para obtener un producto que cumpla con satisfacción los requisitos presentados anteriormente.

### 5.3.3.2 La densidad de compactación del material reciclado

La densidad de compactación de recepción será medida con el cono de arena. Para este ensayo se realizará una prueba cada 500 metros lineales calzada.

La densidad media del lote (**Dm**) deberá ser, como mínimo el noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida al compactar en el laboratorio con la cantidad óptima de ligante las probetas de referencia según la técnica del ensayo Proctor Modificado (**De**).

$$Dm \geq 0.95 De$$

A su vez, la densidad obtenida en cada medida individual (**Di**) que resulte inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la densidad de laboratorio (**De**), deberá ser igual o superior al noventa y siete por ciento (97%) de la densidad media del lote (**Dm**), admitiéndose sólo un (1) valor defectuoso por lote, siempre y cuando ese valor no sea inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad de laboratorio (**De**).

$$Si Di < 0.95 De, Di \geq 0.97 Dm$$

El incumplimiento de alguno de estos requisitos tendrá como consecuencia el rechazo del lote.

Las comprobaciones de la compactación se realizarán cuando se haya cumplido sustancialmente el período de curado de la mezcla, conforme se haya determinado en la fase de experimentación. En caso de rechazo, la capa de pavimento reciclado correspondiente al lote controlado deberá ser levantada mediante fresado para después ser corregido. Una opción de corrección es un nuevo trabajo de reciclado de esta capa, para obtener un producto que cumpla con satisfacción los requisitos presentados anteriormente.

### 5.3.3.3 Espesor del material reciclado

Sobre la base de los sitios escogidos para el control de la compactación, se determinará el espesor medio de la capa compactada (**em**), el cual no podrá ser inferior al de diseño (**ed**).

$$em \geq ed$$

Además, el espesor obtenido en cada determinación individual (**ei**), deberá ser, cuando menos, el noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose sólo un (1) valor por debajo de dicho límite, siempre y cuando ese valor no sea inferior al ochenta y cinco (85%) del espesor de diseño (**ed**).

$$ei \geq 0.9 ed$$

Si se incumple alguno de estos requisitos, se rechazará el lote. Una opción de corrección, si el Supervisor responsable lo autoriza, es emplear mezcla asfáltica de las capas superiores para corregir las deficiencias en el espesor; esta corrección debe estar realizada satisfactoriamente a juicio del Supervisor.

### 5.3.3.4 Irregularidades en el material reciclado

La superficie acabada no podrá presentar, en ningún punto, irregularidades mayores de quince milímetros (15 mm) cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m) colocada tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja el Supervisor, los cuales no podrán corresponder a puntos donde haya cambios de pendiente transversal de acuerdo con el diseño.

Todas las áreas del pavimento reciclado donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, deberán ser corregidas por el Contratista, de acuerdo con las instrucciones del Supervisor responsable y a satisfacción de éste.

#### 5.4 EJEMPLO DEL CONTROL DE MEZCLAS EN CAMPO

Para el presente estudio se describirá el control de la mezcla y los ensayos de laboratorio pertinentes, con el motivo de comprobar el cumplimiento de los parámetros de control de calidad. Para tal motivo se utilizaron las inmediaciones del laboratorio de la empresa Conalvías Perú; empresa que realiza el proyecto de conservación de la carretera La Oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache); y el lugar de trabajo en donde se contempla el reciclaje del pavimento existente, usando la tecnología de Asfalto Espumado, para realizar el seguimiento de las labores en campo.

La empresa Conalvías Perú está realizando el reciclado del pavimento existente a una profundidad de 15 cm a 20 cm, con la máquina recicladora Wirtgen WR 2500 S, en los tramos que se encuentran localizados en la Región Centro, en los departamentos de Huánuco, Pasco y Junín, estos corredores cuentan con una longitud total de 370.5 Km desde La Oroya hasta DV. Tocache, ver Figura N° 5.6. Solo se mencionara los tramos donde se contempla la aplicación de la tecnología del asfalto espumado en el reciclado de pavimentos asfálticos:

- **Tramo II Huayre – Chicrin.** Se encuentra ubicado en la Región Centro, entre Huayre y Chicrin, en los departamentos de Junín y Pasco respectivamente, con una longitud de 78.80 Km.
  
- **Tramo III Chicrin – Huánuco.** Se encuentra ubicado en la Región Centro, entre Chicrin y Huánuco, en los departamentos de Pasco y Huánuco respectivamente, este tramo cuenta con una longitud de 81.75 Km haciendo de esta una vía importante, no solo para la unión entre estas dos poblaciones, sino también para las regiones que las circundan y/o tienen acceso y comunicación con esta vía.

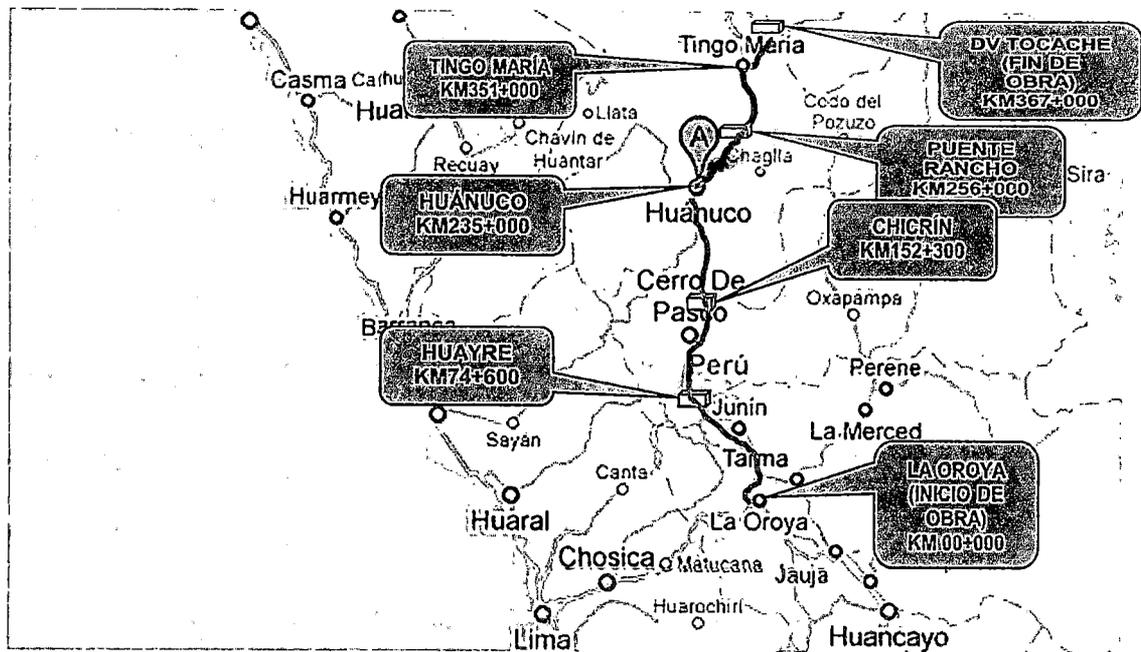


Figura N° 5. 6 Localización del proyecto de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo María – Emp. 5N (Dv. Tocache).

Fuente: Elaboración propia

- **Tramo IV Huánuco – Puente Rancho.** Se encuentra ubicado en la Región Centro, entre Huánuco y el Puente Rancho vía Tingo María, departamento de Huánuco, este tramo de la carretera cuenta con una longitud de 25.306 Km.
- **Tramo V Puente Rancho – Tingo María.** Se encuentra ubicado en la Región Central, entre Huánuco y Tingo María, en el departamento de Huánuco, esta carretera cuenta con una longitud de 97.104 km. Lo cual la constituye como una vía importante para la unión entre las provincias y el desarrollo del departamento.

A continuación se mostraran los resultados de los ensayos, durante el proceso constructivo del reciclado de pavimentos con asfalto espumado del Tramo III perteneciente a la Región Centro, entre Chicrin y Huánuco, del Km. 169 + 130 – Km. 168 + 136, el desarrollo de los ensayos de Tracción Indirecta y Granulometría para los diferentes puntos, del Km. 152 + 300 al Km. 208 + 930 (ver Tabla N° 5. 1 y Tabla N° 5. 2) se detallaran en el Anexo E, se presentaran cuadros resúmenes con los resultados de los ensayos de Laboratorio, ensayo de

Tracción indirecta y Densidades del material reciclado. Todos ellos fueron realizados en los meses de Julio y Agosto.

Fecha de los ensayos en Laboratorio	Del Kilometro	Hasta el Kilometro	Fecha de toma de Densidad en campo
27/06/2010	Km. 180 + 290	Km. 180 + 690	29/06/2010
03/07/2010	Km. 179 + 740	Km. 180 + 290	04/07/2010
05/07/2010	Km. 179 + 176	Km. 179 + 740	05/07/2010
06/07/2010	Km. 178 + 580	Km. 179 + 176	06/07/2010
07/07/2010	Km. 178 + 270	Km. 178 + 580	08/07/2010
08/07/2010	Km. 177 + 740	Km. 178 + 270	09/07/2010
09/07/2010	Km. 176 + 685	Km. 177 + 740	10/07/2010
10/07/2010	Km. 175 + 718	Km. 176 + 685	11/07/2010
17/07/2010	Km. 175 + 453	Km. 175 + 718	18/07/2010
19/07/2010	Km. 174 + 906	Km. 175 + 453	20/07/2010
20/07/2010	Km. 174 + 090	Km. 174 + 906	21/07/2010
21/07/2010	Km. 173 + 030	Km. 174 + 090	22/07/2010
22/07/2010	Km. 171 + 977	Km. 173 + 030	23/07/2010
23/07/2010	Km. 171 + 198	Km. 171 + 977	24/07/2010
24/07/2010	Km. 170 + 183	Km. 171 + 198	25/07/2010
26/07/2010	Km. 169 + 130	Km. 170 + 183	27/07/2010

Tabla N° 5. 1 Ubicación del tramo analizado, durante el proceso constructivo en el mes de Julio.

Fuente: Elaboración propia

Fecha de los ensayos en Laboratorio	Del Kilometro	Hasta el Kilometro	Fecha de toma de Densidad en campo
27/07/2010	Km. 169 + 130	Km. 168 + 136	30/07/2010
30/07/2010	Km. 166 + 150	Km. 165 + 647	31/07/2010
31/07/2010	Km. 165 + 647	Km. 164 + 590	02/08/2010
02/08/2010	Km. 164 + 590	Km. 163 + 636	03/08/2010
03/08/2010	Km. 163 + 636	Km. 162 + 725	04/08/2010
04/08/2010	Km. 168 + 120	Km. 167 + 242	05/08/2010
05/08/2010	Km. 167 + 242	Km. 166 + 150	06/08/2010
06/08/2010	Km. 162 + 725	Km. 161 + 680	07/08/2010
07/08/2010	Km. 161 + 680	Km. 161 + 000	09/08/2010
09/08/2010	Km. 161 + 000	Km. 159 + 980	10/08/2010
10/08/2010	Km. 159 + 980	Km. 158 + 912	11/08/2010
11/08/2010	Km. 158 + 912	Km. 157 + 854	12/08/2010
12/08/2010	Km. 157 + 854	Km. 157 + 108	13/08/2010
13/08/2010	Km. 157 + 108	Km. 156 + 058	14/08/2010
14/08/2010	Km. 156 + 058	Km. 155 + 000	16/08/2010
16/08/2010	Km. 155 + 000	Km. 153 + 944	17/08/2010
17/08/2010	Km. 153 + 944	Km. 153 + 153	18/08/2010
18/08/2010	Km. 153 + 153	Km. 152 + 300	19/08/2010
21/08/2010	Km. 208 + 930	Km. 208 + 130	21/08/2010
25/08/2010	Km. 208 + 065	Km. 206 + 538	26/08/2010
26/08/2010	Km. 206 + 538	Km. 205 + 465	27/08/2010

Tabla N° 5. 2 Ubicación del tramo analizado, durante el proceso constructivo en el mes de Agosto.

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.1 Ensayos de laboratorio y densidades del material reciclado del Km. 169 + 130 – Km. 168 + 136

Ensayos de Laboratorio	Métodos	Resultados
	ASTM/OTROS	
Análisis granulométrico de suelos por tamizado.	ASTM D 422 – C136 / MTC E107 - 2000	6.2% en la malla N°200
Limite liquido (LL), Limite plástico (LP) e Índice de plasticidad de los suelos (IP).	ASTM D 4318 / MTC E110 – 2000, MTC E111 – 2000	LL: 24.84 LP: No presenta IP: No presenta
Ensayo de equivalente de arena, suelos y agregados finos.	MTC E 114 – 2000 / ASTM D 2419	Equivalente de Arena promedio: 36%
Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.	ASTM D 1557 / MTC E115 - 2000	Máxima Densidad Seca(MDS): 2.100 gr/cm <sup>3</sup> Optimo Contenido de Humedad (OCH): 6.3%

Cuadro N° 5. 1 Ensayos de laboratorio del material reciclado.

Fuente: Elaboración propia

VALORES PROMEDIOS			
Densidad seca	ITS Seco	ITS Saturado	Resistencia Conservada (TSR)
2.180 gr/cm <sup>3</sup>	457.3 kPa	284.1 kPa	62.1%

Cuadro N° 5. 2 Ensayo de Tracción Indirecta.

Fuente: Elaboración propia

DENSIDAD EN SITIO – VALORES PROMEDIOS		
Densidad del material – Método del cono	AASHTO T 191 / ASTM D 1558 / MTC E 117 - 2000	99.3%
Densidad del material – Método nuclear	ASTM D 2922	100.2%

Cuadro N° 5. 3 Densidad del material reciclado.

Fuente: Elaboración propia

### 5.4.2 Resumen de resultados del Km. 152 + 300 al Km. 208 + 930

Proyecto:	CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA EMP PE SN (DV. TOCACHE)															
Empresa:	CONALVIAS S.A SUCURSAL PERU															
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL															
Asfalto:	Repsol YPF - Perú 85/100	2.5%								Temperatura (°C):	160	Cemento:	1.0%			
Material:	ESPUMADO RAP. + BASE (0.15 m)							% Agua:	2.5%	Realizado por: Telesforo Salinas Ampuero						

FECHA	TRAMO km.	TAMAÑO	PASANTE	INDICE	CLASIFICACIÓN		EQUIVALENTE	MAX. DENS.	HUMEDAD	C.B.R	DENSIDAD	DENSIDAD	Resistencia I.T.S. (kpa)		RESISTENCIA
		MAXIMO	Nº 200	PLASTICO	SUCS	AASHTO	DE ARENA	SECA	OPTIMA		CONO	DENSIMETRO	SECO	HUMEDO	CONSERVADA
		Pulg.	%	%			%	gr/cc	%	%	%	%	kpa.		%
27/06/2010	180+290 - 180+690	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	34	2.096	6.10	85.00	99.3	-	514.0	319.5	62.2
03/07/2010	179+740 - 180+290	1.1/2"	6.3	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	49	2.109	6.20	-	99.8	99.8	547.3	340.2	62.2
05/07/2010	179+176 - 179+740	1.1/2"	5.5	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	48	2.096	7.00	-	99.1	100.3	539.5	352.0	65.3
06/07/2010	178+580 - 179+176	1.1/2"	5.4	3.67	SP - SM	A-1-a(0)	50	2.092	6.20	-	99.1	100.1	517.8	420.1	81.1
07/07/2010	178+270 - 178+560	1.1/2"	5.2	N.P.	SP	A-2-6(0)	47	2.143	6.80	-	99.3	99.7	445.3	308.7	69.3
08/07/2010	177+740 - 178+270	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	47	2.107	6.50	-	99.4	99.8	439.3	304.0	69.2
09/07/2010	176+685 - 177+740	1.1/2"	5.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	46	2.052	6.60	-	99.6	99.2	569.2	369.7	65.0
10/07/2010	175+718 - 176+685	1.1/2"	5.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	47	2.117	5.90	75.00	99.4	99.5	517.0	343.2	66.4
17/07/2010	175+453 - 175+718	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	45	2.108	5.70	-	99.5	99.6	406.8	293.3	72.1
19/07/2010	174+906 - 175+453	1.1/2"	5.6	N.P.	SP	A-2-6(0)	46	2.105	5.70	-	99.2	100.3	554.7	294.1	53.0
20/07/2010	174+090 - 174+906	1.1/2"	5.0	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.098	6.10	-	99.8	99.7	382.9	218.0	56.9
21/07/2010	173+030 - 174+090	1.1/2"	5.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.087	6.70	-	100.0	100.0	514.2	270.8	52.7
22/07/2010	171+977 - 173+030	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.078	6.80	-	99.7	99.5	511.5	329.8	64.5
23/07/2010	171+198 - 171+977	1.1/2"	4.7	N.P.	SP	A-2-6(0)	44	2.096	6.70	-	99.9	100.2	433.2	233.4	53.9
24/07/2010	170+183 - 171+198	1.1/2"	5.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	38	2.100	6.60	82.00	99.8	100.1	365.9	213.7	58.4
26/07/2010	169+130 - 170+183	1.1/2"	5.5	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	35	2.092	6.60	-	99.9	100.1	499.6	292.6	58.6
PROMEDIO		1.1/2"	5.6	3.67	SP - SM	A-2-6(0)	44	2.099	6.39	80.67	99.6	99.9	484.9	306.4	63.2
TRAMO DE PRUEBA															
27/06/2010	180+290 - 180+690	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	34	2.096	6.1	85	99.3	-	514	319.5	62.2

Cuadro N° 5. 4 Resumen de los Ensayos de Laboratorio y Densidades del Km. 169 + 130 al Km. 180 + 690.

Fuente: Elaboración propia

Proyecto:	CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA EMP PE 5N (DV. TOCACHE)															
Empresa:	CONALVIAS S.A SUCURSAL PERU															
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL															
Asfalto:	Repsol YPF - Perú 85/100	2.5%								Temperatura (°C):	160	Cemento:	1.0%			
Material:	ESPUMADO RAP. + BASE (0.15 m)							% Agua:	2.5%	Realizado por: Telesforo Salinas Ampuero						

FECHA	TRAMO km.	TAMAÑO MAXIMO	PASANTE Nº 200	INDICE PLASTICO	CLASIFICACIÓN		EQUIVALENTE DE ARENA	MAX. DENS. SECA	HUMEDAD OPTIMA	C.B.R	DENSIDAD CONO	DENSIDAD DENSIMETRO	Resistencia I.T.S (kpa)		RESISTENCIA CONSERVADA
		Pulg.	%	%	SUCS	AASHTO	%	gr/cc	%	%	%	%	kpa.		%
27/07/2010	169+130 - 168+136	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	36	2.100	6.30	99.60	99.2	100.2	457.3	284.1	62.1
30/07/2010	166+150 - 165+647	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.091	6.20	-	99.7	99.7	566.6	337.0	59.5
31/07/2010	165+647 - 164+590	1.1/2"	7.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.089	6.30	-	99.4	99.7	489.6	264.4	54.0
02/08/2010	164+590 - 163+636	1.1/2"	7.1	N.P.	SP - SM	A-1-a(0)	47	2.100	6.40	-	99.3	99.6	467.5	275.2	58.9
03/08/2010	163+636 - 162+725	1.1/2"	6.3	N.P.	SP	A-2-6(0)	39	2.089	6.40	-	99.2	99.6	463.2	299.1	64.6
04/08/2010	168+120 - 167+242	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	37	2.083	6.20	-	99.8	100.4	485.5	284.2	58.5
05/08/2010	167+242 - 166+150	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.097	6.10	-	99.5	100.0	420.7	243.1	57.8
06/08/2010	162+725 - 161+680	1.1/2"	6.7	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	38	2.065	6.20	55.50	99.9	100.2	476.0	396.8	83.4
07/08/2010	161+680 - 161+000	1.1/2"	6.8	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	37	2.073	6.40	-	99.4	100.0	443.8	297.3	67.0
09/08/2010	161+000 - 159+980	1.1/2"	6.8	N.P.	SP	A-2-6(0)	39	2.075	6.00	-	99.8	99.8	407.3	257.2	63.2
10/08/2010	159+980 - 158+912	1.1/2"	6.9	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.073	6.10	-	99.5	99.8	512.0	322.7	63.0
11/08/2010	158+912 - 157+854	1.1/2"	6.8	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.102	6.30	-	99.4	99.7	337.8	241.0	71.4
12/08/2010	157+854 - 157+108	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.181	6.30	-	99.4	99.9	410.4	247.1	60.2
13/08/2010	157+108 - 156+058	1.1/2"	6.5	N.P.	SP	A-2-6(0)	43	2.111	6.20	-	99.5	99.9	520.0	398.8	76.7
14/08/2010	156+058 - 155+000	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.101	6.20	-	99.2	100.0	423.8	248.5	58.6
16/08/2010	155+000 - 153+944	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.103	6.00	-	99.5	99.8	436.6	360.8	82.6
17/08/2010	153+944 - 153+153	1.1/2"	6.7	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.098	6.30	-	99.4	99.8	417.2	225.9	54.1
18/08/2010	153+153 - 152+300	1.1/2"	6.3	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.110	6.20	-	99.8	99.9	429.4	227.5	53.0
21/08/2010	208+930 - 208+130	1.1/2"	6.2	N.P.	SP	A-2-6(0)	38	2.150	6.00	-	99.3	99.8	597.0	311.8	52.2
25/08/2010	208+065 - 206+538	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.164	6.20	-	99.4	99.9	500.8	340.3	67.9
26/08/2010	206+538 - 205+465	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.142	6.30	-	99.7	99.8	404.5	227.6	56.3
<b>PROMEDIO</b>		1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.105	6.22	77.55	99.5	99.9	460.3	290.0	63.1

Cuadro N° 5. 5 Resumen de los Ensayos de Laboratorio y Densidades del Km. 152 + 300 al Km. 169 + 130 - Km. 205 + 465 al Km. 208 + 930.

Fuente: Elaboración propia

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE )							
<b>Cliente:</b> M.T.C. - PROVIAS NACIONAL							
<b>Empresa:</b> CONALVIAS S.A SUCURSAL PERU							
<b>Asfalto:</b> Repsol YPF – Perú 85/100 2.5%				<b>Temperatura (°C):</b> 160 <b>Cemento:</b> 1.0%			
<b>Material:</b> ESPUMADO RAP. + BASE ( 0.15 m )				<b>% Agua:</b> 2.5% <b>Realizado por:</b> Telesforo Salinas A.			
Resumen Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada							
TRAMO km.	Fecha de moldeo	Fecha de Ensayo	Contenido De asfalto (%)	Densidad Seca (g/cm³)	Resistencia I.T.S. (kPa)		Resistencia Conservada (%)
					Seca	Húmeda	
180+290 - 180+690	27/06/2010	02/07/2010	2.5	2.177	513.9	319.5	62.2
179+740 - 180+290	03/07/2010	08/07/2010	2.5	2.138	547.3	340.2	62.2
179+176 - 179+740	05/07/2010	10/07/2010	2.5	2.161	539.5	352.0	65.3
178+580 - 179+176	06/07/2010	11/07/2010	2.5	2.159	517.8	420.1	81.1
178+270 - 178+560	07/07/2010	12/07/2010	2.5	2.177	445.3	308.7	69.3
177+740 - 178+270	08/07/2010	13/07/2010	2.5	2.150	439.3	304.0	69.2
176+685 - 177+740	09/07/2010	14/07/2010	2.5	2.123	569.2	369.7	65.0
175+718 - 176+685	10/07/2010	15/07/2010	2.5	2.100	517.0	343.2	66.4
175+453 - 175+718	17/07/2010	22/07/2010	2.5	2.104	406.8	293.3	72.1
174+906 - 175+453	19/07/2010	24/07/2010	2.5	2.149	554.7	294.1	53.0
174+090 - 174+906	20/07/2010	25/07/2010	2.5	2.137	382.9	218.0	56.9
173+030 - 174+090	21/07/2010	26/07/2010	2.5	2.123	514.2	270.8	52.7
171+977 - 173+030	22/07/2010	27/07/2010	2.5	2.127	511.5	329.8	64.5
171+198 - 171+977	23/07/2010	28/07/2010	2.5	2.162	433.2	233.4	53.9
170+183 - 171+198	24/07/2010	29/07/2010	2.5	2.136	365.9	213.7	58.4
169+130 - 170+183	26/07/2010	31/07/2010	2.5	2.155	499.6	292.6	58.6

Cuadro N° 5. 6 Resumen de los ensayos de Resistencia, Km. 169 + 130 al Km. 180 + 690.

Fuente: Elaboración propia

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)							
<b>Cliente:</b> M.T.C. - PROVIAS NACIONAL							
<b>Empresa:</b> CONALVIAS S.A SUCURSAL PERU							
<b>Asfalto:</b> Repsol YPF – Perú 85/100		2.5%		<b>Temperatura (°C):</b> 160		<b>Cemento:</b> 1.0%	
<b>Material:</b> ESPUMADO RAP. + BASE ( 0.15 m )				% Agua:		Realizado por: Telforo Salinas A.	
Resumen Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada							
TRAMO km.	Fecha de moldeo	Fecha de Ensayo	Contenido asfalto (%)	Densidad Seca (g/cm³)	Resistencia I.T.S. (kPa)		Resistencia Conservada (%)
					Seca	Húmeda	
169+130 - 168+136	27/07/2010	01/08/2010	2.5	2.180	457.3	284.1	62.1
166+150 - 165+647	30/07/2010	04/08/2010	2.5	2.132	566.6	337.0	59.5
165+647 - 164+590	31/07/2010	05/08/2010	2.5	2.105	489.6	264.4	54.0
164+590 - 163+636	02/08/2010	07/08/2010	2.5	2.097	467.5	275.2	58.9
163+636 - 162+725	03/08/2010	08/08/2010	2.5	2.050	463.2	299.1	64.6
168+120 - 167+242	04/08/2010	09/08/2010	2.5	2.171	485.5	284.2	58.5
167+242 - 166+150	05/08/2010	10/08/2010	2.5	2.106	420.7	243.1	57.8
162+725 - 161+680	06/08/2010	11/08/2010	2.5	2.130	476.0	396.8	83.4
161+680 - 161+000	07/08/2010	12/08/2010	2.5	2.109	443.8	297.3	67.0
161+000 - 159+980	09/08/2010	14/08/2010	2.5	2.090	407.3	257.2	63.2
159+980 - 158+912	10/08/2010	15/08/2010	2.5	2.145	512.0	322.7	63.0
158+912 - 157+854	11/08/2010	16/08/2010	2.5	2.103	337.8	241.0	71.4
157+854 - 157+108	12/08/2010	17/08/2010	2.5	2.206	410.4	247.1	60.2
157+108 - 156+058	13/08/2010	18/08/2010	2.5	2.151	520.0	398.8	76.7
156+058 - 155+000	14/08/2010	19/08/2010	2.5	2.164	423.8	248.5	58.6
155+000 - 153+944	16/08/2010	21/08/2010	2.5	2.071	436.6	360.8	82.6
153+944 - 153+153	17/08/2010	22/08/2010	2.5	2.133	417.2	225.9	54.1
153+153 - 152+300	18/08/2010	23/08/2010	2.5	2.139	429.4	227.5	53.0
208+930 - 208+130	21/08/2010	26/08/2010	2.5	2.175	597.0	311.8	52.2
208+065 - 206+538	25/08/2010	30/08/2010	2.5	2.165	500.8	340.3	67.9
206+538 - 205+465	26/08/2010	31/08/2010	2.5	2.139	404.5	227.6	56.3

Cuadro N° 5. 7 Resumen de los ensayos de Resistencia, Km. 152 + 300 al Km. 169 + 130 - Km. 205 + 465 al Km. 208 + 930.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de los ensayos de laboratorio y las revisiones realizadas en campo cumplen con los requerimientos de aceptación del material terminado.

A continuación se muestra Gráficos de resumen, de los resultados, de las características del material reciclado con asfalto espumado a lo largo de todas las progresivas donde se aplicó la tecnología, pertenecientes al mes de Julio y Agosto.

TRAMO		DENSIDAD CONO	DENSIDAD DENSIMETRO	DENSIDAD SECA	Resistencia I.T.S. (kpa.)		RESISTENCIA CONSERVADA
De	Hasta	%	%	gr/cm <sup>3</sup>	SECO	HUMEDO	%
				kpa.			
152.300	153.153	99.8	99.9	2.139	429.4	227.5	53.0
153.153	153.944	99.5	99.8	2.133	417.2	225.9	54.1
153.944	155.000	99.5	99.8	2.071	436.6	360.8	82.6
155.000	156.058	99.2	100.0	2.164	423.8	248.5	58.6
156.058	157.108	99.5	99.9	2.151	520.0	398.8	76.7
157.108	157.854	99.4	99.9	2.206	410.4	247.1	60.2
157.854	158.912	99.4	99.7	2.103	337.8	241.0	71.4
158.912	159.980	99.5	99.8	2.145	512.0	322.7	63.0
159.980	161.000	99.8	99.8	2.090	407.3	257.2	63.2
161.000	161.680	99.4	100.0	2.109	443.8	297.3	67.0
161.680	162.725	99.9	100.2	2.130	476.0	396.8	83.4
162.725	163.636	99.2	99.6	2.050	463.2	299.1	64.6
163.636	164.590	99.3	99.6	2.097	467.5	275.2	58.9
164.590	165.647	99.4	99.7	2.105	489.6	264.4	54.0
165.647	166.150	99.7	99.7	2.132	566.6	337.0	59.5
166.150	167.242	99.5	100.0	2.106	420.7	243.1	57.8
167.242	168.120	99.8	100.4	2.171	485.5	284.2	58.5
168.136	169.130	99.2	100.2	2.180	457.3	284.1	62.1

169.130 - 170.183	99.9	100.1	2.155	499.6	292.6	58.6
170.183 - 171.198	99.8	100.2	2.136	365.9	213.7	58.4
171.198 - 171.977	99.9	100.2	2.162	433.2	233.4	53.9
171.977 - 173.030	99.7	99.5	2.127	511.5	329.8	64.5
173.030 - 174.090	100.0	100.0	2.123	514.2	270.8	52.7
174.090 - 174.906	99.8	99.7	2.137	382.9	218.0	56.9
174.906 - 175.453	99.2	100.3	2.149	554.7	294.1	53.0
175.453 - 175.718	99.5	99.6	2.104	406.8	293.3	72.1
175.718 - 176.685	99.4	99.5	2.100	517.0	343.2	66.4
176.685 - 177.740	99.6	99.2	2.123	569.2	369.7	65.0
177.740 - 178.270	99.4	99.8	2.150	439.3	304.0	69.2
178.270 - 178.560	99.3	99.7	2.177	445.3	308.7	69.3
178.580 - 179.176	99.1	100.1	2.159	517.8	420.1	81.1
179.176 - 179.740	99.1	100.3	2.161	539.5	352.0	65.3
179.740 - 180.290	99.8	99.8	2.138	547.3	340.2	62.2
180.290 - 180.690	99.3	-	2.177	514.0	319.5	62.2
205.465 - 206.538	99.7	99.8	2.139	404.5	227.6	56.3
206.538 - 208.065	99.4	99.9	2.165	500.8	340.3	67.9
208.130 - 208.930	99.3	99.8	2.175	597.0	311.8	52.2
<b>PROMEDIO</b>	<b>99.5</b>	<b>99.9</b>	<b>2.136</b>	<b>471.0</b>	<b>297.1</b>	<b>63.1</b>

Cuadro N° 5. 8 Resultados de ensayos de cada progresiva, ordenado de forma ascendente.

Fuente: Elaboración propia

### Resistencia VS Progresiva

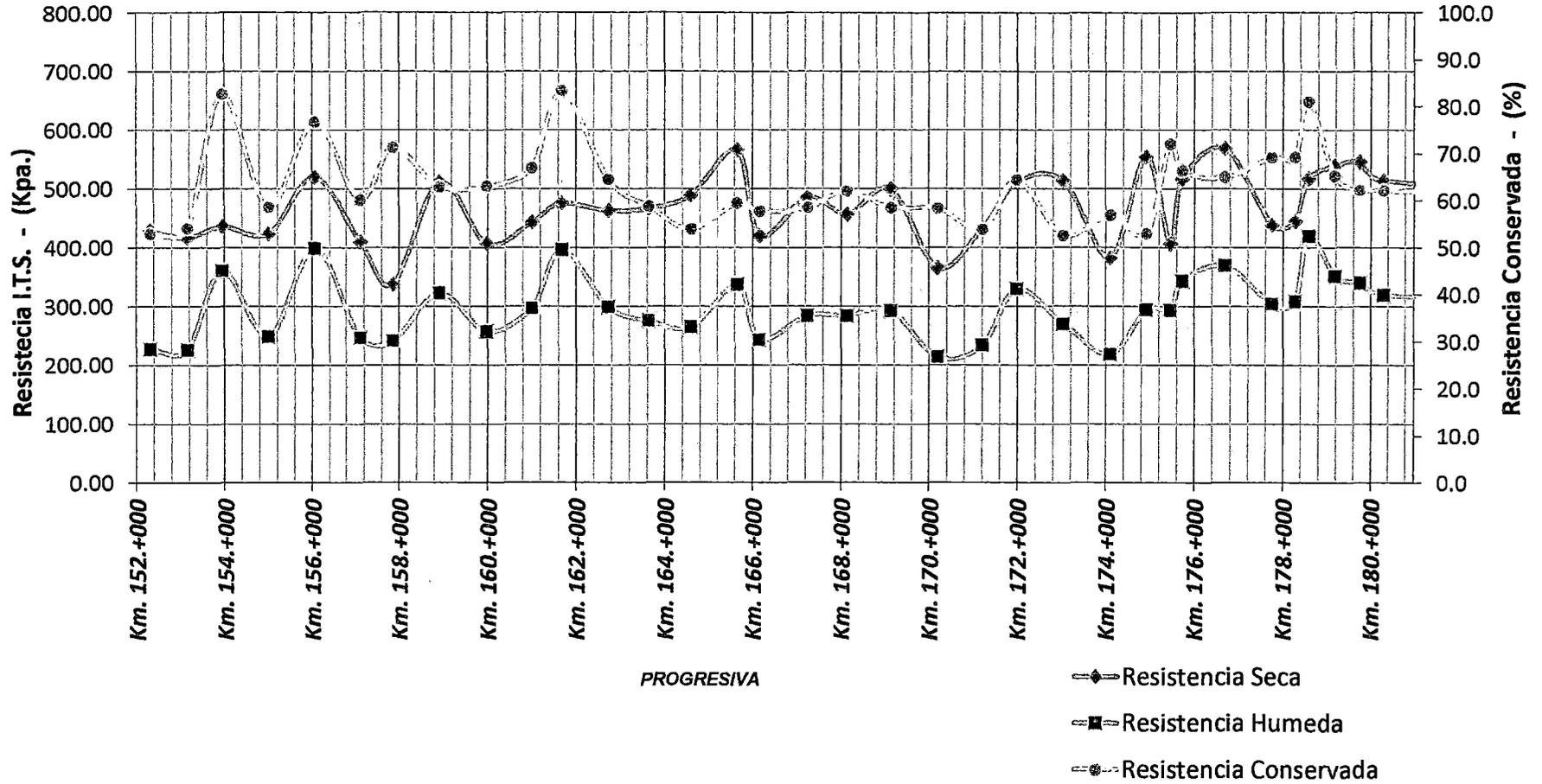


Gráfico N° 5. 1 Resultados de resistencia en todas las progresivas.

Fuente: Elaboración propia

### Densidad VS Progresiva

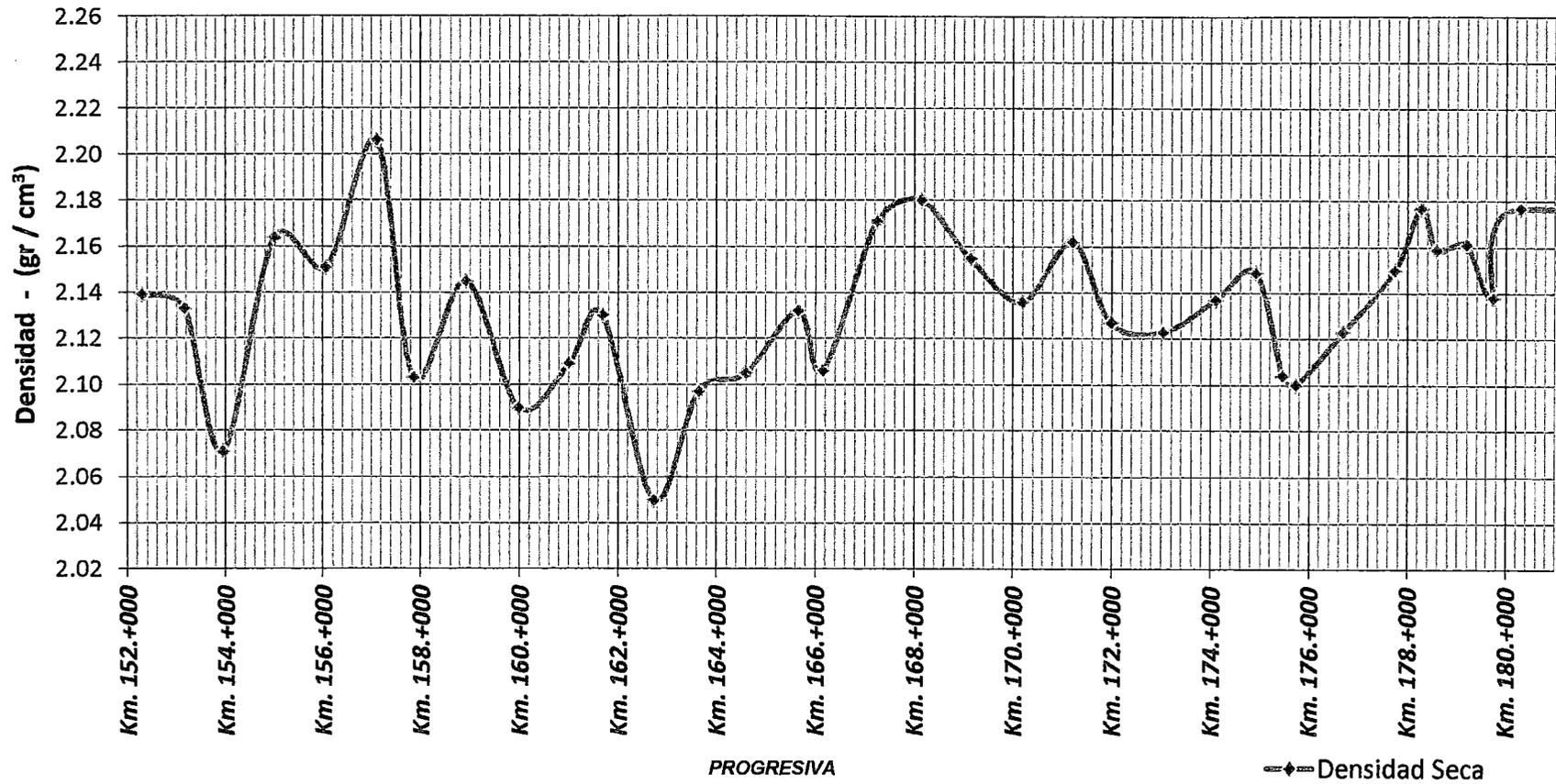


Gráfico N° 5. 2 Resultados de Densidad en todas las progresivas.

Fuente: Elaboración propia

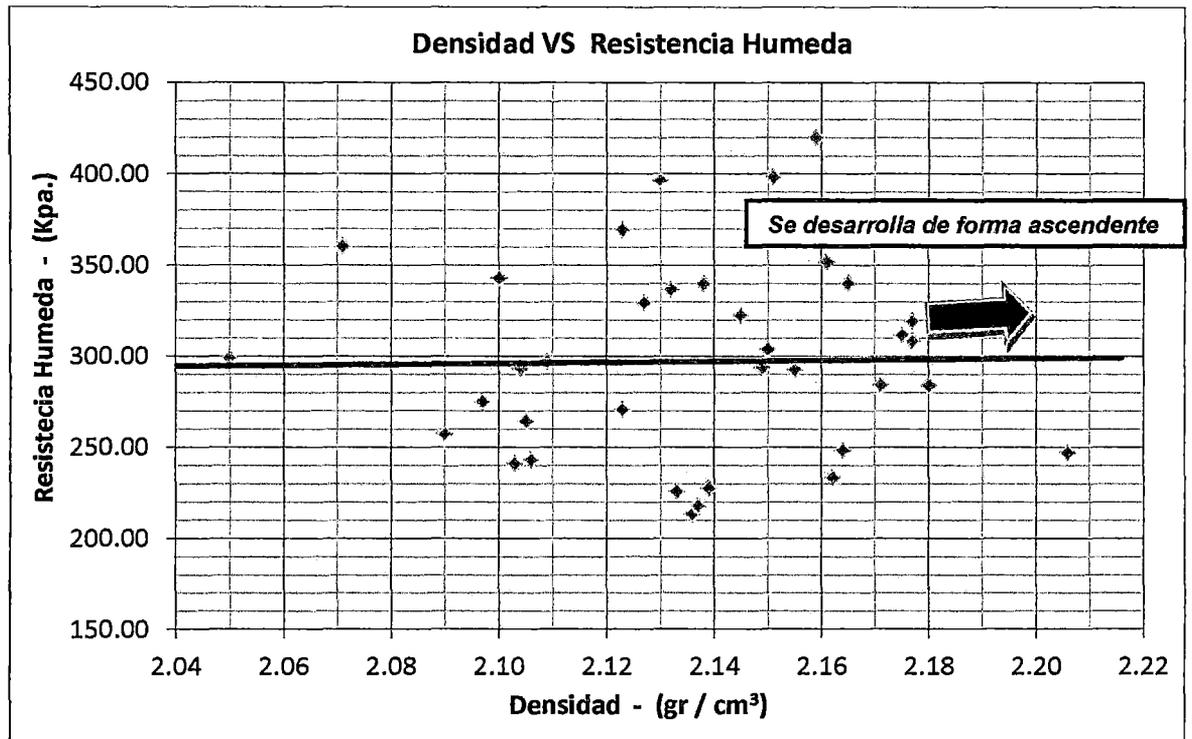


Gráfico N° 5. 3 Comparación de la Densidad y la Resistencia Húmeda de todas las progresivas.

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: PROCESO CONSTRUCTIVO DEL ASFALTO ESPUMADO

### 6.1 PROCESO CONSTRUCTIVO

Los proyectos de reciclado de pavimentos se caracterizan principalmente por la maquinaria de gran tamaño, la intensa actividad y las altas tasas de producción logradas en el terreno. A diferencia de los proyectos de construcción, de carreteras nuevas, estas realizan numerosas operaciones en forma simultánea y en la longitud total del proyecto, la actividad de reciclado de pavimentos se concentra en una ubicación específica. El trabajo progresa en forma lineal (ver Figura N° 6. 1) dejando un producto que sólo requiere una superficie de protección. El reciclado de pavimentos es un método constructivo relativamente simple, sin embargo, y como en todas las operaciones de alto rendimiento, el trabajo debe ser correctamente administrado y planificado para que se pueda alcanzar y sacar provecho a los altos rendimientos que puede lograr la maquinaria a emplear.



Figura N° 6. 1 Tren de Reciclado.

Fuente: Elaboración propia

El objetivo general del trabajo de reciclado es construir una nueva capa de pavimento que cumpla con los requerimientos previstos por el ingeniero diseñador.

Estos requerimientos deben reflejarse en las especificaciones técnicas de un proyecto, y estas serán definidas por dos requisitos importantes en el proceso de reciclado: la calidad del material de la capa reciclada y el espesor de la capa reciclada.

### **6.1.1 La operación del reciclado de pavimentos**

En esta sección se tratara sobre los aspectos más importantes de la operación del reciclado. Estas incluyen la configuración del tren de reciclado (ver Figura N° 6. 1), procedimientos a seguir antes y durante la operación del reciclado, condiciones adicionales que deben tomarse mientras se recicla y además el manejo del material reciclado.

#### **6.1.1.1 Configuración del tren de reciclado**

El reciclado debe comenzar sólo cuando se cumplen todos los requerimientos preliminares. Estos incluyen, en forma secuencial:

- Revisar completamente las máquinas y el equipamiento que va a ser empleado en la operación de reciclado, incluyendo rodillos de compactación; motoniveladora para la extensión y perfilado del material; y camiones cisterna de agua y asfalto.
- Medir la temperatura de las cisternas que contienen el agente estabilizador asfáltico.
- Se deberán hacer mediciones con varillas de nivel a las cisternas que contienen el agua y/o agente estabilizador, para revisar que exista la cantidad de material necesario para el trabajo a realizar.
- Ensamblar el tren de reciclado en la línea del primer corte y asegurar las barras de empuje.
- Conectar todas las tuberías alimentadoras a la recicladora, extraer el aire y asegurar de que todas las válvulas estén completamente abiertas.
- Revisar que el operador de la recicladora tenga todos los datos que conciernan a la tasa de aplicación de agua para la generación de la espuma y la tasa del agente estabilizador para ingresarlos a la computadora.

- Debe existir una línea clara de guía para el corte, en la longitud completa del tramo a trabajar.
- Todos los procedimientos de arranque del sistema deben ser comprendidos a cabalidad.

Estos chequeos preliminares son rápidos y fáciles de realizar y debieran convertirse en una práctica rutinaria al comienzo de cada turno. Además, es recomendable que todos los operadores de maquinaria tengan un claro entendimiento de su responsabilidad; y hacerles entender lo que se espera de ellos, para asegurar que el reciclado sea exitoso.

#### 6.1.1.2 Fase de experimentación y/o tramo de prueba

En general para todo proyecto, se deberá realizar un tramo de prueba de una longitud definida, en conjunto con la inspección del proyecto. El tramo de prueba será destinado a probar el buen funcionamiento de los equipos, secuencia de trabajo y las diferentes alternativas de compactación, así como el esquema de trabajo y cortes a emplear con el equipo reciclador. Este tramo permitirá la realización de los ajustes necesarios para mejorar el proceso constructivo.

Luego de la realización del tramo de prueba se deberá reportar el protocolo de construcción a utilizar en el proyecto, el cual indica en detalle la forma de trabajo a utilizar.

#### 6.1.1.3 Preparación de la superficie existente

Con anticipación a la disgregación del pavimento, se deberán efectuar los bacheos en las zonas que corresponden a fallas de origen profundo que requieran corrección previa, con el fin de evitar deficiencias en el soporte de la capa reciclada. Las excavaciones deberán rellenarse con material de base granular hasta el nivel de la rasante existente, colocándolo y compactándolo en espesores que permitan obtener las densidades exigidas para dicho material. También se podrá utilizar en estos rellenos el material sobrante (o excedente) del mismo proceso de reciclado, RAP.

#### 6.1.1.4 Disgregación del pavimento existente y eventual adición de agregados de adición

El contratista intervendrá el pavimento existente en el espesor de diseño, pulverizando la capa bituminosa existente y mezclándola con parte de la base subyacente y/o con agregados de adición previamente depositados uniformemente sobre el pavimento; como resultado de dicho proceso, el material disgregado y mezclado deberá cumplir con la gradación establecida.

Si alguna sección de pavimento pulverizado debe ser abierta temporalmente al tránsito, esta deberá ser previamente conformada y compactada.

#### 6.1.1.5 Incorporación de filler activo, agua, producto bituminoso y elaboración de la mezcla

Todos los ingredientes deberán ser aplicados uniformemente sobre la superficie por tratar, a las tasas definidas en la fórmula de trabajo. Añadidos los ingredientes, se efectuará su mezcla íntima con el mismo equipo utilizado para la pulverización.

Alternativamente, si la máquina recicladora es capaz de pulverizar el pavimento existente y mezclar simultánea y satisfactoriamente en una sola pasada todos los componentes, el filler (ver Figura N° 6. 2) y el agregado de adición (si se requiere) pueden ser aplicados uniformemente sobre el pavimento inmediatamente antes de su reciclado.

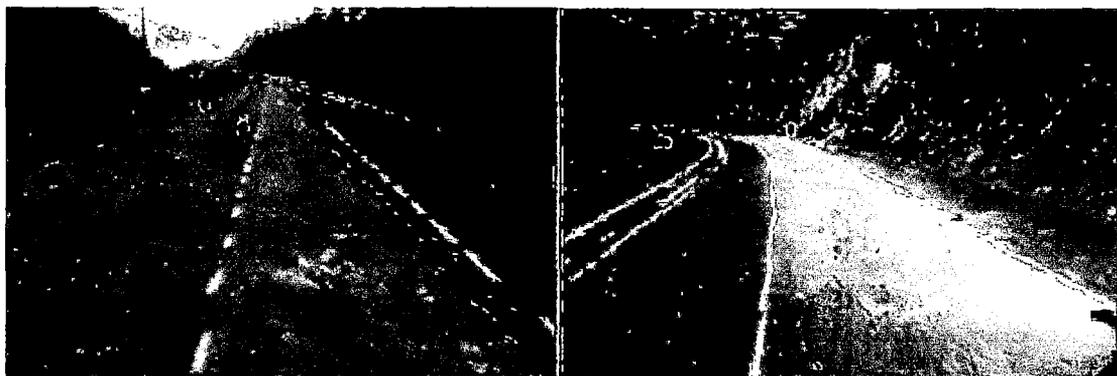
Durante la operación, la máquina recicladora debe aplicar el producto bituminoso de estabilización y el agua requerida para la compactación en las dosificaciones de diseño; la dosificación de ligante podrá ser variada dependiendo de las condiciones del pavimento existente y/o tramo homogéneo; de manera que se garantice en todo momento la obtención de una mezcla que satisfaga los requisitos establecidos.



a) Distribución de las bolsas de cemento



b) Esparcimiento del cemento sobre la superficie del pavimento



c) Distribución final del cemento sobre el pavimento a reciclar

Figura N° 6. 2 Distribución de bolsas de cemento en la superficie del pavimento.

Fuente: Elaboración propia

Si la mezcla requiere aireación previa a la compactación, ella se realizará hasta que la mezcla alcance la humedad apropiada. En caso contrario, la mezcla se extenderá en el ancho y espesor definidos en el proyecto. Las operaciones de mezcla se deben realizar en segmentos completos. Cada segmento deberá ser mezclado y compactado en la misma jornada de trabajo.

No se permitirán trabajos de reciclado cuando la temperatura ambiente a la sombra sea inferior a diez grados Celsius ( $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) o en instantes en que haya lluvia o fundados temores de que ella ocurra. Toda mezcla afectada por las aguas lluvias será corregida si ello resulta posible; en caso contrario, deberá ser removida y reemplazada por una de calidad equivalente, elaborada con materiales similares sobrantes del reciclado de otra zona del proyecto o con agregados de adición.

La tasa de producción de la operación de reciclado está en gran parte controlada por el tipo y número de recicladoras que se utilizan. Sin embargo, el uso de múltiples máquinas está normalmente destinado a grandes proyectos; muchas de las operaciones de reciclado son efectuadas sólo por una máquina, requiriendo que la recicladora pase 2 o más veces para cubrir el ancho completo a tratar.

#### 6.1.1.6 Extensión de la mezcla

Después de mezclado, el material reciclado se extenderá en una capa de espesor uniforme, tal que permita obtener el espesor y grado de compactación exigidos. En todo caso, la cantidad de material extendido será tal, que el espesor de la capa compactada nunca resulte inferior a un centímetro del valor especificado (15 cm para el proyecto actual). Si el espesor por construir es superior a este valor, se deberá verificar y/o ajustar los pesos, y ciclos de trabajo de los equipos de compactación para lograr la densidad requerida.

#### 6.1.1.7 Compactación de la mezcla

Extendida la mezcla, se procederá a su compactación en el instante y con el equipo y procedimiento definidos durante la fase de experimentación, hasta lograr los niveles de compactación exigidos.

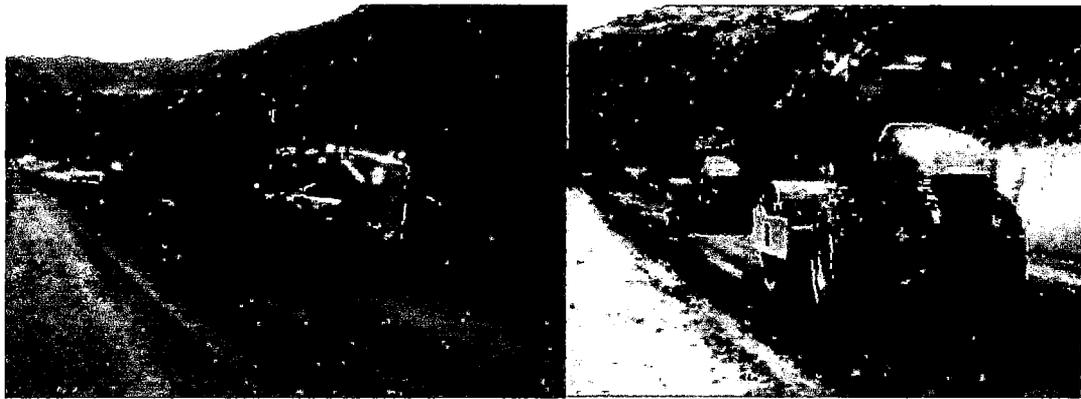
Normalmente se utilizan tres rodillos para compactar el material detrás de la recicladora. Primero se posiciona un rodillo primario pesado (liso o “pata de cabra”), aplicando una compactación de alta amplitud con el fin de densificar la parte inferior de la capa reciclada, ver Figura N° 6. 3.

Una vez alcanzada una compactación uniforme en los dos tercios inferiores de la capa reciclada, se utiliza una moto – niveladora para perfilar y obtener las cotas finales requeridas. A continuación, se debe compactar utilizando un rodillo liso a baja amplitud y alta frecuencia para compactar la porción superior de la nueva capa, ver Figura N° 6. 4. Al término del proceso de compactación, se utiliza un rodillo neumático para lograr un acabado superficial liso, ver Figura N° 6. 5. Finalmente, se efectuará un perfilado final con motoniveladora, con el fin de obtener una pendiente transversal adecuada para el drenaje del agua superficial.



Figura N° 6. 3 Compactación primaria.

Fuente: Elaboración propia



a) Perfilado y nivelación con motoniveladora

b) Compactación final con rodillo liso

Figura N° 6. 4 Perfilado, nivelación y compactación final.

Fuente: Elaboración propia

#### 6.1.1.8 Apertura al tránsito

La capa estabilizada podrá abrirse al tránsito terminada la compactación, limitando la velocidad de los vehículos a treinta kilómetros por hora (30 km/h).

#### Curado de la capa compactada

Las capas recicladas requieren un período de curado para su maduración, antes de que se autorice su cobertura con la micro superficie. El tiempo de curado deberá ser el suficiente para que el contenido de humedad del material reciclado y compactado alcance un valor cercano al 50% de la humedad óptima de

compactación. Este periodo dependerá de las condiciones climáticas del proyecto.

Durante dicho lapso, se aplicará los riegos de protección, para prevenir el deterioro de la capa reciclada por la acción de las aguas superficiales y del tránsito automotor. Dichos riegos se realizarán con emulsión en una tasa de aplicación que se debe ajustar en campo con un rango de entre 100 a 250 grs/m<sup>2</sup>.

El procedimiento final podrá ser modificado según las condiciones climáticas y tipos de materiales que se encuentren en el proyecto.

#### 6.1.1.9 Juntas de trabajo

Todas las juntas de trabajo se dispondrán de forma que su borde quede vertical, cortando parte de la capa terminada. Si se trabaja por franjas, se dispondrán juntas longitudinales en todos los casos en que transcurra más de una jornada entre las operaciones en franjas contiguas. Las juntas longitudinales no podrán tener traslapos menores a 15 cm.

#### 6.1.1.10 Conservación

Se deberá conservar la capa de pavimento reciclado en perfectas condiciones hasta que se construya la capa superior prevista en el proyecto. Todo daño que se presente deberá ser corregido.

### 6.1.2 Terminación de la nueva capa reciclada

La terminación de la capa reciclada requiere de la creación de una textura superficial que pueda repeler el agua. Esto se lograra con un riego de agua prudente y con la compactación de neumáticos (ver Figura N° 6. 5), haciendo que los finos migren a la superficie y así llenando los vacíos entre las partículas más gruesas. Estas operaciones son generalmente realizadas después de que el proceso de compactación ha terminado, pero cuando la carretera debe ser abierto al tráfico inmediatamente, estas operaciones de terminación deben ser completadas en tiempos razonables.

Cuando el material reciclado contiene una alta proporción de asfalto, el material resultante tiende a ser grueso y no – cohesivo, y por lo tanto, difícil de terminar. Si estas condiciones son identificadas previamente, el material fino puede ser agregado durante el proceso de reciclado para modificar el producto y así aliviar problemas de terminación.



a) Riego de agua sobre el pavimento reciclado



b) Compactación neumática

Figura N° 6. 5 Riego de agua y compactación de neumáticos.

Fuente: Elaboración propia

Cuando se ha anticipado que la capa reciclada va a ser sometida al tránsito por un largo período, la superficie debe ser protegida para prevenir la pérdida de áridos, la formación de baches y otras formas de degradación. La cantidad de tránsito, así como también el material y el tipo de agente estabilizado dictaminan el tipo de medidas preventivas que se necesitan.

En muchas ocasiones se completa el proceso de reciclado y se abre al tráfico sin pensar en qué es lo que pueda ocurrir con el escurrimiento superficial en el caso eventual de una lluvia. Un problema común a muchas construcciones es la formación de charcos en la superficie terminada debido a cordones de material a lo largo del borde.

## 6.2 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

Como en todas las operaciones de actividades múltiples y de alto rendimiento, el éxito del proyecto de reciclado depende de una buena planificación. Antes de

comenzar a reciclar es importante considerar todas las operaciones y pasos que deben ser ejecutados. También se debe traspasar toda la información del día o del turno al papel o a un sistema de información para poder configurar un plan de producción. En particular, deben ser considerados los siguientes aspectos:

### 6.2.1 Equipo para la disgregación del pavimento existente y mezcla de los materiales

Las labores de disgregación del pavimento existente y de mezcla adecuada de todos los ingredientes hasta su completa homogenización, se ejecutarán por medio de una máquina recicladora autopropulsada.

La recicladora debe ser capaz de disgregar el pavimento hasta la profundidad requerida en una sola pasada, manteniendo una profundidad y anchos constantes, y un perfil uniforme, ver Figura N° 6. 6. Debe poder producir la gradación requerida.

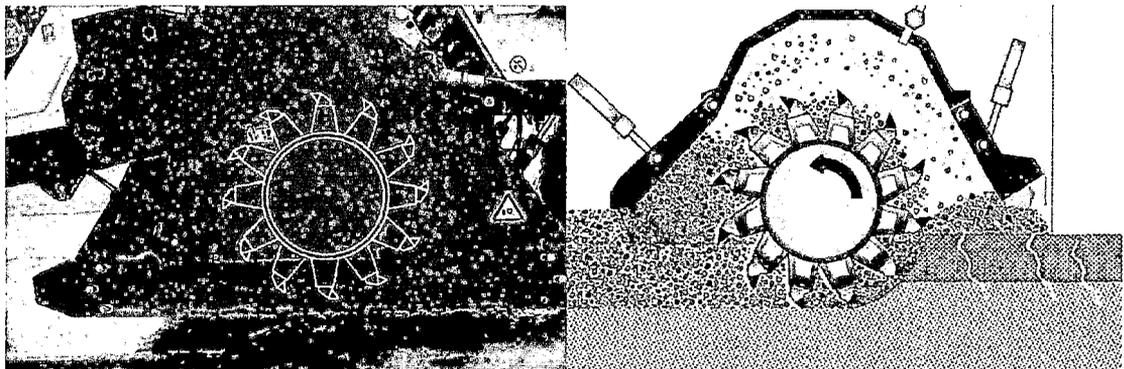


Figura N° 6. 6 Tambor fresador – mezclador.

Fuente: Elaboración propia

La recicladora deberá tener la posibilidad de introducir los agentes estabilizadores de manera uniforme y precisa, ver Figura N° 6. 7. Deberá, además, estar equipada con un tacómetro acoplado al control de la bomba de caudal variable, que asegure que el ligante sólo es adicionado cuando la máquina está en marcha. El sistema de medida debe incluir un totalizador que permita conocer la cantidad de producto bituminoso que se está utilizando en cualquier período y un medidor de caudal que indique la tasa instantánea de flujo durante la operación de mezclado.

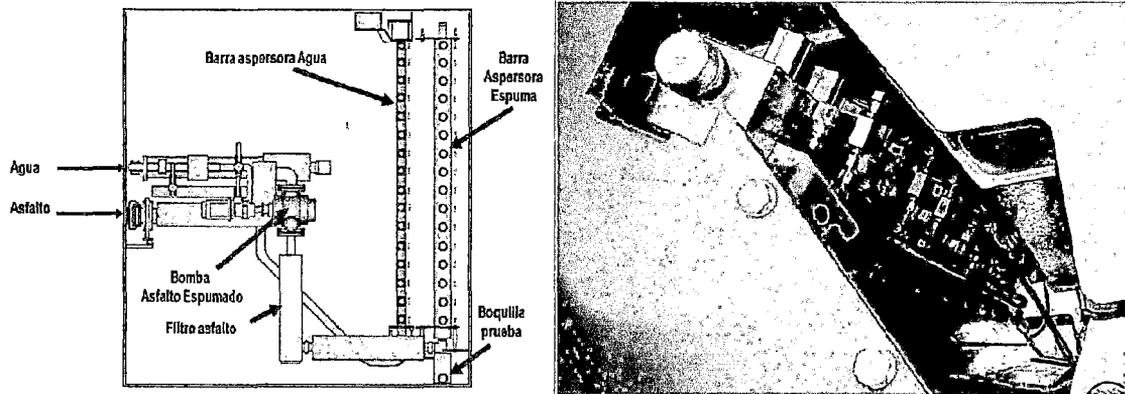


Figura N° 6. 7 Proceso de incorporación del asfalto espumado.

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1.1 La recicladora

Existe una amplia variedad de maquinarias que pueden ser utilizadas para el reciclado. La decisión de cuál y cuantas máquinas se va a utilizar está determinada principalmente por el tamaño y tipo de proyecto. También se deben considerar otros factores, por ejemplo: las máquinas sobre orugas generalmente se utilizan para reciclar capas asfálticas de gran espesor que además colocan el material reciclado mediante una placa compactada en la parte posterior, mientras que las máquinas montadas en neumáticos siempre requieren una moto – niveladora para su terminación.

### 6.2.2 Equipo para la extensión, nivelación y compactación de los materiales

El equipo para la extensión y nivelación de la mezcla elaborada y homogenizada estará conformado por motoniveladoras.

Para la compactación, se deberá utilizar compactadores de rodillos metálicos vibratorios y de neumáticos. Como mínimo, el contratista deberá poner a disposición de los trabajos un (1) un compactador de rodillo liso vibratorio y uno (1) de neumáticos. Todos los compactadores deberán ser autopropulsados y estar dotados de inversores de marcha suaves.

Los compactadores de rodillos metálicos no deberán presentar surcos ni irregularidades. Los compactadores vibratorios dispondrán de dispositivos para eliminar la vibración al invertir la marcha, siendo aconsejable que el dispositivo sea automático. Los de neumáticos tendrán ruedas lisas, en número, tamaño y disposición tales, que permitan el traslape de las huellas delanteras y traseras.

Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos compactadores, serán las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la capa en todo su espesor, pero sin producir roturas del agregado.

#### 6.2.2.1 Equipo de compactación

El rodillo primario es crítico, debido a que es el responsable de lograr la densidad requerida en la porción inferior de la nueva capa reciclada. La Figura N° 6. 8 (El espesor de la capa reciclada y la granulometría del material reciclado son los criterios principales de selección) y la Tabla N° 6. 1 representa una guía básica para seleccionar la masa estática y el tipo de rodillo que normalmente se utiliza en proyectos de reciclado. Adicionalmente se debieran tener las siguientes consideraciones relacionadas a la aplicación de rodillos vibratorios:

- Cuando se trabaja con recicladoras montadas sobre neumáticos, el rodillo primario siempre debe aplicarse detrás de la recicladora. Este rodillo (liso o pata de cabra) es operado a una alta amplitud que afecta el material en la parte superior de la capa, distorsionando en muchas ocasiones la superficie. Esto, rara vez es un problema debido a que la moto – niveladora va a ser usada inevitablemente para cortar los niveles finales requeridos, antes de aplicar una vibración de baja amplitud para terminar el proceso de compactación.
- El contenido de humedad es una variable crítica en lograr una densificación con un mínimo esfuerzo. Debido a las demoras entre el reciclado y la compactación final, se debiera aplicar agua en forma prudente antes de cortar los niveles y aplicar el rodillo liso neumático.

## Guía de Compactadores

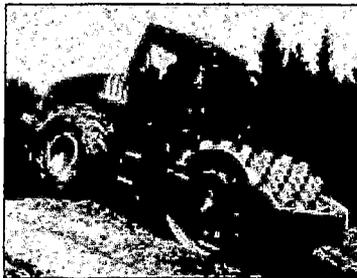
Rodillo Liso



Rodillo neumático



Rodillo "Pata de Cabra"



Fino  
↑  
Granulo-  
metría  
material  
↓  
Gruoso

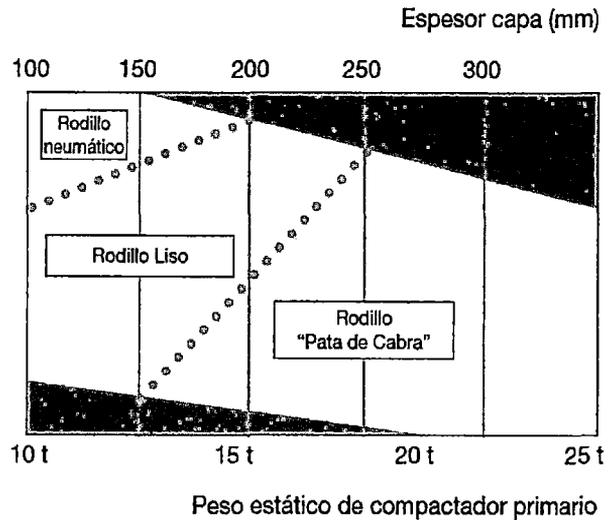


Figura N° 6. 8 Guía de selección para elegir el compactador primario.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 106.

Espesor de la capa compactada	Masa estática mínima del rodillo
Menor a 150 mm	12 Ton
150 mm a 200 mm	15 Ton
200 mm a 250 mm	19 Ton
Mayor a 250 mm	24 Ton

Tabla N° 6. 1 Masa estática del rodillo mínima para la compactación.

Fuente: WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL – WIRTGEN MANUAL DE RECICLAJE EN FRÍO – 2004. Pág. 233

- El contenido de humedad es una variable crítica en lograr una densificación con un mínimo esfuerzo. Debido a las demoras entre el reciclado y la compactación final, se debiera aplicar agua en forma prudente antes de cortar los niveles y aplicar el rodillo liso neumático.

- Un error que se comete en muchas construcciones es la sobrecompactación. Este fenómeno ocurre cuando se aplica un esfuerzo de compactación excesivo.
- Un estado uniforme de compactación se debe alcanzar en el ancho de corte completo de la recicladora, antes de usar una moto – niveladora para alcanzar los niveles finales requeridos. Las ruedas traseras de las recicladoras de neumáticos siempre pasan por la superficie del material reciclado, una a cada lado del corte. El peso que lleva cada rueda (8 Ton para las WR 2500 S) compacta parcialmente el material reciclado, pero el material entre ruedas sólo está parcialmente compactado debido a la presión aplicada por la compuerta trasera, como se ilustra en la Figura N° 6. 9.

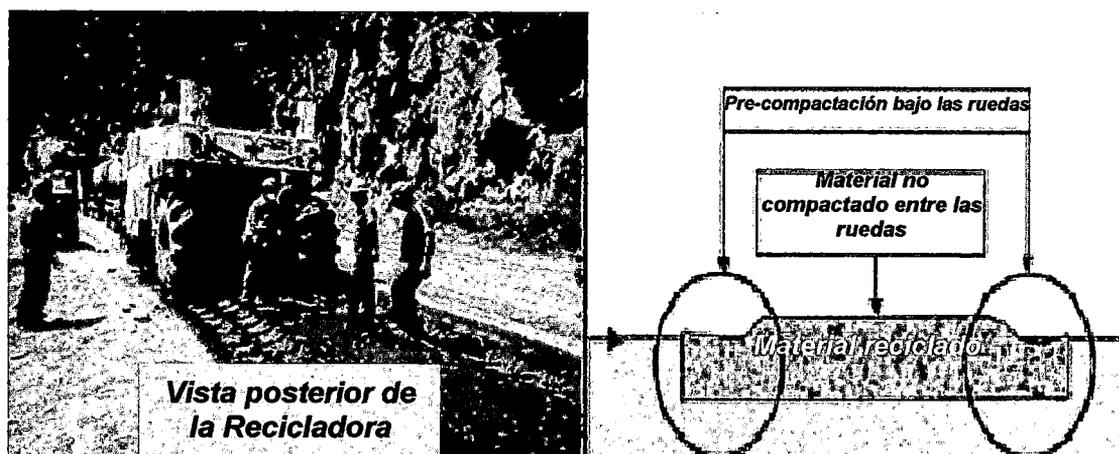


Figura N° 6. 9 Pre – compactación detrás de los neumáticos de la maquina recicladora.

Fuente: Elaboración propia

## 6.2.3 Equipo para proveer los agentes estabilizadores

### 6.2.3.1 Camiones Cisterna

Los camiones cisterna se acoplan a la recicladora para proveer agua y/o agente estabilizador. La capacidad de las cisternas debe ajustarse al alcance del trabajo y la geometría del camino. En general en proyectos pequeños se prefieren los camiones cisterna con chasis simple de capacidad entre 10.000 y 15.000 litros y también cuando la geometría del camino es dificultosa (curvas cerradas y

pendientes fuertes). Existen grandes camiones tanque con capacidades superiores a los 20.000 litros que normalmente son utilizados en proyectos de mayor escala y/o en proyectos de geometría normal.

Los camiones cisternas conectados a una recicladora deben estar libres de fugas (tanto el cisterna como las conexiones). Mientras el tren de reciclado se encuentra en movimiento, el goteo de agua (o de algún agente estabilizador) no causa daño alguno. No obstante, cuando el tren está detenido (por ejemplo: cuando se cambian las puntas del tambor reciclador) y el goteo se mantiene por largos períodos sobre material reciclado suelto se pueden producir los llamados “puntos débiles”, zonas pequeñas en que la dosificación ha sido alterada.

#### 6.2.3.2 Aplicación de cemento

El cemento es el agente estabilizador más utilizado en el mundo. Este material puede ser aplicado como único estabilizador o en conjunto con otros agentes (generalmente estabilizadores asfálticos). La uniformidad de la aplicación sobre el material reciclado es fundamental para que el producto estabilizado alcance la resistencia requerida en las especificaciones; en la Figura N° 6. 10 se muestra una mala distribución del cemento sobre la carretera.

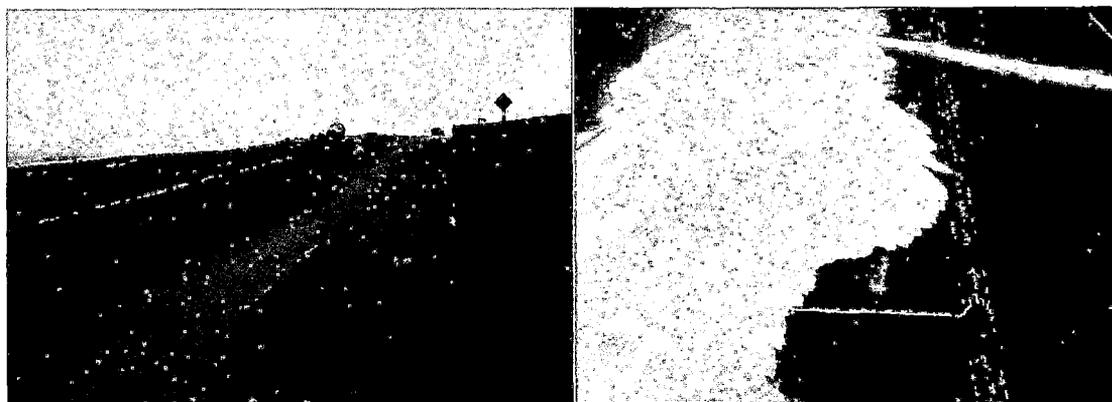


Figura N° 6. 10 Mala distribución del cemento sobre la superficie de pavimento.

Fuente: Elaboración propia

En los casos en que el extendido del material en forma manual no pueda alcanzar suficiente precisión (en particular con aplicaciones inferiores al 2%) se debe considerar el uso de la inyección de lechada con la máquina Wirtgen WM

1000. Esta unidad permite la adición de cemento sin levantar polvo y es ideal para alcanzar un alto grado de precisión a diferentes tasas de aplicación.

#### **6.2.4 Objetivo de producción en el proceso de reciclado**

La cantidad de trabajo de reciclado durante el período planificado debe lógicamente ajustarse a la carretera. Reciclar sólo una porción de la carretera no es recomendable. Este tipo de prácticas generan problemas cuando se retoma el trabajo y se intenta hacer calzar las uniones subsecuentes y mitades de ancho parcialmente recicladas abiertas al tráfico.

#### **6.2.5 Material en el pavimento existente**

El tipo de material que constituye el pavimento existente, la consistencia, y el contenido de humedad in – situ, son propiedades relevantes que afectan el proceso de reciclado. Los cambios de espesor de los distintos materiales que constituyen el pavimento existente (en particular las capas de asfalto) pueden tener una influencia significativa en la velocidad de avance de la recicladora.

#### **6.2.6 Geometría de la carretera existente**

El ancho de la carretera es de vital importancia debido a que determina el número de pasadas de reciclado (cortes) requeridas para cubrir el ancho completo. Secciones de ensanche o angostamiento, como el inicio y término de carreteras de ascenso, requieren especial consideración. Adicionalmente, la forma de la superficie (bombeo o pendiente transversal) influye en el posicionamiento de juntas longitudinales entre cortes adyacentes.

##### **6.2.6.1 Juntas longitudinales**

Cuando se recicla se debe poner atención a dos tipos de juntas constructivas: las juntas longitudinales, que se materializan en forma paralela al eje de la calzada, y las juntas transversales, que se materializan en ángulos rectos con respecto al eje central. Todas las juntas son esencialmente discontinuidades en el pavimento y, a menos de que se traten en forma adecuada, tienen el potencial de afectar negativamente la integridad estructural de la capa reciclada. Las

juntas longitudinales y transversales presentan características distintas: las longitudinales se utilizan para ajustarse a la geometría del camino y las transversales se utilizan cada vez que la operación del reciclado se detiene.

El detalle de cada traslape es uno de los primeros requerimientos de la planificación de un proyecto. El traslape se debe restar del ancho del tambor para determinar el ancho efectivo a estabilizar por cada corte, definiendo a su vez la cantidad de agua y agente estabilizador que se requiere incorporar, como se indica en la Figura N° 6. 11 y la Figura N° 6. 12. El hecho de lograr juntas con traslapos adecuados es muy importante para el desempeño final de la capa reciclada.

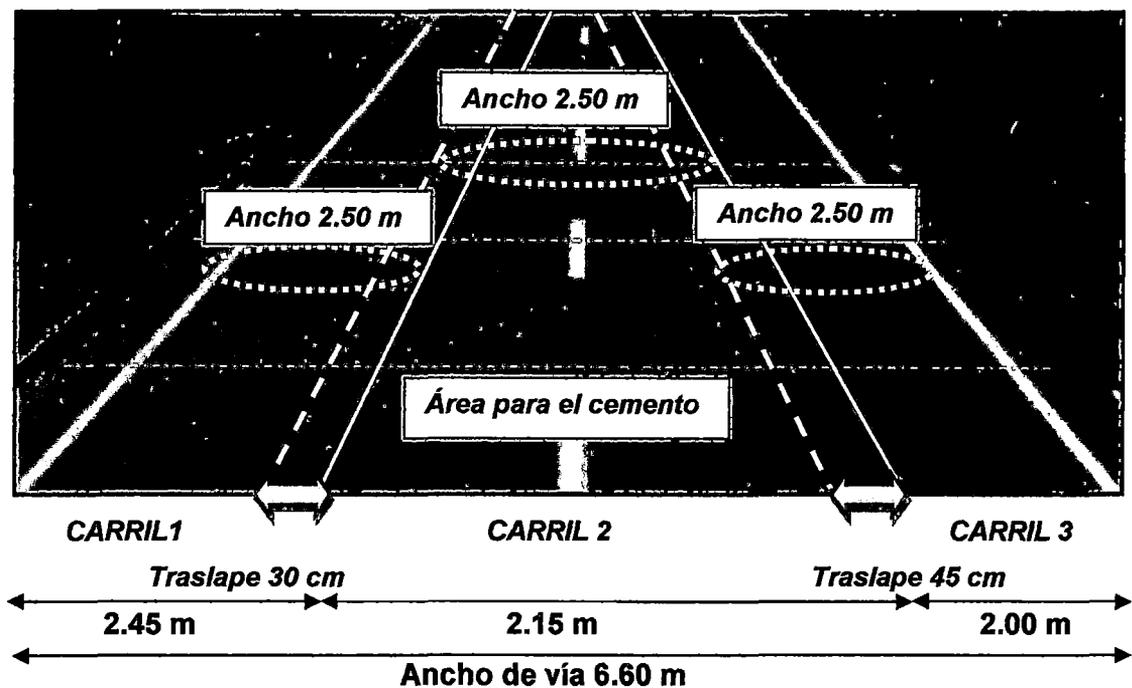


Figura N° 6. 11 Planificación de cortes y traslapos.

Fuente: Elaboración propia

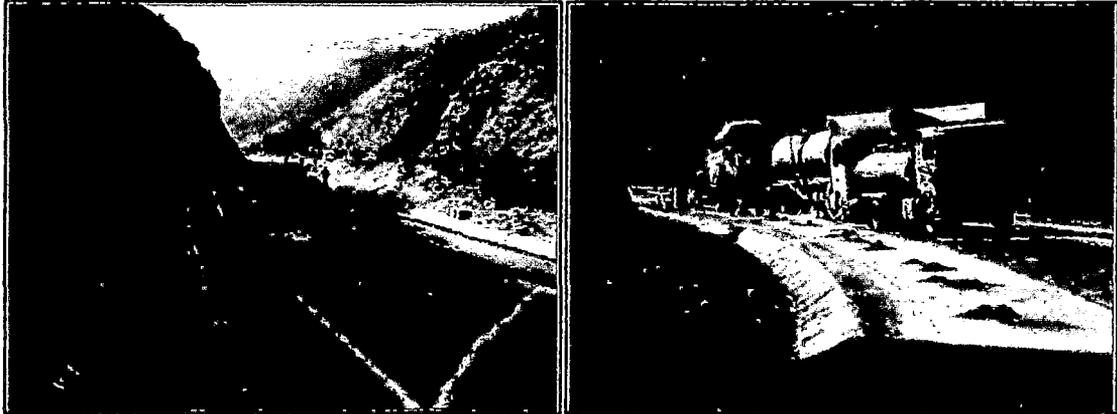


Figura N° 6. 12 Distribución de los Carriles para la Recicladora.

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.7 Acomodamiento de tráfico en el proceso de reciclado

En comparación a otros procesos de rehabilitación de profundidad completa (por ejemplo, la excavación y el reemplazo de capas fatigadas), el reciclado en frío tiene un impacto relativamente pequeño en el tránsito del público. La naturaleza del proceso y las altas tasas de producción hacen posible que sólo una porción limitada de la carretera se deba cerrar cada vez. A través de una planificación cuidadosa de los trabajos, no es necesaria la interrupción del tráfico al menos en una mitad del ancho de la carretera, pudiendo controlar el tráfico a través de vigías, banderilleros o semáforos portátiles. Adicionalmente, como disposiciones mínimas se deben colocar grandes conos o delineadores cada 20 m centrados a lo largo de la carretera, demarcando la sección cerrada al tráfico.

### 6.2.8 Logística para la adquisición de insumos

La tecnología de reciclado en frío es un proceso constructivo de gran rendimiento, las tasas de producción son altas y las máquinas deben ser suministradas continuamente con agente estabilizador, agua y material granular adicional (cuando se requiere) para poder lograr tales tasas de producción.

Esto presenta un gran desafío cuando existen dificultades de adquisición de materiales, las cadenas de abastecimiento son largas y/o el acceso al sitio está restringido. Para asegurar un proceso continuo de reciclado se deben calcular

por adelantado las demandas diarias para todos los requerimientos de materiales, establecer las órdenes y coordinar las entregas.

En grandes proyectos de reciclado, o en aquellos en que las cadenas de abastecimiento son extensas, hay ocasiones en que se establecen instalaciones temporales de almacenaje como medida de protección frente a atrasos. Típicamente estas instalaciones debieran tener capacidad para satisfacer la demanda de al menos un día de trabajo

### **6.2.9 Requerimientos de producto final**

Los requerimientos precisos del producto final, además del espesor de capa, deben ser claros; estos incluyen los detalles de las tolerancias de niveles y formas, objetivos de compactación, consideraciones de textura superficial y el manejo de cualquier material excedente.

### **6.2.10 Requerimientos antes del proceso de reciclado**

- Remoción de obstrucciones tales como aberturas de alcantarillado.
- Instalación de nuevas alcantarillas o cualquier sistema adicional de drenaje.
- Pre – pulverizado para alcanzar a rectificar la rasante de acuerdo al nuevo proyecto.
- Importar/extender nuevo material en la superficie del camino existente.
- Nivelación de los sectores donde se realizara el bacheo.

### **6.2.11 Requerimientos antes de la apertura al tráfico**

Algunos proyectos requieren que la superficie de la capa completada reciba un tratamiento especial, como un riego de emulsión asfáltica diluida. El tiempo necesario para terminar estas actividades debe ser incluido en el programa diario.

### 6.2.12 Plan de producción diario

Las consideraciones de todos los aspectos descritos arriba deben ser incluidas en un simple plan de producción. Dentro del plan diario se debe programar el gasto diario de materiales (asfalto, agua, cemento), de esta manera, se proveerá a la recicladora de todos los recursos necesarios para producir un avance satisfactorio. Los datos del diseño de mezclas (porcentaje asfalto, agua compactación, densidad del material, etc.) se ingresa en el computador de la recicladora. La Tabla N° 6. 2 muestra un ejemplo abreviado para ilustrar el gasto diario que debiera preceder al reciclado.

DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Profundidad	0.15	m
Asfalto	2.0	%
Agua para la compactación	2.5	%
Cemento	1.0	%
Densidad del material (RAP)	2.2	Ton/m <sup>3</sup>
Ancho del tambor	2.5	m

Tabla N° 6. 2 Plan de gasto diario.

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos será necesario realizar los ratios de gasto, para los elementos a emplear, por metro lineal de carretera.

$$ASFALTO = 2.2 \text{ Ton/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2.0\% = 0.0165 \text{ Ton/m} = 5.128 \text{ Gal/m}$$

$$AGUA = 2.2 \text{ Ton/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 2.5\% = 0.020625 \text{ Ton/m}$$

$$CEMENTO = 2.2 \text{ Ton/m}^3 \times 2.5 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 1.0\% \times 1000 \text{ Kg/Ton} = 8.25 \text{ Kg/m}$$

$$CEMENTO = 42.5 \text{ Kg} / 8.25 \text{ Kg/m} = 5.15 \text{ m}$$

### **6.2.13 La unidad de medida del material reciclado**

La unidad de medida de la capa de material reciclado estabilizado con asfalto espumado será el metro cuadrado ( $m^2$ ), aproximado al entero, de material colocado y compactado.

La superficie de la capa de material reciclado estabilizado con asfalto espumado se determinará multiplicando la longitud real construida, medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho mostrado en los documentos del proyecto o ajustado según los valores reales medidos en el terreno. No se medirá, con fines de pago, ninguna superficie por fuera de estos límites.

### **6.2.14 Forma de pago**

El pago se hará por metro cuadrado ( $m^2$ ) de pavimento asfáltico reciclado estabilizado con asfalto espumado a los respectivos precios unitarios del contrato, por toda obra ejecutada de acuerdo con esta Sección y aceptada a satisfacción por el Interventor.

Los precios unitarios deberán incluir la compensación total por el suministro en el lugar de la obra de todos los materiales requeridos para la construcción de la capa, así como herramientas, equipos y la ejecución completa de los trabajos contratados.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 CONCLUSIONES

- Actualmente el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Programa de infraestructura Vial denominado “Proyecto Perú” está proponiendo dentro de sus Términos de Referencia el uso de asfaltos reciclados y espumados. El uso de esta técnica presenta importantes ventajas ambientales, económicas y de calidad para el país, logrando un desarrollo tecnológico y científico en la aplicación de la ingeniería.
- A través del programa, mencionado anteriormente, se permite la realización de una investigación de transferencia de la tecnología del asfalto espumado a los técnicos peruanos.
- Las aplicaciones del asfalto espumado, se han transformado, en una excelente alternativa para la conservación de pavimentos asfálticos (reciclado) y construcción de caminos económicos (estabilización de caminos sin pavimentar), debido principalmente a su buen comportamiento, facilidad de construcción, compatibilidad con un amplio rango de tipos de agregados y ventajas energéticas, además el éxito que el uso de esta tecnología ha tenido en distintos países, permite visualizar el potencial que la aplicación de esta técnica tendrá en Perú, especialmente desde el punto de vista de la optimización de las inversiones en conservación.
- Considerado como una molestia para muchas refinerías, algunas veces agentes anti – espumantes son adicionales en el proceso de manufactura, por lo tanto será responsabilidad del ingeniero especialista observar este detalle, mediante un reporte técnico emitido por la empresa proveedora de asfalto.
- En la práctica, el ingeniero especialista necesita entender los factores que influyen en las propiedades principales de la espumación del asfalto;

de manera tal que produzca una espuma de máxima Razón de Expansión y de mayor Vida Media posible.

- En general no existen especificaciones estándar para optimizar las propiedades principales de espumación del asfalto (Razón de Expansión y Vida Media), pero es recomendable aumentar levemente el valor de la Vida Media a partir del punto de intersección de las graficas de ambas propiedades desarrolladas en una sola grafica, para distintas cantidades de agua y diferentes temperaturas; aun en desmedro de la Razón de Expansión.
- El asfalto espumado puede ser usado como un agente estabilizador con una variedad de materiales que van desde material granular de buena calidad (conocido en el Perú como afirmado), hasta suelos marginales con plasticidad relativamente alta y también en materiales asfálticos reciclados. Las mezclas con asfalto espumado pueden ser confeccionadas tanto en terreno como en una planta central, siendo la metodología de diseño similar en los dos casos.
- En el proceso de espumado, la viscosidad del asfalto se reduce enormemente, permitiéndole que se disperse apropiadamente a través del agregado fino.
- Un material pobre en partículas finas tiende a formar filamentos de asfalto, los cuales varían en tamaño dependiendo de la escasez de finos; estos filamentos de asfalto actuaran en la mezcla como un lubricante y producirán una disminución en la resistencia y estabilidad de material.
- Los efectos producidos en la mezcla por la presencia de filamentos de asfalto, con bajos porcentajes normales de asfalto, se puede contrarrestar al aumentar la cantidad de asfalto, haciendo que esta se adhiera a partículas de mayor tamaño logrando formar una dispersión adecuada con estas partículas y así resistir los 200 kPa. (requisito mínimo para la Resistencia a la Tracción Indirecta curada en seco).

- El exceso de agua en el proceso modifica la composición de la mezcla y su resistencia varía de manera inversamente proporcional. Por ende el empleo de fillers activos como el cemento, cal u otro material le da una ganancia de resistencia a la tracción porque se le asocia un papel de relleno por la presencia de partículas finas, así como también reduce la plasticidad de las gravas naturales y mejora la adhesión entre el material tratado y el asfalto.
- Debe evitarse una dosificación de cemento superior al 1,5%, porque un porcentaje mayor de cemento tiene un efecto negativo, ya que produce la pérdida de flexibilidad en la capa estabilizada con asfalto.
- Sólo el establecimiento de la resistencia a la tracción indirecta como un parámetro que define la calidad de la mezcla, no es suficiente para evaluar su eficacia como un componente funcional de la capa. Es necesario conocer el valor del módulo resiliente de este material, así como los demás materiales o capas de material que componen el pavimento, para realizar un diseño del pavimento nuevo que se creará a través del reciclaje.
- Un factor importante en la aplicación del agua, para lograr densidad de compactación, es el clima donde se está trabajando; ya que en climas tropicales es necesario la aplicación de un contenido de agua adicional para contrarrestar las altas temperaturas.
- Es importante antes del proceso de reciclado verificar el tipo de suelo y sus respectivos espesores que conforman la estructura del pavimento, ya que esto definirá sectores de vía con un respectivo espesor de reciclado y una dosificación de asfalto requerida.
- La tecnología del reciclado de pavimentos tratado con asfalto espumado puede ser aplicado para resolver muchos problemas en la conservación de carreteras, cuando hay necesidad de un cambio importante en el perfil actual del pavimento, especialmente con la base y subbase. También hay una tendencia a utilizar esta técnica cuando el nuevo proyecto de

construcción incluye la estabilización con asfalto, tratado como opción de rehabilitación cuando este material estabilizado forme parte de una de las capas de la estructura.

- Desde el punto de vista constructivo, el empleo de técnicas modernas especialmente desarrolladas para este tipo de aplicación, le confiere ventajas adicionales en comparación a otro tipo de técnicas constructivas ya que los procesos constructivos pueden ser de muy alto rendimiento.
- En el proceso constructivo cuando se estabiliza con asfalto espumado, el avance del tren de reciclado dependerá de la capacidad de la cisterna del asfalto que se utiliza. Es una práctica común continuar un corte hasta que se vacíe la cisterna.
- La gran mayoría de los problemas que conciernen a las juntas longitudinales son una consecuencia de la excesiva o insuficiente aplicación de agentes estabilizadores y/o agua en la junta.

## 7.2 RECOMENDACIONES

- La investigación de la tecnología del asfalto espumado es limitada en nuestro país, ya que se trabajan con especificaciones internacionales como la del Instituto del Desarrollo Urbano de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (ESPECIFICACIONES IDU – ET – 2005 – SECCIÓN 450-05) o del Instituto Nacional de Vías también de Colombia (ARTÍCULO 461 – 07), por ende es necesario que se siga estudiando en el Perú.
- En el caso de la preparación de la espuma de asfalto, se sugiere controlar mediante un termómetro ASTM con graduación sobre 200 °C, la temperatura del asfalto dentro del equipo (depósito de asfalto), dado que la temperatura mostrada por el termómetro del laboratorio móvil WLB 10S está más relacionada con la temperatura del contenedor de asfalto. Se deberían usar termómetros que no dependan de batería ya que al descargarse pueden dar resultados erróneos.

- Es importante obtener una granulometría continua, en mejor de los casos con el tamaño del agregado menor a 2" y el contenido de finos del agregado sobre un 5%, debido a la dispersión del asfalto espumado y a la facilidad en la compactación, ya que se reducen los vacíos y por lo tanto la susceptibilidad al ingreso de agua. Por lo tanto, cuando sea necesario, debe considerarse la posibilidad de adicionar materiales para mejorar una granulometría deficiente.
- Se debería estudiar el efecto de los agentes anti – espumantes que a veces están presentes en los cementos asfálticos derivados del petróleo.
- Durante la construcción de cada tramo reciclado debe llevarse, eventualmente a cabo controles al asfalto como la obtención de la Vida Media y Razón de Expansión para controlar la calidad de la espuma.
- Después de pasar la maquina recicladora por la carretera es importante verificar el material disgregado, ya que deberá cumplir con la gradación establecida. Las partículas de gran tamaño perjudican el proceso de compactación, ocasionando en el futuro un fisuramiento temprano por el número de repeticiones de carga, reduciendo la vida funcional del pavimento, ya que este se determinara en términos del número de veces que puede ser cargado hasta que falle.
- Debido a las demoras entre el reciclado y la compactación final, se debiera aplicar agua en forma prudente antes de cortar los niveles y aplicar el rodillo liso neumático, ya que el contenido de humedad es una variable crítica en lograr una densificación adecuada con un mínimo esfuerzo.
- El ancho de la carretera es de vital importancia debido a que determina el número de pasadas de reciclado (cortes) requeridas para cubrir el ancho completo. Secciones de ensanche o angostamiento, requieren especial consideración. Adicionalmente, la forma de la superficie (bombeo o pendiente transversal) influye en el posicionamiento de juntas longitudinales entre cortes adyacentes.

- El detalle de cada traslapo entre los cortes es uno de los primeros requerimientos de la planificación de un proyecto. El traslapo se debe restar del ancho del tambor para determinar el ancho efectivo a estabilizar por cada corte, definiendo a su vez la cantidad de agua y agente estabilizador que se requiere incorporar. El hecho de lograr juntas con traslapos adecuados es muy importante para el desempeño final de la capa reciclada.
- La uniformidad de la aplicación del cemento sobre el material a reciclar es fundamental para que el producto estabilizado alcance la resistencia requerida en las especificaciones.
- Las juntas transversales son discontinuas en el ancho de corte que son formadas cada vez que la operación de reciclado comienza o se detiene. Cada detención, incluso aquellas de pocos minutos que se realiza para cambiar las cisternas, crea una junta que es esencialmente un cambio en la uniformidad del material reciclado. Debido a esto se debe intentar minimizar las detenciones y, cuando éstas sean inevitables, asegurar continuidad a lo largo de la unión.
- Bajas velocidades de avance cuando se comienza o se detiene, a pesar de que está controlada por un microprocesador, significa una tasa mínima de aplicación de fluidos, que hace que la presión en la barra aspersora sea tan baja tal que la inyección del fluido sea inadecuada (goteo en vez de aspersion). La mejor manera de sobreponerse a este problema es haciendo retroceder el tren en al menos un diámetro del tambor de fresado en el material previamente reciclado, asegurando así que todo el material reciba tratamiento en el ancho efectivo de la junta. Al partir, el operador debiera aplicar potencia máxima y acelerar inmediatamente a la velocidad típica de operación.
- Como en todas las operaciones de actividades múltiples y de alto rendimiento, el éxito del proyecto de reciclado depende de una buena planificación. Antes de comenzar a reciclar es importante considerar todas las operaciones y pasos que deben ser ejecutados. También se

debe traspasar toda la información del día o del turno al papel o a un sistema de información para poder configurar un plan de producción.

- Es esencial hacer el seguimiento de las obras de reciclado de pavimentos empleando asfalto espumado ya realizadas con el fin de tener mayor conocimiento sobre el comportamiento de la capa reciclada en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ASPHALT ACADEMY  
“Technical Guideline (TG2): A Guideline for the Design and Construction of Bitumen Emulsion and Foamed Bitumen Stabilised Materials”  
Asphalt Academy  
South Africa, 2009.
2. BONFIM, Valmir  
“Fresado de pavimentos asfálticos”  
Primera Edición  
Brasil, 2008.
3. JULIO JARAVITO ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA  
“Velocidad de Rotación del tambor fresador máquina WR 2500 S – Informe IGP-002-10”  
Plan de conservación de la carretera La oroya – Chicrin – Huánuco – Tingo Maria – Emp. 5N (Dv. Tocache) Tramo I - II – III – IV – V- VI  
Perú, 2010.
4. HUAMÁN GUERRERO, Néstor  
“Curso Básico de Pavimentos”  
Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil  
Lima – Perú, 2009.
5. INSTITUTO DEL ASFALTO  
“Reciclaje en Frio de Mezclas Asfálticas”  
MANUAL DE SERIE N° 21 (MS21)  
Estados Unidos, 1983.
6. INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS)  
“Artículo 461-07: Reciclado de pavimento asfáltico en frío en el lugar empleando ligantes bituminosos”  
Bogotá D.C. – Colombia, 2006.

7. Jenkins, K.J., van de Ven, M.F.C. and de Groot J.L.A  
"CHARACTERISATION OF FOAMED BITUMEN"  
7 TH Conference on Asphalt Pavements for Southern Africa  
Sudafrica, 1999.
8. LOUDON, A.A. & Partners  
"Manual de reciclaje en frío Wirtgen"  
Wirtgen GmbH publicaciones  
Alemania, 1998.
9. MELCHOR ARECHE, José  
"Evaluación Integral de Pavimentos"  
Tesis de Grado – UNI Facultad de Ingeniería Civil  
Lima – Perú, 1998.
10. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES  
"Especificaciones Técnicas Generales Para la Conservación de  
Carreteras"  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones  
Lima – Perú, 2007.
11. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN  
GENERAL DE CAMINOS  
"Especificaciones Técnicas Generales Para La Construcción de  
Carreteras – EG 2000"  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones  
Lima – Perú, 2000.
12. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DIRECCIÓN  
GENERAL DE CAMINOS Y FERROCARRILES  
"Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras – EM 2000"  
Ministerio de Transportes y Comunicaciones  
Lima – Perú, 2003.

- 13. MONTEJO FONSECA, Alfonso**  
"Ingeniería de Pavimentos para carreteras"  
Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones  
Bogotá D.C. – Colombia, 2002.
- 14. MONTEJO FONSECA, Alfonso**  
"Ingeniería de Pavimentos Fundamentos, Estudios Básicos y Diseño".  
Universidad Católica de Colombia Ediciones y Publicaciones  
Bogotá D.C. – Colombia, 2006.
- 15. NOGUEIRA DE CASTRO, Luciana**  
"Reciclagem a Frio "in situ" com Espuma de Asfalto"  
Tesis de maestría en Ciencias en Ingeniería Civil – Universidade Federal  
do Rio de Janeiro, COOPE  
Rio de Janeiro – Brasil, 2003.
- 16. SALGADO BOCAZ, Cristián**  
"Diseño de Base tratada de Escoria de Vanadio con Asfalto espumado  
para Caminos Básicos"  
Tesis de Grado – Universidad del Bío – Bío Departamento Ingeniería Civil  
Concepción – Chile, 2008.
- 17. SIERRA, Luz Edith y FORERO, Felipe Andrés**  
"Caracterización dinámica de mezclas asfálticas recicladas en frío y  
estabilizadas con emulsión asfáltica"  
Tesis de Grado- Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Ingeniería  
Civil  
Santiago de Cali – Colombia, 2003.
- 18. TAFUR GARRO, Nancy Mariela**  
"Criterios de evaluación para reciclado de mezclas asfálticas. Aplicación a  
la carretera San Mateo – La Oroya. Tramo III"  
Tesis de Grado – UNI Facultad de Ingeniería Civil  
Lima – Perú, 2005.

19. Thenoux Z., Guillermo y Jamet A., Andres  
"Asfalto Espumado: Tecnología y Aplicaciones"  
BIT Revista Desarrollo Tecnológico en la construcción – Cámara chilena  
de la Construcción  
Chile, 2002.
  
20. Thenoux Z., Guillermo y Jamet A., Andres  
"Tecnología del asfalto espumado y diseño de mezcla"  
Revista Ingeniería de Construcción Pontificia Universidad Católica de  
Chile (en imprenta)  
Chile, 2002.
  
21. WIRTGEN GMBH Y LOUDON INTERNATIONAL  
"Wirtgen Manual de Reciclado en Frío"  
Wirtgen GmbH publicaciones  
Alemania, 2004.
  
22. WIRTGEN GMBH  
"Wirtgen Cold Recycling Technology"  
Wirtgen GmbH publicaciones  
Alemania, 2010.

## **PÁGINAS DE INTERNET**

1. Wirtgen America  
Manuales  
[www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html](http://www.wirtgenamerica.com/us/customer-service/manuals/Manuals.html)  
Estados Unidos, 2011.
  
2. NÉSTOR HUAMÁN Y ASOCIADOS  
"Trabajos de Investigación – varios"  
<http://www.nestorhuaman.pe/principal.html>  
Perú.

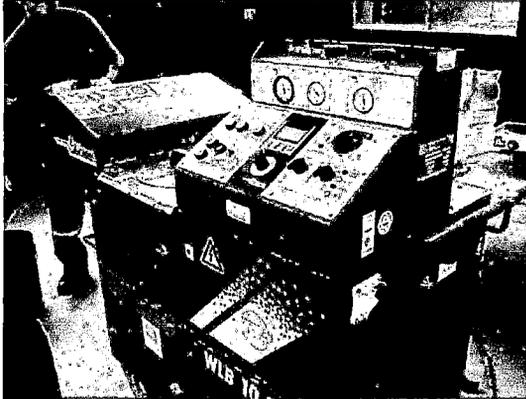
# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

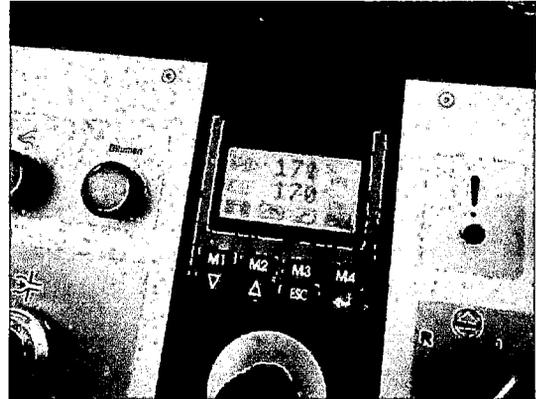
## **Panel fotográfico**

## ENSAYOS DEL CEMENTO ASFÁLTICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL ASFALTO ESPUMADO

Mini planta WLB 10S



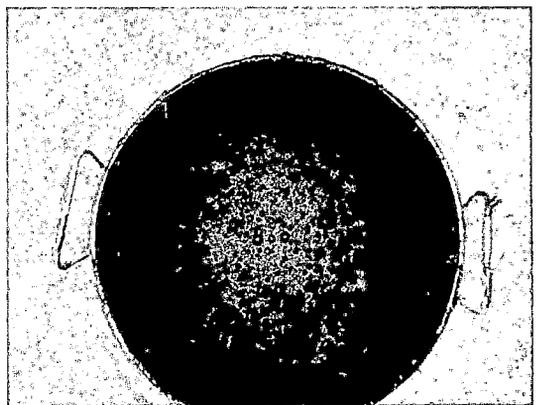
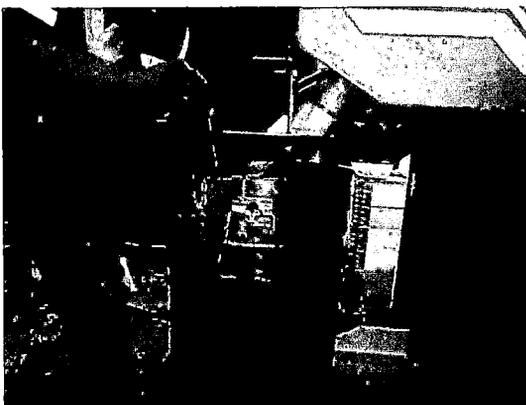
Panel de control del WLB 10S



### Ensayo de laboratorio para la medición de las propiedades de espumación



### Producción del asfalto espumado



## DISEÑO DE MEZCLA DEL RECICLADO DE PAVIMENTOS CON EL ASFALTO ESPUMADO

### Preparación de probetas



### Probetas por ser ensayadas



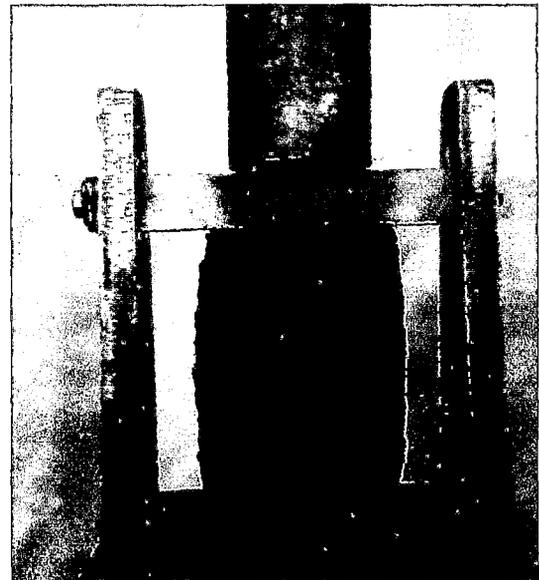
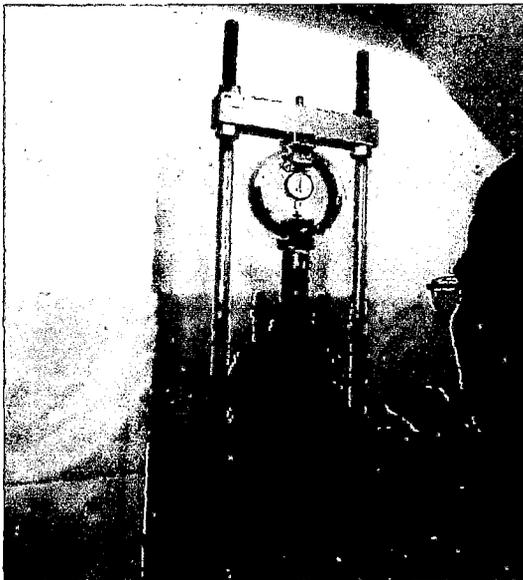
### Horno de 40 °C para el curado de las probetas por 72 horas



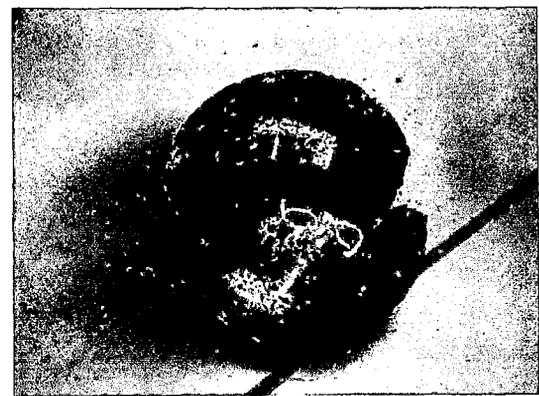
### Saturación de las probetas a 25 °C por 24 horas



### Ensayo para obtener la Resistencia a la Tracción Indirecta (ITS)

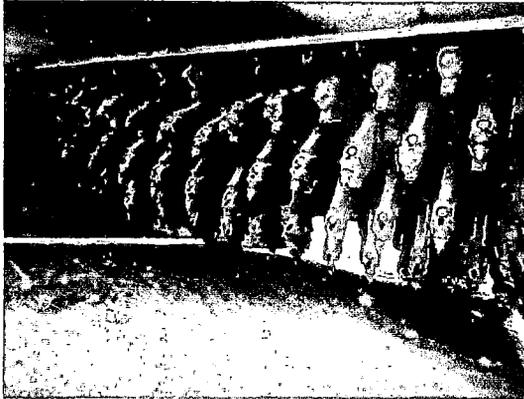


### Probetas ensayadas a compresión

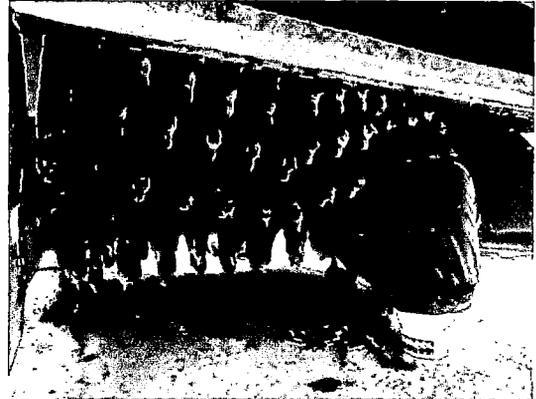


## PROCESO CONSTRUCTIVO DEL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS Y LA PRODUCCIÓN DEL ASFALTO ESPUMADO

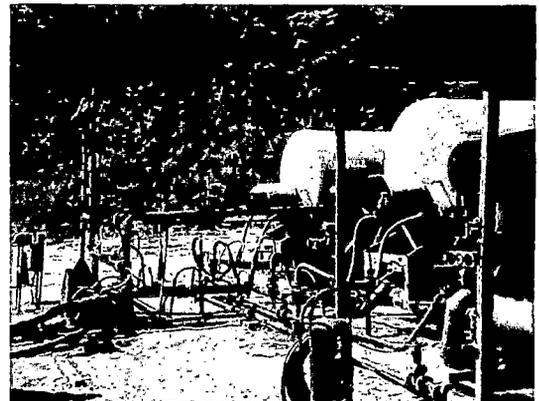
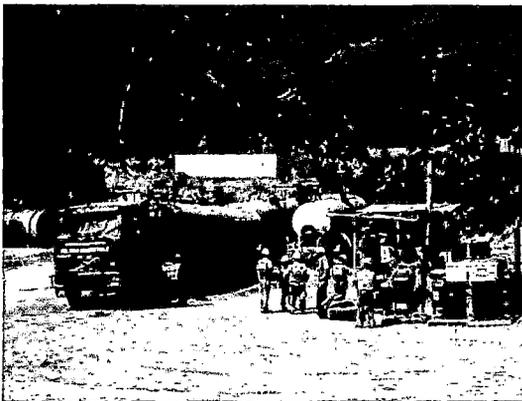
**Tambor fresador / mezclador**



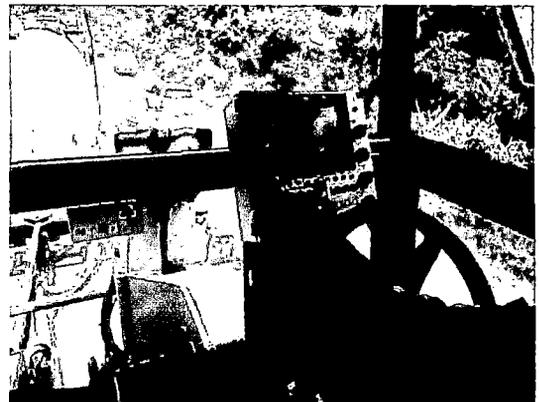
**Cambio de puntas del tambor**



**Punto de calentamiento del cemento asfáltico a 170 °C**



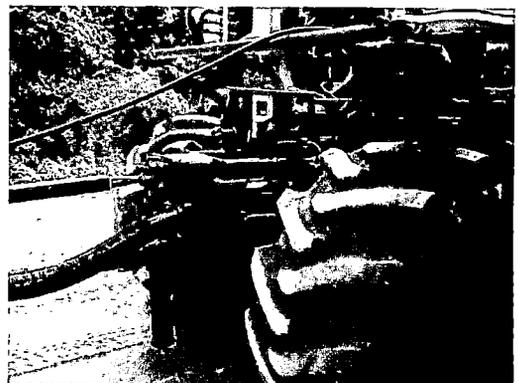
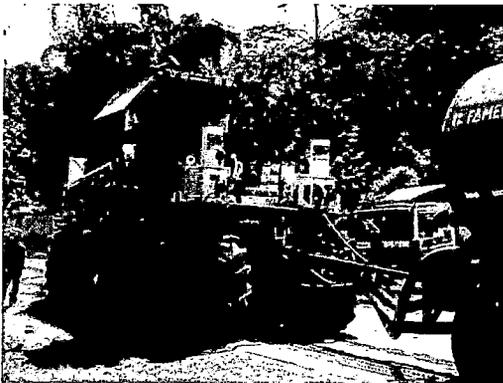
**Cabina de control y operación de la maquina recicladora W 2500S**



### Proceso de reciclado del pavimento



### Conexiones de las cisternas de agua y el cemento asfáltico mediante tuberías



### Distribución de las bolsas de cemento



### Muestreo del material reciclado

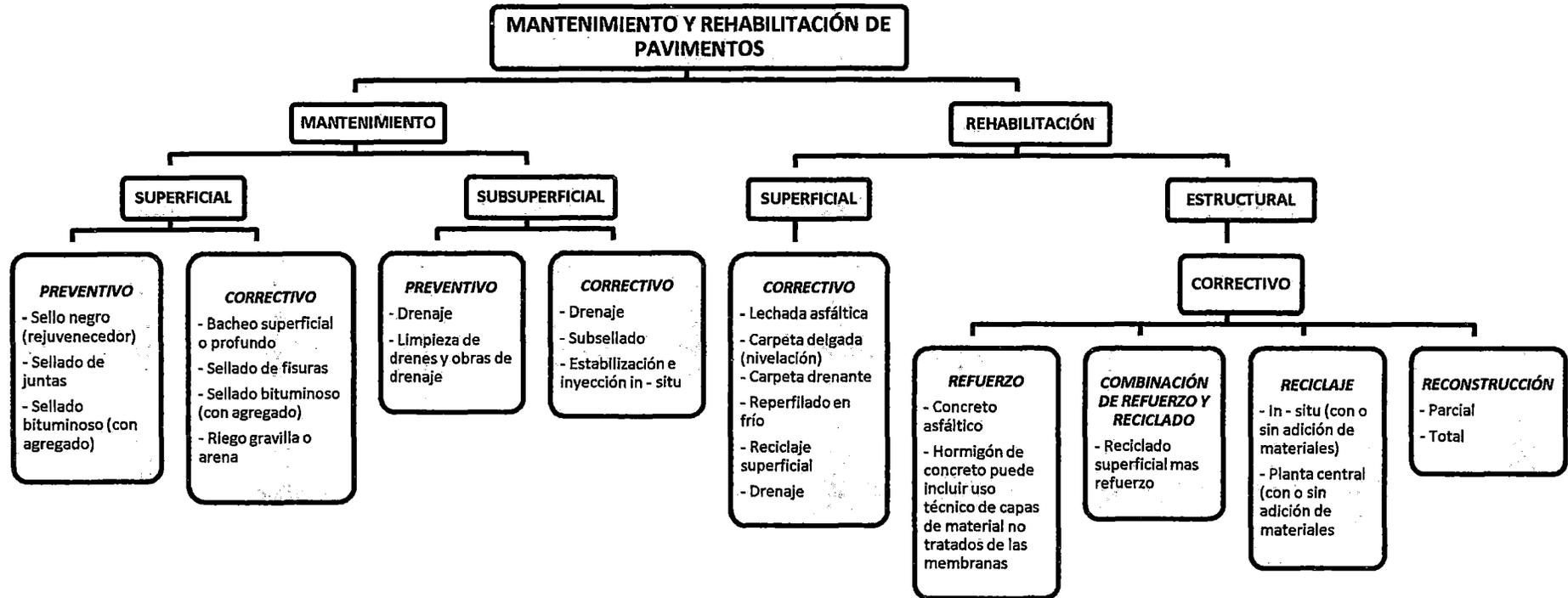


# **ANEXO B**

# ***ANEXO B.1***

## ***Alternativas de Rehabilitación***

## Principales alternativas de mantenimiento y rehabilitación de pavimentos



Fuente: TAFUR GARRO, Nancy Mariela – Criterios de evaluación para reciclado de mezclas asfálticas. Aplicación a la carretera San Mateo – La Oroya. Tramo III – Tesis – UNI Facultad de Ingeniería Civil. 2005. Pág. 23

# ***ANEXO B.2***

## ***Mini planta WLB 10S***

---

**PRESSE-INFORMATION**  
**PRESS-RELEASE**

## **El equipo compacto de laboratorio para asfalto espumado de Wirtgen: el WLB 10 S suministra la receta ideal para el aglomerado**

Lo mismo operadores de recicladoras en frío, laboratorios especializados para la construcción de carreteras o instituciones de investigación: con el WLB 10 S de Wirtgen, los expertos que asesoran o realizan las obras tienen a disposición un apoyo perfecto para aplicaciones de reciclaje en frío con asfalto espumado. Gracias al nuevo equipo de laboratorio es posible realizar, con toda facilidad, series de mediciones precisas para determinar las propiedades óptimas del asfalto espumado y, en combinación con la mezcladora de laboratorio WLM 30, determinar rápidamente la composición apropiada del aglomerado.

En un equipo de laboratorio se producen aglomerados con distintas recetas ya en la fase de planificación de una obra vial. El WLB 10 S produce asfalto espumado variando distintos parámetros, como la temperatura del asfalto, la cantidad de agua o la presión de aire. Con ayuda de estos análisis preliminares se determina la receta definitiva del aglomerado y se simula el proceso de reciclaje en frío a nivel de laboratorio 1:1. El asfalto espumado ofrece la ventaja de que está disponible en todo el mundo y que es posible emplear los tipos de asfalto usuales en la construcción de carreteras para el reciclaje en frío. Las cantidades requeridas en el proceso de reciclaje en frío son, además, pequeñas y contribuyen a elevar la rentabilidad de este proceso.

## PRESSE-INFORMATION PRESS-RELEASE

### **Una máquina con todas las posibilidades a bordo**

Con el nuevo WLB 10 S, Wirtgen ofrece una unidad completa y compacta que únicamente se tiene que conectar a la red de corriente de alta tensión. A bordo se encuentran todos los componentes de importancia para realizar un análisis exhaustivo.

De forma opcional, es posible integrar un compresor de aire a presión, que se instala en el armario inferior insonorizado del WLB 10 S. Este compresor suministra, de forma independiente y silenciosa, el aire a presión necesario al equipo de laboratorio, sin afectar el trabajo en el laboratorio. La presión del aire se puede regular variablemente hasta 10 bares.

Otro equipo opcional muy útil para producir muestras de la mezcla es la mezcladora de circulación forzada de dos árboles WLM 30, con una capacidad de 30 kg como máximo y cuyo rendimiento está perfectamente adaptado al equipo de laboratorio. El asfalto espumado procedente de la WLB 10 S se puede inyectar directamente en la cámara de mezcla de una WLM 30. La mezcladora prepara el aglomerado de manera que se puedan formar piezas de ensayo. La potente mezcladora de laboratorio WLM 30 mezcla el aglomerado muy homogéneamente, siendo posible variar y ajustar por separado el tiempo de mezcla. Un motor eléctrico acciona la WLM 30; el número de giros variable de la mezcladora asciende a 110 r.p.m. La elevada intensidad de mezcla corresponde a los mecanismos mezcladores de las recicladoras en frío que se emplean en las obras viales. Con ello quedan garantizadas unas condiciones idénticas durante todo el proceso. La cámara de mezcla puede hacerse girar hacia abajo en un ángulo de 180 grados para la toma de pruebas de aglomerado sin dificultades de la WLM 30.

Gracias a sus dimensiones compactas de 1.085 mm de longitud, 770 mm de anchura y 960 mm de altura, la WLM 30 se puede combinar fácilmente con el WLB 10 S, en una

## PRESSE-INFORMATION PRESS-RELEASE

unidad de trabajo cerrada. Ambos equipos se pueden unir a través de unos puntos de fijación.

### **Calidad y precisión hasta el mínimo detalle.**

Una vez tomadas unas muestras de material fresado en diferentes tramos de la obra con una fresadora pequeña, éstas se analizan en el laboratorio para comprobar su idoneidad para el proceso de reciclaje en frío, teniendo en consideración las especificaciones de la licitación. Después de añadir las sustancias adicionales que posiblemente sean necesarias y de agregar cantidades pequeñas de cemento y agua, se inyecta el asfalto en forma de asfalto espumado mediante el WLB 10 S. A continuación, se examinan las piezas de ensayo así producidas para comprobar la resistencia a la desestratificación de las mismas.

Los parámetros de ajuste y las funciones de control del WLB 10 S son muy variados y permiten un control completo del proceso: el display claro del WLB 10 S le indica al usuario todos los circuitos de calefacción del equipo para poder controlar el proceso completo. A fin de obtener resultados precisos, la tubería circular utilizada para la circulación del asfalto se calienta completamente, al igual que en todas las recicladoras de Wirtgen. En todos los lugares relevantes se encuentran, además, unos puntos independientes para la medición de la temperatura, por ejemplo, en el recipiente de asfalto, la tobera y la bomba de asfalto y en la tubería circular. A fin de obtener resultados sumamente precisos de los análisis, el encargado del laboratorio puede regular óptimamente el circuito completo de la instalación, dado que es posible ajustar individualmente y controlar la temperatura de cada uno de los componentes.

El display también informa al usuario sobre los tiempos de rociado con la dosis correspondiente: en este caso, se visualiza la cantidad de gramos de asfalto espumado inyectada en el aglomerado. El flujo de asfalto está ajustado, de forma

## PRESSE-INFORMATION PRESS-RELEASE

estándar, a 100 g por segundo. Si se desean añadir, por ejemplo, 330 g de asfalto, el operario tiene que ajustar manualmente el flujo de asfalto a 3,3 segundos.

La cantidad de alimentación de agua también se puede calcular a través del display. El ajuste del flujómetro se efectúa de forma manual. El depósito de agua integrado, hecho de material resistente a la corrosión, tiene un volumen de 20 l.

El empleo de una tobera especial de asfalto para la producción de asfalto espumado a nivel de laboratorio también es nuevo en el WLB 10 S. Esta tobera perfeccionada influye positivamente sobre el comportamiento de espumado del asfalto mediante unos procesos especiales de remolino.

El diseño funcional y de alta calidad de todos los componentes del WLB 10 S y de la WLM 30 cumple las altas exigencias del proceso de reciclaje en frío y los elevados estándares de calidad de laboratorios de ensayos.

### **Experiencia práctica transformada en modernísima tecnología de laboratorio**

Desde 1997, Wirtgen ofrece un equipo de laboratorio para asfalto espumado y desde entonces ha ido perfeccionando la técnica de aplicación para cumplir las crecientes exigencias que impone el trabajo cotidiano en un laboratorio de ensayos. Actualmente se están utilizando más de 200 equipos de laboratorios en todo el mundo en los parques de maquinaria de nuestros clientes empleados para proyectos de reciclaje en frío, en laboratorios especializados dedicados al asesoramiento, en institutos y universidades. Un equipo de laboratorio como estos constituye un requisito imprescindible para todas las medidas de construcción con reciclaje en frío, a fin de poder disponer posteriormente de la correspondiente información específica del proyecto. El equipo de laboratorio se amortiza ya después de unos pocos análisis

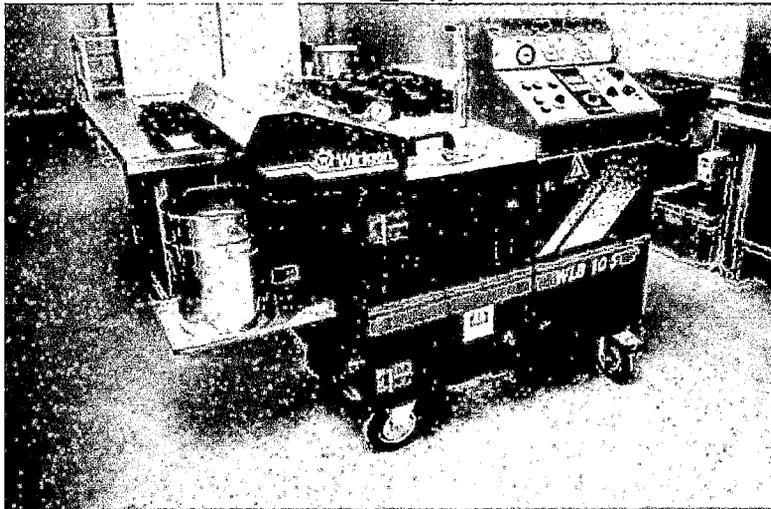
## PRESSE-INFORMATION PRESS-RELEASE

realizados para aplicaciones de reciclaje en frío con asfalto espumado, pues estos proyectos se clasifican en el cálculo general como proyectos extremadamente económicos.

---

### Panel Fotográfico

WLB10S\_1 (\*)



(\*) La WLB 10 S genera asfalto espumado, variando diferentes parámetros, tales como la temperatura del asfalto, la cantidad de agua o presión de aire. Estas pruebas preliminares permiten determinar la fórmula de la mezcla final y el proceso de reciclado en frío que se quiere simular uno a uno a escala en laboratorio.

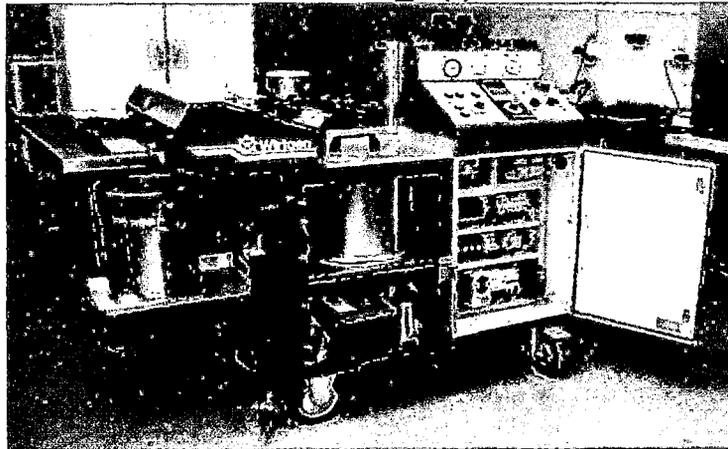
**PRESSE-INFORMATION**  
PRESS-RELEASE

**WLB10S\_2 (\*)**



(\*) La WLB 10 S ofrece una gama versátil para establecer los parámetros y funciones de control para que de esta manera permitir un control exhaustivo del proceso: La pantalla muestra claramente estructurada todos los circuitos de calefacción de la planta, lo que permite al operador controlar todo el proceso.

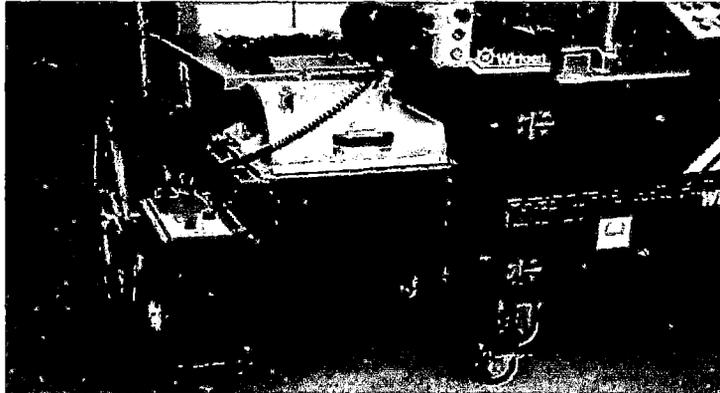
**WLB10S\_3 (\*)**



(\*) Con el nuevo WLB 10 S, Wirtgen ofrece una planta compacta y con todo incluido, que sólo requiere conectarse a la red de energía eléctrica trifásica. Los equipos que vienen con la planta incluyen todos los componentes relevantes necesarios para llevar a cabo un análisis de laboratorio completo.

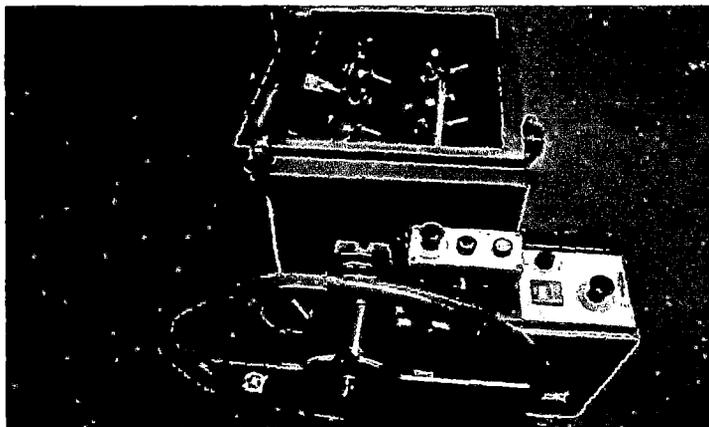
## PRESSE-INFORMATION PRESS-RELEASE

WLM30\_1 (\*)



El WLM 30 mezcladora de doble eje está disponible opcionalmente para la producción de las muestras de la mezcla, ofreciendo una capacidad máxima de mezcla de 30 kg. Su rendimiento está muy bien adaptado a la planta a escala de laboratorio. La espuma de asfalto producido por la WLB 10 S puede ser inyectado directamente en la cámara de mezcla de la WLM 30.

WLM30\_2 (\*)



El mezclador a escala del laboratorio WLM 30 produce mezclas de excelente homogeneidad, para la elaboración de especimens de prueba. El WLM 30 es impulsado por un motor eléctrico y tiene una velocidad variable de la mezcla de hasta 110 rpm.



---

**PRESSE-INFORMATION**  
**PRESS-RELEASE**

---

**Si desea información más detallada, dirijase a:**

Wirtgen GmbH  
Press Relations  
Reinhard-Wirtgen-Str. 2  
D-53578 Windhagen  
Alemania

Teléfono: +49 – 26 45 – 1 31 – 0

Fax: +49 – 26 45 – 1 31 – 4 99

E-Mail: [presse@wirtgen.de](mailto:presse@wirtgen.de)

Internet: [www.wirtgen.de](http://www.wirtgen.de)

# **ANEXO B.3**

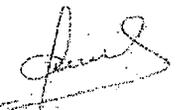
## ***Ensayos preliminares del asfalto***

02 ABR 2010

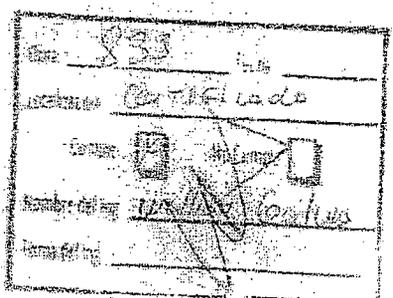
RECIBIDO

CERTIFICACIÓN DE CEMENTO ASFALTICO

LOTE No. 85/100-002-07-2010

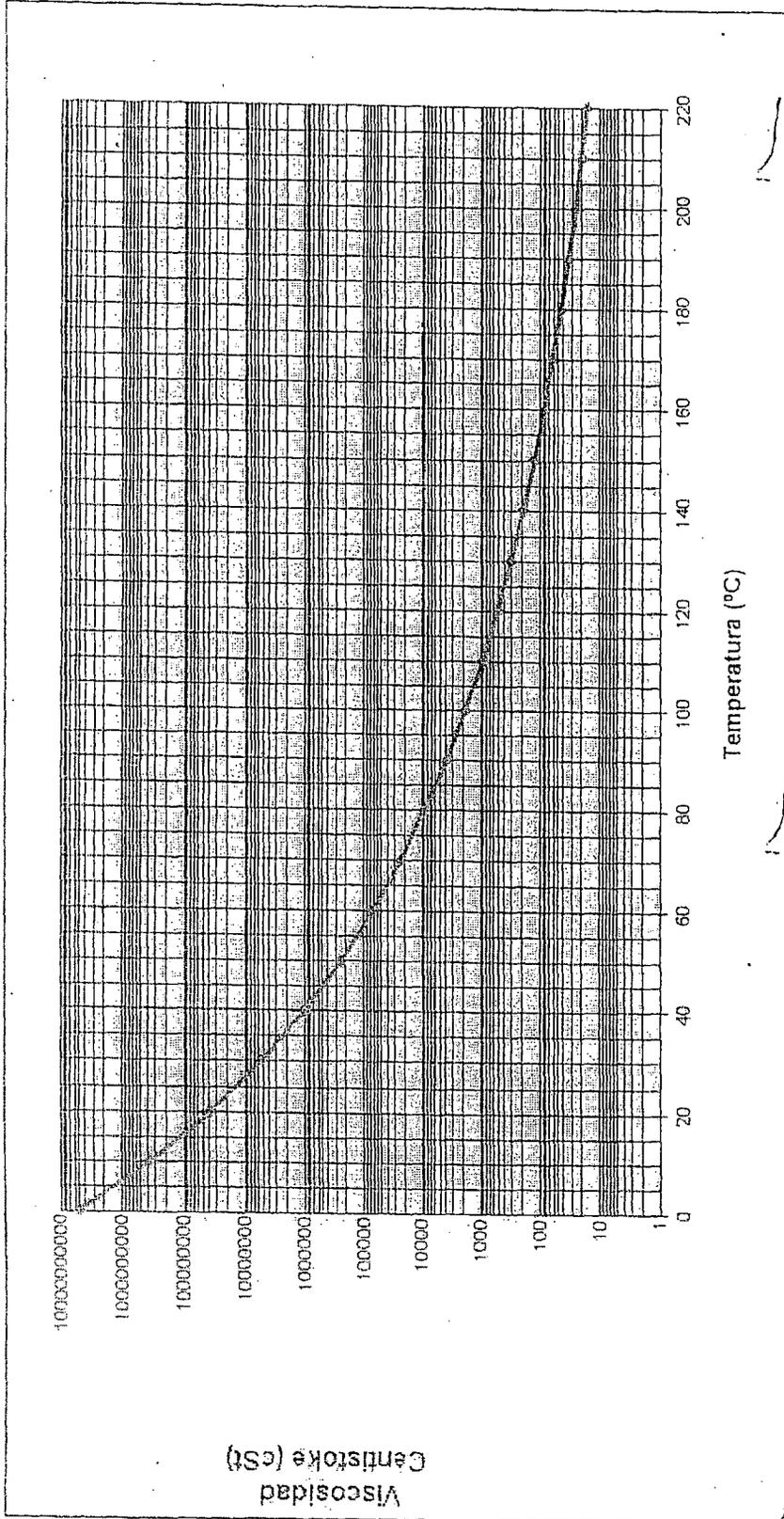
REFINERÍA LA PAMPILLA	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE CERTIFICACIÓN
	26/07/2010 10:45:35	27/07/2010 14:04:54
PRODUCTO Cemento Asfáltico 85/100	TANQUE 331A	DESTINO DEL PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m <sup>3</sup> 1492	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODOS	RESULTADOS
	ASTM/AASHTO	
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	95
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Específica a 15°C	D 70 / AASHTO T 228	1.0168
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	297.0
Gravedad API	D 70 / AASHTO T 228	7.7
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	45.8
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 445	1809
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	240
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, %m	D 1754 / AASHTO T 179	0.18
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	80.4
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
<b>SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.95
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	UNE 104-281 / 1-5	-0.7
Ensayo de la Mancha Spot Test	AASHTO T102	30% xileno, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b> PRODUCTO CUMPLE CON LAS NORMAS: ASTM, AASHTO Y NTP		
<b>DISTRIBUCIÓN :</b> Original : Operaciones de despacho Copia 1: Movimiento de Productos Copia 2: Laboratorio	<b>FECHA EMISIÓN:</b> 02/08/2010	<b>LABORATORIO:</b> 

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL





CA 85/100 PAMPILLA  
Lote:85/100-002-07-2010



12 Abril, 2010

PRE: 13 20  
Lote: 85/100-002-07-2010

# **ANEXO C**

# **ANEXO C.1**

## **Propiedades de espumación del asfalto**

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

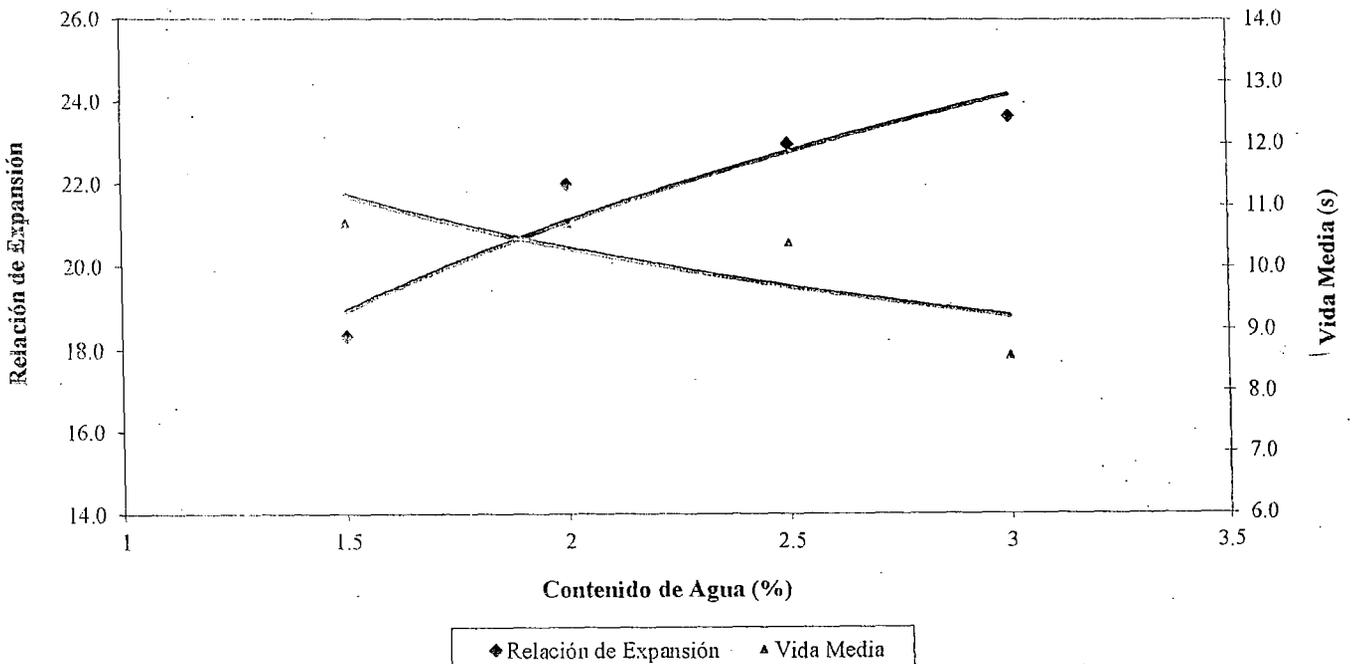
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:	
Contratista :		RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 150 °C		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	21/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>		<b>AIRE</b>	
Presión (Bar):	4.5 Bares	Presión:	4,5 Bares	Presión:	3,5 Bares
Temperatura (°C):	150				
Caudal (g/s):	500				

Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	2.7	14	9.52	19	11.58	22	11.01	18.3	10.7
2.0	3.6	24	10.25	18	9.67	24	12.18	22.0	10.7
2.5	4.5	24	11.00	21	9.10	24	11.10	23.0	10.4
3.0	5.4	26	9.20	24	8.50	21	8.10	23.7	8.6

### INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA



## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

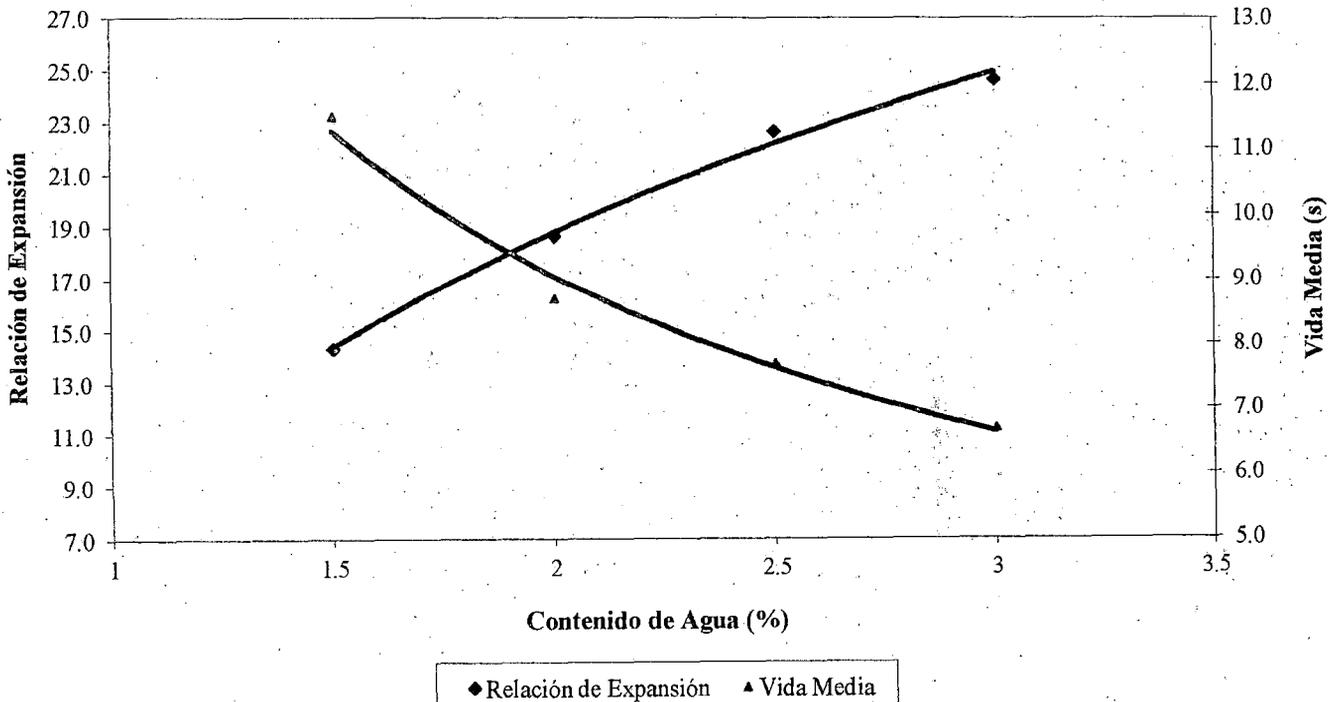
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>		Formato:	
Contratista :		<b>RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 160 °C</b>		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	<u>M - 02</u>
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	21/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>	<b>AIRE</b>
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares	<b>Presión:</b>	4,5 Bares
<b>Temperatura (°C):</b>	160	<b>Presión:</b>	3,5 Bares
<b>Caudal (g/s):</b>	500		

Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	5.4	14	12.80	14	11.45	15	10.25	14.3	11.5
2.0	7.2	20	9.15	18	8.52	18	8.44	18.7	8.7
2.5	9.0	25	8.75	19	6.86	24	7.48	22.7	7.7
3.0	10.8	26	6.85	25	6.76	23	6.50	24.7	6.7

### INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA



## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

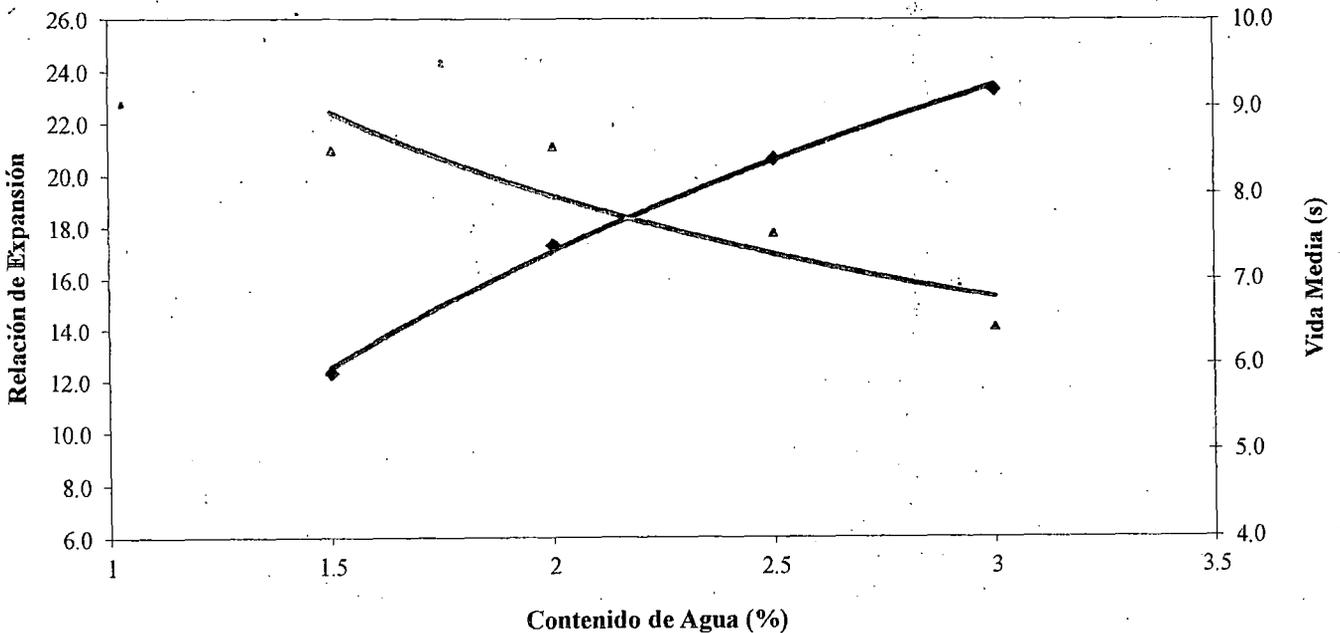
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:	
Contratista :		RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 170 °C		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	<u>M - 03</u>
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	21/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>		<b>AIRE</b>	
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares	<b>Presión:</b>	4,5 Bares	<b>Presión:</b>	3,5 Bares
<b>Temperatura (°C):</b>	170				
<b>Caudal (g/s):</b>	500				

Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	2.7	12	8.17	13	9.20	12	8.11	12.3	8.5
2.0	3.6	17	8.32	16	8.18	19	9.12	17.3	8.5
2.5	4.5	20	8.72	21	7.51	21	6.39	20.7	7.5
3.0	5.9	25	8.05	23	6.15	22	5.10	23.3	6.4

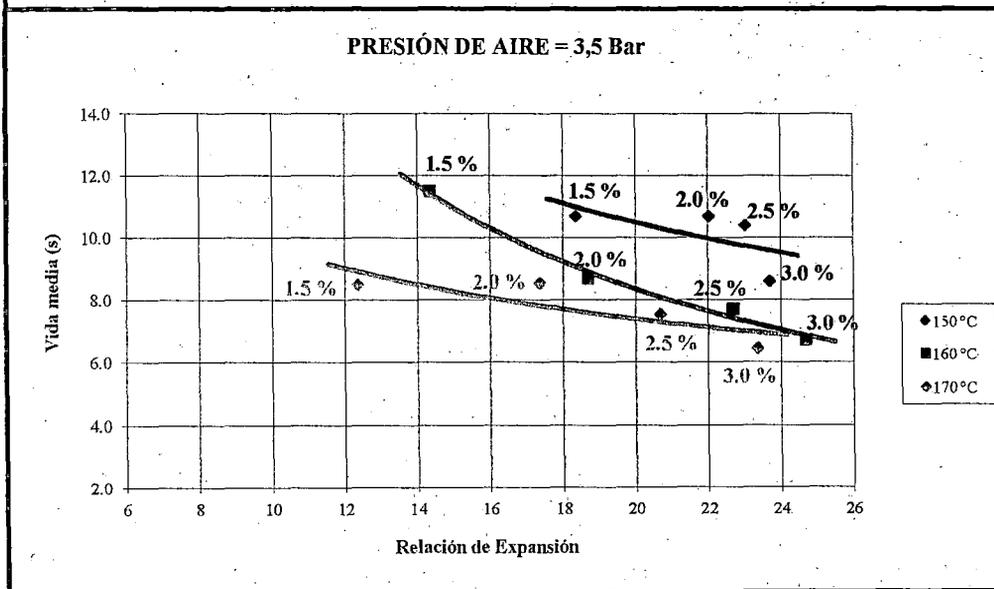
### INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA



◆ Relación de Expansión    ▲ Vida Media

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS						
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD			Formato:	
Contratista :		GRAFICA DE RELACIÓN DE EXPANSIÓN VS VIDA MEDIA			Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO				Nº de muestra :	
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO				Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	21/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.	
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>						

<b>ASFALTO:</b>	Répsol 85/100		<b>AGUA</b>			
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares		<b>Presión:</b>	4,5 Bares		
<b>Temperatura (°C):</b>			<b>AIRE</b>			
<b>Caudal (g/s):</b>	500		<b>Presión:</b>	3,5 Bares		
Agua (%)	T = 150 °C		T = 160 °C		T = 170 °C	
	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	18.3	10.7	14.3	11.5	12.3	8.5
2.0	22.0	10.7	18.7	8.7	17.3	8.5
2.5	23.0	10.4	22.7	7.7	20.7	7.5
3.0	23.7	8.6	24.7	6.7	23.3	6.4



CONDICIONES ÓPTIMAS:			
TEMPERATURA =	160 °C	VIDA MEDIA =	8.7
% DE AGUA =	2.0%	RELACIÓN DE EXPANSIÓN =	18.7

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

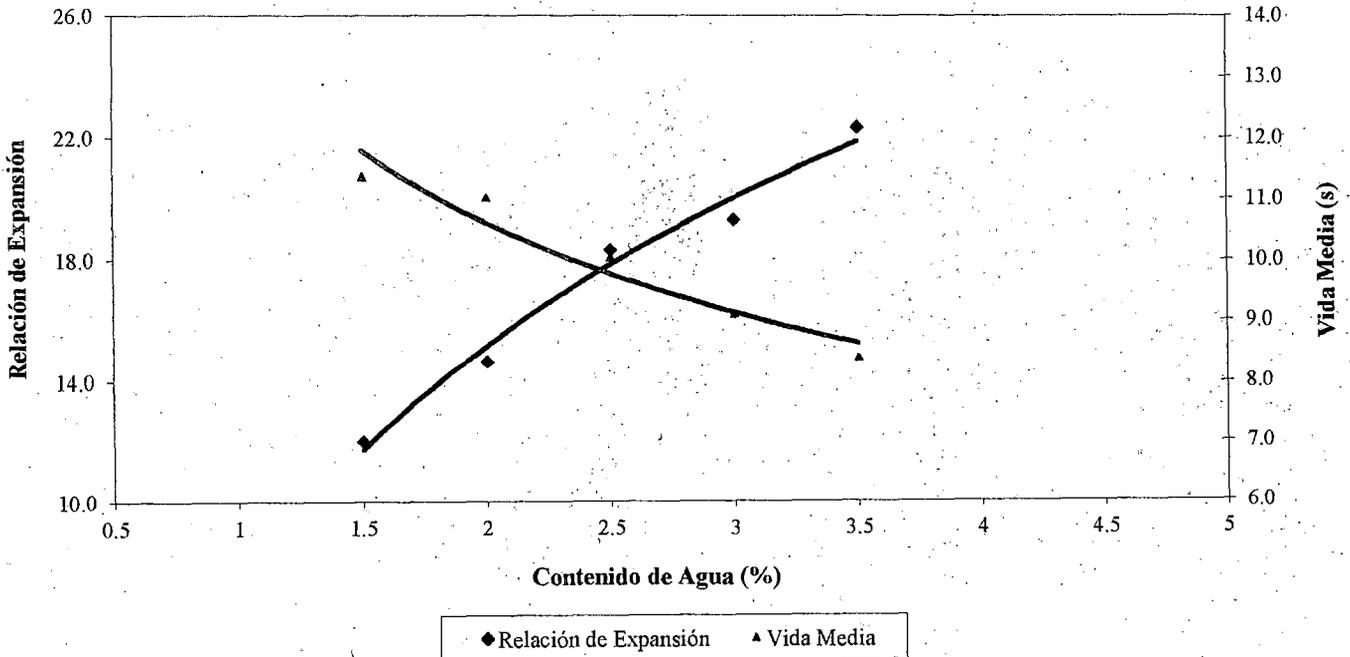
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>		Formato:	
Contratista :		<b>RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 160 °C</b>		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	<b>M - 01</b>
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material:	
Fecha de Muestreo:	22/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>		<b>AIRE</b>	
Presión (Bar):	4.5 Bares	Presión:	4,5 Bares	Presión:	3,5 Bares
Temperatura (°C):	160				
Caudal (g/s):	500				

Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	2.7	10	9.61	13	12.11	13	12.40	12.0	11.4
2.0	3.6	16	10.55	13	10.51	15	12.01	14.7	11.0
2.5	4.5	17	10.11	18	9.02	20	11.00	18.3	10.0
3.0	5.4	18	8.00	19	9.14	21	10.22	19.3	9.1
3.5	6.3	23	8.96	21	8.21	23	8.01	22.3	8.4

### INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA



**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

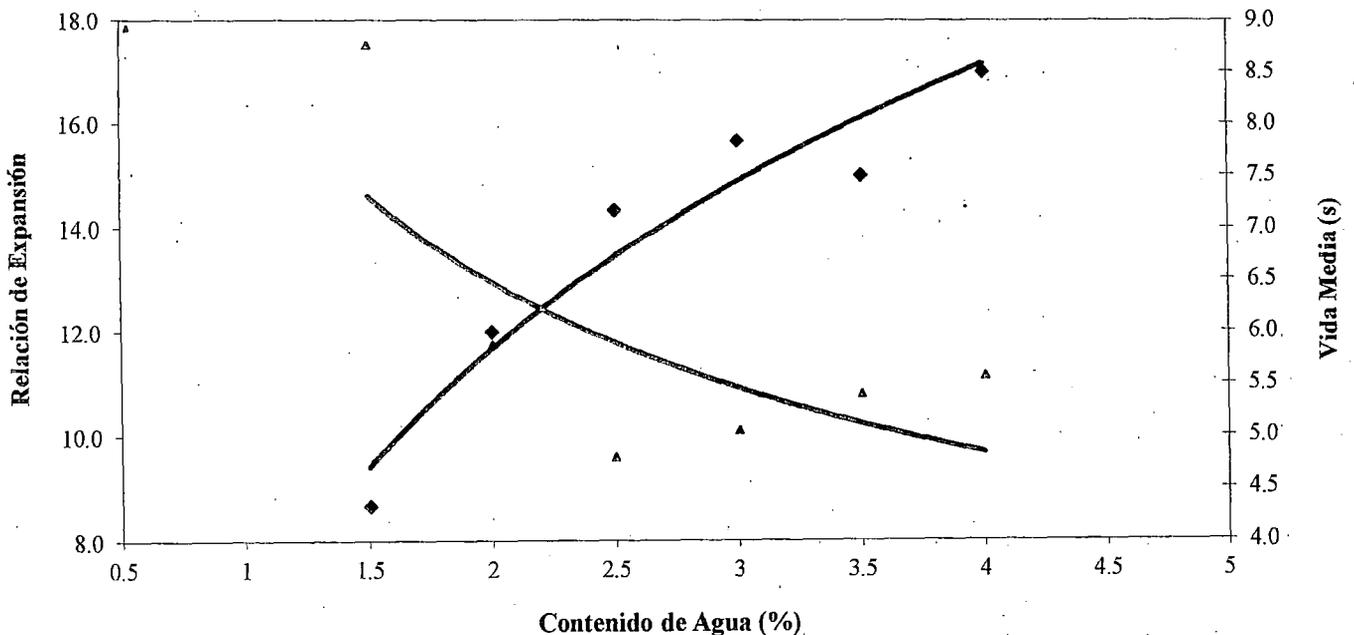
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>		Formato:	
Contratista :		<b>RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 170 °C</b>		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	<b>M - 02</b>
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	22/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>		<b>AIRE</b>	
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares	<b>Presión:</b>	4,5 Bares	<b>Presión:</b>	3,5 Bares
<b>Temperatura (°C):</b>	170				
<b>Caudal (g/s):</b>	500				

Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	5.4	8	8.75	8	8.46	10	9.07	8.7	8.8
2.0	7.2	12	5.62	12	6.46	12	5.56	12.0	5.9
2.5	9.0	14	4.82	14	5.04	15	4.53	14.3	4.8
3.0	10.8	15	5.26	15	4.40	17	5.50	15.7	5.1
3.5	12.6	12	5.46	15	5.33	18	5.43	15.0	5.4
4.0	14.4	15	5.10	18	6.36	18	5.27	17.0	5.6

**INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA**



◆ Relación de Expansión    ▲ Vida Media

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

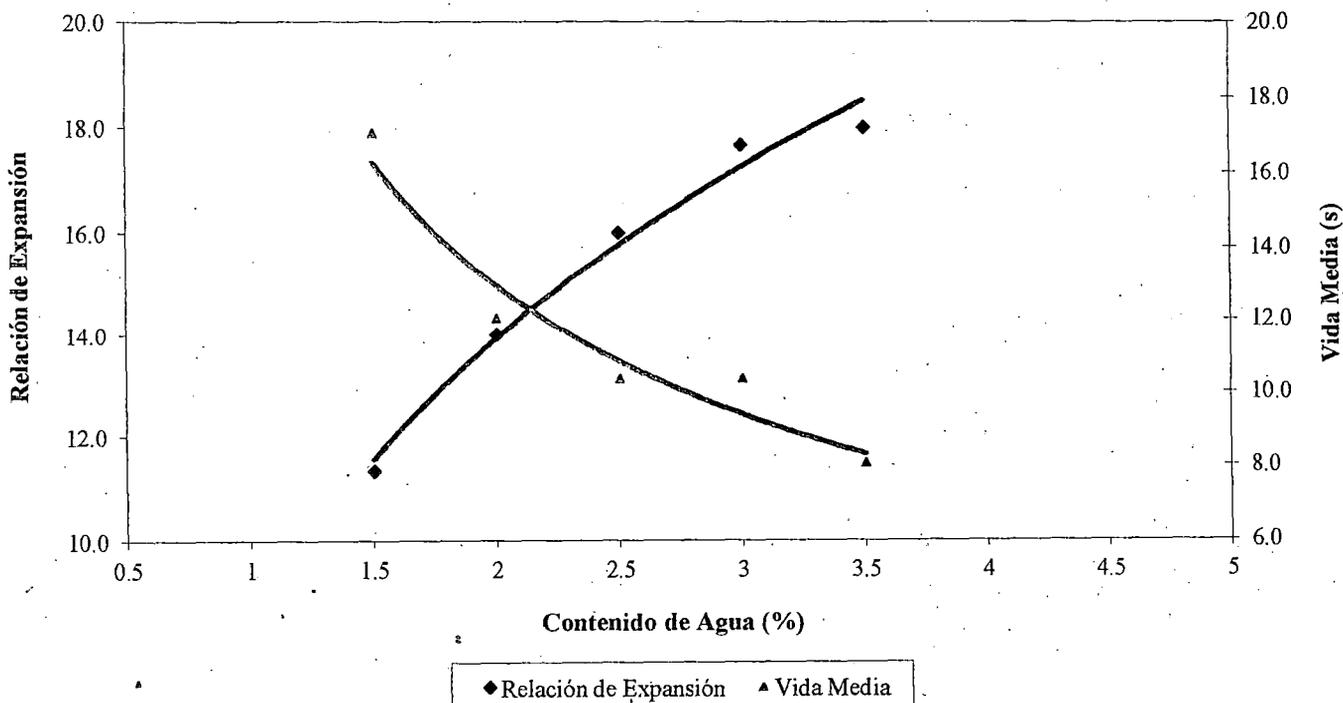
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>		Formato:	
Contratista :		<b>RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA PARA UNA TEMPERATURA DE 180 °C</b>		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	<b>M - 03</b>
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	22/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>		<b>AIRE</b>	
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares	<b>Presión:</b>	4,5 Bares	<b>Presión:</b>	3,5 Bares
<b>Temperatura (°C):</b>	180				
<b>Caudal (g/s):</b>	500				

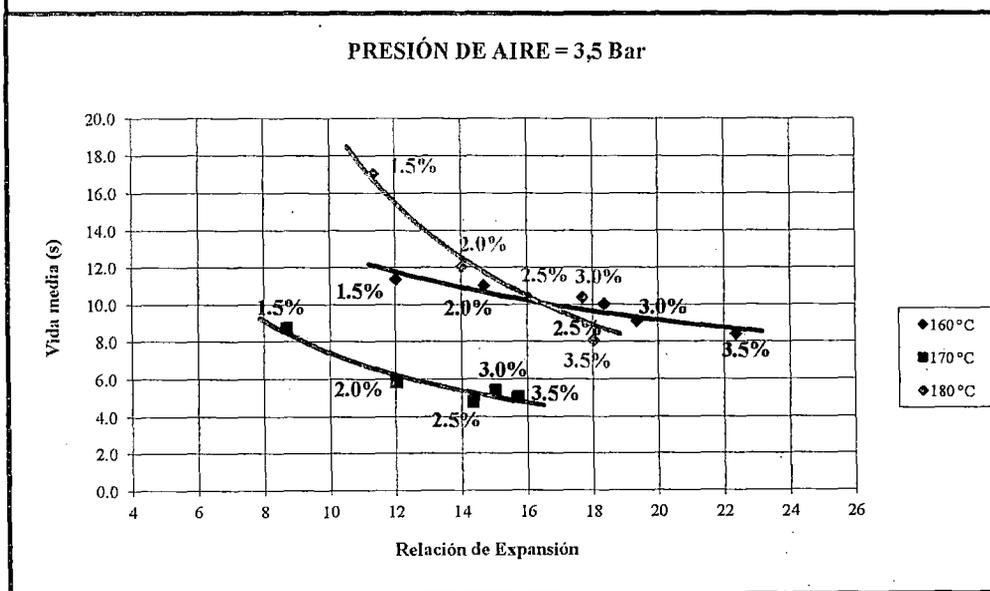
Contenido de Agua (%)	Caudal (l/h)	1ª Medida		2ª Medida		3ª Medida		Valores promedio	
		Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	2.7	11	10.67	11	20.20	12	20.31	11.3	17.1
2.0	3.6	15	10.94	15	11.04	12	14.16	14.0	12.0
2.5	4.5	16	10.22	16	10.51	16	10.39	16.0	10.4
3.0	5.9	20	14.75	18	8.10	15	8.32	17.7	10.4
3.5	6.3	18	6.94	18	8.48	18	8.79	18.0	8.1

**INFLUENCIA DE CONTENIDO DE AGUA EN LA RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA**



<b>TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS</b>					
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:	
Contratista :		GRAFICA DE RELACIÓN DE EXPANSIÓN VS VIDA MEDIA		Certificado :	
Procedencia:	LABORATORIO			Nº de muestra :	
Ubic. del muestreo:	LABORATORIO			Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	22/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>					

<b>ASFALTO:</b>	Repsol 85/100	<b>AGUA</b>				
<b>Presión (Bar):</b>	4.5 Bares	<b>Presión:</b>	4,5 Bares			
<b>Temperatura (°C):</b>		<b>AIRE</b>				
<b>Caudal (g/s):</b>	500	<b>Presión:</b>	3,5 Bares			
Agua (%)	T = 160 °C		T = 170 °C		T = 180 °C	
	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)	Expansión	V. Media (s)
1.5	12.0	11.4	8.7	8.8	11.3	17.1
2.0	14.7	11.0	12.0	5.9	14.0	12.0
2.5	18.3	10.0	14.3	4.8	16.0	10.4
3.0	19.3	9.1	15.7	5.1	17.7	10.4
3.5	22.3	8.4	15.0	5.4	18.0	8.1



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA =	160 °C	VIDA MEDIA =	10.0
% DE AGUA =	2.5%	RELACIÓN DE EXPANSIÓN =	18.3

# **ANEXO C.2**

## ***Ensayos de calidad del agua***

**CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA EMP. PE . 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato: CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ENSAYOS DE AGUA</b>	Certificado: 1
Procedencia:	PUNTO DE AGUA		Nº de muestra : M - 01
Ubic. del muestreo:	km.157+230		Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	12/03/2010	Muestreo por:Elder Julca S.	Procesado por: Telesforo Salinas A.

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

<b>P.H</b>	<b>5.56</b>	
<b>SSP</b>	<b>2.350 P.P.M</b>	
<b>ALCALINIDAD</b>	<b>400 P.P.M</b>	
<b>SULFATOS</b>	<b>352 P.P.M</b>	
<b>MUESTRA ORGANICA</b>	<b>0.85 P.P.M</b>	

observaciones: | \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
 TINGO MARIA EMP. PE . 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 02
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ENSAYOS DE AGUA</b>	Certificado:	2
Procedencia:	PUNTO DE AGUA		Nº de muestra :	M - 02
Ubic. del muestreo:	km.177+320		Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	12/06/2010	Muestreo por:Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

<b>P.H</b>	<b>5.57</b>	
<b>SSP</b>	<b>2.352 P.P.M</b>	
<b>ALCALINIDAD</b>	<b>456 P.P.M</b>	
<b>SULFATOS</b>	<b>363 P.P.M</b>	
<b>MUESTRA ORGANICA</b>	<b>0.87 P.P.M</b>	

 observaciones: |
 

---



---



---



**CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA EMP. PE . 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 03
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ENSAYOS DE AGUA</b>	Certificado:	3
Procedencia:	PUNTO DE AGUA		Nº de muestra :	M - 03
Ubic. del muestreo:	km.21+050		Clase de Material :	
Fecha de Muestreo:	07/04/2010	Muestreo por: Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

<b>P.H</b>	<b>5.60</b>	
<b>SSP</b>	<b>2.361 P.P.M</b>	
<b>ALCALINIDAD</b>	<b>521 P.P.M</b>	
<b>SULFATOS</b>	<b>355 P.P.M</b>	
<b>MUESTRA ORGANICA</b>	<b>0.84 P.P.M</b>	

observaciones: |

---

---

---

# **ANEXO D**

## **Diseño de mezcla**

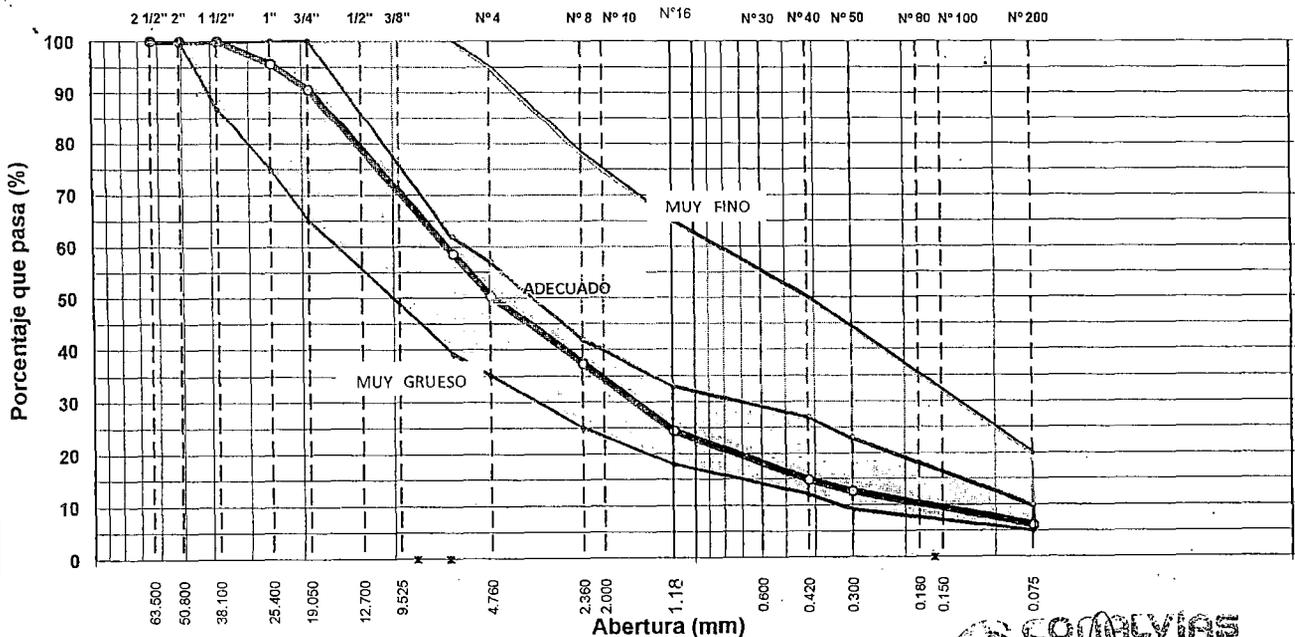
**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

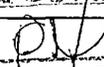
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01	
Contratista :		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690		Nº de muestra :	M - 01	
Ubc. del muestreo:	Pista	<b>ASTM D 422 - C 136</b>	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	23/06/2011	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	20,244.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	18990.6	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,078.3	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	27.58	%			
1"	25.400	879.0	4.3	4.3	95.7	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,009.0	5.0	9.3	90.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	2,028.0	10.0	19.3	80.7		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	0			
3/8"	9.525	1,967.0	9.7	29.1	70.9		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	2,493.0	12.3	41.4	58.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,668.0	8.2	49.6	50.4	35 - 57		20244.0	18990.6	6.2			
# 8	2.360	277.3	13.0	62.57	37.4	25 - 42	% Grava	=	49.6	%			
# 10	2.000	63.2	3.0	65.5	34.5		% Arena	=	44.2	%			
# 16	1.180	213.1	10.0	75.5	24.5	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	95.9	4.5	80.0	20.0		% Fino	=	6.2	%			
# 40	0.420	110.8	5.2	85.1	14.9	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300	47.4	2.2	87.4	12.6	9 - 23		926.0	882.0	5.0%			
# 80	0.180	65.5	3.1	90.4	9.6		OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	17.9	0.8	91.3	8.7								
# 200	0.075	54.7	2.6	93.8	6.2	5 - 10							
< # 200	FONDO	132.5	6.2	100.0	0.0								
FRACCIÓN		1,078.3					Coef. Uniformidad		41		Índice de Consistencia		
TOTAL		20,244.0					Coef. Curvatura		68.2				
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión		Bajo			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y AGUILLEROS  
 CONSERVACION PUNTALES DE LA CARRETERA LA GROVA  
 HUANDUO TRINCO MARIA EUP SN (DV TOCACHI)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente: Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato: CC-CON-03
Contratista:	<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS</b>	Certificado:
Procedencia: km. 180+290 - 180+690		Nº de Muestra: M - 01
Ubic. del muestreo: Pista	<b>ASTM D 4318</b>	Clase de Material: RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo: 23/06/2011	Muestreado por: Elder Julca S.	Procesado por: Telesforo Salinas Ampuero

Tramo y/o Línea que abarca:

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

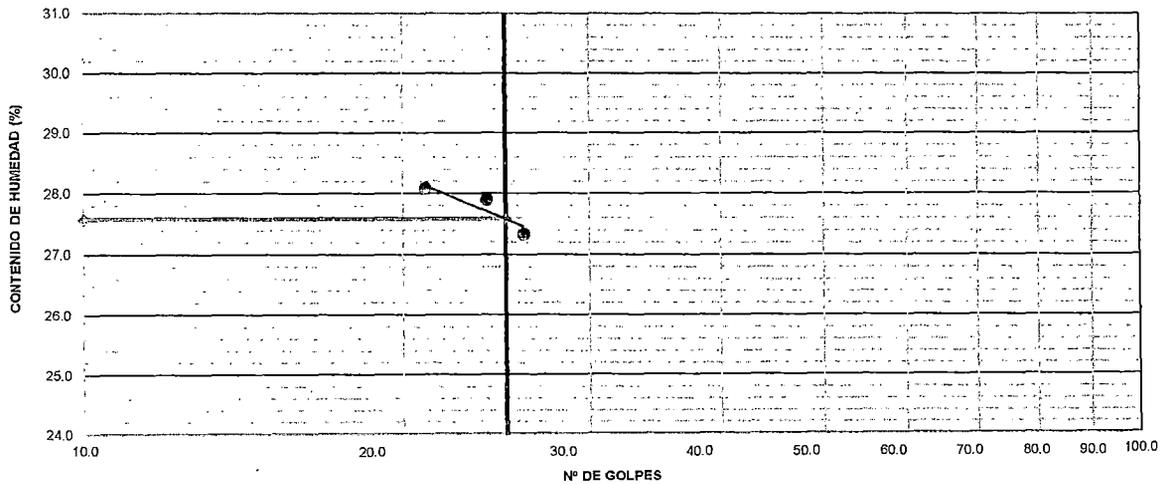
**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	21	22	23
TARRO + SUELO HÚMEDO	20.73	25.21	30.46
TARRO + SUELO SECO	16.28	19.71	23.78
AGUA	4.45	5.50	6.68
PESO DEL TARRO	0.00	0.00	0.00
PESO DEL SUELO SECO	16.28	19.71	23.78
% DE HUMEDAD	27.33	27.90	28.09
Nº DE GOLPES	26	24	21

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	27.58
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

**OBSERVACIONES**

--



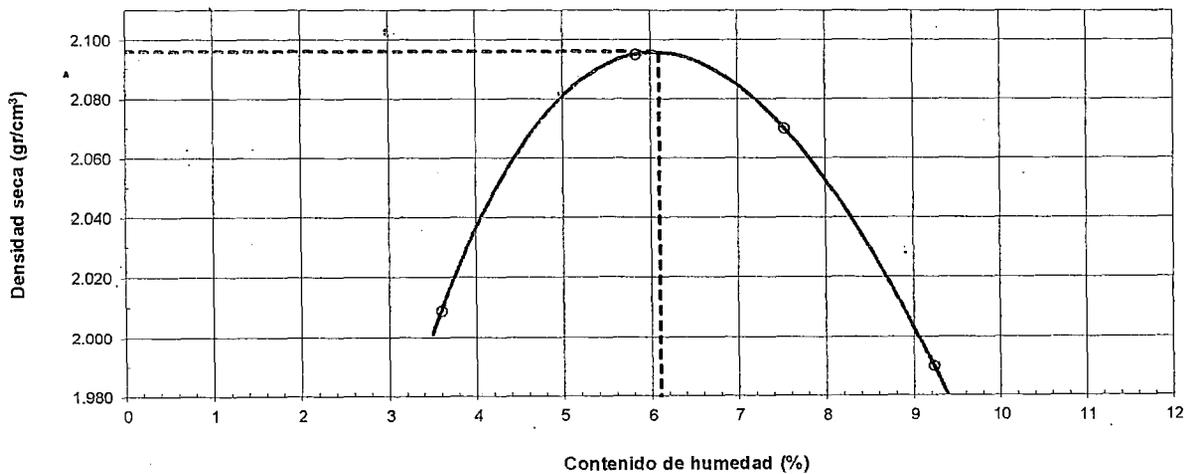
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-05
Contratista :		<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA</b>	Certificado	
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690		Nº de muestra: M - 01	
Ubic. del muestreo :	Pista	<b>ASTM D 1557</b>	Clase de Material : RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	23/06/2011	Muestreado por : Elder Julca S.		Procesado por: Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

METODO DE COMPACTACION :		<b>C</b>			
Peso suelo + molde	g	10,758	11,047	11,066	10,955
Peso molde	g	6,325	6,325	6,325	6,325
Peso suelo húmedo compactado	g	4,433	4,722	4,741	4,630
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,130	2,130	2,130	2,130
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.081	2.217	2.226	2.174
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	680.1	624.6	669.7	741.2
Peso del suelo seco + tara	g	656.5	590.2	622.8	678.6
Tara	g				
Peso de agua	g	23.6	34.4	46.9	62.6
Peso del suelo seco	g	656.5	590.2	622.8	678.6
Contenido de agua	%	3.59	5.83	7.53	9.22
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.009	2.095	2.070	1.990
<i>M.D.S. (g/cm<sup>3</sup>)</i>		<b>2.06</b>	<i>M.D.S. Corregida (g/cm<sup>3</sup>)</i>		<b>2.096</b>
<i>O.C.H. (%)</i>		<b>5.83</b>	<i>O.C.H. Corregido (%)</i>		<b>6.1</b>

#### RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

---



---



---



---

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07	
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690		Nº de muestra:	M - 01	
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de muestreo:	23/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado
Peso molde + suelo húmedo	<b>12913</b>	12956	<b>12800</b>	13360	<b>12757</b>	12800
Peso molde	<b>8253</b>	8253	<b>8340</b>	8340	<b>8433</b>	8433
Volumen molde	<b>2102</b>	2114	<b>2103</b>	2103	<b>2114</b>	2114
Suelo húmedo	4660	4703	4460	5020	4324	4367
Densidad Húmeda	2.217	2.225	2.121	2.387	2.045	2.066
Densidad Seca	<b>2.092</b>	<b>2.097</b>	<b>2.000</b>	<b>2.245</b>	<b>1.930</b>	<b>1.940</b>
Peso suelo húmedo + tara	<b>553.9</b>	998.7	<b>627.1</b>	977.3	<b>520.1</b>	842.5
Peso suelo seco + tara	<b>522.6</b>	941.2	<b>591.3</b>	919.2	<b>490.7</b>	810.3
Tara						315.0
Peso de agua	31.3	57.5	35.8	58.1	29.4	32.2
Peso de suelo seco	522.6	941.2	591.3	919.2	490.7	495.3
Humedad	<b>5.99</b>	<b>6.1</b>	<b>6.05</b>	<b>6.3</b>	<b>5.99</b>	<b>6.5</b>

**EXPANSIÓN**

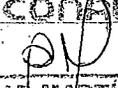
FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				MM.	%		MM.	%		MM.	%
				<b>SIN EXPANSIÓN</b>							

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg)	CARGA STAND Kg/cm <sup>2</sup>	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
		Carga / Kg	.Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>
0.000			<b>0</b>		<b>0</b>		<b>0</b>
0.025		33	<b>10</b>	13	<b>5</b>	10	<b>4</b>
0.050		86	<b>24</b>	56	<b>16</b>	31	<b>9</b>
0.075		155	<b>43</b>	92	<b>26</b>	55	<b>16</b>
0.100	<b>70.3</b>	210	<b>58</b>	140	<b>39</b>	90	<b>25</b>
0.150		298	<b>82</b>	243	<b>67</b>	141	<b>39</b>
0.200	<b>105.5</b>	401	<b>110</b>	348	<b>95</b>	198	<b>55</b>
0.250		500	<b>136</b>	415	<b>113</b>	255	<b>70</b>
0.300		578	<b>158</b>	485	<b>132</b>	314	<b>86</b>
0.400		688		608	<b>166</b>	396	<b>108</b>
0.500		795		715	<b>195</b>	451	<b>123</b>

Observaciones :



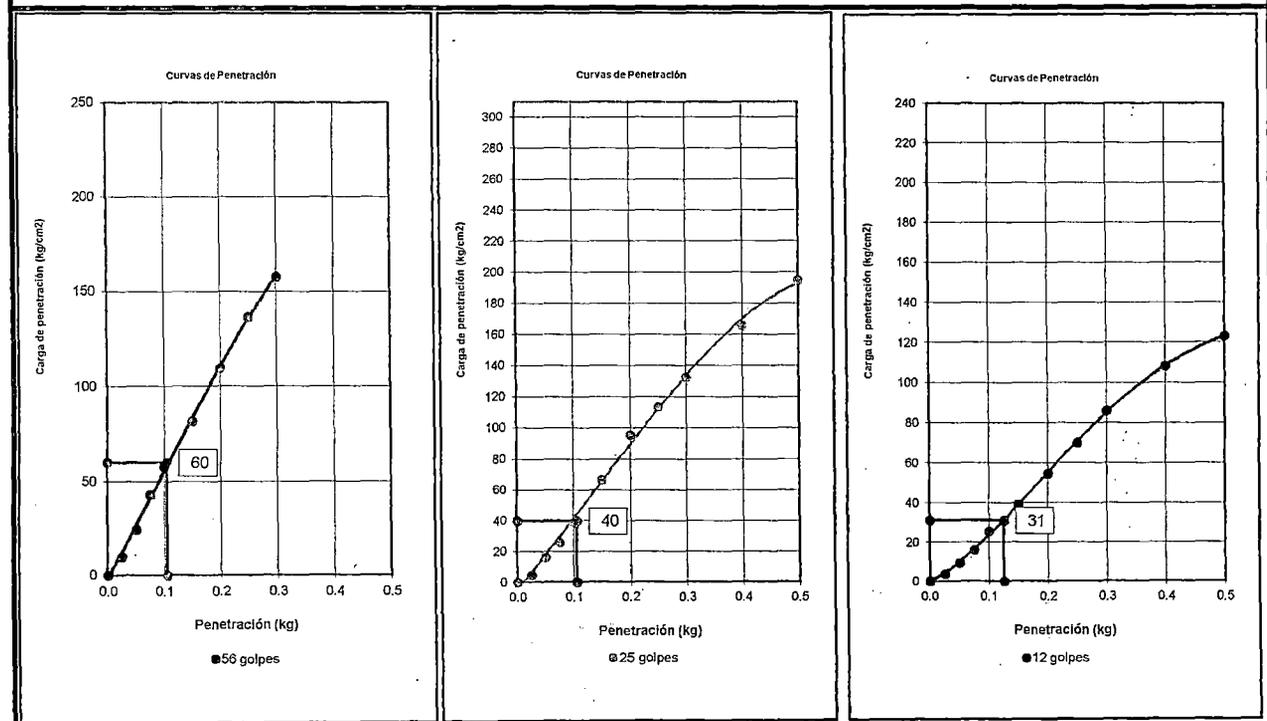
  
**ING. OSCAR MARTINEZ FULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSULTOR EN MATERIALES DE LA CARRETERA LA OROYA  
 URBENIDAD - DISTRITO DE MADRE - EMP. SIN IDV. TOCACHEI

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:	
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690		Nº de muestra:	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE

Fecha de ensayo:	23/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>					

**GRÁFICOS DE CBR**



	Condición de la muestra	saturada	
	Sobrecarga	Kg/cm <sup>2</sup>	
	Expansión	0.0%	
	CBR (95% de la MDS y 0,1" de penetración)	54.0%	
CBR (100% de la MDS y 0,1" de penetración)	85.0%		
$g_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0,1"	Nº golpes	
2.092	85.3	56	
2.000	56.9	25	
1.930	44.1	12	

Observaciones :

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ FULDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE LA CARRETERA LA OROYA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO EMP. S.A. (INV. LOGACHE)

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	Nº de muestra:	M - 01	Fecha de fabricación:	23/06/2011
ASFALTO:	Repsol YPF - Perú	TIPO:	85/100	TEMPERATURA:	160 °C
AGUA (%):	2.5%	CEMENTO:	1.0%	Relación Expansión:	18.3
AGREGADO:	Material reciclado en la vía ( km. 180+290 - 180+690 - Espesor de 15 cm ) + 1% de Cemento Portland				

Fecha de muestreo: 23/06/2011

### FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO

#### Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima

Identificación	Humedad inicial - $W_{air-dry}$ (%)	Humedad Optima - $W_{OMC}$ (%)	Peso Humedo - $M_{air-dry}$ (gr)	Peso Seco - $M_s$ (gr)	Agua agregada		Agua agregada para el óptimo	
					$W_{adi}$ (%)	$M_{agua}$ (gr)	$W_i$ (%)	$M_{plus}$ (gr)
C1	1.12	6.10	10000.0	9889.2	2.93	292.65	3.32	278.05
C2	1.12	6.10	10010.0	9899.1	2.93	292.94	3.17	292.55
C3	1.12	6.10	10005.0	9894.2	2.93	292.80	3.36	274.02

#### Variación del Contenido de Asfalto

Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)
C1	1.0	98.89	2.0	199.8	2.21
C2	1.0	98.99	2.5	250.0	2.77
C3	1.0	98.94	3.0	299.8	3.32

#### Contenido de Humedad de la muestra preparada

Identificación	Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)
C1	1	119.2	1122.4	1090.2	3.32
C2	2	124.6	1125.8	1095.0	3.17
C3	3	116.4	1126.0	1093.2	3.36

$$M_s = \frac{M_{air-dry}}{\left(1 + \left(\frac{W_{air-dry}}{100}\right)\right)}$$

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{air-dry}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

$W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$W_{adi} = 1 + (0.5W_{OMC} - W_{air-dry})$$

$W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

$W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$M_{agua} = \left(\frac{W_{adi}}{100}\right) \times (M_s + M_{cemento})$$

$W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)  
 $M_{agua}$  = Masa de agua agregada (gr)

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$$M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_s) \times (M_s + M_{cemento})}{100}$$

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)  
 $W_s$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)  
 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$M_{plus}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
ESPECIALISTA EN SEBOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA  
HUANUCO TRUJILLO MANTA EMP SINIV TOCACHE

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

<b>Empresa:</b>	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			<b>Fecha de fabricación:</b>	23/06/2011
<b>Cliente:</b>	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas				
<b>ASFALTO:</b>	Repsol YPF - Perú 85/100	<b>CEMENTO:</b>	1.0%		
<b>Agua (%):</b>	2.5%	<b>Relación Expansión:</b>	10.0	<b>Vida Media (s):</b>	18.3
<b>AGREGADO:</b>	Material reciclado en la vía ( km. 180+290 - 180+690 )				

**Fecha Extracción:** 24/06/2011 8:00:00

**Fecha de ensayo probetas en condición seca:** 27/06/2011 8:30:00 a.m.

**Fecha de ensayo probetas condición saturada:** 28/06/2011 12:42:00 a.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	2.0	6.56	10.16	1184.5	1150.9	2.164	624.0		584.1		
Diseño	2.0	6.51	10.16	1185.1	1152.1	2.183	612.0		577.3		
Diseño											
Diseño	2.0	6.47	10.14	1184.3	1148.8	2.199		468.0		445.1	
Diseño	2.0	6.50	10.16	1184.1	1149.6	2.182		414.0		391.1	
Diseño											
<b>PROMEDIO</b>						2.182	618.0	441.0	580.7	418.1	72.0
Diseño	2.5	6.50	10.15	1185.9	1148.1	2.183	675.0		638.3		
Diseño	2.5	6.48	10.15	1182.2	1146.0	2.186	548.0		519.8		
Diseño	2.5	6.54	10.14	1179.7	1145.9	2.170	498.0		468.5		
Diseño	2.5	6.50	10.15	1186.1	1151.1	2.189		333.0		314.9	
Diseño	2.5	6.47	10.15	1186.6	1153.3	2.203		468.0		444.6	
Diseño	2.5	6.55	10.15	1183.0	1148.3	2.167		430.0		403.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.183	573.7	410.3	542.2	387.7	71.5
Diseño	3.0	6.49	10.16	1186.6	1149.9	2.185	519.0		491.1		
Diseño	3.0	6.50	10.16	1185.6	1150.7	2.184	498.0		470.5		
Diseño											
Diseño	3.0	6.53	10.15	1185.0	1151.2	2.179		439.0		413.2	
Diseño	3.0	6.67	10.16	1184.0	1150.4	2.127		359.0		330.5	
Diseño											
<b>PROMEDIO</b>						2.169	508.5	399.0	480.8	371.9	77.3

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

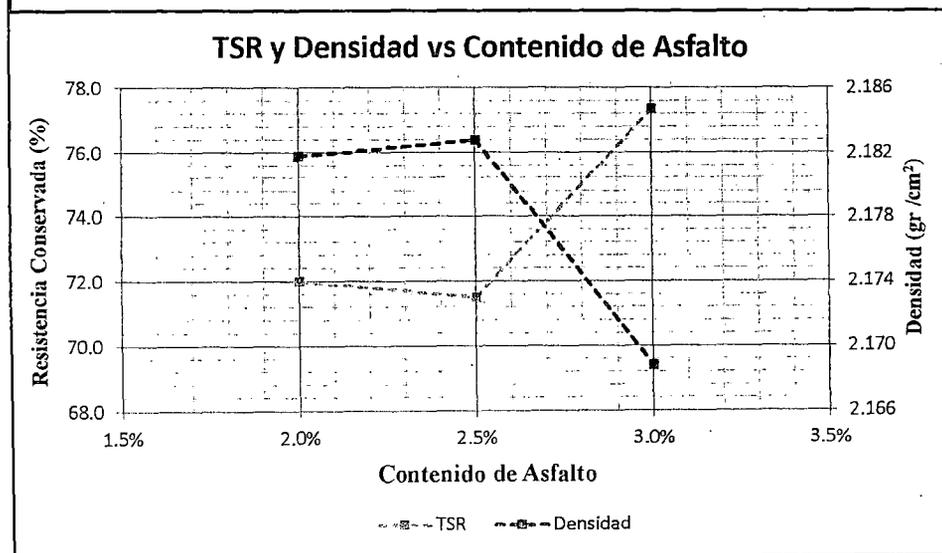
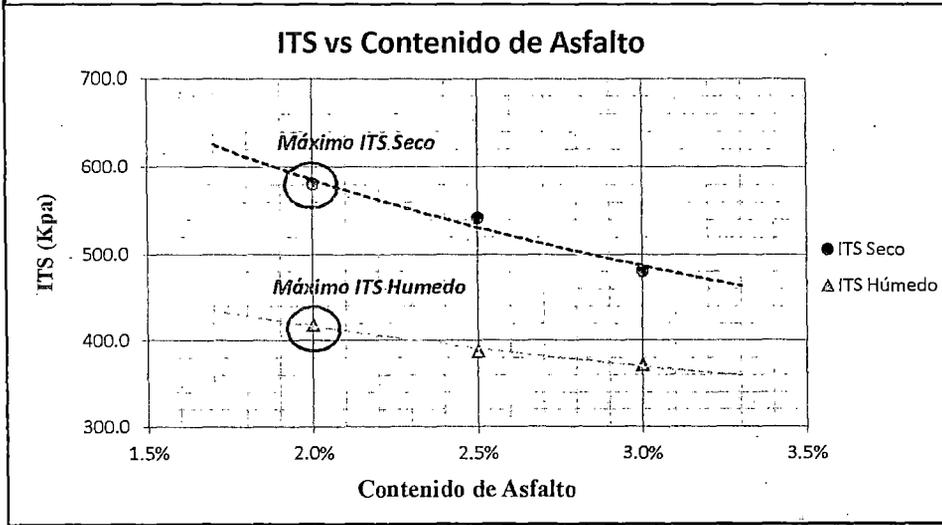
ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

  
**ING. OSCAR MARTÍNEZ PALIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUPERFICIES Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR FALLOS DE LA CARRETERA LA GROVA  
 BELLEHUER - TINGO MARIA - H.M.P. SM (DV TOCACHE)

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS				
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:
Contratista :		GRAFICA PARA OBTENER EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO		Certificado :
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690			Nº de muestra : <b>M - 01</b>
Ubic. del muestreo:	Pista			Clase de Material : <b>RECICLADO RAP. + BASE</b>
Fecha de Muestreo:	23/08/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por: <b>Teleforo Salinas A.</b>
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>				

% Asfalto Añadido	Densidad seca (g/cm³)	Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
		Seca	Húmeda	
2.0%	2.182	580.7	418.1	72.0
2.5%	2.183	542.2	387.7	71.5
3.0%	2.169	480.8	371.9	77.3



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA =	160 °C	V.M =	10.0	% DE ASFALTO =	2.0%
% DE AGUA =	2.5%	R.E =	18.3		

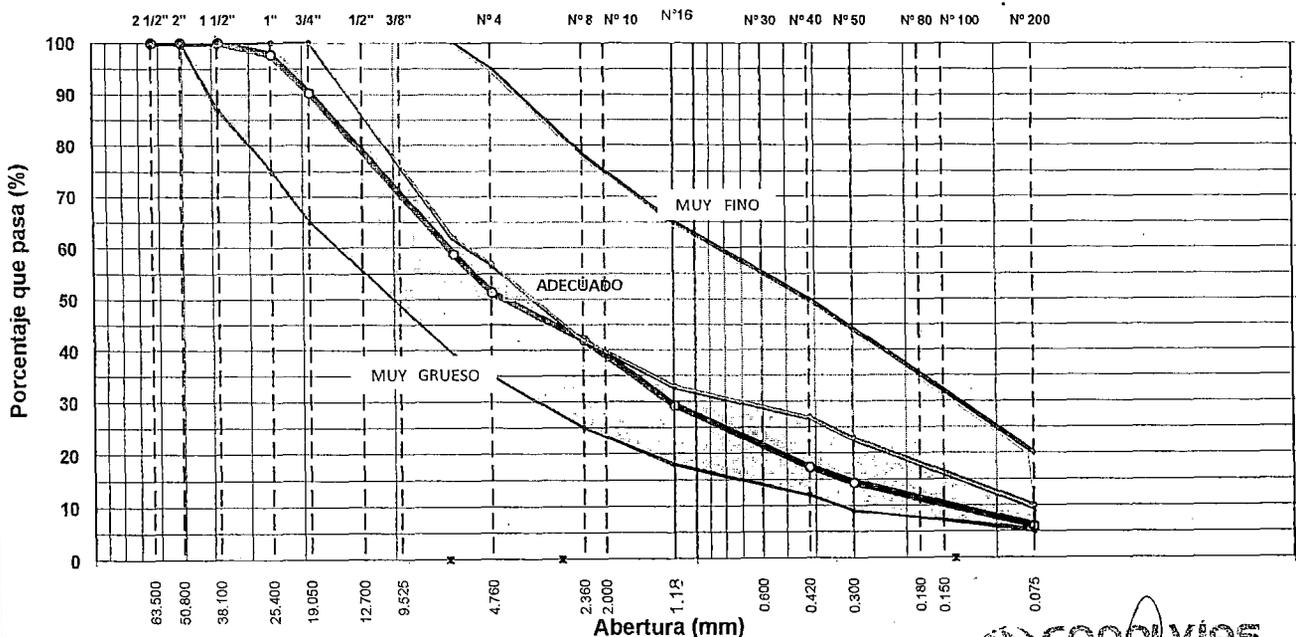
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGIA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01	
Contratista :		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:		
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685		Nº de muestra :	M - 05	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	25/06/2011	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	31,837.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	29943.7	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,258.3	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	22.05	%			
1"	25.400	724.0	2.3	2.3	97.7	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	17.06	%			
3/4"	19.050	2,355.0	7.4	9.7	90.3	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	4.99	%			
1/2"	12.700	3,556.0	11.2	20.8	79.2		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)			
3/8"	9.525	3,139.0	9.9	30.7	69.3		CLASF. SUCCS	=	SP - SC				
1/4"	6.350	3,340.0	10.5	41.2	58.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 4	4.760	2,361.0	7.4	48.6	51.4	35 - 57		31837.0	29943.7	5.9			
# 8	2.360	228.3	9.3	57.93	42.1	25 - 42	% Grava	=	48.6	%			
# 10	2.000	74.4	3.0	61.0	39.0		% Arena	=	45.4	%			
# 16	1.180	238.8	9.8	70.7	29.3	18 - 33							
# 20	0.850	61.6											
# 30	0.600	69.4	2.8	76.1	23.9		% Fino	=	6.0	%			
# 40	0.420	160.2	6.5	82.6	17.4	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300	74.5	3.0	85.7	14.4	9 - 23		780.5	756.3	3.2%			
# 80	0.180	90.6	3.7	89.4	10.7		OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	12.5	0.5	89.9	10.1								
# 200	0.075	102.4	4.2	94.0	6.0	5 - 10							
< # 200	FONDO	145.6	6.0	100.0	0.0								
FRACCIÓN		1,258.3					Coef. Uniformidad		48		Índice de Consistencia		
TOTAL		31,837.0					Coef. Curvatura		8.6		3.8		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con arcilla							Pot. de Expansión		Bajo		Estable	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-03
Contratista:		<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS</b>	Certificado:	
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685		Nº de Muestra:	M - 05
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	<b>ASTM D 4318</b>	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	25/06/2011	Muestreado por: Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
Tramo y/o Línea que abarca:				

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

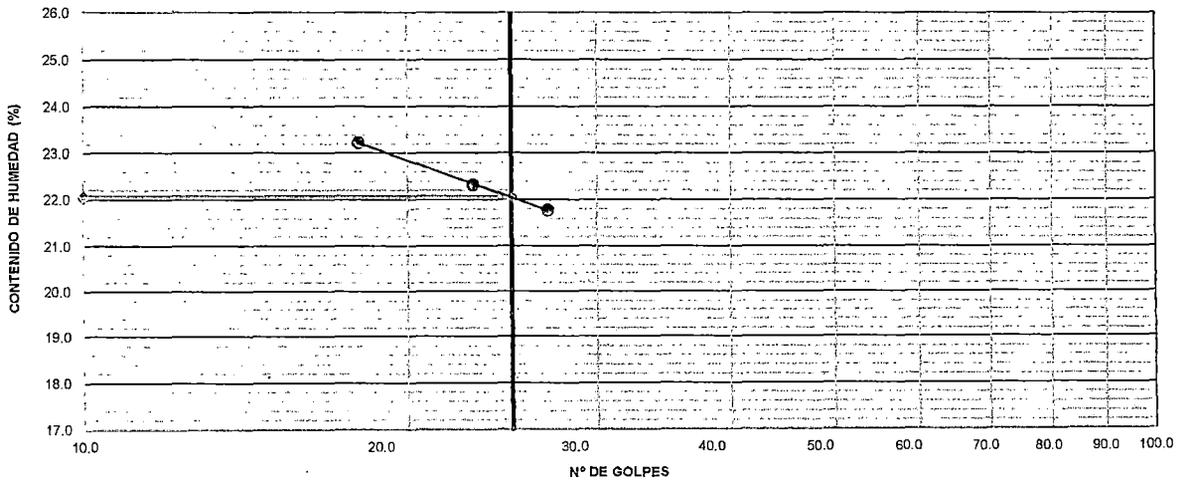
**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	12	14	19
TARRO + SUELO HÚMEDO	65.50	67.06	48.87
TARRO + SUELO SECO	60.58	61.80	43.28
AGUA	4.92	5.26	5.59
PESO DEL TARRO	37.99	38.24	19.22
PESO DEL SUELO SECO	22.59	23.56	24.06
% DE HUMEDAD	21.78	22.33	23.23
Nº DE GOLPES	27	23	18

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO	14	21
TARRO + SUELO HÚMEDO	27.90	25.10
TARRO + SUELO SECO	26.17	23.88
AGUA	1.73	1.22
PESO DEL TARRO	16.19	16.61
PESO DEL SUELO SECO	9.98	7.27
% DE HUMEDAD	17.33	16.78

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	22.05
LÍMITE PLÁSTICO	17.06
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.99

**OBSERVACIONES**

--

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-04
Contratista :		ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS	Certificado :	
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685		Nº de muestra :	M - 05
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	MTC E 114 - 2000	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE.
Fecha de Muestreo:	25/06/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

Tramo y/o  
Línea que abarca:

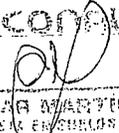
**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

Nº de Ensayo	1	2	3
Hora de entrada a saturación	13:50	13:52	13:54
Hora de salida de saturación	14:00	14:02	14:04
Hora de entrada de decantación	14:02	14:04	14:06
Hora de salida de decantación	14:22	14:24	14:26
Altura máxima del material fino	10.7	10.1	10.4
Altura máxima de la arena	3.1	3.0	3.0
Equivalente de Arena	29.0	29.7	28.8
Equivalente de Arena promedio (%)	29		

**OBSERVACIONES:**

Material pasante del tamiz Nº 4

**CONALVIAS**

  
**ING. OSCAR MARTÍNEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSULTOR POR ENCARGO DE LA CARRETERA LA OROYA  
 (CANTÓN DE TIBAYO - PROV. TACACHO)

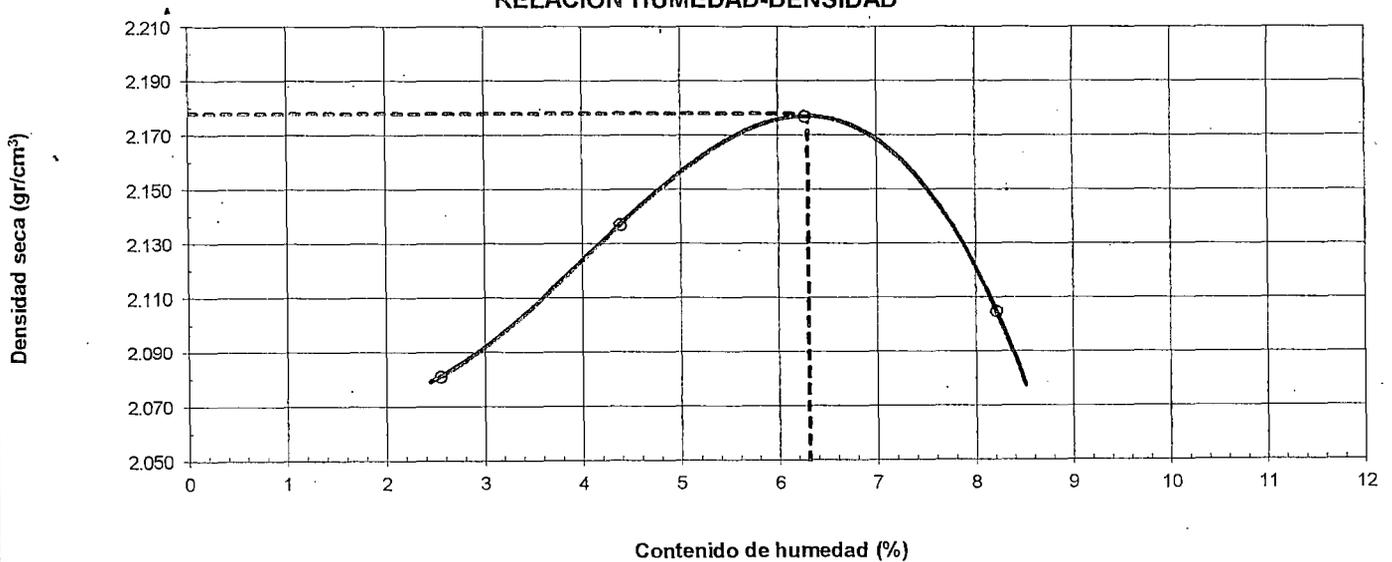
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-05
Contratista :		COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA	Certificado	
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685		Nº de muestra:	M - 05
Ubic. del muestreo :	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1557	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	25/06/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

METODO DE COMPACTACION :	C				
Peso suelo + molde	g	10,665	10,870	11,045	10,971
Peso molde	g	6,132	6,132	6,132	6,132
Peso suelo húmedo compactado	g	4,533	4,738	4,913	4,839
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,124	2,124	2,124	2,124
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.134	2.231	2.313	2.278
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	605.0	810.0	602.0	762.1
Peso del suelo seco + tara	g	590.0	776.0	566.5	704.3
Tara	g				
Peso de agua	g	15.0	34.0	35.5	57.8
Peso del suelo seco	g	590.0	776.0	566.5	704.3
Contenido de agua	%	2.54	4.38	6.27	8.21
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.081	2.137	2.177	2.105
	M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	2.177		M.D.S. Corregida (g/cm <sup>3</sup> )	2.178
	O.C.H. (%)	6.27		O.C.H. Corregido (%)	6.3

### RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**CONALVIAS**  
**ING. OSCAR MAESTRIZ PILLITO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION Y RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA LA OROYA  
 HUANCAYO - TINKO MAMA - EMP. EN (OV. FOC. LCHZ)

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07	
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685		Nº de muestra:	M - 05	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:		
Fecha de muestreo:	25/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado
Peso molde + suelo húmedo	12750	12728	12590	12647	12470	12557
Peso molde	7857	7857	7853	7853	7856	7856
Volumen molde	2116	2116	2105	2105	2121	2121
Suelo húmedo	4893	4871	4737	4794	4614	4701
Densidad Húmeda	2.312	2.302	2.250	2.277	2.175	2.216
Densidad Seca	2.179	2.174	2.122	2.147	2.050	2.081
Peso suelo húmedo + tara	649.9	803.7	674.4	698.3	695.8	692.9
Peso suelo seco + tara	612.4	759.1	635.9	658.3	655.6	650.5
Tara						
Peso de agua	37.5	44.6	38.5	40	40.2	42.4
Peso de suelo seco	612.4	759.1	635.9	658.3	655.6	650.5
Humedad	6.12	5.88	6.05	6.08	6.13	6.52

### EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				MM.	%		MM.	%		MM.	%
<b>SIN EXPANSIÓN</b>											

### PENETRACIÓN

Penetración (pulg)	CARGA STAND Kg/cm <sup>2</sup>	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
		Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>
0.000			0		0		0
0.025		38	11	19	6	16	5
0.050		68	19	41	12	35	11
0.075		97	27	62	18	56	16
0.100	70.3	123	34	99	28	71	20
0.150		189	52	178	49	95	27
0.200	105.5	324	89	201	55	126	35
0.250		449	123	265	73	148	41
0.300		588	160	302	83	167	46
0.400		655	178	434	119	180	50
0.500				487	133	212	58

Observaciones :

CONALVIAS

ING. OSCAR W. TORRES PULIDO  
 INGENIERO EN PAVIMENTOS  
 CONSULTOR EN PAVIMENTOS Y MATERIALES  
 CARRETERA LA OROYA  
 TACACHO

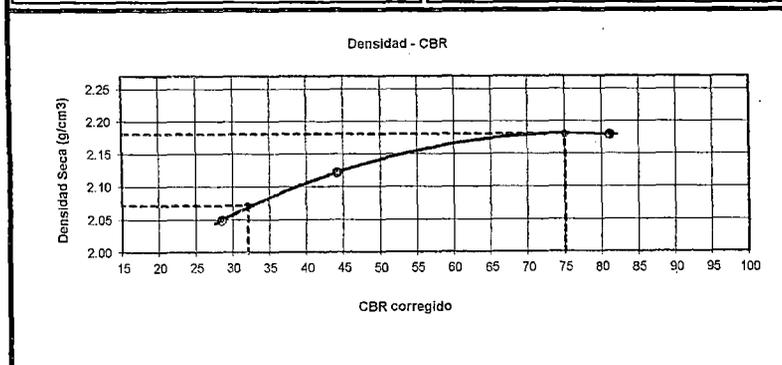
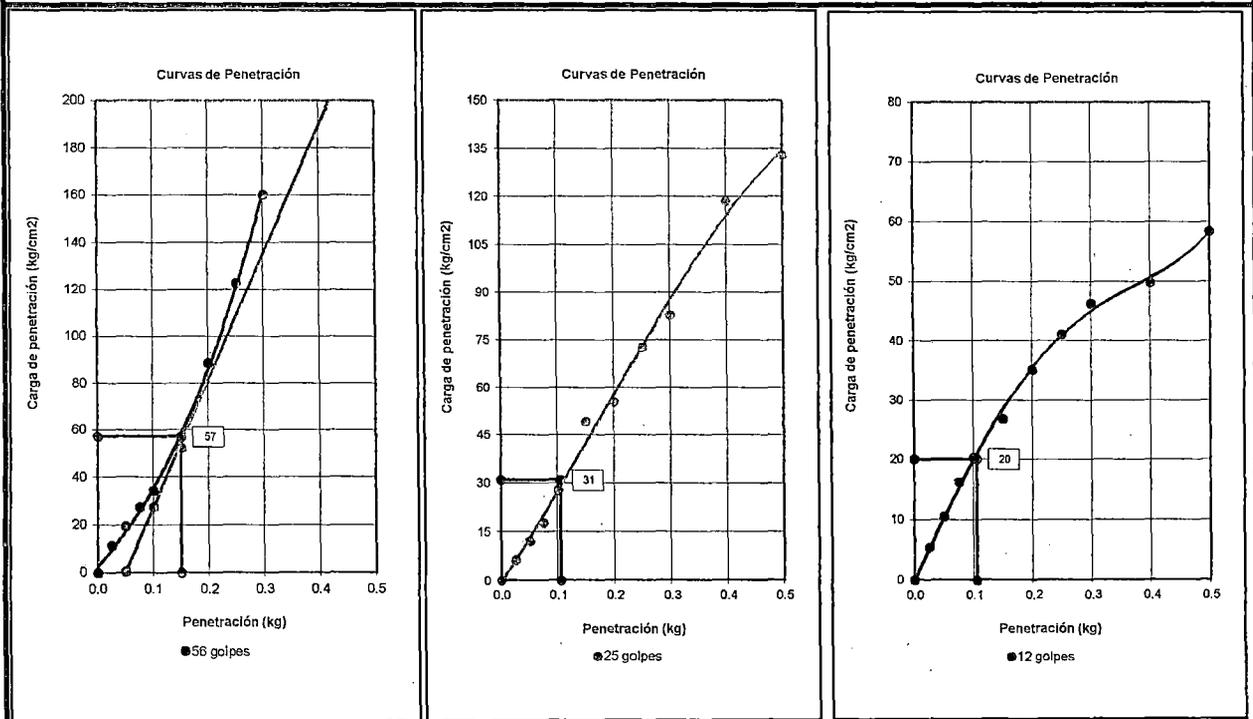
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-07
Contratista:			ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO	Certificado:
Procedencia:	km, 175+718 - 176+685			Nº de muestra:
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	

Fecha de ensayo:	25/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero
------------------	------------	-----------------	----------------	----------------	--------------------------

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### GRAFICOS DE CBR



Condición de la muestra		saturada
Sobrecarga		Kg/cm <sup>2</sup>
Expansión		0.0%
CBR (95% de la MDS y 0,1" de penetración)		32.0%
CBR (100% de la MDS y 0,1" de penetración)		75.0%
$g_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0,1"	Nº golpes
2.179	81.1	56
2.122	44.1	25
2.050	28.4	12

Observaciones :

**CONALVIAS**  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSULTOR EN MATERIA DE LA CARRETERA LA OROYA  
 DISTRITO DE LA OROYA - TACNA

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

### MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	Nº de muestra:	M - 05	Fecha de fabricación:	25/06/2011
ASFALTO:	Repsol YPF - Perú	TIPO:	85/100	TEMPERATURA:	160 °C
AGUA (%):	2.5%	CEMENTO:	1.0%	Relación Expansión:	18.3
AGREGADO:	Material reciclado en la vía ( km. 162+670 )				

Fecha de muestreo: 25/06/2011

### FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO

#### Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima

Identificación	Humedad inicial - $W_{atm-dry}$ (%)	Humedad Optima - $W_{OMC}$ (%)	Peso		Agua agregada		Agua agregada para el óptimo	
			Humedo - $M_{atm-dry}$ (gr)	Seco - $M_s$ (gr)	$W_{adi}$ (%)	$M_{agua}$ (gr)	$W_i$ (%)	$M_{plus}$ (gr)
C1	1.15	6.30	10018.0	9904.1	3.00	300.09	3.97	233.37
C2	1.15	6.30	10009.0	9895.2	3.00	299.82	3.48	281.53
C3	1.15	6.30	10029.0	9915.0	3.00	300.42	3.90	240.57

#### Variación del Contenido de Asfalto

Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)
C1	1.0	99.04	2.0	200.1	2.21
C2	1.0	98.95	2.5	249.9	2.77
C3	1.0	99.15	3.0	300.4	3.33

#### Contenido de Humedad de la muestra preparada

Identificación	Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)
C1	1	112.4	1121.4	1082.9	3.97
C2	2	118.6	1122.8	1089.0	3.48
C3	3	129.4	1121.0	1083.8	3.90

$$M_s = \frac{M_{atm-dry}}{\left(1 + \left(\frac{W_{atm-dry}}{100}\right)\right)}$$

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{atm-dry}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

$W_{atm-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$W_{adi} = 1 + (0.5W_{OMC} - W_{atm-dry})$$

$W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

$W_{atm-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$M_{agua} = \left(\frac{W_{adi}}{100}\right) \times (M_s + M_{cemento})$$

$W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)  
 $M_{agua}$  = Masa de agua agregada (gr)

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$$M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_i) \times (M_s + M_{cemento})}{100}$$

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)  
 $W_i$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)  
 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$M_{plus}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACION DE PAVIMENTOS DEL S. C. S. PERU S. R. L.  
HUANUCO TINGOMARI EMP. N.º 001 700 100 100 100

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

<b>Empresa:</b>	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			<b>Fecha de fabricación:</b>	25/06/2011
<b>Cliente:</b>	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas				
<b>ASFALTO:</b>	Repsol YPF - Perú 85/100	<b>CEMENTO:</b>	1.0%		
<b>Agua (%):</b>	2.5%	<b>Relación Expansión:</b>	10.0	<b>Vida Media (s):</b>	18.3
<b>AGREGADO:</b>	Material reciclado en la vía (km. 175+718 - 176+685)				

<b>Fecha Extracción:</b>	26/06/2011	8:00:00	<b>Fecha de ensayo probetas en condición seca:</b>	30/06/2011	8:30:00 a.m.
			<b>Fecha de ensayo probetas condición saturada:</b>	01/07/2011	12:42:00 a.m.

**Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada**

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	2.0	6.54	10.15	1184.1	1150.6	2.174	622.0		584.6		
Diseño	2.0	6.50	10.15	1184.3	1152.2	2.191	615.0		581.6		
Diseño											
Diseño	2.0	6.46	10.14	1184.2	1148.3	2.201		459.0		437.2	
Diseño	2.0	6.48	10.15	1184.1	1149.2	2.192		412.0		390.8	
Diseño											
<b>PROMEDIO</b>						2.190	618.5	435.5	583.1	414.0	71.0
Diseño	2.5	6.46	10.14	1184.9	1152.1	2.208	685.0		652.4		
Diseño	2.5	6.49	10.14	1182.5	1145.0	2.185	558.0		529.0		
Diseño	2.5	6.51	10.14	1179.1	1144.9	2.178	499.0		471.6		
Diseño	2.5	6.49	10.16	1185.1	1150.1	2.186		329.0		311.3	
Diseño	2.5	6.46	10.15	1186.2	1152.3	2.205		459.0		436.7	
Diseño	2.5	6.56	10.15	1183.0	1147.3	2.161		433.0		405.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.187	580.7	407.0	551.0	384.6	69.8
Diseño	3.0	6.53	10.15	1188.5	1148.4	2.173	522.0		491.4		
Diseño	3.0	6.51	10.16	1187.1	1151.6	2.182	496.0		467.9		
Diseño											
Diseño	3.0	6.47	10.14	1181.0	1150.1	2.201		445.0		423.2	
Diseño	3.0	6.68	10.16	1187.0	1151.4	2.126		361.0		331.9	
Diseño											
<b>PROMEDIO</b>						2.171	509.0	403.0	479.6	377.5	78.7

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

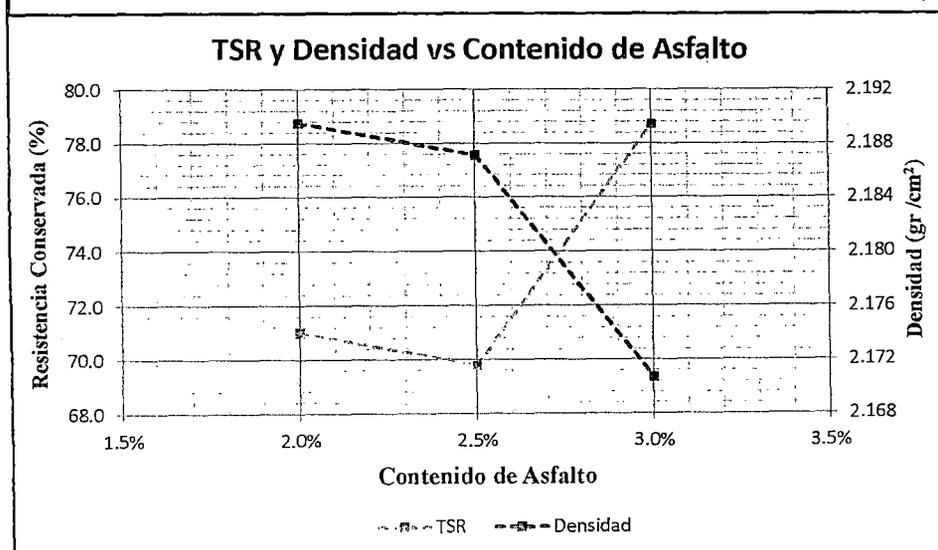
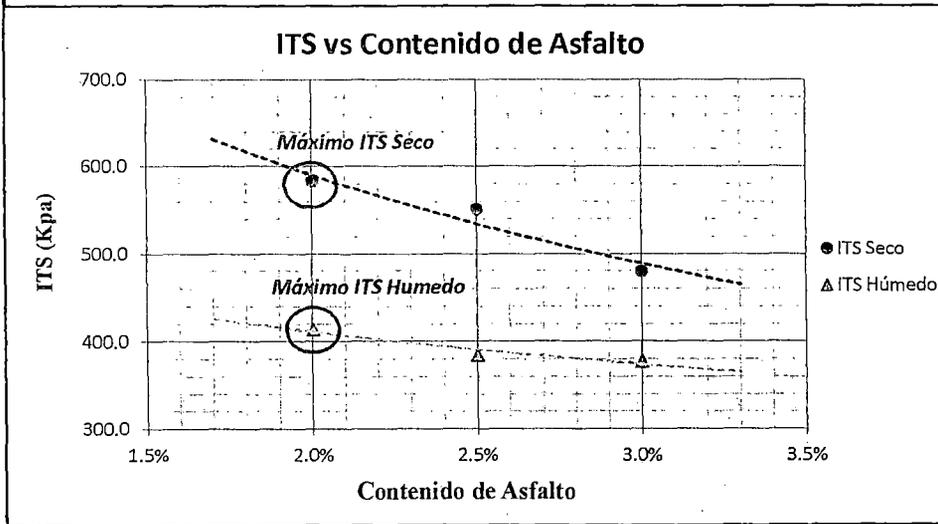
h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS**

ING. MARCO ANTONIO ROJAS ROJAS  
Especialista en MIELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN DE MIELOS DE LA CARRETERA LA OROYA  
SUZUMAY - INDIANILLA (EMP. BUJOU TOCACHI)

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS				
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:
Contratista :		GRAFICA PARA OBTENER EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO		Certificado :
Procedencia:	km. 175+718 - 176+685			Nº de muestra :
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO			Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	25/06/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:
				Telesforo Salinas A.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO				

% Asfalto Añadido	Densidad seca (g/cm³)	Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
		Seca	Húmeda	
2.0%	2.190	583.1	414.0	71.0
2.5%	2.187	551.0	384.6	69.8
3.0%	2.171	479.6	377.5	78.7



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA =	160 °C	V.M =	10.0	% DE ASFALTO =	2.0%
% DE AGUA =	2.5%	R.E =	18.3		

CONALVIAS  
ING. OSCAR GUATIMEX PULIDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN POR NIVELES DE LA CAR. LIBERTAD A OROY  
HUANCICO, TUPAC KATIA, ENA S/N IN. TOCACHI

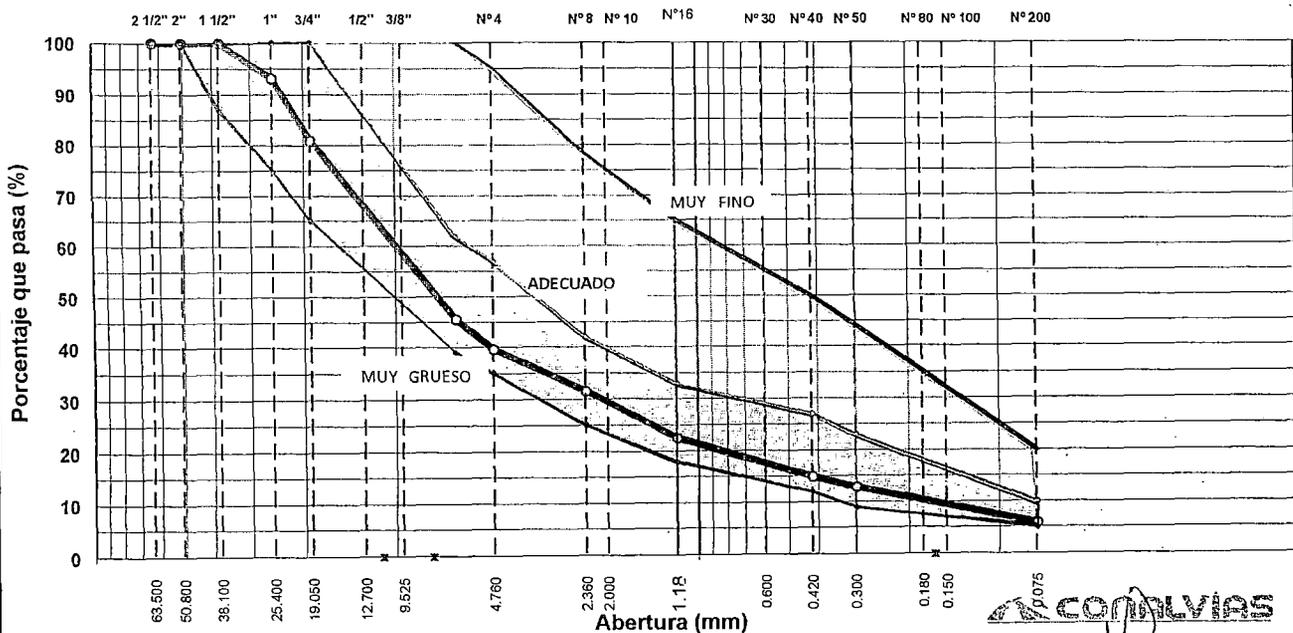
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01	
Contratista :		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:		
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de muestra :	M - 03	
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	02/07/2011	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	32,111.0	gr			
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO	=	30213.5	gr			
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	100 - 100	PESO FINO	=	950.4	gr			
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	17.97	%			
1"	25.400	2,189.0	6.8	6.8	93.2	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	13.40	%			
3/4"	19.050	3,924.0	12.2	19.0	81.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	4.57	%			
1/2"	12.700	4,688.0	14.6	33.6	66.4		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)			
3/8"	9.525	3,243.0	10.1	43.7	56.3		CLASF. SUCCS	=	SP - SC				
1/4"	6.350	3,422.0	10.7	54.4	45.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.750	1,909.0	6.0	60.4	39.7	35 - 57		32111.0	30213.5	5.9			
# 8	2.360	193.9	8.1	68.44	31.6	25 - 42	% Grava	=	60.4	%			
# 10	2.000	52.7	2.2	70.6	29.4		% Arena	=	33.7	%			
# 16	1.180	164.0	6.8	77.5	22.5	18 - 33							
# 20	0.850	36.4	1.5	79.0	21.0								
# 30	0.600	41.0	1.7	80.7	19.3		% Fino	=	5.9	%			
# 40	0.420	105.3	4.4	85.1	14.9	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300	49.7	2.1	87.2	12.8	9 - 23		651.2	627.9	3.7%			
# 80	0.180	96.4	4.0	91.2	8.8		OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	3.7	0.2	91.3	8.7								
# 200	0.075	65.7	2.7	94.1	5.9	5 - 10							
< # 200	FONDO	141.6	5.9	100.0	0.0								
FRACCIÓN		950.4					Coef. Uniformidad	68	Índice de Consistencia				
TOTAL		32,111.0					Coef. Curvatura	31.7	3.1				
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con arcilla						Pot. de Expansión	Bajo	Estable				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVEL DE LA CARRETERA LA OROYA  
 PUNTA DE OROYA (CALLE EMP. SM (DV. TOCICHE))

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS			
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato: CC-CON-03
Contratista:		LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS	Certificado:
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de Muestra:
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO	ASTM D 4318	Clase de Material: RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	02/07/2011	Muestreado por: Elder Julca S.	Procesado por: Telesforo Salinas Ampuero

Tramo y/o Línea que abarca:

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

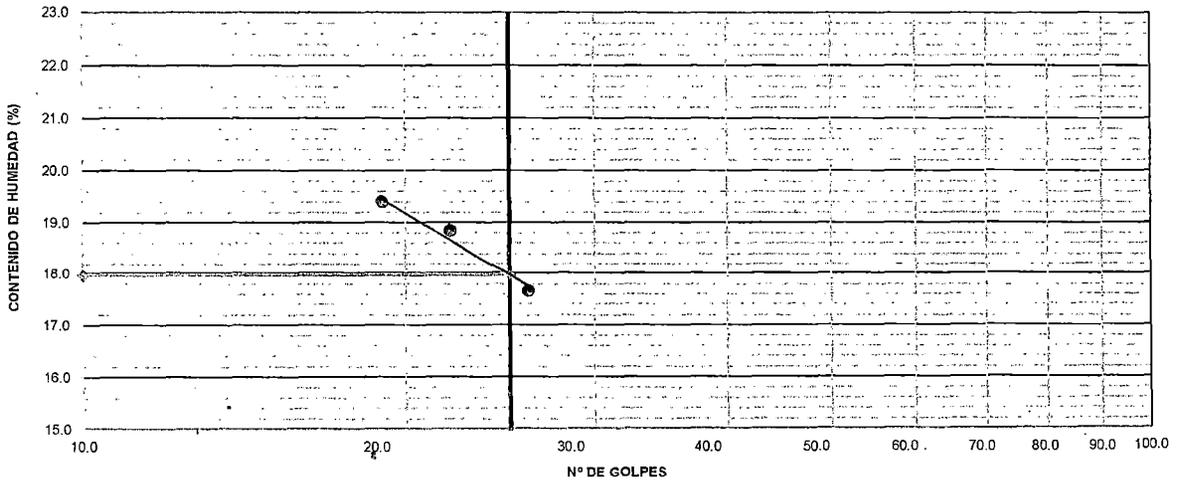
**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	9	11	21
TARRO + SUELO HÚMEDO	49.37	54.26	69.38
TARRO + SUELO SECO	44.98	48.72	64.00
AGUA	4.39	5.54	5.38
PESO DEL TARRO	20.14	19.33	36.27
PESO DEL SUELO SECO	24.84	29.39	27.73
% DE HUMEDAD	17.67	18.85	19.40
Nº DE GOLPES	26	22	19

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO	6	24
TARRO + SUELO HÚMEDO	18.19	27.57
TARRO + SUELO SECO	17.14	26.33
AGUA	1.05	1.24
PESO DEL TARRO	9.70	16.55
PESO DEL SUELO SECO	7.44	9.78
% DE HUMEDAD	14.11	12.68

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	17.97
LÍMITE PLÁSTICO	13.40
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.57

**OBSERVACIONES**

--

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente :	Bach. Ing. Malco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-04
Contratista :		ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS	Certificado :	
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de muestra :	M - 03
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO	MTC E 114 - 2000	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	02/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

Tramo y/o  
Linea que abarca:

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

Nº de Ensayo	1	2	3
Hora de entrada a saturación	11:52	11:54	11:56
Hora de salida de saturación	12:02	12:04	12:06
Hora de entrada de decantación	12:04	12:06	12:08
Hora de salida de decantación	12:24	12:26	12:28
Altura máxima del material fino	12.1	12.0	12.5
Altura máxima de la arena	2.7	2.8	2.8
Equivalente de Arena	22.3	23.3	22.4
<b>Equivalente de Arena promedio (%)</b>	<b>23</b>		

**OBSERVACIONES:**

Material pasante del tamiz Nº 4

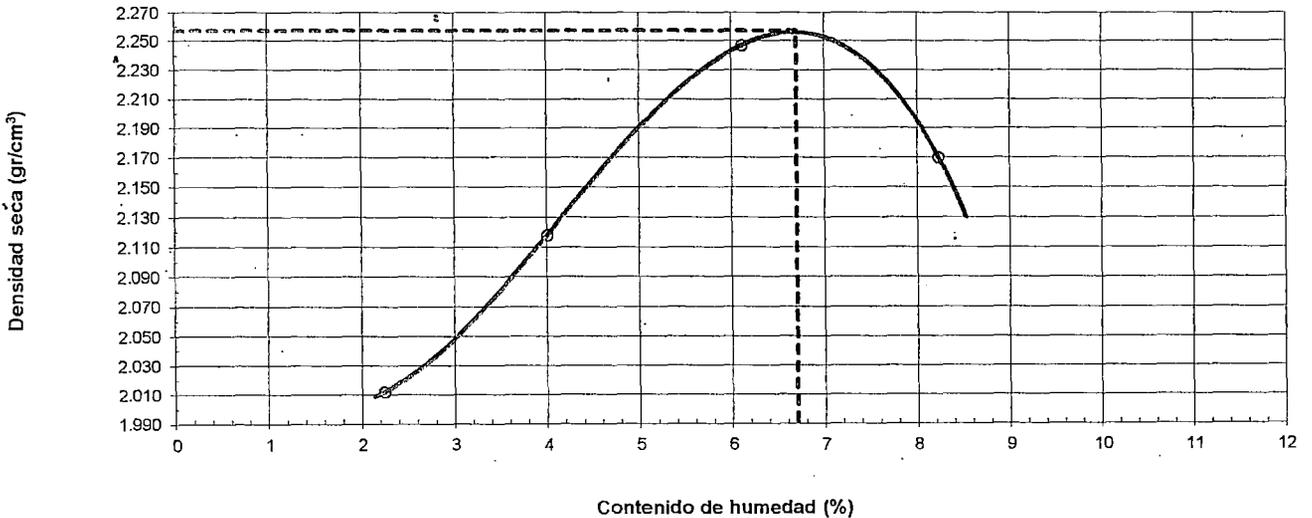
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-05
Contratista :		<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA</b>	Certificado	
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de muestra:	M - 03
Ubic. del muestreo :	LADO DERECHO	ASTM D 1557	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	02/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

METODO DE COMPACTACION :	<b>C</b>				
Peso suelo + molde	g	10,501	10,811	11,196	11,121
Peso molde	g	6,132	6,132	6,132	6,132
Peso suelo húmedo compactado	g	4,369	4,679	5,064	4,989
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,124	2,124	2,124	2,124
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.057	2.203	2.384	2.349
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	566.2	994.6	921.5	841.6
Peso del suelo seco + tara	g	553.8	956.3	868.4	777.6
Tara	g				
Peso de agua	g	12.4	38.3	53.1	64.0
Peso del suelo seco	g	553.8	956.3	868.4	777.6
Contenido de agua	%	2.24	4.01	6.11	8.23
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.012	2.118	2.247	2.170
	M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	2.247		M.D.S. Corregida (g/cm <sup>3</sup> )	2.257
	O.C.H. (%)	6.11		O.C.H. Corregido (%)	6.7

### RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

---



---



---



---

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVEL EN LA LAMINA LA OROYA  
 HUANUCO PERU. T. 080 100 1000. EMP. SN (DV. TOCACHIE)

## TESIS: APLICACION DE LA TECNOLOGIA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFALTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07	
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de muestra:	M - 03	
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de muestreo:	02/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado
Peso molde + suelo húmedo	12923	12939	12702	12728	12651	12727
Peso molde	7864	7864	7788	7788	7900	7900
Volumen molde	2134	2134	2111	2111	2131	2131
Suelo húmedo	5059	5075	4914	4940	4751	4827
Densidad Húmeda	2.371	2.378	2.328	2.340	2.229	2.265
Densidad Seca	2.238	2.241	2.196	2.194	2.102	2.135
Peso suelo húmedo + tara	820.8	634.9	736.9	608.9	627.6	961.2
Peso suelo seco + tara	774.7	598.3	695.1	571	591.6	905.8
Tara						
Peso de agua	46.1	36.6	41.8	37.9	36.0	55.4
Peso de suelo seco	774.7	598.3	695.1	571	591.6	905.8
Humedad	5.95	6.12	6.01	6.64	6.09	6.12

### EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				MM.	%		MM.	%		MM.	%
<b>SIN EXPANSIÓN</b>											

### PENETRACIÓN

Penetración (pulg)	CARGA STAND Kg/cm <sup>2</sup>	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
		Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>
0.000			0		0		0
0.025		5	2	4	2	19	6
0.050		22	7	19	6	43	13
0.075		59	17	47	14	69	20
0.100	70.3	109	31	90	25	100	28
0.150		260	71	209	58	165	46
0.200	105.5	370	101	340	93	226	62
0.250		509	139	495	135	287	79
0.300		665	181	675	184	340	93
0.400				845	230	450	123
0.500				975	265	547	149

Observaciones :

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN DE NIVELES DE LA CARRETERA Y OROYA  
CALLE SAN MARTIN 1000 - LIMA

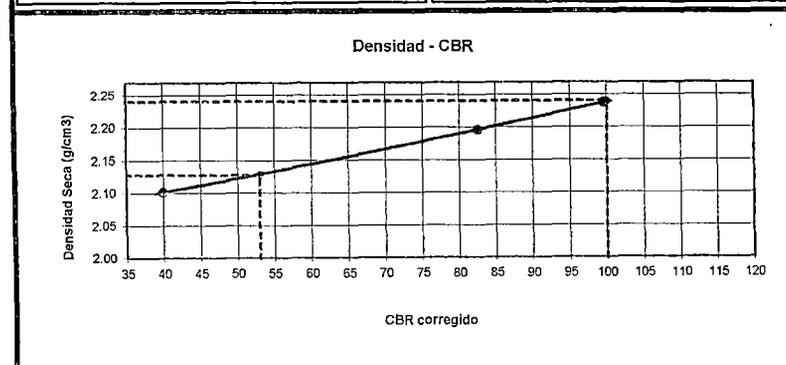
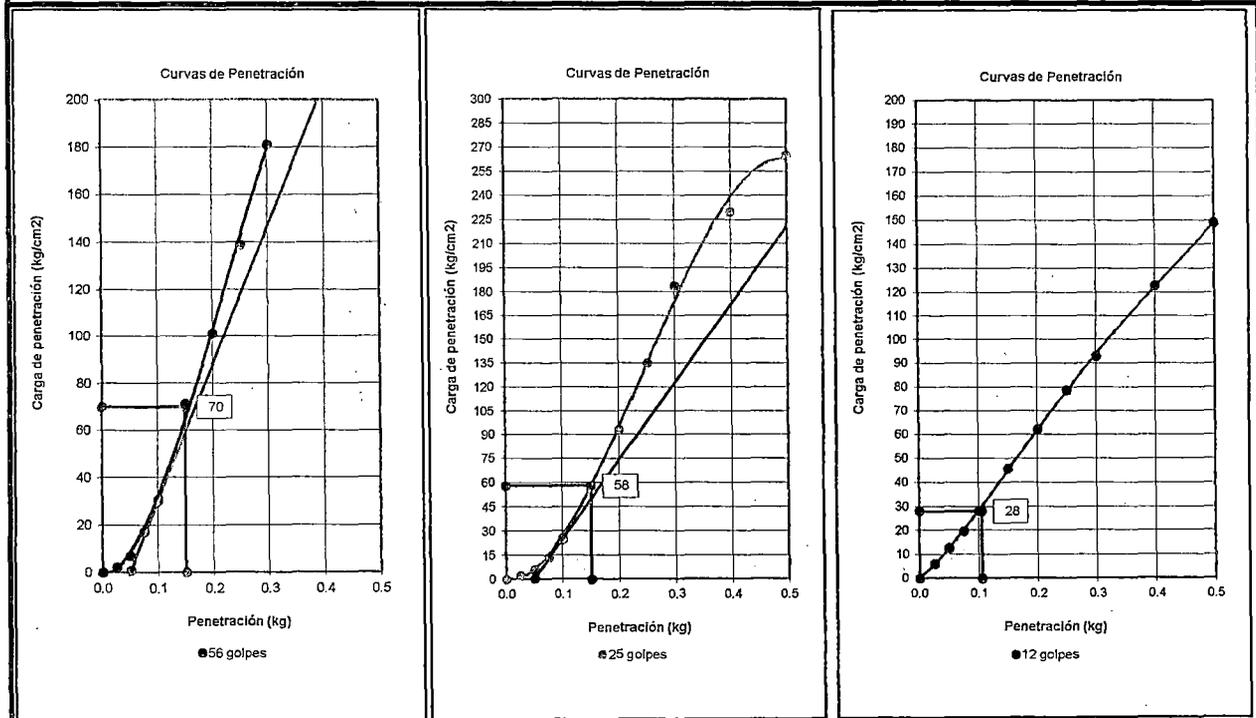
**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:	
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130		Nº de muestra:	M - 03
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE

Fecha de ensayo:	02/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
------------------	------------	-----------------	----------------	----------------	---------------------------

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

**GRAFICOS DE CBR**



Condición de la muestra		saturada
Sobrecarga		Kg/cm <sup>2</sup>
Expansión		0.0%
CBR (95% de la MDS y 0,1" de penetración)		53.0%
CBR (100% de la MDS y 0,1" de penetración)		100.0%
g <sub>d</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0,1"	Nº golpes
2.238	99.6	56
2.196	82.5	25
2.102	39.8	12

Observaciones :

**CONALVIAS**  
*[Signature]*  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACION Y RECONSTRUCCION DE LA CARRETERA LA OROYA  
PERU - 2010 - 2011 - EMP. SIND. TOCACHI

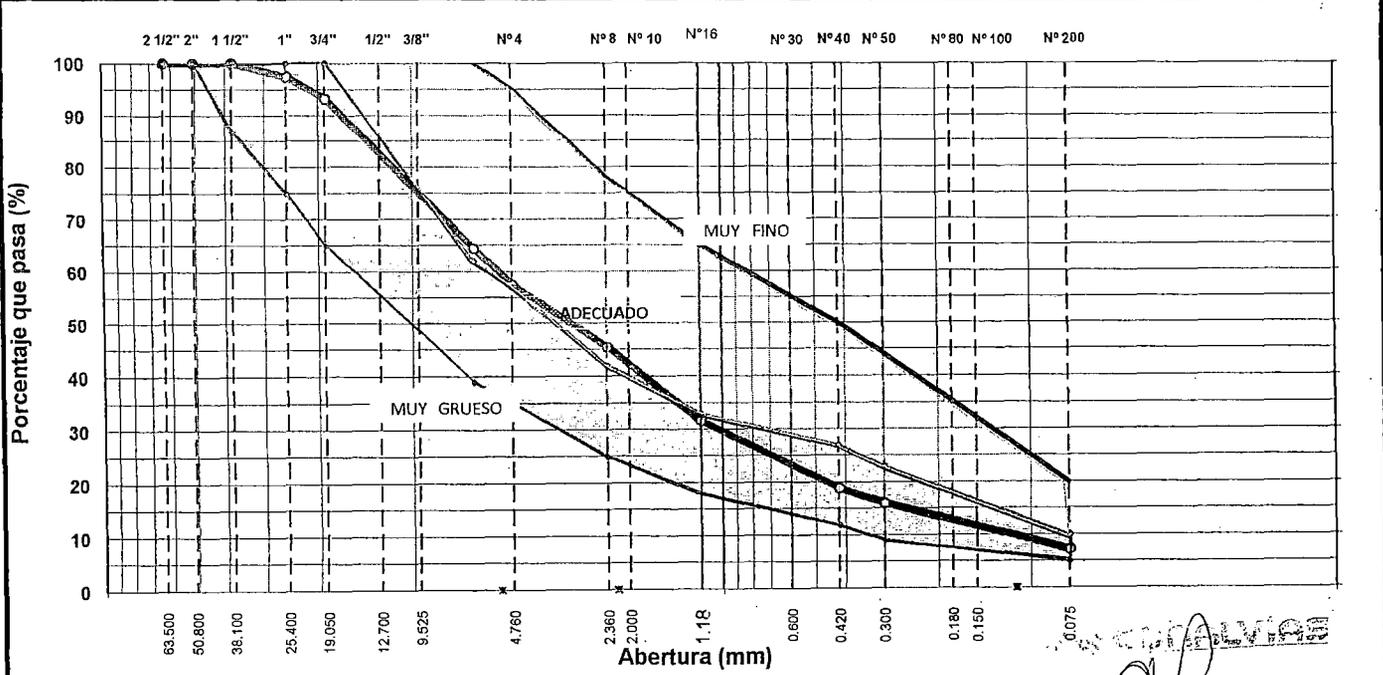
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01	
Contratista :		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:		
Procedencia:	170+183 - 171+198		Nº de muestra :	M - 04	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	03/07/2011	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 20,107.0 gr			
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO = 18636.7 gr			
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	100 - 100	PESO FINO = 873.1 gr			
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 23.55 %			
1"	25.400	506.0	2.5	2.5	97.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = 15.17 %			
3/4"	19.050	850.0	4.2	6.8	93.3	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = 8.38 %			
1/2"	12.700	1,728.0	8.6	15.3	84.7		CLASF. AASHTO = A-2-4 (0)			
3/8"	9.525	1,865.0	9.3	24.6	75.4		CLASF. SUCCS = SP - SC			
1/4"	6.350	2,194.0	10.9	35.5	64.5	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200
# 4	4.760	1,409.0	7.0	42.5	57.5	35 - 57		20107.0	18636.7	7.3
# 8	2.360	181.4	11.9	54.48	45.5	25 - 42	% Grava = 42.5 %			
# 10	2.000	50.6	3.3	57.8	42.2		% Arena = 50.2 %			
# 16	1.180	159.5	10.5	68.3	31.7	18 - 33				
# 20	0.850	48.3	3.2	71.5	28.5					
# 30	0.600	42.5	2.8	74.3	25.7		% Fino = 7.3 %			
# 40	0.420	103.9	6.8	81.1	18.9	12 - 27	% HUMEDAD			
# 50	0.300	44.0	2.9	84.0	16.0	9 - 23		P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 80	0.180	66.1	4.4	88.4	11.6			651.2	627.9	3.7%
# 100	0.150	13.2	0.9	89.3	10.8		OBSERVACIONES:			
# 200	0.075	52.5	3.5	92.7	7.3	5 - 10				
< # 200	FONDO	111.1	7.3	100.0	0.0					
FRACCIÓN		873.1					Coef. Uniformidad	47	Índice de Consistencia	
TOTAL		20,107.0					Coef. Curvatura	8.2	2.4	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con arcilla						Pot. de Expansión	Bajo	Estable	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



ING. MARTINEZ PILLCO  
 EXPERIENCIA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSULTORÍA Y LABORATORIOS DE LA CARRETERA LA OROYA  
 LABORATORIO DE INGENIERÍA EN NOV. 100.000.000

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-03
Contratista:		LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS	Certificado:	
Procedencia:	170+183 - 171+198		Nº de Muestra:	M - 04
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 4318	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	03/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
Tramo y/o Línea que abarca:				

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

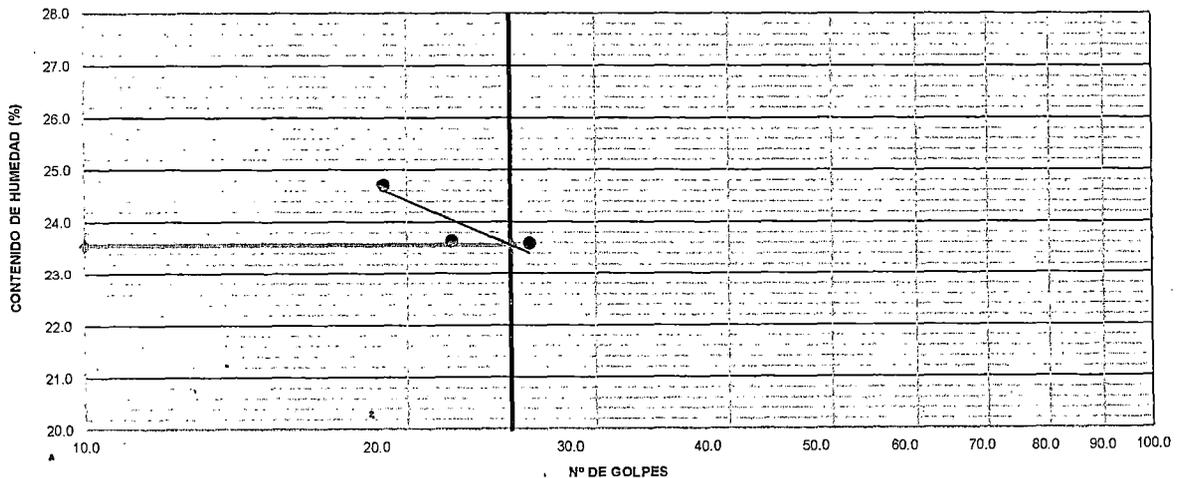
#### LÍMITE LÍQUIDO

Nº TARRO	5	24	28
TARRO + SUELO HÚMEDO	64.30	43.71	43.12
TARRO + SUELO SECO	59.14	39.06	38.56
AGUA	5.16	4.65	4.56
PESO DEL TARRO	37.27	19.39	20.11
PESO DEL SUELO SECO	21.87	19.67	18.45
% DE HUMEDAD	23.59	23.64	24.72
Nº DE GOLPES	26	22	19

#### LÍMITE PLÁSTICO

Nº TARRO	5	8
TARRO + SUELO HÚMEDO	26.89	23.32
TARRO + SUELO SECO	25.60	21.41
AGUA	1.29	1.91
PESO DEL TARRO	16.89	9.11
PESO DEL SUELO SECO	8.71	12.30
% DE HUMEDAD	14.81	15.53

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



#### CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA

LÍMITE LÍQUIDO	23.55
LÍMITE PLÁSTICO	15.17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	8.38

#### OBSERVACIONES

--

  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SENSOBREMUNDO (AV. SULLY) EN LA CARRETERA LA OROYA  
 MURQUEO - TRUJILLO - PERÚ (DV. TOCACHO)



**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**
**MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO**

Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU

Cliente: Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas

N° de muestra: M - 03

Fecha de fabricación: 02/07/2011

ASFALTO: Repsol YPF - Perú

TIPO: 85/100

TEMPERATURA: 160 °C

AGUA (%): 2.5%

CEMENTO: 1.0%

Relación Expansión: 18.3

Vida Media: 10.0

AGREGADO: Material reciclado en la vía (km. 162+670)

Fecha de muestreo: 02/07/2011

**FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO**
**Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima**

Identificación	Humedad inicial - $W_{air-dry}$ (%)	Humedad Óptima - $W_{OMC}$ (%)	Peso		Agua agregada		Agua agregada para el óptimo	
			Humedo - $M_{air-dry}$ (gr)	Seco - $M_s$ (gr)	$W_{adi}$ (%)	$M_{agua}$ (gr)	$W_s$ (%)	$M_{plus}$ (gr)
C1	1.21	6.70	10000.0	9880.4	3.14	313.35	3.65	303.95
C2	1.21	6.70	10012.0	9892.3	3.14	313.72	4.88	181.84
C3	1.21	6.70	10000.0	9880.4	3.14	313.35	4.65	204.11
C4	1.21	6.70	10023.0	9903.2	3.14	314.06	4.83	186.96

**Variación del Contenido de Asfalto**

Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)
C1	1.0	98.80	1.5	149.7	1.66
C2	1.0	98.92	2.0	199.8	2.21
C3	1.0	98.80	2.5	249.5	2.76
C4	1.0	98.80	3.0	300.1	3.32

**Contenido de Humedad de la muestra preparada**

Identificación	Muestra N°	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)
C1	1	119.4	1126.4	1090.9	3.65
C2	2	100.7	1128.0	1080.2	4.88
C3	3	115.3	1100.1	1056.3	4.65
C4	4	112.5	1112.9	1066.8	4.83

$$M_s = \frac{M_{air-dry}}{\left(1 + \left(\frac{W_{air-dry}}{100}\right)\right)}$$

 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{air-dry}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

 $W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$W_{adi} = 1 + (0.5W_{OMC} - W_{air-dry})$$

 $W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)

 $W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

 $W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$M_{agua} = \left(\frac{W_{adi}}{100}\right) \times (M_s + M_{cement})$$

 $W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)

 $M_{agua}$  = Masa de agua agregada (gr)

 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{cement}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$$M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_s)(M_s + M_{cement})}{100}$$

 $W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

 $W_s$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)

 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{cement}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

 $M_{plus}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS  
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

<b>Empresa:</b> CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU	<b>Fecha de fabricación:</b> 02/07/2011
<b>Cliente:</b> Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	
<b>ASFALTO:</b> Repsol YPF - Perú 85/100	<b>CEMENTO:</b> 1.0%
<b>Agua (%):</b> 2.5%	<b>Relación Expansión:</b> 10.0
	<b>Vida Media (s):</b> 18.3
<b>AGREGADO:</b> Material reciclado en la vía (km. 168+136 - 169+130)	

<b>Fecha Extracción:</b> 03/07/2011 8:00:00	<b>Fecha de ensayo probetas en condición seca:</b> 06/07/2011 7:45:00 a.m.
	<b>Fecha de ensayo probetas condición saturada:</b> 07/07/2011 11:10:00 a.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	1.5	6.280	10.190	1172.7	1150.0	2.245	570.0		555.7		
Diseño	1.5	6.330	10.180	1172.1	1149.0	2.230	519.0		502.5		
Diseño	1.5	6.330	10.180	1173.2	1151.0	2.234	523.0		506.4		
Diseño	1.5	6.310	10.160	1172.4	1151.0	2.250		371.0		361.0	
Diseño	1.5	6.190	10.290	1169.2	1146.0	2.226		325.0		318.3	
Diseño	1.5	6.430	10.120	1173.2	1148.0	2.220		300.0		287.6	
<b>PROMEDIO</b>						2.234	537.3	332.0	521.5	322.3	61.8
Diseño	2.0	6.450	10.170	1161.2	1137.0	2.170	485.0		461.3		
Diseño	2.0	6.390	10.160	1174.3	1148.0	2.216	498.0		478.6		
Diseño	2.0	6.240	10.300	1167.8	1144.0	2.200	418.0		405.8		
Diseño	2.0	6.370	10.170	1170.1	1146.0	2.215		316.0		304.3	
Diseño	2.0	6.480	10.140	1167.2	1143.0	2.184		325.0		308.6	
Diseño	2.0	6.430	10.140	1174.0	1147.0	2.209		308.0		294.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.199	467.0	316.3	448.5	302.5	67.5
Diseño	2.5	6.450	10.180	1178.8	1153.0	2.196	477.0		453.2		
Diseño	2.5	6.430	10.180	1181.1	1151.0	2.199	489.0		466.1		
Diseño	2.5	6.420	10.140	1176.9	1148.0	2.214	430.0		412.1		
Diseño	2.5	6.510	10.160	1178.0	1150.0	2.179		338.0		318.8	
Diseño	2.5	6.510	10.180	1180.9	1153.0	2.176		346.0		325.7	
Diseño	2.5	6.420	10.190	1174.2	1150.0	2.196		308.0		293.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.194	465.3	330.7	443.8	312.8	70.5

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS**

ING. OSCAR MARTINEZ RUILO  
ESPECIALISTA EN PUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSEJO NACIONAL DE INGENIEROS DE LA CARRETERA LA OROYA  
SUCURSAL HIGUAYAMA - B.P. 59 (D.V. TACACHE)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	02/07/2010
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas					
ASFALTO:	Repsol YPF - Perú 85/100	CEMENTO:	1.0%			
Agua (%):	2.5%	Relación Expansión:	10.0	Vida Media (s):	18.3	
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 168+136 - 169+130)					

Fecha Extracción: 04/07/2010 8:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 07/07/2010 7:45:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 08/07/2010 11:10:00 a.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	3.0	6.280	10.180	1158.0	1144.4	2.239	422.0		411.8		
Diseño	3.0	6.390	10.160	1161.0	1146.9	2.214	435.0		418.0		
Diseño	3.0	6.340	10.180	1166.0	1146.0	2.221	624.0		603.2		
Diseño	3.0	6.380	10.160	1159.0	1143.7	2.211		329.0		316.7	
Diseño	3.0	6.440	10.170	1168.0	1153.4	2.205		325.0		309.6	
Diseño	3.0	6.220	10.290	1155.0	1140.6	2.205		283.0		275.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.216	493.7	312.3	477.7	300.7	63.0

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

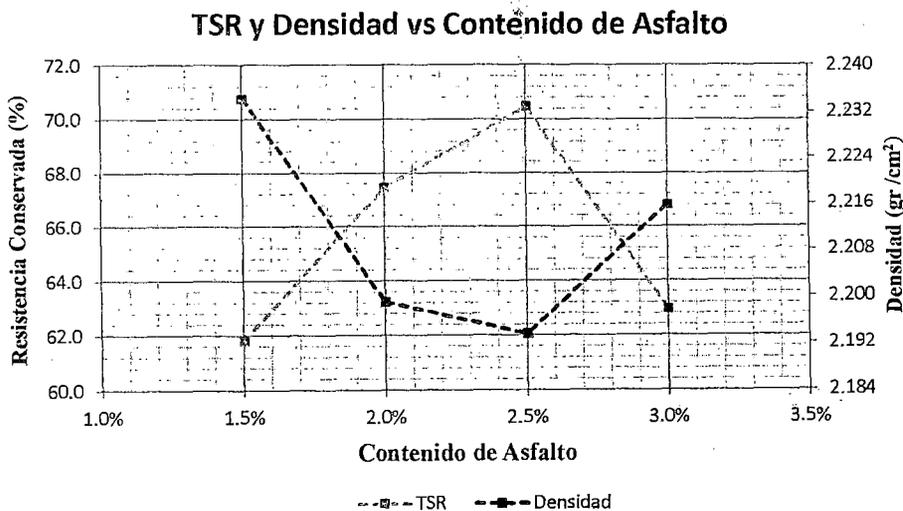
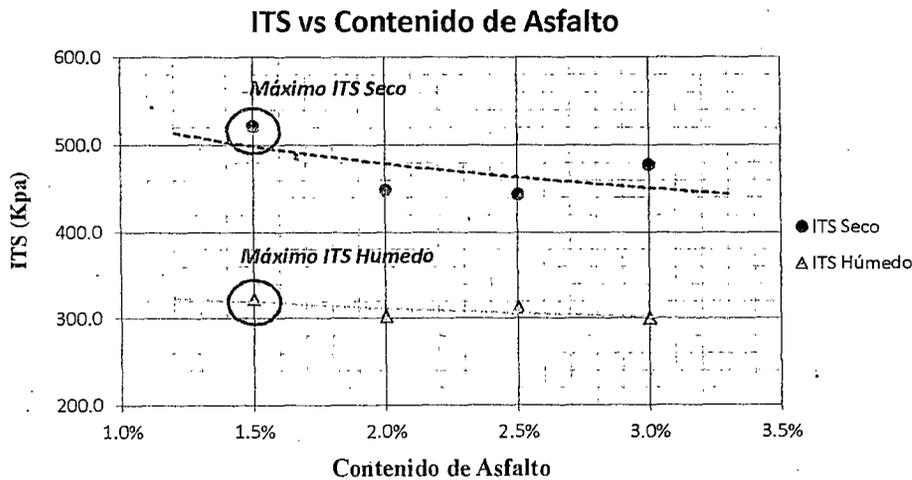
h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS

ING. OSCAR ARYDIEZ PULIDO  
FABRICACIÓN DE ASFALTOS Y PAVIMENTOS  
CONSEJO REGULADOR DE LA CARRETERA LA ONÇA  
BUENOS AIRES ARGENTINA EXP 5810V (OCACHE)

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS					
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD			Formato:
Contratista :		GRAFICA PARA OBTENER EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO			Certificado :
Procedencia:	km. 168+136 - 169+130				N° de muestra :
Ubic. del muestreo:	LADO DERECHO				Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	02/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>					

% Asfalto Añadido	Densidad seca (g/cm³)	Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
		Seca	Húmeda	
1.5%	2.234	521.5	322.3	61.8
2.0%	2.199	448.5	302.5	67.5
2.5%	2.194	443.8	312.8	70.5
3.0%	2.216	477.7	300.7	63.0



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA = 160 °C      V.M = 10.0      % DE ASFALTO = 1.5%  
% DE AGUA = 2.5%      R.E = 18.3

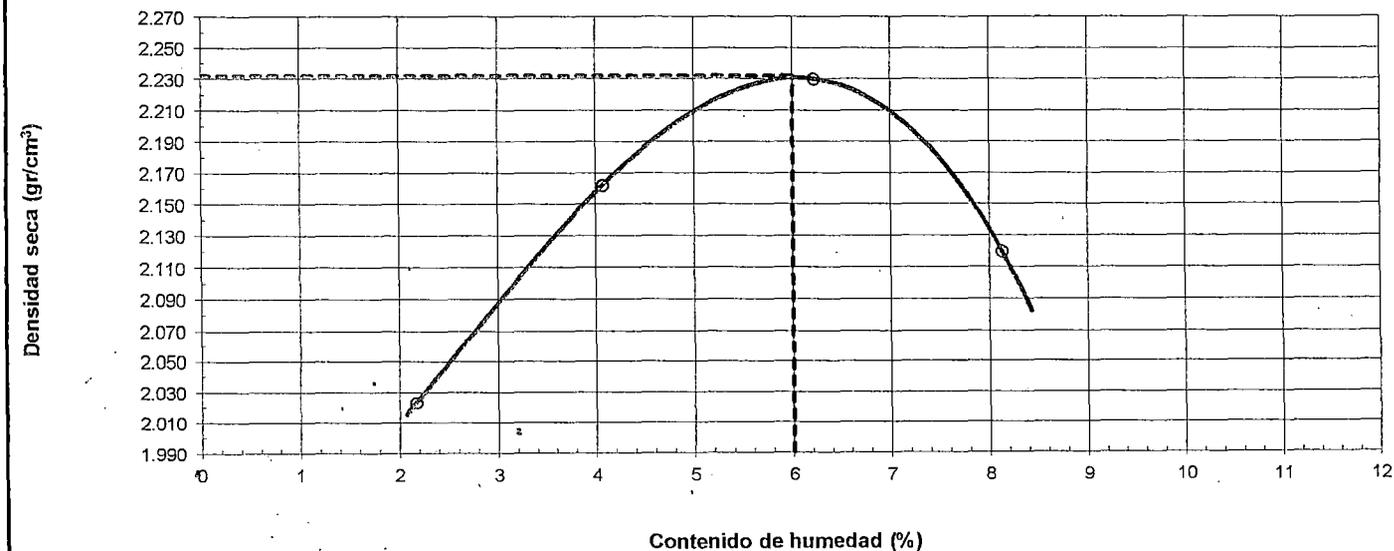
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-05
Contratista :		<b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA</b>	Certificado	
Procedencia:	170+183 - 171+198		Nº de muestra:	M - 04
Ubic. del muestreo :	LADO IZQUIERDO	<b>ASTM D 1557</b>	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	03/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

METODO DE COMPACTACION :		<b>C</b>			
Peso suelo + molde	g	10,522	10,910	11,164	11,000
Peso molde	g	6,132	6,132	6,132	6,132
Peso suelo húmedo compactado	g	4,390	4,778	5,032	4,868
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,124	2,124	2,124	2,124
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.067	2.250	2.369	2.292
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	651.2	596.4	538.3	660.0
Peso del suelo seco + tara	g	637.4	573.1	506.8	610.4
Tara	g				
Peso de agua	g	13.8	23.3	31.5	49.6
Peso del suelo seco	g	637.4	573.1	506.8	610.4
Contenido de agua	%	2.17	4.07	6.22	8.13
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.023	2.162	2.230	2.120
		M.D.S. (g/cm3)	2.230	M.D.S. Corregida (g/cm3)	2.232
		O.C.H. (%)	6.22	O.C.H. Corregido (%)	6.0

### RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

  
**CONALVIAS S.A.**  
 REG. COMERCIAL EN EL REGISTRO NACIONAL DE EMPRESAS  
 ESPECIALIDAD EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 OBSERVACIONES: (VER FOLIO 10)  
 HUANCABAMBA - PERU

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07	
Contratista:			<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:	
Procedencia:	170+183 - 171+198			Nº de muestra:	M - 04
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:		
Fecha de muestreo:	03/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado
Peso molde + suelo húmedo	12663	12729	12564	12636	12460	12606
Peso molde	7644	7644	7665	7665	7800	7800
Volumen molde	2127	2127	2124	2124	2132	2132
Suelo húmedo	5019	5085	4899	4971	4660	4806
Densidad Húmeda	2.360	2.391	2.306	2.340	2.186	2.254
Densidad Seca	2.226	2.253	2.177	2.204	2.061	2.086
Peso suelo húmedo + tara	807.0	634.9	690.7	722.8	636.9	658.6
Peso suelo seco + tara	761.3	598.3	651.9	680.8	600.6	609.4
Tara						
Peso de agua	45.7	36.6	38.8	42	36.3	49.2
Peso de suelo seco	761.3	598.3	651.9	680.8	600.6	609.4
Humedad	6.00	6.12	5.95	6.17	6.04	8.07

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				MM.	%		MM.	%		MM.	%
<b>SIN EXPANSIÓN</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg)	CARGA STAND Kg/cm²	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
		Carga / Kg	Kg/cm²	Carga / Kg	Kg/cm²	Carga / Kg	Kg/cm²
0.000			0		0		0
0.025		45	13	36	11	22	7
0.050		96	27	81	23	40	12
0.075		142	39	127	35	65	19
0.100	70.3	205	57	175	48	88	25
0.150		299	82	251	69	110	31
0.200	105.5	398	109	332	91	132	37
0.250		485	132	386	106	148	41
0.300		553	151	435	119	175	48
0.400				487	133	195	54
0.500				533	145	209	58

Observaciones :

  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA GRETA  
 HUANUCO TINGO MARIA EMP. S/1 (DV TOCACE)

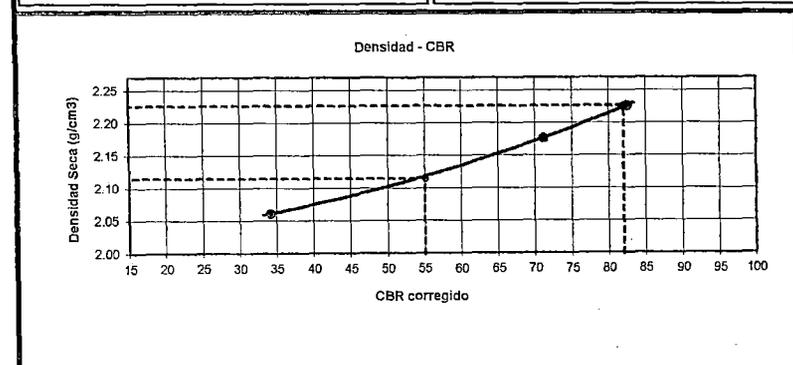
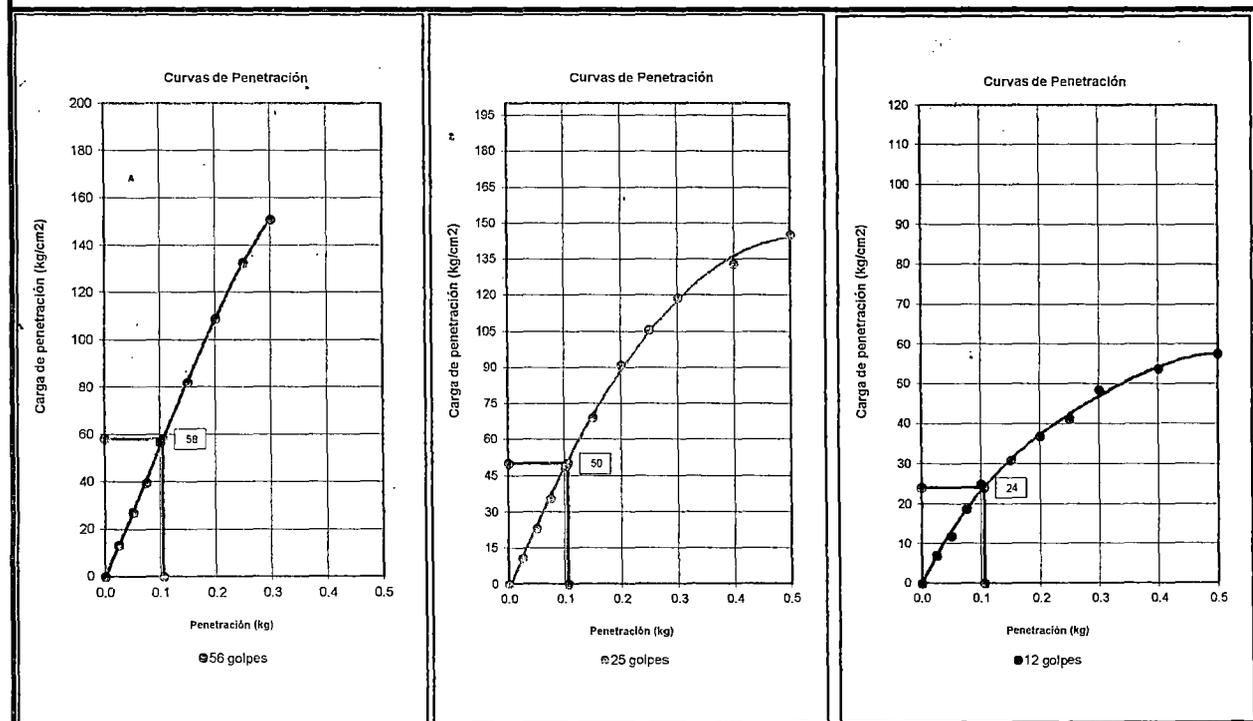
## TESIS: APLICACION DE LA TECNOLOGIA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:	
Procedencia:	170+183 - 171+198		Nº de muestra:	M - 04
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1893 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	

Fecha de ensayo:	03/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
------------------	------------	-----------------	----------------	----------------	---------------------------

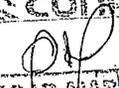
## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

### GRAFICOS DE CBR



Condición de la muestra		saturada
Sobrecarga		Kg/cm <sup>2</sup>
Expansión		0.0%
CBR (95% de la MDS y 0,1" de penetración)		55.0%
CBR (100% de la MDS y 0,1" de penetración)		82.0%
g <sub>s</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0,1"	Nº golpes
2.226	82.5	56
2.177	71.1	25
2.061	34.1	12

Observaciones :

  
**ING. OSCAR MARTÍNEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVEL EN LA CARRETERA LA OROYA  
 HUÁNUCO - TRUJILLO - TACNA - ILO - ILO - ILO (D.V. LOCACHE)

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO

Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			
Cliente: Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	Nº de muestra: M - 04	Fecha de fabricación: 07/07/2011	
ASFALTO: Repsol YPF - Perú	TIPO: 85/100	TEMPERATURA: 160 °C	
AGUA (%): 2.5%	CEMENTO: 1.0%	Relación Expansión: 18.3	Vida Media: 10.0
AGREGADO: Material reciclado en la vía (km. 162+670)			

Fecha de muestreo: 07/07/2011

### FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO

#### Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima

Identificación	Humedad inicial- $W_{air-dry}$ (%)	Humedad Optima - $W_{OMC}$ (%)	Peso		Agua agregada		Agua agregada para el óptimo	
			Humedo - $M_{air-dry}$ (gr)	Seco - $M_s$ (gr)	$W_{add}$ (%)	$M_{agua}$ (gr)	$W_s$ (%)	$M_{plus}$ (gr)
C1	1.06	6.00	10031.0	9925.8	2.94	294.74	3.20	280.38
C2	1.06	6.00	10009.0	9904.0	2.94	294.09	4.88	112.03
C3	1.06	6.00	10000.0	9895.1	2.94	293.83	4.93	107.31
C4	1.06	6.00	10025.0	9919.8	2.94	294.56	4.88	112.23

#### Variación del Contenido de Asfalto

Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)
C1	1.0	99.26	1.5	150.4	1.66
C2	1.0	99.04	2.0	200.1	2.21
C3	1.0	98.95	2.5	249.9	2.77
C4	1.0	99.20	3.0	300.6	3.33

#### Contenido de Humedad de la muestra preparada

Identificación	Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)
C1	1	119.4	1121.4	1090.3	3.20
C2	2	98.2	1112.6	1065.4	4.88
C3	3	109.9	1128.0	1080.2	4.93
C4	4	122.1	1112.9	1066.8	4.88

$$M_s = \frac{M_{air-dry}}{1 + \left(\frac{W_{air-dry}}{100}\right)}$$

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{air-dry}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

$W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$W_{add} = 1 + (0.5W_{OMC} - W_{air-dry}) \quad W_{add} = \text{Agua agregada a la muestra (\%)}$$

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

$W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$M_{agua} = \left(\frac{W_{add}}{100}\right) \times (M_s + M_{cemento})$$

$W_{add}$  = Agua agregada a la muestra (%)  
 $M_{agua}$  = Masa de agua agregada (gr)

$M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$$M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_s) \times (M_s + M_{cemento})}{100}$$

$W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)  
 $W_s$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)  
 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

$M_{cemento}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$M_{plus}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)

**CONALVIAS**

ING. STANLEY MARTINEZ PILLDO  
PROCESADOR EN SUELOS Y FUNDAMENTOS  
CONSEJERÍA REGIONAL DE LA CARRETERA LA OROYA  
AV. MARCA 1700 MARIA EMP. SN (DV TOCACHE)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	07/07/2011
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas				
ASFALTO:	Repsol YPF - Perú 85/100	CEMENTO:	1.0%		
Agua (%):	2.5%	Relación Expansión:	10.0	Vida Media (s):	18.3
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 170+183 - 171+198)				

Fecha Extracción: 08/07/2011 8:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 11/07/2011 8:30:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 12/07/2011 10:42:00 a.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	1.5	6.210	10.260	1168.9	1138.9	2.218	392.0		383.8		
Diseño	1.5	6.330	10.150	1172.8	1134.5	2.215	401.0		389.4		
Diseño	1.5	6.350	10.170	1171.1	1139.6	2.209	422.0		407.7		
Diseño	1.5	6.140	10.270	1168.1	1136.7	2.235		266.0		263.2	
Diseño	1.5	6.190	10.300	1168.3	1131.2	2.193		274.0		268.1	
Diseño	1.5	6.320	10.180	1171.2	1134.8	2.206		283.0		274.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.213	405.0	274.3	393.6	268.6	68.2
Diseño	2.0	6.200	10.290	1167.4	1137.7	2.207	363.0		355.0		
Diseño	2.0	6.400	10.160	1175.8	1143.9	2.205	430.0		412.6		
Diseño	2.0	6.390	10.140	1175.2	1145.7	2.220	468.0		450.6		
Diseño	2.0	6.500	10.170	1174.2	1143.5	2.166		262.0		247.3	
Diseño	2.0	6.360	10.170	1179.7	1150.7	2.227		342.0		329.9	
Diseño	2.0	6.360	10.170	1176.2	1146.9	2.220		308.0		297.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.207	420.3	304.0	406.1	291.4	71.8
Diseño	2.5	6.310	10.280	1178.7	1147.9	2.192	523.0		503.0		
Diseño	2.5	6.270	10.300	1178.7	1148.4	2.198	489.0		472.4		
Diseño	2.5	6.460	10.110	1175.2	1147.6	2.213	523.0		499.6		
Diseño	2.5	6.230	10.270	1172.1	1147.1	2.223		350.0		341.3	
Diseño	2.5	6.370	10.150	1175.2	1146.1	2.224		405.0		390.8	
Diseño	2.5	6.200	10.300	1178.3	1147.7	2.222		397.0		387.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.212	511.7	384.0	491.7	373.3	75.9

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS**

  
**ING. OSCAR MARTINEZ PALIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSEJO NACIONAL DE INGENIEROS DE LA CARRETERA LA OROYA  
 40000000 - LIMA - PERU

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	07/07/2010
Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas				
ASFALTO:	Repsol YPF - Perú 85/100	CEMENTO:	1.0%		
agua (%):	2.5%	Relación Expansión:	10.0	Vida Media (s):	18.3
REGADO:	Material reciclado en la vía (km. 170+183 - 171+198)				

Fecha Extracción: 08/07/2010 8:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 11/07/2010 8:30:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 12/07/2010 10:42:00 a.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	3.0	6.360	10.170	1174.6	1147.7	2.221	422.0		407.0		
Diseño	3.0	6.540	10.160	1189.9	1162.2	2.192	426.0		400.0		
Diseño	3.0	6.420	10.150	1175.0	1145.5	2.205	338.0		323.6		
Diseño	3.0	6.460	10.160	1173.5	1144.2	2.185		354.0		336.5	
Diseño	3.0	6.430	10.180	1174.1	1147.9	2.193		300.0		285.9	
Diseño	3.0	6.410	10.170	1174.6	1146.8	2.202		308.0		294.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.200	395.3	320.7	376.9	305.7	81.1

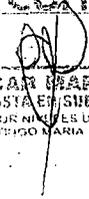


$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS**

  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA  
 HUANCILLO - TRIGO MARIA - EMP. EN INV. TOCACHI

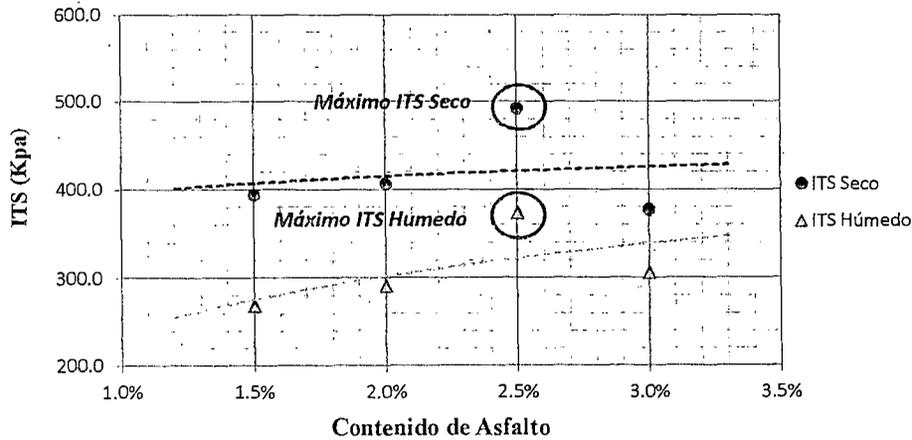
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:	
Contratista :		GRAFICA PARA OBTENER EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO		Certificado :	
Procedencia:	170+183 - 171+198			N° de muestra :	M - 04
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO			Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	07/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas A.

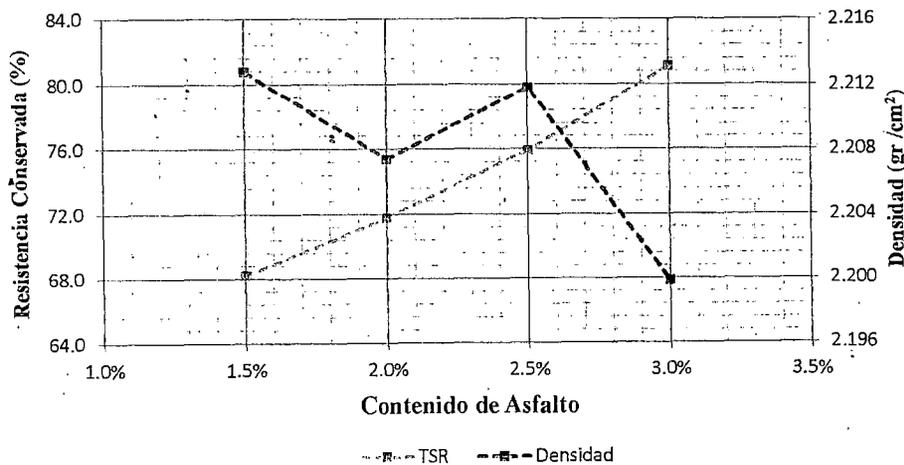
**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

% Asfalto Añadido	Densidad seca (g/cm³)	Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
		Seca	Húmeda	
1.5%	2.213	393.6	268.6	68.2
2.0%	2.207	406.1	291.4	71.8
2.5%	2.212	491.7	373.3	75.9
3.0%	2.200	376.9	305.7	81.1

**ITS vs Contenido de Asfalto**



**TSR y Densidad vs Contenido de Asfalto**



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA = 160 °C      V.M = 10.0      % DE ASFALTO = 2.5%  
 % DE AGUA = 2.5%      R.E = 18.3

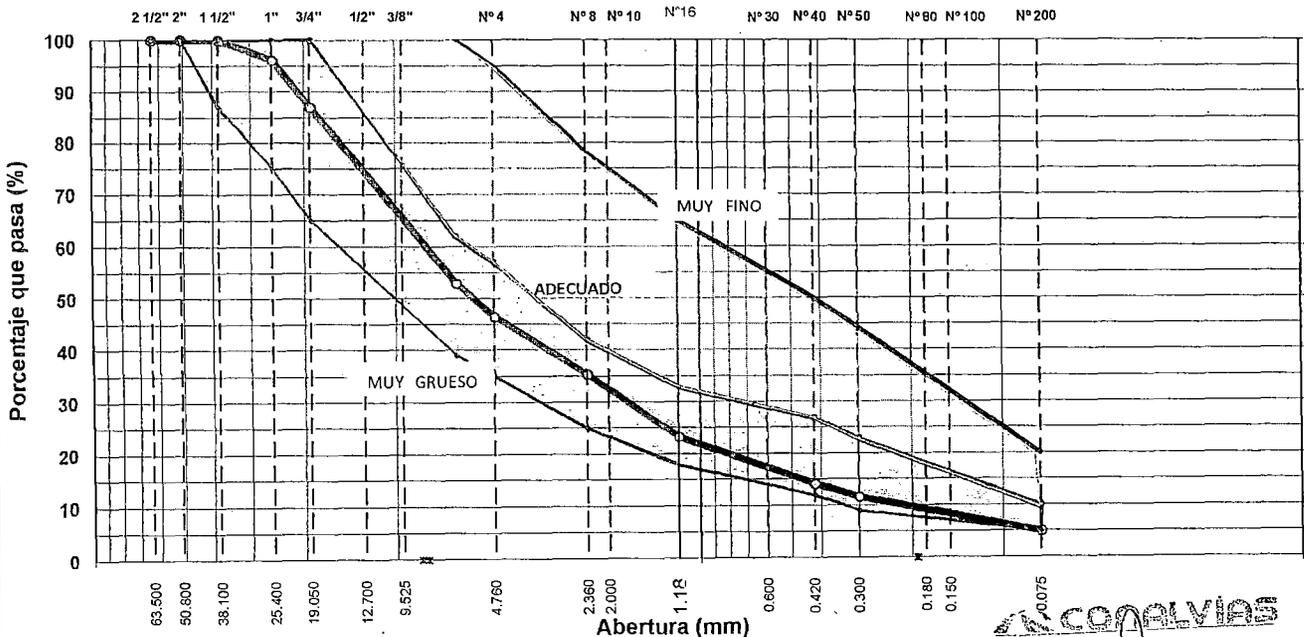
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Ciente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01	
Contralista :		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:		
Procedencia:	km. 162+670		Nº de muestra :	M - 02	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	25/07/2011	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	29,768.0	gr			
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO	=	28283.2	gr			
2"	50.800		0.0	0.0	100.0	100 - 100	PESO FINO	=	1,027.4	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	20.33	%			
1"	25.400	1,157.0	3.9	3.9	96.1	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	16.19	%			
3/4"	19.050	2,715.0	9.1	13.0	87.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	4.14	%			
1/2"	12.700	3,762.0	12.6	25.7	74.4		CLASF. AASHTO	=	A-1-a	(0)			
3/8"	9.525	2,860.0	9.6	35.3	64.7		CLASF. SUCCS	=	SP				
1/4"	6.350	3,518.0	11.8	47.1	52.9	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,913.0	6.4	53.5	46.5	35 - 57		29768.0	28283.2	5.0			
# 8	2.360	246.6	11.2	64.67	35.3	25 - 42	% Grava	=	53.5	%			
# 10	2.000	70.4	3.2	67.9	32.1		% Arena	=	41.5	%			
# 16	1.180	196.0	8.9	76.7	23.3	18 - 33							
# 20	0.850	51.4	2.3	79.1	20.9								
# 30	0.600	57.9	2.6	81.7	18.3		% Fino	=	5.0	%			
# 40	0.420	92.5	4.2	85.9	14.1	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300	55.8	2.5	88.4	11.6	9 - 23		926.0	882.0	5.0%			
# 80	0.180	81.8	3.7	92.1	7.9		OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	10.7	0.5	92.6	7.4								
# 200	0.075	54.1	2.5	95.0	5.0	5 - 10							
< # 200	FONDO	110.2	5.0	100.0	0.0								
FRACCIÓN		1,027.4					Coef. Uniformidad	41		Índice de Consistencia			
TOTAL		29,768.0					Coef. Curvatura	45.3		3.7			
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada						Pot. de Expansión	Bajo		Estable			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-03	
Contratista:		<b>LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 162+670		Nº de Muestra:	M - 02	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	<b>ASTM D 4318</b>	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de Muestreo:	25/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero
Tramo y/o Línea que abarca:					

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

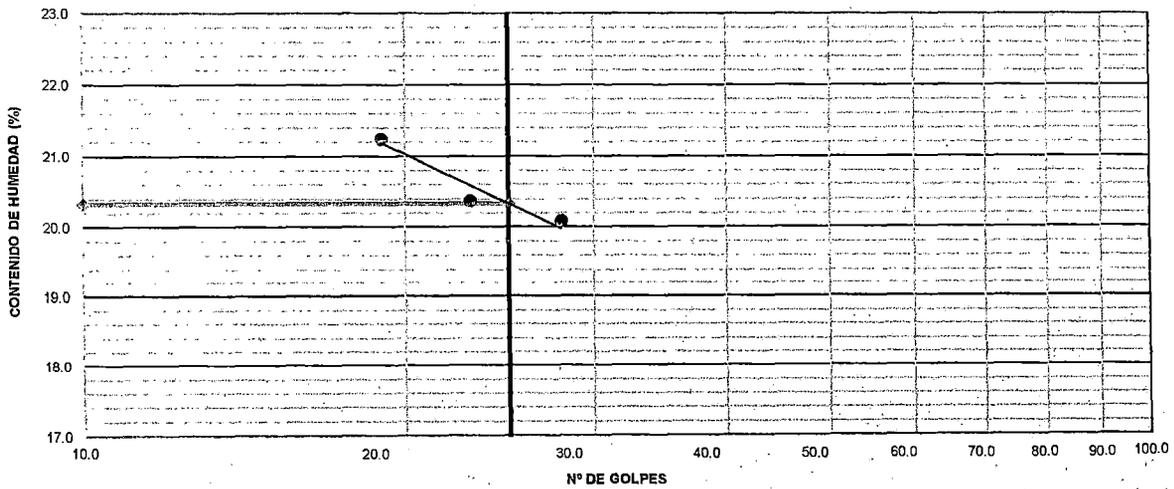
**LÍMITE LÍQUIDO**

Nº TARRO	21	22	23
TARRO + SUELO HÚMEDO	58.87	77.92	59.77
TARRO + SUELO SECO	53.76	70.83	52.57
AGUA	5.11	7.09	7.20
PESO DEL TARRO	28.32	36.03	18.68
PESO DEL SUELO SECO	25.44	34.80	33.89
% DE HUMEDAD	20.09	20.37	21.25
Nº DE GOLPES	28	23	19

**LÍMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO	11	12
TARRO + SUELO HÚMEDO	25.48	23.39
TARRO + SUELO SECO	23.32	21.70
AGUA	2.16	1.69
PESO DEL TARRO	10.37	10.93
PESO DEL SUELO SECO	12.95	10.77
% DE HUMEDAD	16.68	15.69

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	20.33
LÍMITE PLÁSTICO	16.19
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	4.14

**OBSERVACIONES**

--

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-04
Contratista :		ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS	Certificado :	
Procedencia:	km. 162+670		Nº de muestra :	M - 02
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	MTC E 114 - 2000	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	25/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

Tramo y/o  
Linea que abarca:

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

Nº de Ensayo	1	2	3
Hora de entrada a saturación	16:17	16:19	16:21
Hora de salida de saturación	16:27	16:29	16:31
Hora de entrada de decantación	16:29	16:31	16:33
Hora de salida de decantación	16:49	16:51	16:53
Altura máxima del material fino	11.0	10.4	10.7
Altura máxima de la arena	3.3	3.3	3.2
Equivalente de Arena	30.0	31.7	29.9
<b>Equivalente de Arena promedio (%)</b>	<b>31</b>		

**OBSERVACIONES:**

Material pasante del tamiz N° 4

CONALVIAS

  
 ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
 ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS  
 CARRERA DE INGENIERIA DE LA CONSTRUCCION  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC-CON-05
Contratista :		COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA	Certificado	
Procedencia:	km. 162+670		Nº de muestra:	M - 02
Ubic. del muestreo :	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1557	Clase de Material :	RECICLADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	25/07/2011	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

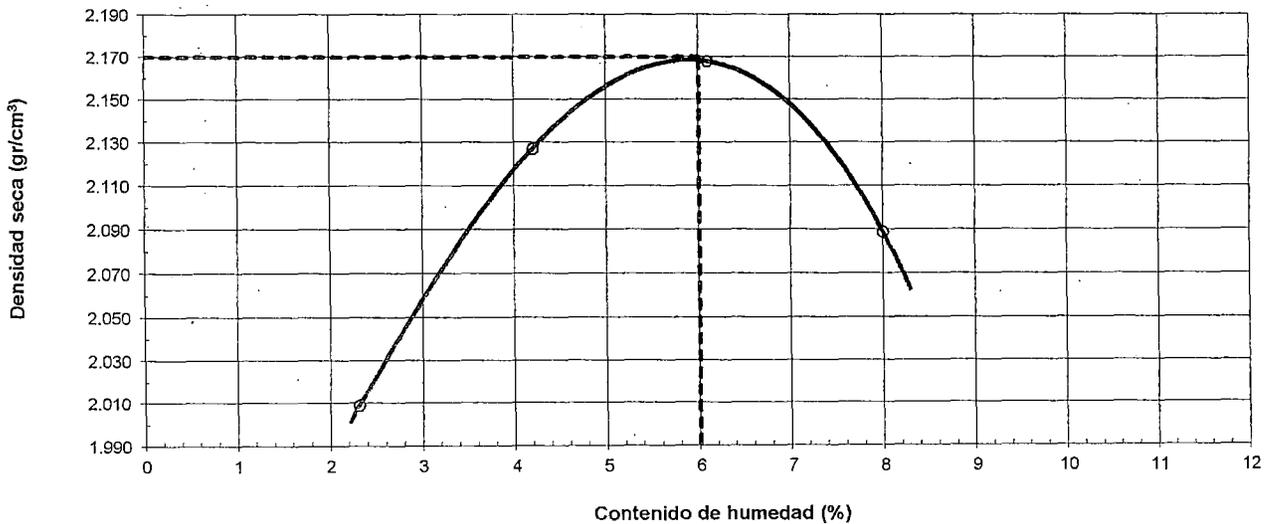
METODO DE COMPACTACION : **C**

Peso suelo + molde	g	10,498	10,840	11,018	10,923
Peso molde	g	6,132	6,132	6,132	6,132
Peso suelo húmedo compactado	g	4,366	4,708	4,886	4,791
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,124	2,124	2,124	2,124
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.056	2.217	2.300	2.256
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	523.2	746.8	726.0	732.3
Peso del suelo seco + tara	g	511.4	716.7	684.3	678.1
Tara	g				
Peso de agua	g	11.8	30.1	41.7	54.2
Peso del suelo seco	g	511.4	716.7	684.3	678.1
Contenido de agua	%	2.31	4.20	6.09	7.99
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	2.009	2.127	2.168	2.089

M.D.S. (g/cm<sup>3</sup>) **2.168**  
O.C.H. (%) **6.09**

M.D.S. Corregida (g/cm<sup>3</sup>) **2.170**  
O.C.H. Corregido (%) **6.0**

### RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

---



---



---

CONALVIAS

ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSEJERÍA REGIONAL DE LA CARRETERA LA GROVA  
HUARILLO, PERÚ. TEL: 051 (0) 94 400 400

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07	
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:		
Procedencia:	km. 162+670		Nº de muestra:	M - 02	
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE	
Fecha de muestreo:	25/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado	sin saturar	saturado
Peso molde + suelo húmedo	12770	12778	12355	12489	12020	12095
Peso molde	7860	7860	7714	7714	7494	7494
Volumen molde	2132	2132	2119	2119	2125	2125
Suelo húmedo	4910	4918	4641	4775	4526	4601
Densidad Húmeda	2.303	2.307	2.190	2.253	2.130	2.165
Densidad Seca	2.173	2.176	2.075	2.133	2.017	2.028
Peso suelo húmedo + tara	659.8	539.2	751.0	550.9	885.3	552.4
Peso suelo seco + tara	622.6	508.6	711.6	521.5	838.4	517.4
Tara						
Peso de agua	37.2	30.6	39.4	29.4	46.9	35
Peso de suelo seco	622.6	508.6	711.6	521.5	838.4	517.4
Humedad	5.97	6.02	5.54	5.64	5.59	6.76

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				MM.	%		MM.	%		MM.	%
<b>SIN EXPANSIÓN</b>											

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	CARGA STAND Kg/cm <sup>2</sup>	56 golpes		25 golpes		12 golpes	
		Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>	Carga / Kg	Kg/cm <sup>2</sup>
0.000			0		0		0
0.025		12	4	10	4	6	3
0.050		45	13	24	8	11	4
0.075		96	27	41	12	17	6
0.100	70.3	136	38	58	17	23	7
0.150		210	58	90	25	37	11
0.200	105.5	355	97	122	34	52	15
0.250		430	117	154	43	70	20
0.300		511	139	184	51	86	24
0.400				213	59	103	29
0.500				244	67	119	33

Observaciones :



  
**ING. OSCAR MARTINEZ RUILO**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 INGENIERO EN JEFE DEL LABORATORIO DE  
 RUANUCO - 11800 - 00004 - EMP. SV (DV TOC ACH)

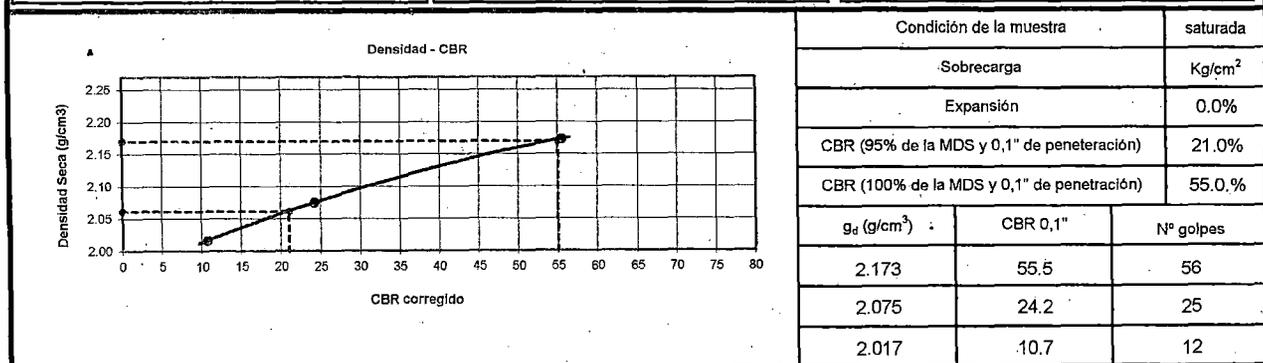
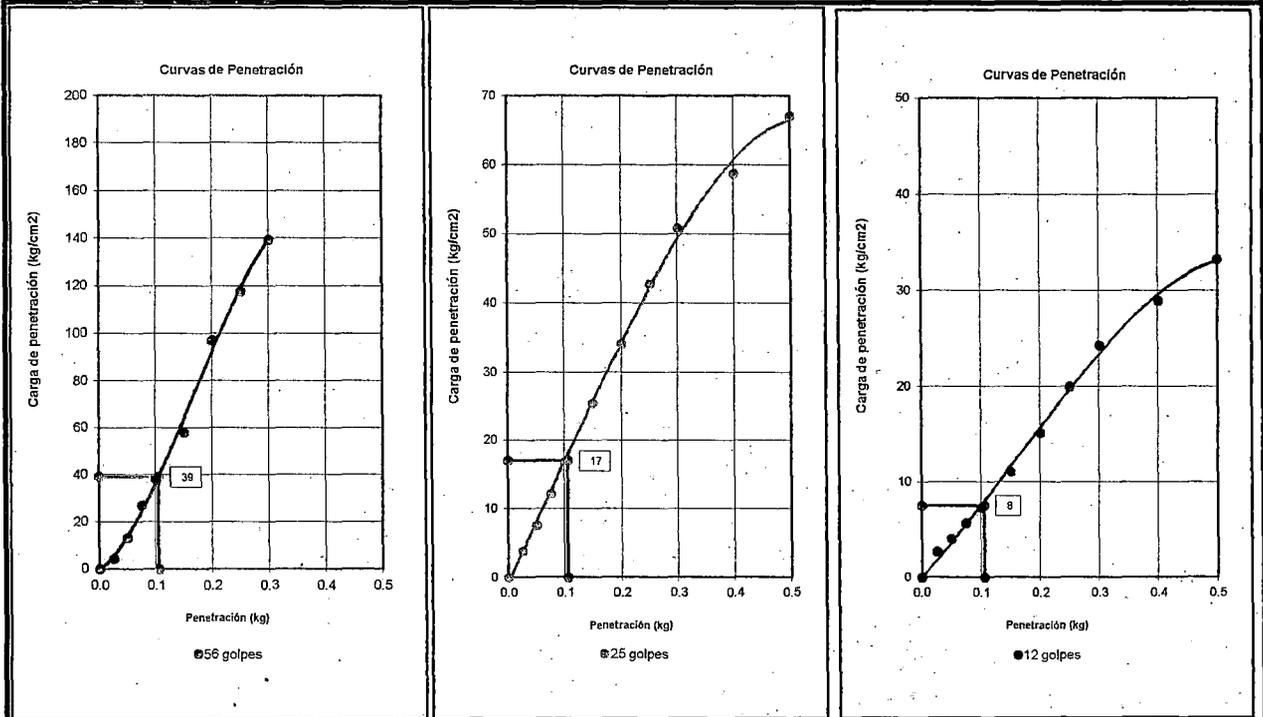
## TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Cliente:	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-07
Contratista:		<b>ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO</b>	Certificado:	
Procedencia:	km. 162+670		Nº de muestra:	M - 02
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO	ASTM D 1883 - MTC E 132 - 2000	Clase de Material:	RECICLADO RAP. + BASE

Fecha de ensayo:	25/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero
------------------	------------	-----------------	----------------	----------------	---------------------------

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### GRAFICOS DE CBR



Observaciones :

**CONALVIAS**

*[Signature]*

**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CORRECTOR DE FONDOS DE LA CARRETERA LA OROYA  
(SU PUNTO DE PARTIDA ES EN LA CARRETERA LA OROYA EN EL KM. 162+670)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**
**MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO**

Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU					
Cliente: Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas			Nº de muestra: M - 02		Fecha de fabricación: 25/07/2011
ASFALTO: Repsol YPF - Perú		TIPO: 85/100	TEMPERATURA: 160 °C		Relación Expansión: 18.3
AGUA (%): 2.5%		CEMENTO: 1.0%	Vida Media: 10.0		
AGREGADO: Material reciclado en la vía (km. 162+670)					

Fecha de muestreo: 25/07/2011

**FABRICACION DE MEZCLAS CON ASFALTO ESPUMADO**
**Variación del Contenido de Agua para alcanzar el contenido de Humedad óptima**

Identificación	Humedad inicial - $W_{air-dry}$ (%)	Humedad Óptima - $W_{OMC}$ (%)	Peso Humedo - $M_{air-dry}$ (gr)	Peso Seco - $M_s$ (gr)	Agua agregada		Agua agregada para el óptimo	
					$W_{adi}$ (%)	$M_{agua}$ (gr)	$W_s$ (%)	$M_{plus}$ (gr)
C1	1.05	6.00	10000.0	9896.1	2.95	294.85	3.69	230.71
C2	1.05	6.00	10007.0	9903.0	2.95	295.06	3.83	216.97
C3	1.05	6.00	10012.0	9908.0	2.95	295.21	3.56	244.42
C4	1.05	6.00	10000.0	9896.1	2.95	294.86	3.66	233.40

**Variación del Contenido de Asfalto**

Identificación	Cemento Portland (%)	Peso Cemento Portland (gr)	Asfalto (%)	Peso Asfalto (gr)	Tiempo de Inyección (s)
C1	1.0	98.96	1.5	149.9	1.66
C2	1.0	99.03	2.0	200.0	2.21
C3	1.0	99.08	2.5	250.2	2.77
C4	1.0	99.08	3.0	299.9	3.32

**Contenido de Humedad de la muestra preparada**

Identificación	Muestra Nº	Peso Recipiente (gr)	Peso Recip + Mezcla (gr)	Peso Recip + Mezcla Seca (gr)	Humedad (%)
C1	1	115.3	1112.4	1076.9	3.69
C2	2	98.3	1122.8	1085.0	3.83
C3	3	116.4	1123.6	1089.0	3.56
C4	4	104.2	1122.5	1086.5	3.66

$$M_s = \frac{M_{air-dry}}{1 + \left(\frac{W_{air-dry}}{100}\right)}$$

 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{air-dry}$  = Masa seca al aire de la muestra (gr)

 $W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$W_{adi} = 1 + (0.5W_{OMC} - W_{air-dry})$$

 $W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)

 $W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)

 $W_{air-dry}$  = Contenido de humedad de la muestra seca al aire (%)

$$M_{agua} = \left(\frac{W_{adi}}{100}\right) \times (M_s + M_{cement})$$

 $W_{adi}$  = Agua agregada a la muestra (%)  
 $M_{agua}$  = Masa de agua agregada (gr)

 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{cement}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

$$M_{plus} = \frac{(W_{OMC} - W_s) \times (M_s + M_{cement})}{100}$$

 $W_{OMC}$  = Contenido de humedad óptimo (%)  
 $W_s$  = Contenido de humedad de la muestra preparada (%)  
 $M_s$  = Masa seca de la muestra (gr)

 $M_{cement}$  = Masa de cal o cemento requerido (gr)

 $M_{plus}$  = Masa de agua requerida para que la muestra alcance el contenido de humedad óptimo (gr)



  
**ING. OSCAR MARTINEZ PULIDO**  
 ESPECIALISTA EN ASFALTOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION FEDERAL DE LA CARRETERA L.C. OROYA  
 HUAFUQUE TIRUCAMARCA EMP. SP (DV. LOCAL)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
 EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS  
 ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

<b>Empresa:</b> CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU	<b>Fecha de fabricación:</b> 25/07/2011
<b>Cliente:</b> Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	
<b>ASFALTO:</b> Repsol YPF - Perú 85/100	<b>CEMENTO:</b> 1.0%
<b>Agua (%):</b> 2.5%	<b>Relación Expansión:</b> 10.0
	<b>Vida Media (s):</b> 18.3
<b>AGREGADO:</b> Material reciclado en la vía (km. 162+670)	

<b>Fecha Extracción:</b> 26/07/2011 9:00:00	<b>Fecha de ensayo probetas en condición seca:</b> 29/07/2011 9:00:00 a.m.
	<b>Fecha de ensayo probetas condición saturada:</b> 30/07/2011 11:10:00 a.m.

**Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada**

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	1.5	6.600	10.160	1173.2	1154.5	2.158	654.0		608.5		
Diseño	1.5	6.580	10.170	1174.9	1152.9	2.157	574.0		535.1		
Diseño	1.5	6.420	10.280	1173.9	1151.4	2.161	578.0		546.4		
Diseño	1.5	6.670	10.170	1183.1	1162.1	2.145		502.0		461.7	
Diseño	1.5	6.750	10.180	1185.3	1166.7	2.124		388.0		352.3	
Diseño	1.5	6.720	10.150	1170.8	1148.9	2.113		452.0		413.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.143	602.0	447.3	563.3	409.1	72.6
Diseño	2.0	6.620	10.180	1170.6	1151.3	2.137	498.0		461.0		
Diseño	2.0	6.620	10.190	1175.1	1153.8	2.137	519.0		480.0		
Diseño	2.0	6.660	10.220	1177.0	1155.5	2.115	616.0		564.6		
Diseño	2.0	6.760	10.130	1184.5	1163.9	2.136		418.0		380.8	
Diseño	2.0	6.740	10.170	1192.2	1169.8	2.137		557.0		507.0	
Diseño	2.0	6.750	10.170	1186.0	1165.5	2.126		536.0		487.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.131	544.3	503.7	501.9	458.3	91.3
Diseño	2.5	6.880	10.170	1177.2	1158.4	2.073	570.0		508.2		
Diseño	2.5	6.810	10.180	1175.7	1156.6	2.087	540.0		486.0		
Diseño	2.5	6.750	10.200	1174.5	1155.4	2.095	540.0		489.3		
Diseño	2.5	6.780	10.160	1177.2	1157.7	2.106		447.0		404.8	
Diseño	2.5	6.840	10.140	1173.1	1154.8	2.091		409.0		367.9	
Diseño	2.5	6.850	10.190	1173.1	1154.8	2.067		506.0		452.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.086	550.0	454.0	494.5	408.3	82.6

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
 P = Máxima Carga Aplicada (kN)  
 h = Altura promedio probeta (cm)  
 d = Diámetro de la probeta (cm)

  
 ING. JORGE MARTINEZ PULIDO  
 ESPECIALISTA EN PUERTOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION PUNTO A PUNTO DE LA CARRETERA LA OROYA  
 HUANCABAMBA - Tarma - CEP 28100 (TACACHE)

**TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO  
EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

<b>Empresa:</b>	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			<b>Fecha de fabricación:</b>	25/07/2010
<b>Cliente:</b>	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas				
<b>ASFALTO:</b>	Repsol YPF - Perú 85/100	<b>CEMENTO:</b>	1.0%		
<b>Agua (%):</b>	2.5%	<b>Relación Expansión:</b>	10.0	<b>Vida Media (s):</b>	18.3
<b>AGREGADO:</b>	Material reciclado en la vía (km. 162+670)				

<b>Fecha Extracción:</b>	26/07/2010	9:00:00	<b>Fecha de ensayo probetas en condición seca:</b>	29/07/2010	9:00:00 a.m.
			<b>Fecha de ensayo probetas condición saturada:</b>	30/07/2010	11:10:00 a.m.

**Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada**

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Diseño	3.0	6.690	10.190	1176.4	1160.6	2.127	557.0		509.8		
Diseño	3.0	6.700	10.180	1175.6	1158.5	2.124	502.0		459.2		
Diseño	3.0	6.810	10.180	1175.2	1157.6	2.088	511.0		459.9		
Diseño	3.0	6.820	10.110	1174.1	1157.9	2.115		472.0		427.1	
Diseño	3.0	6.830	10.130	1178.1	1161.1	2.109		443.0		399.5	
Diseño	3.0	6.640	10.300	1174.1	1158.4	2.094		502.0		457.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.110	523.3	472.3	476.3	428.2	89.9

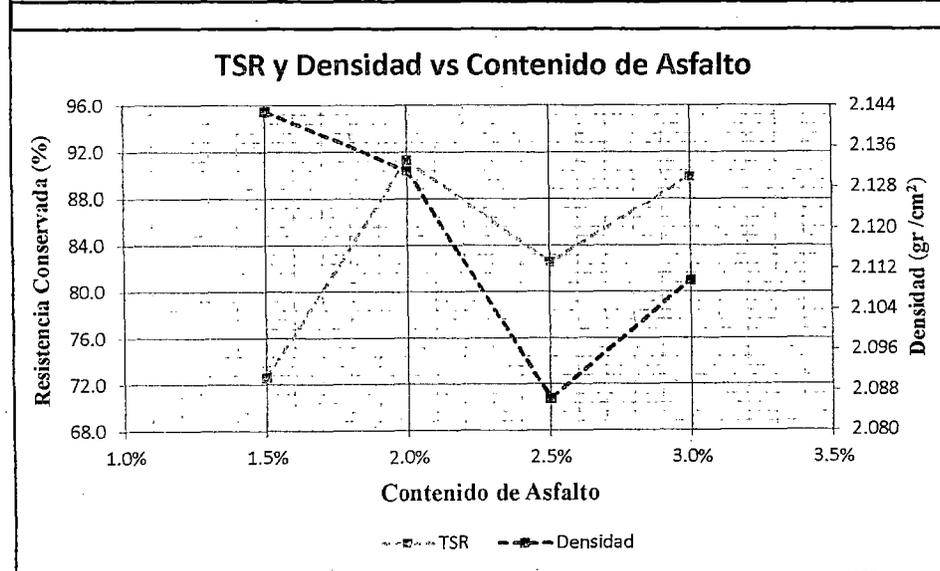
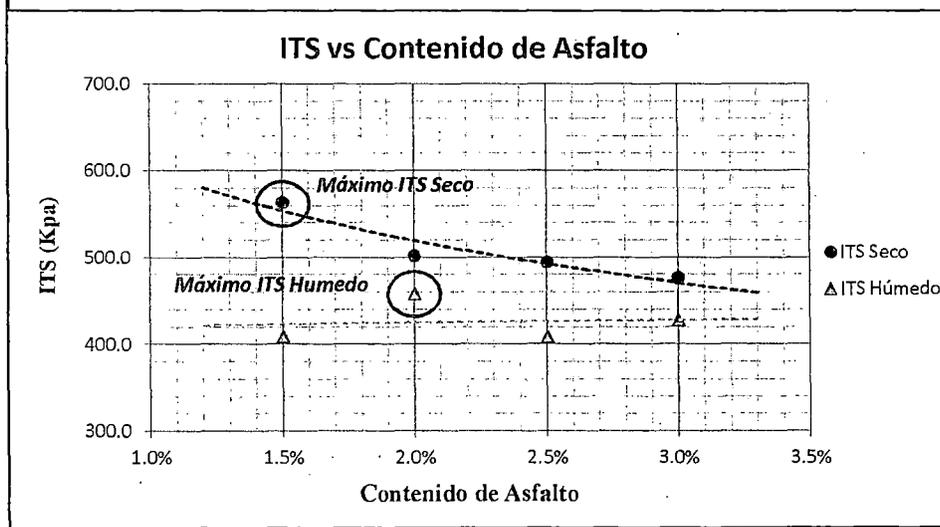
$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$
 ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
 P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
 d = Diámetro de la probeta (cm)

  
**ING. OSCAR MARTINEZ RUILO**  
 ESPECIALISTA EN QUELLOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION PUNIVIALES DE LA PANHETERA LA OROYA  
 HUANCICO TINGOMARI EMP 5N (DV TOCACHE)

TESIS: APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DEL ASFALTO ESPUMADO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS				
Cliente :	Bach. Ing. Marco Antonio Rojas Rojas	CONTROL DE CALIDAD		Formato:
Contratista :		GRAFICA PARA OBTENER EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO		Certificado :
Procedencia:	km. 162+670			N° de muestra :
Ubic. del muestreo:	LADO IZQUIERDO			Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	25/07/2011	Muestreado por:	Elder Julca S.	Procesado por:
				Telesforo Salinas A.
<b>LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO</b>				

% Asfalto Añadido	Densidad seca (g/cm³)	Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
		Seca	Húmeda	
1.5%	2.143	563.3	409.1	72.6
2.0%	2.131	501.9	458.3	91.3
2.5%	2.086	494.5	408.3	82.6
3.0%	2.110	476.3	428.2	89.9



**CONDICIONES ÓPTIMAS:**

TEMPERATURA =	160 °C	V.M =	10.0	% DE ASFALTO =	2.0%
% DE AGUA =	2.5%	R.E =	18.3		

**CONALVIAS**  
ING. OSCAR MARTÍNEZ PULIDO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL PERÚ  
AV. ALMIRANTE BARRALDO 1000 - LIMA

# **ANEXO E**

## ***Ensayos de control en campo***

Proyecto: C ONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN -HUANUCO - TINGO MARIA EMP PE 5N ( DV. TOCACHE )  
 Empresa: CONALVIAS S.A SUCURSAL PERU  
 Cliente: M.T.C. - PROVIAS NACIONAL  
 Asfalto: 85/100 2.50%  
 Material: ESPUMADO RAP. + BASE ( 0.15 m )

Temperatura (°) 160 % Agua: 2.5%  
 Realizado Telesforo Salinas A.

FECHA	TRAMO km	TAMANO MAXIMO	PASANTE	INDICE	CLASIFICACION		EQUIVALENTE	MAX. DENS.	HUMEDAD	C.B.R	DENSIDAD	DENSIDAD	Resistencia I.T.S. (kpa.)		RESISTENCIA
			Nº 200	PLASTICO	SUCS	AASHTO	DE ARENA	SECA	CONO		DENSIMETRO	SECO	HUMEDO	CONSERVADA	
			Pulg.	%	%			gr/cc	%	%			kpa.		%
27/06/2010	180+290 - 180+690	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	34	2.065	6.10	85.00	99.3	-	513.9	319.5	62.2
03/07/2010	179+740 - 180+290	1.1/2"	6.3	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	49	2.109	6.20	-	99.3	99.7	547.3	340.2	62.2
05/07/2010	179+716 - 179+740	1.1/2"	5.5	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	48	2.064	7.00	-	99.1	99.9	539.5	352.0	65.2
06/07/2010	178+580 - 179+176	1.1/2"	5.4	3.7	SP - SM	A-1-a(0)	50	2.092	6.20	-	99.1	99.8	517.8	420.1	81.1
07/07/2010	178+270 - 178+560	1.1/2"	5.2	N.P.	SP	A-2-6(0)	47	2.143	6.80	-	99.1	99.7	445.3	308.7	69.3
08/07/2010	177+740 - 178+270	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	47	2.107	6.50	-	100.0	99.8	439.3	304.0	69.2
09/07/2010	176+685 - 177+740	1.1/2"	5.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	46	2.052	6.60	-	99.5	99.2	569.2	369.7	65.0
10/07/2010	175+718 - 176+685	1.1/2"	5.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	47	2.117	5.90	-	99.0	99.5	517.0	343.2	66.4
17/07/2010	175+453 - 175+718	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	45	2.108	5.70	-	100.0	99.6	406.8	293.3	72.1
19/07/2010	175+453 - 174+906	1.1/2"	5.6	N.P.	SP	A-2-6(0)	46	2.105	5.70	-	99.0	100.3	554.7	294.1	53.0
20/07/2010	174+906 - 174+090	1.1/2"	5.0	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.098	6.10	82.00	99.3	99.7	382.9	218.0	56.9
21/07/2010	174+090 - 173+030	1.1/2"	5.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.087	6.70	-	100.0	100.0	514.2	270.8	52.7
22/07/2010	173+030 - 171+977	1.1/2"	5.7	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.078	6.80	-	100.0	99.5	511.5	329.8	64.5
23/07/2010	171+977 - 171+198	1.1/2"	4.5	N.P.	SP	A-2-6(0)	44	2.096	6.70	-	100.0	100.2	433.2	233.4	53.9
24/07/2010	171+198 - 170+183	1.1/2"	5.3	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	38	2.100	6.60	-	100.0	100.1	365.9	213.7	58.4
26/07/2010	170+183 - 169+130	1.1/2"	5.5	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	35	2.054	6.80	-	100.0	100.1	499.6	292.6	58.6
PROMEDIOS			5.51	3.7	SP - SM	A-2-6(0)	44	2.102	6.39	83.50	99.6	99.9	482.9	305.5	63.2
TRAMO DE PRUEBA															
27/06/2010	180+690 - 180+290	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	34	2.096	6.10	-	99.3	-	514.0	319.5	62.2

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
 Telesforo Salinas Ampudro  
 LABORATORISTA  
 CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU

Obr. 835 Fecha 27-06-10  
 Localización: Pavedura Especial RAP  
 Cumple  No Cumple   
 Nombre del Ing. William Galvis C  
 Firma del Ing. *[Firma]*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
 ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA -  
 HUANUCO-TINGO MARIA-EMP. SN (DV. TOCACHE)

# TRAMO DE PRUEBA

Km. 180+290 al 180+690

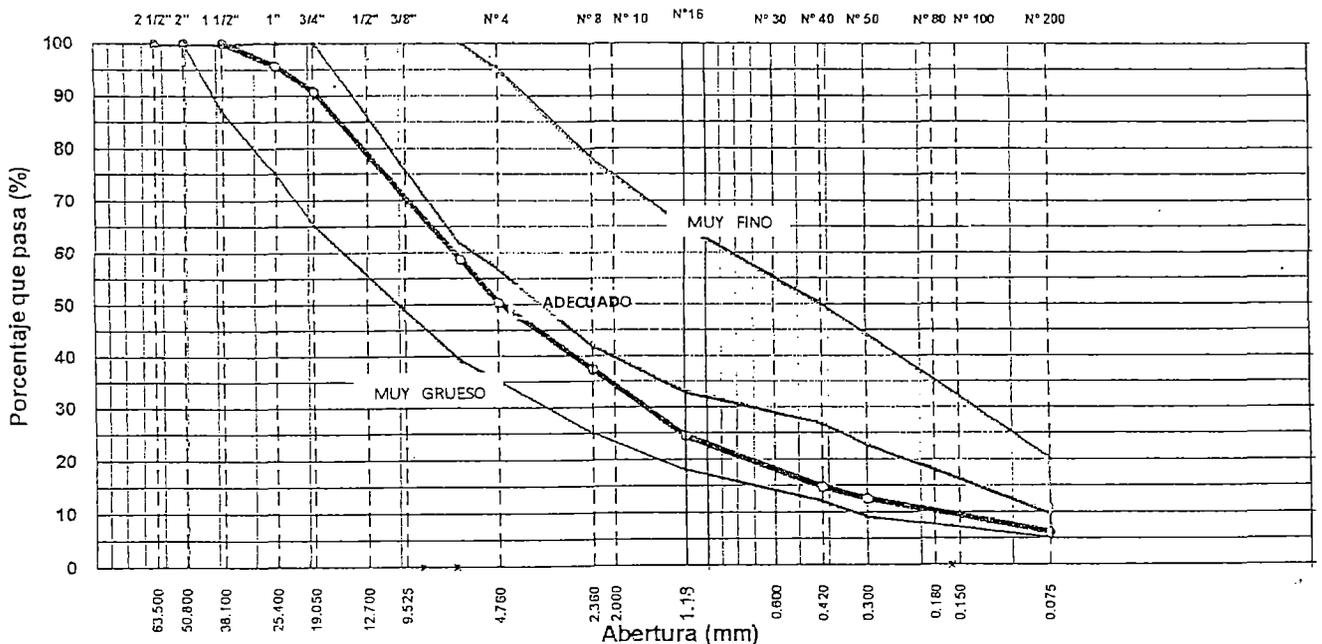
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	
Procedencia:	km. 180+290 - 180+690		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	27/05/2010	TRAMO DE PRUEBA	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
3"	76.200						PESO TOTAL	=	20,244.0	gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	18990.6	gr				
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,078.3	gr				
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	27.58	%				
1"	25.400	879.0	4.3	4.3	95.7	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%				
3/4"	19.050	1,009.0	5.0	9.3	90.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%				
1/2"	12.700	2,028.0	10.0	19.3	80.7		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[ 0 ]				
3/8"	9.525	1,967.0	9.7	29.1	70.9		CLASF. SUCCS	=	SP - SM					
1/4"	6.350	2,493.0	12.3	41.4	58.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200				
# 4	4.760	1,668.0	8.2	49.6	50.4	35 - 57		20244.0	18990.6	6.2				
# 8	2.360	277.3	13.0	62.57	37.4	25 - 42	% Grava	=	49.6	%				
# 10	2.000	63.2	3.0	65.5	34.5		% Arena	=	44.2	%				
# 16	1.180	213.1	10.0	75.5	24.5	18 - 33								
# 20	0.850													
# 30	0.600	95.9	4.5	80.0	20.0		% Fino	=	6.2	%				
# 40	0.420	110.8	5.2	85.1	14.9	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H	P.S.S	% Humedad				
# 50	0.300	47.4	2.2	87.4	12.6	9 - 23		926.0	882.0	5.0%				
# 80	0.180	65.5	3.1	90.4	9.6		OBSERVACIONES:							
# 100	0.150	17.9	0.8	91.3	8.7									
# 200	0.075	54.7	2.6	93.8	6.2	5 - 10								
< # 200	FONDO	132.5	6.2	100.0	0.0									
FRACCIÓN		1,078.3					Coef. Uniformidad		41		Índice de Consistencia			
TOTAL		20,244.0					Coef. Curvatura		68.2				-	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión		Bajo				-

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*[Firma manuscrita]*

ING. WALTER GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
HUANUCO, TINGO MARIA - EMP. SN (DV. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	27/06/2010
Cliente:	M.T.C.					
ASFALTO:	85/100	2.5				
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62	
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 180+290 - 180+690)					

Fecha Extracción	28/06/2010	13:00:00	Fecha de ensayo probetas en condición seca:	01/07/2010	1:00:00 p.
			Fecha de ensayo probetas condición saturada	02/07/2010	2:30:00 p.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.420	10.150	1165.2	1142.0	2.198	608.0		582.1		
Franja Izquierda	2.5	6.480	10.160	1169.4	1147.0	2.183	460.0		435.9		
Franja Izquierda	2.5	6.480	10.140	1164.7	1141.3	2.181	502.0		476.6		
Franja Izquierda	2.5	6.360	10.150	1166.3	1142.8	2.221		342.0		330.5	
Franja Izquierda	2.5	6.420	10.180	1165.2	1143.3	2.188		333.0		317.9	
Franja Izquierda	2.5	6.430	10.160	1164.8	1141.4	2.190		309.0		295.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.193	523.3	328.0	498.2	314.5	63.1
Franja Central	2.5	6.480	10.180	1169.0	1143.0	2.167	624.0		590.2		
Franja Central	2.5	6.510	10.160	1170.4	1146.1	2.172	502.1		473.6		
Franja Central	2.5	6.450	10.160	1152.9	1135.2	2.171	561.0		534.1		
Franja Central	2.5	6.450	10.160	1176.0	1148.7	2.197		325.0		309.4	
Franja Central	2.5	6.450	10.160	1170.4	1144.9	2.189		316.0		300.8	
Franja Central	2.5	6.510	10.160	1147.2	1154.8	2.188		320.0		301.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.181	562.4	320.3	532.6	304.0	57.1
Franja Derecha	2.5	6.460	10.170	1180.0	1155.1	2.201	468.4		444.8		
Franja Derecha	2.5	6.490	10.170	1176.2	1150.8	2.183	637.1		602.2		
Franja Derecha	2.5	6.970	10.091	1174.1	1166.0	2.092	548.0		486.1		
Franja Derecha	2.5	6.490	10.140	1181.5	1159.6	2.213		384.0		364.0	
Franja Derecha	2.5	6.600	10.150	1187.7	1162.0	2.176		354.0		329.7	
Franja Derecha	2.5	6.951	10.102	1164.7	1159.5	2.082		367.0		326.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.158	551.2	368.3	511.0	339.9	66.5
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.177			514.0	319.5	62.2

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)

h = Altura promedio probeta (cm)

  
**ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO**  
 ESPECIALISTA EN OBRAS Y PAVIMENTOS  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU

M.T.C.

Fecha de fabricación: 03/07/2010

O:	85/100	2.5								
	2.5		Relación Expansión	18.7		Vida Media (s)	10.62			

ADO: Material reciclado en la vía (km. 179+740 - 180+290)

Tracción 04/07/2010 8:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 07/07/2010 8:00:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada 08/07/2010 8:00:00 a.m.

Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Int.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
zquierda	2.5	6.820	10.180	1182.9	1149.0	2.070	435.0		390.9		
zquierda	2.5	6.500	10.190	1172.8	1141.2	2.153	624.0		587.8		
zquierda	2.5	6.660	10.160	1188.7	1158.3	2.145	705.0		650.0		
zquierda	2.5	6.720	10.160	1179.6	1147.9	2.107		338.0		308.9	
zquierda	2.5	6.550	10.190	1173.7	1144.8	2.143		308.0		287.9	
zquierda	2.5	6.710	10.170	1185.5	1154.5	2.118		346.0		316.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.123	588.0	330.7	542.9	304.4	56.1

Central	2.5	6.720	10.180	1174.5	1149.7	2.102	570.0		519.8		
Central	2.5	6.480	10.170	1173.8	1147.7	2.180	667.0		631.4		
Central	2.5	6.490	10.160	1165.3	1140.2	2.167	620.0		586.6		
Central	2.5	6.570	10.170	1169.1	1141.8	2.139		396.7		370.4	
Central	2.5	6.480	10.200	1162.6	1135.9	2.145		422.0		398.3	
Central	2.5	6.500	10.160	1154.3	1141.2	2.166		409.0		386.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.150	619.0	409.2	579.3	385.0	66.5

Derecha	2.5	6.610	10.140	1173.0	1145.3	2.146	498.0		463.5		
Derecha	2.5	6.730	10.160	1184.9	1162.7	2.131	633.0		577.6		
Derecha	2.5	6.710	10.140	1180.3	1165.7	2.151	565.0		518.1		
Derecha	2.5	6.730	10.150	1176.1	1154.9	2.121		367.0		335.2	
Derecha	2.5	6.710	10.140	1177.4	1155.1	2.132		354.0		324.6	
Derecha	2.5	6.650	10.120	1169.8	1160.2	2.169		360.0		333.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.142	565.3	360.3	519.7	331.2	63.7

<b>PROMEDIO PISTA</b>	<b>2.138</b>	<b>547.3</b>	<b>340.2</b>	<b>62.2</b>
-----------------------	--------------	--------------	--------------	-------------

$$= \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*Adrián A.*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

ING. WILLIAM CALVO CASTILLO  
COMPUTACIÓN, ELÉCTRICIDAD Y PAVIMENTOS  
INGENIERÍA DE TRÁNSITO Y TRÁNSITO URBANO  
INGENIERÍA DE TRÁNSITO URBANO

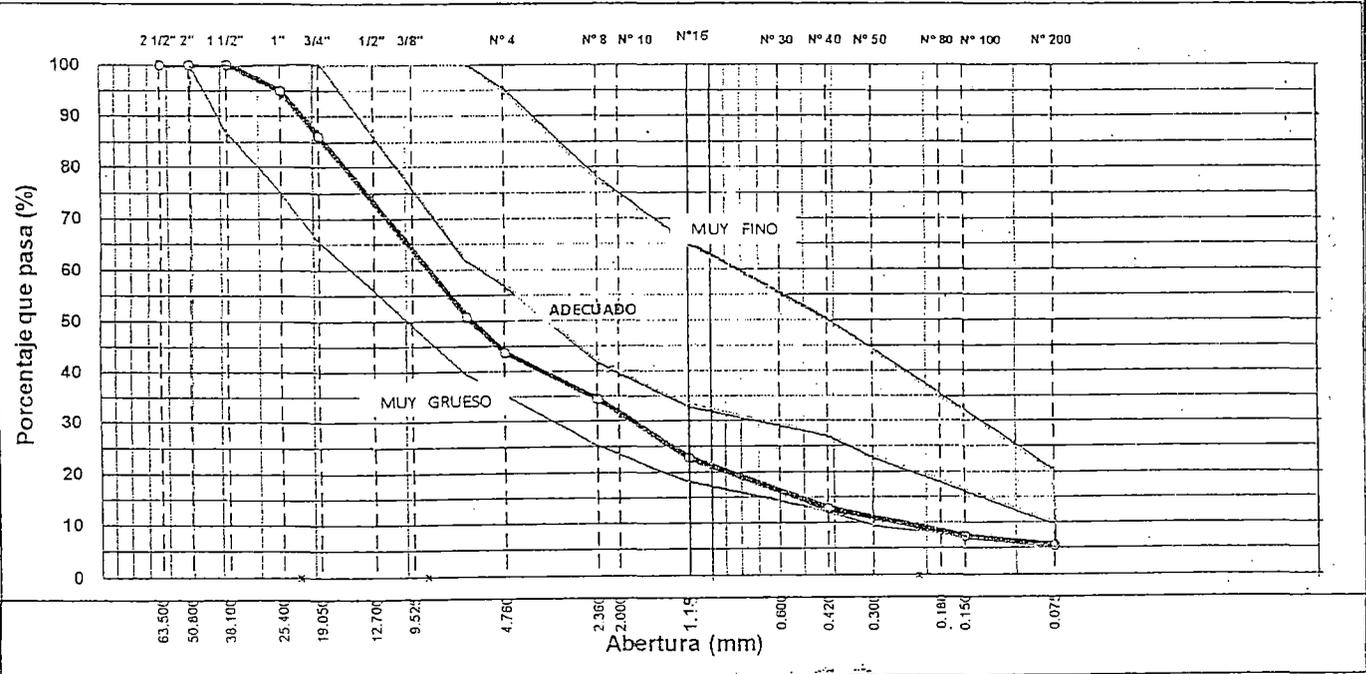
**CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	3
Procedencia:	km. 179+176 - 179+740		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	05/07/2010	Muestreado por :	Procesado por :	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO - TOTAL = 8,681.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 8201.1 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 591.2 gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 22.26 %			
1"	25.400	440.0	5.1	5.1	94.9	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	772.0	8.9	14.0	86.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	985.0	11.4	25.3	74.7		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]			
3/8"	9.525	1,032.0	11.9	37.2	62.8		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,044.0	12.0	49.2	50.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 4	4.760	615.0	7.1	56.3	43.7	35 - 57		8681.0	8201.1	5.5
# 8	2.360	125.3	9.3	65.57	34.4	25 - 42	% Grava =	56.3	%	
# 10	2.000	35.4	2.6	68.2	31.8		% Arena =	38.2	%	
# 16	1.180	122.3	9.0	77.2	22.8	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600	60.6	4.5	81.7	18.3		% Fino =	5.5	%	
# 40	0.420	72.7	5.4	87.1	12.9	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 50	0.300					9 - 23		772.1	731.2	5.6%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:			
# 100	0.150	75.4	5.6	92.7	7.3					
# 200	0.075	24.7	1.8	94.5	5.5	5 - 10				
< # 200	FONDO	74.8	5.5	100.0	0.0					
FRACCIÓN		591.2					Coef. Uniformidad	40	Índice de Consistencia	
TOTAL		8,681.0					Coef. Curvatura	273.9		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*Salinas A*

**CONALVIAS S.A.**  
 SUCURSAL PERU  
 INGENIERO EN CARRETERAS  
 TELEFONO: 011 425 1234  
 FAX: 011 425 1234  
 DIRECCION: AV. ...

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	05/07/2010
Material:	M.T.C.				
Gravimétrico:	85/100	2.5			
Relación de Expansión (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62
Material:	Material reciclado en la vía (km. 179+176 - 179+740)				

Fecha Extracción: 06/07/2010 7:30:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 09/07/2010 10:00:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 10/07/2010 10:00:00 a.m.

Resistencia, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
ranja Izquierda	2.5	6.64	10.16	1167.8	1145.6	2.128	544.0		503.1		
ranja Izquierda	2.5	6.62	10.17	1165.4	1140.1	2.120	511.0		473.5		
ranja Izquierda	2.5	6.64	10.15	1167.6	1142.4	2.126	646.0		598.0		
ranja Izquierda	2.5	6.66	10.17	1156.1	1131.7	2.092		477.0		439.4	
ranja Izquierda	2.5	6.74	10.14	1169.7	1146.6	2.107		422.0		385.2	
ranja Izquierda	2.5	6.69	10.15	1171.8	1144.3	2.114		392.0		360.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.114	567.0	430.3	524.9	394.9	75.2
ranja Central	2.5	6.56	10.17	1174.7	1148.5	2.155	565.0		528.4		
ranja Central	2.5	6.61	10.14	1187.9	1161.8	2.177	696.0		647.9		
ranja Central											
ranja Central	2.5	6.48	10.17	1186.9	1165.7	2.215		380.0		359.7	
ranja Central	2.5	6.58	10.17	1188.6	1166.2	2.182		439.0		409.3	
ranja Central											
<b>PROMEDIO</b>						2.182	630.5	409.5	588.1	384.5	65.4
ranja Derecha	2.5	6.58	10.18	1190.0	1168.9	2.183	498.0		463.8		
ranja Derecha	2.5	6.56	10.19	1177.5	1138.1	2.165	586.0		546.9		
ranja Derecha											
ranja Derecha	2.5	6.49	10.16	1177.6	1159.1	2.203		287.0		271.5	
ranja Derecha	2.5	6.53	10.17	1185.0	1163.7	2.194		300.0		281.8	
ranja Derecha											
<b>PROMEDIO</b>						2.186	542.0	293.5	505.4	276.7	54.7
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.161			539.5	352.0	65.3

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*[Handwritten Signature]*

CONALVIAS S.A.  
SUCURSAL PERU  
INGENIERO EN VIAL  
MARIO CASTELLANO  
CALLE 100 N. 1000  
LIMA, PERU

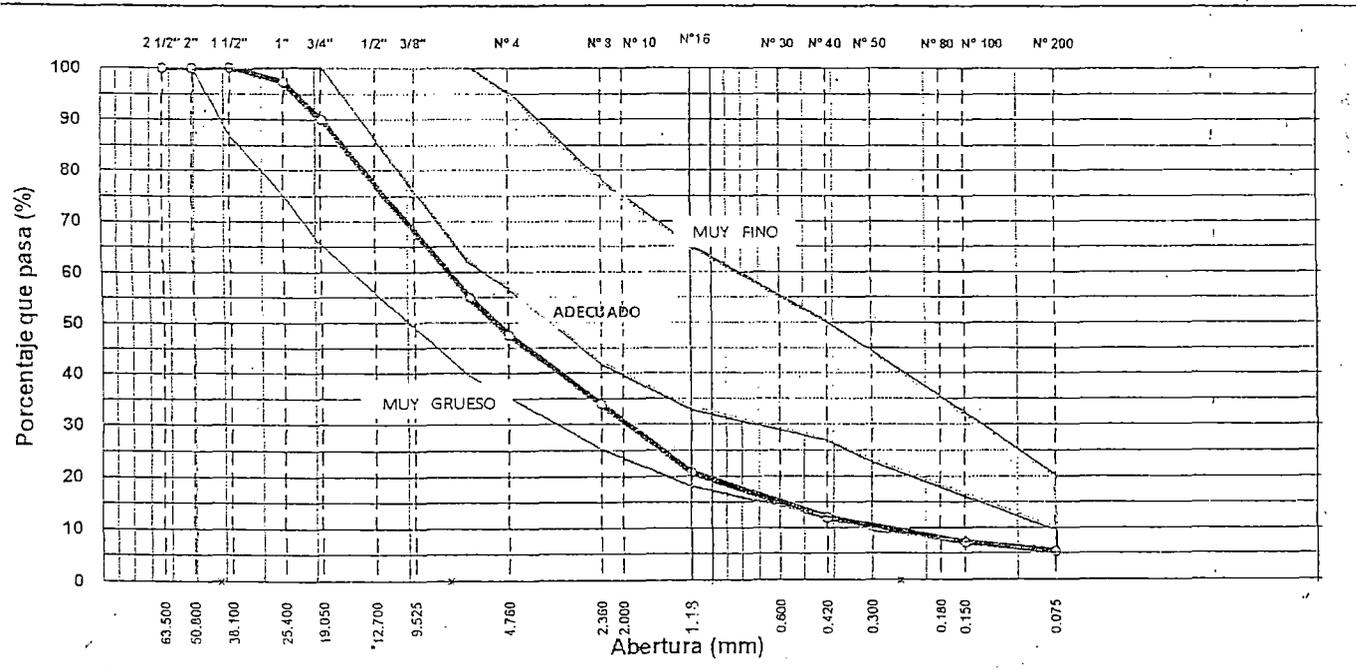
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC- PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	4
Procedencia:	km. 179+176 - 178+580		Nº de muestra :	M - 01
Lugar del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP.+ BASE + ESPUMADO
Fecha de muestreo:	06/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL = 11,833.0 gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 11192.0 gr				
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 736.2 gr				
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 27.75 %				
1"	25.400	316.0	2.7	2.7	97.3	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = 24.08 %				
3/4"	19.050	872.0	7.4	10.0	90.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = 3.67 %				
1/2"	12.700	1,387.0	11.7	21.8	78.2		CLASF. AASHTO = A-1-a (0)				
3/8"	9.525	1,331.0	11.3	33.0	67.0		CLASF. SUCCS = SP - SM				
1/4"	6.350	1,424.0	12.0	45.0	55.0	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200	
# 4	4.760	885.0	7.5	52.5	47.5	35 - 57		11833.0	11192.0	5.4	
# 8	2.360	210.6	13.6	66.10	33.9	25 - 42	% Grava =	52.5	%		
# 10	2.000	54.6	3.5	69.6	30.4		% Arena =	42.1	%		
# 16	1.180	149.4	9.6	79.3	20.7	18 - 33					
# 20	0.850										
# 30	0.600	65.2	4.2	83.5	16.5		% Fino =	5.4	%		
# 40	0.420	68.6	4.4	87.9	12.1	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad	
# 50	0.300					9 - 23		772.1	731.2	5.6%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:				
# 100	0.150	78.0	5.0	92.9	7.1						
# 200	0.075	25.8	1.7	94.6	5.4	5 - 10					
< # 200	FONDO	84.0	5.4	100.0	0.0						
FRACCIÓN		736.2					Coef. Uniformidad	31	Índice de Consistencia		
TOTAL		11,833.0					Coef. Curvatura	974.3	6.0		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión	Bajo	Estable	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	06/07/2010
Cliente:	M.T.C.				
ASFALTO:	85/100	2.5			
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 179+176 - 178+580)				

Fecha Extracción	07/07/2010	7:13:00	Fecha de ensayo probetas en condición seca:	10/07/2010	10:35:00 a.
			Fecha de ensayo probetas condición saturada	11/07/2010	10:35:00 a.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.68	10.15	1187.2	1170.5	2.166	494.0		454.6		
Franja Izquierda	2.5	6.75	10.16	1197.0	1177.9	2.152	489.0		444.9		
Franja Izquierda											
Franja Izquierda	2.5	6.56	10.17	1172.7	1151.1	2.160		489.0		457.3	
Franja Izquierda	2.5	6.58	10.17	1173.0	1154.0	2.159		439.0		409.3	
Franja Izquierda											
<b>PROMEDIO</b>						2.159	491.5	464.0	449.7	433.3	96.3
Franja Central	2.5	6.55	10.17	1193.6	1176.5	2.211	574.0		537.6		
Franja Central	2.5	6.52	10.18	1179.1	1160.4	2.187	654.0		614.7		
Franja Central	2.5	6.58	10.15	1186.8	1165.9	2.190	608.0		568.0		
Franja Central	2.5	6.55	10.16	1185.8	1164.1	2.192		456.0		427.5	
Franja Central	2.5	6.64	10.17	1196.3	1178.8	2.185		414.0		382.5	
Franja Central	2.5	6.47	10.17	1169.5	1151.0	2.190		409.0		387.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.193	612.0	426.3	573.4	399.3	69.6
Franja Derecha	2.5	6.86	10.16	1201.2	1184.0	2.129	608.0		544.2		
Franja Derecha	2.5	6.77	10.18	1187.4	1169.9	2.123	570.0		516.0		
Franja Derecha											
Franja Derecha	2.5	6.56	10.18	1164.4	1144.9	2.144		481.0		449.4	
Franja Derecha	2.5	6.75	10.17	1171.7	1151.3	2.100		447.0		406.2	
Franja Derecha											
<b>PROMEDIO</b>						2.124	589.0	464.0	530.1	427.8	80.7

<b>PROMEDIO PISTA</b>	2.159	517.8	420.1	81.1
-----------------------	-------	-------	-------	------

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*[Handwritten signature]*

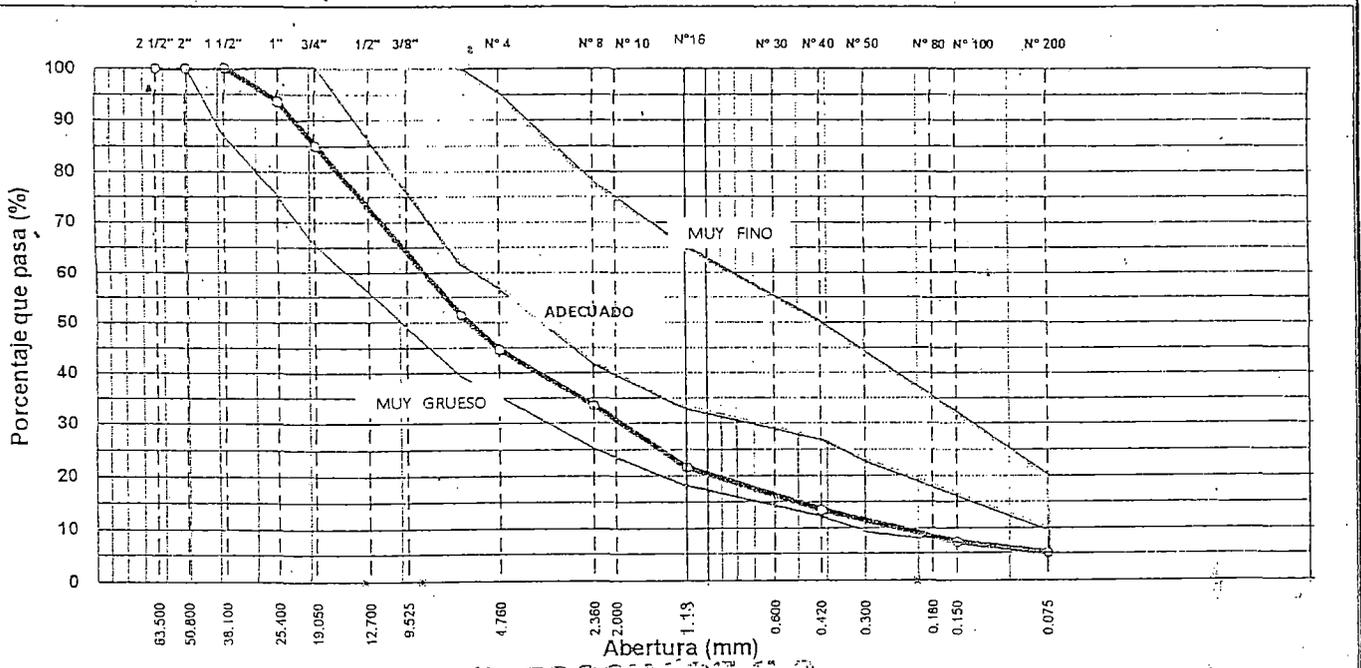
**CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	5
Procedencia:	km. 178+560 - 178+270		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	ESPUMADO RAP. + BASE
Fecha de Muestreo:	07/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	20,541.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	19468.8	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,076.7	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	26.94	%			
1"	25.400	1,319.0	6.4	6.4	93.6	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,769.0	8.6	15.0	85.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	2,509.0	12.2	27.2	72.8		CLASF. AASHTO	=	A-2-5	{0}			
3/8"	9.525	2,085.0	10.2	37.4	62.6		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	2,293.0	11.2	48.6	51.5	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,411.0	6.9	55.4	44.6	35 - 57		20541.0	19468.8	5.2			
# 8	2.360	267.0	11.1	66.47	33.5	25 - 42	% Grava	=	55.4	%			
# 10	2.000	75.2	3.1	69.6	30.4		% Arena	=	39.4	%			
# 16	1.180	212.0	8.8	78.4	21.6	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	103.1	4.3	82.6	17.4		% Fino	=	5.2	%			
# 40	0.420	94.3	3.9	86.5	13.5	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300					9 - 23		685.2	646.1	6.1%			
# 60	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	149.0	6.2	92.7	7.3								
# 200	0.075	50.0	2.1	94.8	5.2	5 - 10							
< # 200	FONDO	126.1	5.2	100.0	0.0								
FRACCIÓN		1,076.7					Coef. Uniformidad	42	Índice de Consistencia				
TOTAL		20,541.0					Coef. Curvatura	101.1					
Descripción suelo:	Árena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**CONALVIAS S.A.**  
 INGENIERIA Y SERVICIOS  
 SUCURSAL PERU  
 AV. SAN JUAN DE LOS RIOS 1130  
 QUERO, TACNA - TEL: 061 430000

*Handwritten signature*

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	07/07/2010
Cliente	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL					
ASFALTO:	85/100	%	2.5			
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62	
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 178+560 - 178+270)					

Fecha Extracción 08/07/2010 8:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 11/07/2010 8:30:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 12/07/2010 8:30:00 a.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.52	10.16	1165.4	1150.3	2.176	506.0		476.6		
Franja Izquierda	2.5	6.41	10.15	1162.1	1143.1	2.204	510.0		489.0		
Franja Izquierda	2.5	6.50	10.16	1166.5	1145.7	2.174	392.0		370.3		
Franja Izquierda	2.5	6.45	10.17	1159.3	1139.7	2.175		354.0		336.7	
Franja Izquierda	2.5	6.53	10.17	1160.7	1144.5	2.158		304.0		285.6	
Franja Izquierda	2.5	6.48	10.17	1164.1	1146.0	2.177		321.0		303.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.177	469.3	326.3	445.3	308.7	69.3

PROMEDIO

PROMEDIO

<b>PROMEDIO PISTA</b>	2.177	445.3	308.7	69.3
-----------------------	-------	-------	-------	------

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*Adriana A.*

ING. ALI CALVIS CASPI  
CALLE ALBAÑILS 1050 PUNO  
TEL: 086 422 111  
CORREO: alcalvis@conalvias.com

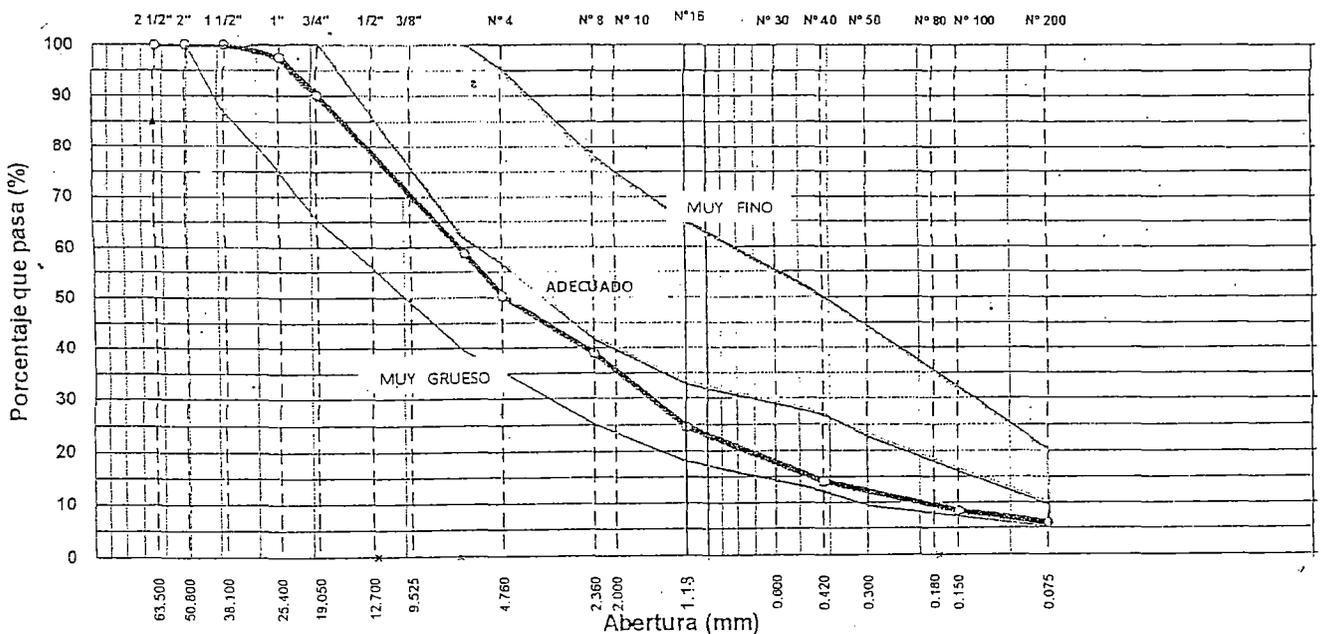
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Ciente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S A - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	6
Procedencia:	km. 178+270 - 177+740		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	08/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 18,180.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 17072.1 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 840.6 gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.67 %			
1"	25.400	440.0	2.4	2.4	97.6	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	1,383.0	7.5	9.9	90.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,966.0	10.8	20.7	79.3		CLASF. AASHTO = A-2-6 { 0 }			
3/8"	9.525	1,597.0	8.8	29.5	70.5		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	2,130.0	11.7	41.2	58.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	1,545.0	8.5	49.7	50.3	35 - 57		18180.0	17072.1	6.1
# 8	2.360	190.4	11.4	61.12	38.9	25 - 42	% Grava = 49.7 %			
# 10	2.000	57.6	3.4	64.6	35.4		% Arena = 44.2 %			
# 16	1.180	180.9	10.8	75.4	24.6	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600	80.7	4.8	80.2	19.8		% Fino = 6.1 %			
# 40	0.420	94.4	5.7	85.9	14.1	12 - 27	% HUMEDAD			
# 50	0.300					9 - 23	P.S.H.	P.S.S	% Humedad	
# 80	0.180						685.2	646.1	6.1%	
# 100	0.150	96.6	5.8	91.6	8.4		OBSERVACIONES:			
# 200	0.075	38.1	2.3	93.9	6.1	5 - 10				
< # 200	FONDO	101.9	6.1	100.0	0.0					
FRACCIÓN		840.6					Coef. Uniformidad	38	Índice de Consistencia	
TOTAL		18,180.0					Coef. Curvatura	134.7		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo.		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Salinas A.*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

ING. V. M. GALVIS CARVALLO

CH. SUCURSAL PERU. PUNTO DE CONTACTO: PUNTO DE CONTACTO

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	08/07/2010	
Cliente	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL						
ASFALTO:	85/100	%	2.5				
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62		
AGREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 177+740 - 178+270)						

Fecha Extracción 09/07/2010 8:30:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 12/07/2010 8:30:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 13/07/2010 11:00:00 a.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.69	10.16	1158.6	1141.7	2.105	338.0		310.2		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.15	1167.2	1148.7	2.113	414.0		378.7		
Franja Izquierda	2.5	6.52	10.28	1154.3	1135.0	2.097	392.0		364.9		
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.18	1166.6	1145.7	2.110		253.0		232.5	
Franja Izquierda	2.5	6.48	10.29	1153.3	1134.3	2.105		203.0		189.9	
Franja Izquierda	2.5	6.56	10.29	1163.6	1146.8	2.102		241.0		222.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.105	381.3	232.3	351.3	215.0	61.2
Franja Central	2.5	6.61	10.11	1181.0	1154.9	2.176	620.0		578.8		
Franja Central	2.5	6.36	10.29	1166.9	1144.1	2.163	466.0		444.2		
Franja Central	2.5	6.51	10.16	1176.1	1150.8	2.180	620.0		584.8		
Franja Central	2.5	6.32	10.29	1166.8	1142.1	2.173		468.0		449.0	
Franja Central	2.5	6.47	10.19	1173.7	1150.9	2.181		367.0		347.3	
Franja Central	2.5	6.50	10.17	1179.3	1156.0	2.189		510.0		481.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.177	568.7	448.3	536.0	425.9	79.5
Franja Derecha	2.5	6.49	10.16	1170.9	1143.7	2.174	456.0		431.5		
Franja Derecha	2.5	6.31	10.26	1167.1	1140.1	2.185	468.0		451.0		
Franja Derecha	2.5	6.51	10.17	1175.3	1150.1	2.175	435.0		409.9		
Franja Derecha	2.5	6.36	10.26	1165.0	1142.1	2.172		270.0		258.1	
Franja Derecha	2.5	6.51	10.14	1167.9	1138.6	2.166		329.0		310.9	
Franja Derecha	2.5	6.39	10.28	1159.8	1130.8	2.132		257.0		244.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.167	453.0	285.3	430.8	271.1	62.9
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.150			439.3	304.0	69.2

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS S.A.**

ING. WILLIAM VIS CASTRO  
Especialista en Control de Calidad  
de Materiales y Obras de Pavimentación

*Adriano A.*

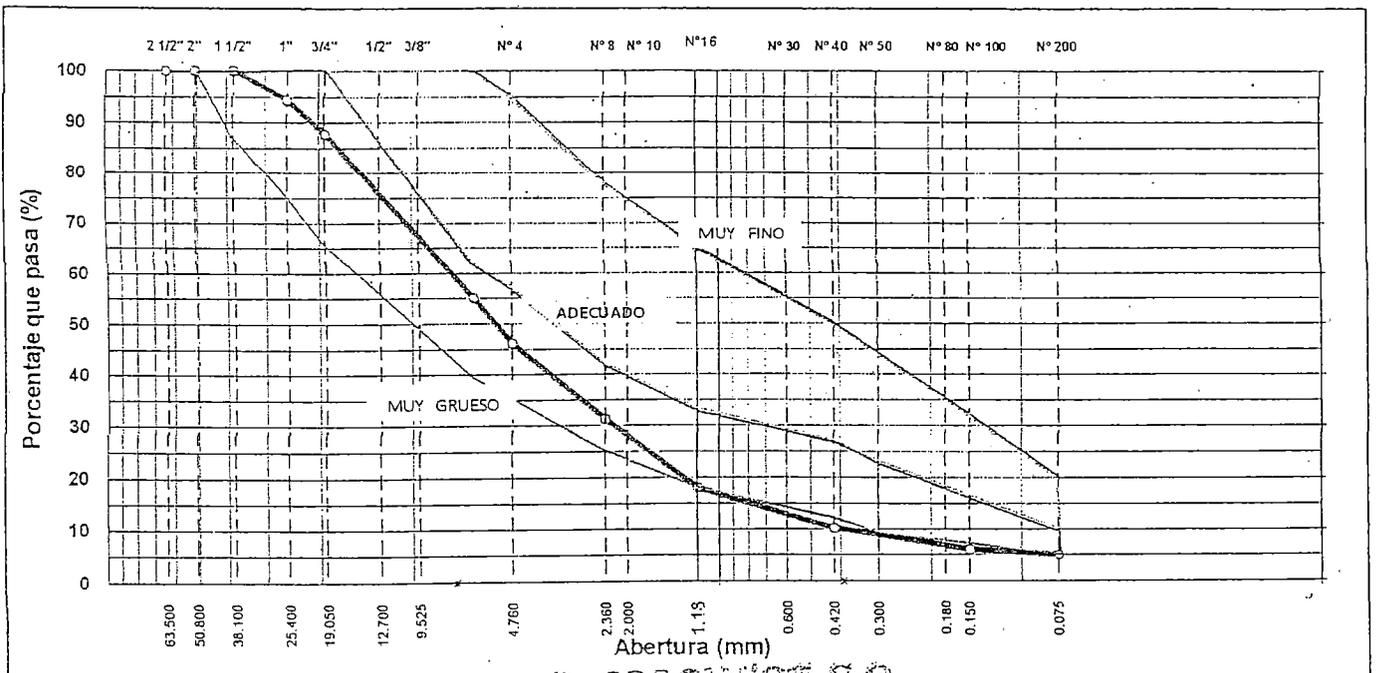
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contralista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	7
Procedencia:	km. 177+740 - 176+685		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	09/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 13,877.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 13172.6 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 789.0 gr			
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 26.06 %			
1"	25.400	784.0	5.7	5.7	94.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	927.0	6.7	12.3	87.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,533.0	11.1	23.4	76.6		CLASF. AASHTO = A-2-5 [0]			
3/8"	9.525	1,089.0	7.9	31.2	68.8		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,898.0	13.7	44.9	55.1	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200
# 4	4.760	1,243.0	9.0	53.9	46.1	35 - 57		13877.0	13172.6	5.1
# 8	2.360	253.3	14.8	68.68	31.3	25 - 42	% Grava	=	53.9	%
# 10	2.000	53.6	3.1	71.8	28.2		% Arena	=	41.1	%
# 16	1.180	172.0	10.1	81.9	18.1	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600	70.2	4.1	86.0	14.0		% Fino	=	5.1	%
# 40	0.420	65.5	3.8	89.8	10.2	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 50	0.300					9 - 23		851.6	804.9	5.8%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:			
# 100	0.150	71.0	4.2	94.0	6.1					
# 200	0.075	16.6	1.0	94.9	5.1	5 - 10				
< # 200	FONDO	86.8	5.1	100.0	0.0					
FRACCIÓN		789.0					Coef. Uniformidad	19	Índice de Consistencia	
TOTAL		13,877.0					Coef. Curvatura	37763.7		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

CURVA GRANULOMÉTRICA



*Adriano A.*

ING. WILSON CALVIS CASTAÑO  
E.I. - 10000 - 10000 - 10000 - 10000  
CONSEJO REGULADOR DE INGENIEROS Y ARQUITECTOS DEL PERÚ  
CALLE 10000 N° 10000 - 10000 - 10000

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	09/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ESFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la vía (km. 177+740 - 176+685)				

Fecha Extracción 10/07/2010 10:20:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 13/07/2010 12:45:00 p.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada 14/07/2010 12:45:00 p.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.59	10.29	1178.6	1162.2	2.121	519.0		477.5		
Franja Izquierda	2.5	6.75	10.17	1166.9	1148.6	2.095	603.0		548.0		
Franja Izquierda	2.5	6.75	10.16	1178.0	1158.4	2.117	599.0		544.9		
Franja Izquierda	2.5	6.76	10.19	1179.5	1158.8	2.102		312.0		282.6	
Franja Izquierda	2.5	6.69	10.16	1176.1	1160.1	2.139		367.0		336.9	
Franja Izquierda	2.5	6.62	10.29	1172.1	1154.4	2.097		329.0		301.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.112	573.7	336.0	523.5	306.9	58.6
Franja Central	2.5	6.93	10.15	1122.6	1166.6	2.080	599.0		531.3		
Franja Central	2.5	6.68	10.14	1188.8	1174.2	2.177	634.0		602.4		
Franja Central	2.5	6.86	10.17	1178.1	1163.4	2.088	578.0		516.9		
Franja Central	2.5	6.88	10.16	1182.7	1168.0	2.094		439.0		391.8	
Franja Central	2.5	6.95	10.17	1185.0	1170.2	2.073		409.0		361.0	
Franja Central	2.5	6.78	10.18	1178.0	1164.0	2.109		376.0		339.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.103	610.3	408.0	550.2	364.2	66.2
Franja Derecha	2.5	6.71	10.17	1190.3	1174.0	2.154	755.0		690.3		
Franja Derecha	2.5	6.85	10.19	1187.3	1171.7	2.097	675.0		603.3		
Franja Derecha	2.5	6.58	10.14	1176.0	1159.3	2.182	650.0		607.8		
Franja Derecha	2.5	6.60	10.18	1180.5	1165.9	2.170		460.0		427.1	
Franja Derecha	2.5	6.67	10.18	1187.1	1171.6	2.158		485.0		445.6	
Franja Derecha	2.5	6.72	10.12	1185.7	1169.7	2.164		481.0		441.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.154	693.3	475.3	633.8	438.0	69.1
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.123			569.2	369.7	65.0

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*[Handwritten Signature]*

CONALVIAS S.A.  
ING. CALVIS CASTILLO  
Especialista en Control de Calidad  
Calle Comercio 1000, Lima 7, Perú

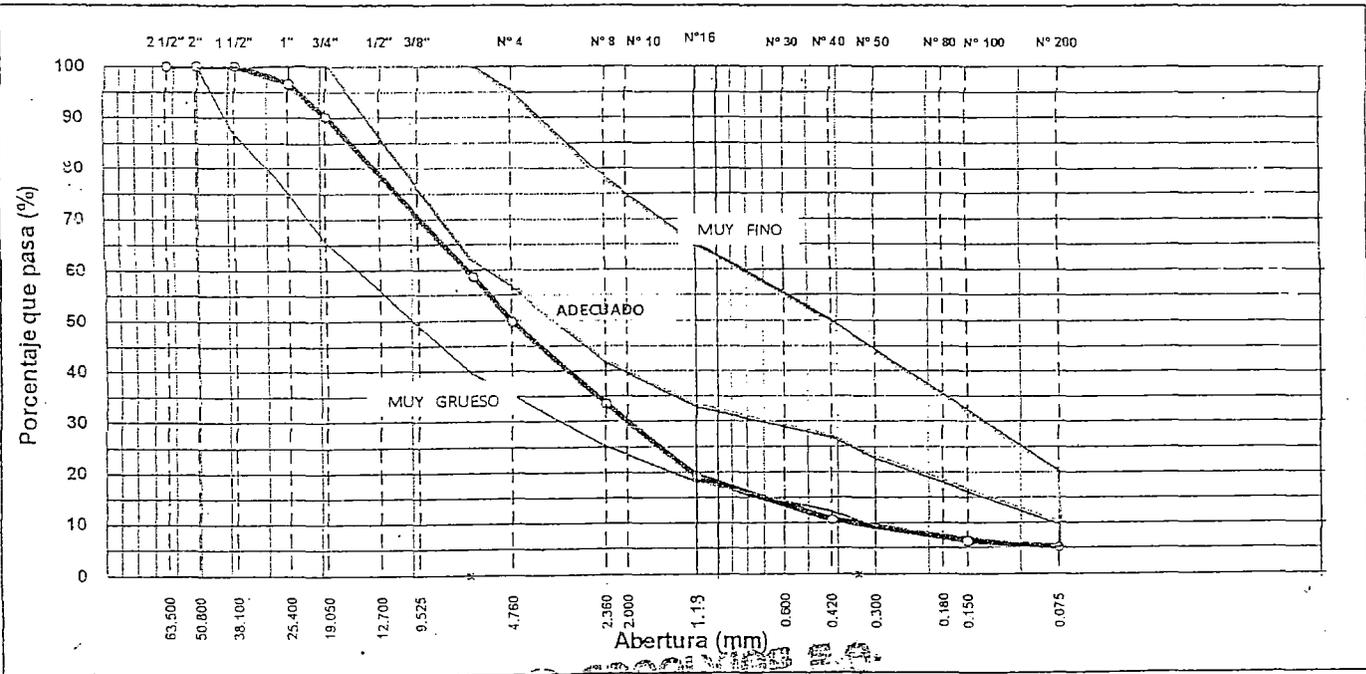
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	8
Procedencia:	km. 176+685 - 175+718		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	10/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL = 14,103.0 gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 13366.7 gr				
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 816.1 gr				
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.02 %				
1"	25.400	480.0	3.4	3.4	96.6	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %				
3/4"	19.050	913.0	6.5	9.9	90.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %				
1/2"	12.700	1,424.0	10.1	20.0	80.0		CLASF. AASHTO = A-2-6 (0)				
3/8"	9.525	1,172.0	8.3	28.3	71.7		CLASF. SUGCS = SP - SM				
1/4"	6.350	1,848.0	13.1	41.4	58.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200	
# 4	4.760	1,238.0	8.8	50.2	49.8	35 - 57		14103.0	13366.7	5.2	
# 8	2.360	267.2	16.3	66.48	33.5	25 - 42	% Grava	=	50.2	%	
# 10	2.000	52.8	3.2	69.7	30.3		% Arena	=	44.6	%	
# 16	1.180	181.9	11.1	80.8	19.2	18 - 33					
# 20	0.850										
# 30	0.600	71.7	4.4	85.2	14.8		% Fino	=	5.2	%	
# 40	0.420	68.3	4.2	89.4	10.6	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad	
# 50	0.300					9 - 23		851.6	804.9	5.8%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:				
# 100	0.150	71.3	4.4	93.7	6.3						
# 200	0.075	17.4	1.1	94.8	5.2	5 - 10					
< # 200	FONDO	85.5	5.2	100.0	0.0						
FRACCIÓN		816.1					Coef. Uniformidad	19	Índice de Consistencia		
TOTAL		14,103.0					Coef. Curvatura	17747.3			
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Salinas A.*

ING. WILLY SALVIS CASTILLO  
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LOS MATERIALES  
 CARR. PANAMERICANA SUR, KM. 175+718, TINGO MARIA, PERU

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	10/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL					
SFALTO:	85/100	%	2.5			
agua (%)	2.5	Relación Expansión	18.7	Vida Media (s)	10.62	
GREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 176+685 - 175+718)					

Fecha Extracción 11/07/2010 8:40:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 14/07/2010 13:00:00 p.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada 15/07/2010 13:00:00 p.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.79	10.31	1185.2	1168.2	2.061	540.0		481.3		
Franja Izquierda	2.5	6.86	10.18	1170.3	1153.9	2.067	515.0		460.1		
Franja Izquierda	2.5	6.86	10.17	1170.9	1154.4	2.072	527.0		471.3		
Franja Izquierda	2.5	6.94	10.16	1185.4	1166.7	2.074		435.0		384.9	
Franja Izquierda	2.5	6.85	10.18	1174.4	1158.8	2.078		397.0		355.2	
Franja Izquierda	2.5	6.88	10.19	1168.0	1152.0	2.053		422.0		375.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.067	527.3	418.0	470.9	371.9	79.0
Franja Central	2.5	6.56	10.17	1177.5	1158.4	2.174	646.0		604.1		
Franja Central	2.5	6.58	10.18	1168.6	1149.0	2.145	612.0		570.0		
Franja Central	2.5	6.79	10.15	1188.2	1169.7	2.129	624.0		564.9		
Franja Central	2.5	6.70	10.14	1170.7	1149.2	2.124		371.0		340.7	
Franja Central	2.5	6.57	10.17	1165.0	1146.3	2.148		380.0		354.8	
Franja Central	2.5	6.60	10.15	1184.2	1166.8	2.185		422.0		393.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.151	627.3	391.0	579.7	362.8	62.6
Franja Derecha	2.5	6.72	10.16	1165.9	1144.8	2.101	544.0		497.1		
Franja Derecha	2.5	6.75	10.17	1168.7	1148.2	2.094	553.0		502.6		
Franja Derecha	2.5	6.92	10.15	1181.5	1159.8	2.071	565.0		501.9		
Franja Derecha	2.5	6.60	10.28	1165.8	1145.8	2.092		312.0		286.9	
Franja Derecha	2.5	6.76	10.18	1165.9	1145.9	2.083		325.0		294.6	
Franja Derecha	2.5	6.85	10.16	1162.7	1141.4	2.055		338.0		303.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.083	554.0	325.0	500.5	294.8	58.9
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.100			517.0	343.2	66.4

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*Willy Calvis*

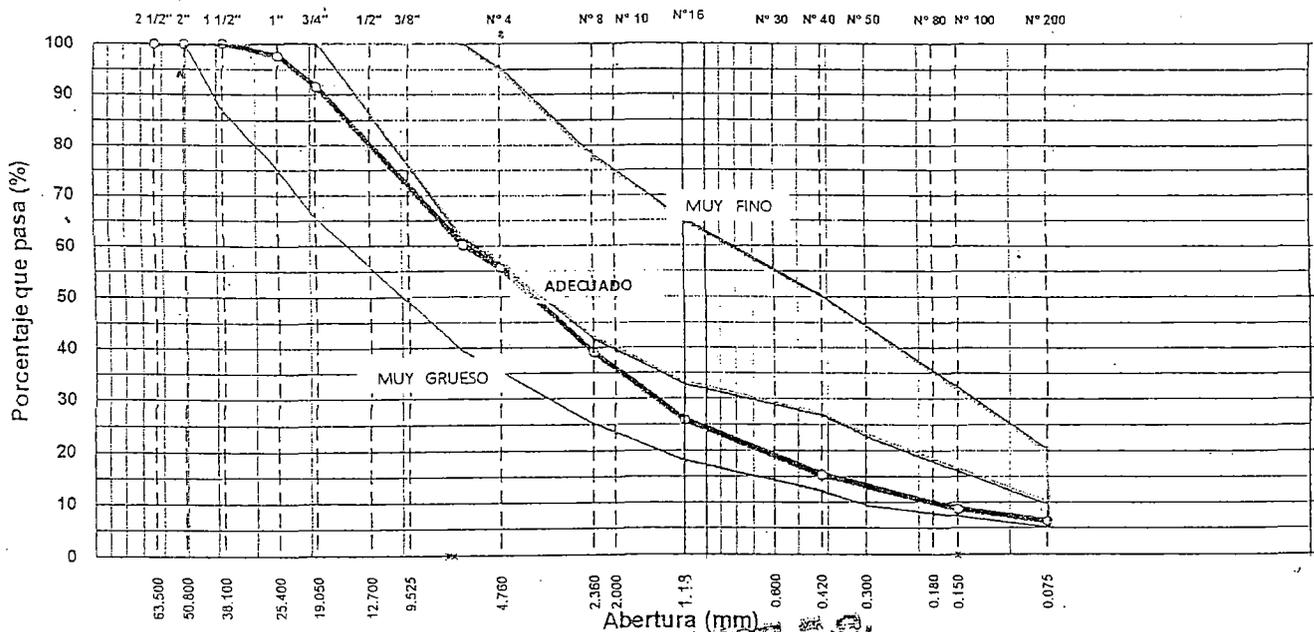
**CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )**

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	9
Procedencia:	km. 175+718 - 175+453		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	17/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	12,934.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	12109.8	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	822.0	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	26.32	%			
1"	25.400	323.0	2.5	2.5	97.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	789.0	6.1	8.6	91.4	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	2,005.0	15.5	24.1	75.9		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	{0}			
3/8"	9.525	1,668.0	12.9	37.0	63.0		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	362.0	2.8	39.8	60.2	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200			
# 4	4.760	580.0	4.5	44.3	55.7	35 - 57		12934.0	12109.8	6.4			
# 8	2.360	246.0	16.7	60.96	39.0	25 - 42	% Grava	=	44.3	%			
# 10	2.000	41.0	2.8	63.7	36.3		% Arena	=	49.3	%			
# 16	1.180	152.0	10.3	74.0	26.0	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	84.0	5.7	79.7	20.3		% Fino	=	6.4	%			
# 40	0.420	72.0	4.9	84.6	15.4	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300					9 - 23		741.3	700.1	5.9%			
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	99.0	6.7	91.3	8.7								
# 200	0.075	34.0	2.3	93.6	6.4	5 - 10							
< # 200	FONDO	94.0	6.4	100.0	0.0								
FRACCIÓN		822.0					Coef. Uniformidad	48	Índice de Consistencia				
TOTAL		12,934.0					Coef. Curvatura	43.9					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO**  
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LOS MATERIALES  
 ESPECIALIDAD EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
 TACNA - PERU

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	17/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
SFALTO:	85/100	%	2.5		
agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
GREGADO:	Material reciclado en la vía (km. 175+718 - 175+453)				

Fecha Extracción 18/07/2010 10:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 21/07/2010 13:30:00 p.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada 22/07/2010 13:30:00 p.m.

Identidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	7.00	10.16	1171.0	1152.8	2.031	418.0		366.7		
Franja Izquierda	2.5	7.05	10.16	1182.0	1163.1	2.035	414.0		360.6		
Franja Izquierda	2.5	6.94	10.19	1174.0	1154.1	2.039	464.0		409.3		
Franja Izquierda	2.5	7.03	10.17	1180.0	1161.3	2.034		397.0		346.4	
Franja Izquierda	2.5	6.98	10.18	1170.0	1151.5	2.027		384.0		337.2	
Franja Izquierda	2.5	6.91	10.18	1173.0	1154.7	2.053		329.0		291.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.036	432.0	370.0	378.9	325.1	85.8
Franja Central	2.5	6.82	10.11	1187.0	1169.3	2.137	409.0		370.2		
Franja Central	2.5	6.74	10.12	1179.0	1161.0	2.142	426.0		389.7		
Franja Central	2.5	6.77	10.15	1194.0	1176.9	2.148	468.0		424.9		
Franja Central	2.5	6.72	10.19	1185.0	1168.3	2.132		304.0		277.0	
Franja Central	2.5	6.72	10.18	1194.0	1177.9	2.154		384.0		350.2	
Franja Central	2.5	6.59	10.30	1186.0	1169.1	2.129		338.0		310.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.140	434.3	342.0	394.9	312.6	79.2
Franja Derecha	2.5	6.61	10.15	1165.0	1140.0	2.131	439.0		408.2		
Franja Derecha	2.5	6.51	10.18	1169.0	1146.2	2.163	464.0		436.8		
Franja Derecha	2.5	6.54	10.17	1172.0	1148.9	2.163	527.0		494.3		
Franja Derecha	2.5	6.62	10.16	1180.0	1155.9	2.154		300.0		278.3	
Franja Derecha	2.5	6.69	10.28	1170.0	1147.9	2.067		224.0		203.2	
Franja Derecha	2.5	6.65	10.18	1177.0	1153.6	2.131		266.0		245.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.135	476.7	263.3	446.5	242.2	54.3
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.104			406.8	293.3	72.1

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS S.A.**  
Sucursal Perú

**ING. WILSON CALVIS CASTILLO**  
Especialista en Asfalto y Pavimentos  
Especialista en Asfalto y Pavimentos  
CON ALVIAS S.A. SUCURSAL PERU  
HUANUCO, TINGO MARIA, LA OROYA, CHICRIN

*[Handwritten Signature]*

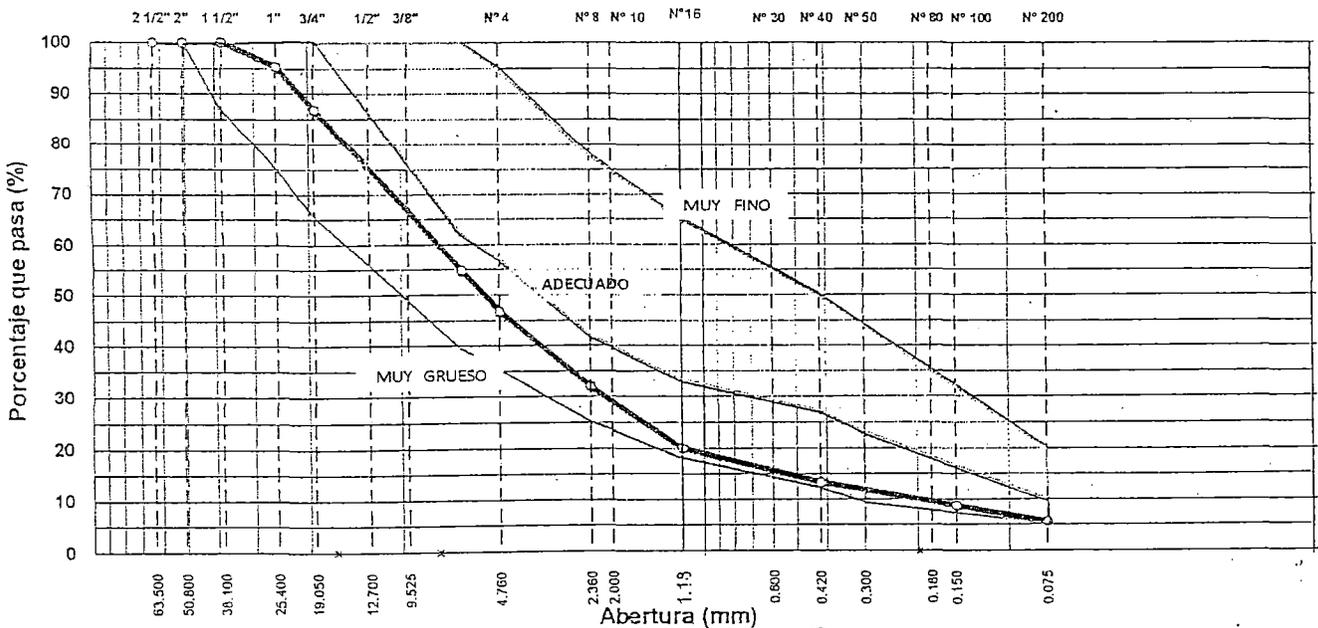
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	10
Procedencia:	km. 175+453 - 174+906		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	19/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	13.827.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	13056.8	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	850.6	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	21.76	%			
1"	25.400	651.0	4.7	4.7	95.3	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,190.0	8.6	13.3	86.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,402.0	10.1	23.5	76.5		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	(0)			
3/8"	9.526	1,395.0	10.1	33.6	66.5		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,615.0	11.7	45.2	54.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,113.0	8.1	53.3	46.7	35 - 57		13827.0	13056.8	5.6			
# 8	2.360	268.0	14.7	68.00	32.0	25 - 42	% Grava	=	53.3	%			
# 10	2.000	108.0	5.9	73.9	26.1		% Arena	=	41.2	%			
# 16	1.180	111.0	6.1	80.0	20.0	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	65.8	3.6	83.6	16.4		% Fino	=	5.6	%			
# 40	0.420	54.2	3.0	86.6	13.4	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300					9 - 23		741.3	700.1	5.9%			
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	84.2	4.6	91.2	8.8								
# 200	0.075	58.0	3.2	94.4	5.6	5 - 10							
< # 200	FONDO	101.4	5.6	100.0	0.0								
FRACCIÓN		850.6					Coef. Uniformidad	38	Índice de Consistencia				
TOTAL		13,827.0					Coef. Curvatura	178.2					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
 INGENIERO EN CIENCIAS E INGENIERÍA DE SUELOS Y FUNDACIONES  
 OFICINA PERUANA DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
 HUANUCO, PERÚ. TELÉFONO: 080 7 300 711

*Salinas A.*

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	19/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRADO:	Material reciclado en la vía (km. 175+453 - 174+906)				

Fecha Extracción 20/07/2010 10:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 23/07/2010 7:30:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 24/07/2010 10:04:00 a.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.68	10.14	1189.8	1166.0	2.162	570.0		525.0		
Franja Izquierda	2.5	6.50	10.31	1183.7	1159.7	2.137	540.0		502.7		
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.16	1191.2	1167.1	2.158	540.0		497.1		
Franja Izquierda	2.5	6.62	10.16	1169.5	1145.5	2.134		270.0		250.4	
Franja Izquierda	2.5	6.58	10.21	1181.0	1156.1	2.146		236.0		219.2	
Franja Izquierda	2.5	6.55	10.19	1182.1	1157.1	2.166		266.0		248.6	
<b>PROMEDIO</b>						2.151	550.0	257.3	508.3	239.4	47.1
Franja Central	2.5	6.73	10.15	1188.9	1162.4	2.135	527.0		481.3		
Franja Central	2.5	6.64	10.18	1188.7	1160.0	2.146	667.0		615.6		
Franja Central	2.5	6.70	10.17	1186.1	1156.1	2.124	679.0		621.7		
Franja Central	2.5	6.63	10.17	1184.9	1156.4	2.147		329.0		304.4	
Franja Central	2.5	6.64	10.19	1179.9	1152.3	2.128		308.0		284.0	
Franja Central	2.5	6.66	10.19	1187.9	1162.5	2.140		363.0		333.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.137	624.3	333.3	572.9	307.4	53.7
Franja Derecha	2.5	6.74	10.13	1190.5	1165.0	2.145	709.0		647.9		
Franja Derecha	2.5	6.68	10.18	1187.9	1160.3	2.134	548.0		502.8		
Franja Derecha	2.5	6.62	10.18	1185.0	1158.4	2.150	646.0		598.0		
Franja Derecha	2.5	6.57	10.17	1189.0	1163.2	2.180		380.0		354.8	
Franja Derecha	2.5	6.38	10.29	1180.7	1157.8	2.182		329.0		312.7	
Franja Derecha	2.5	6.58	10.16	1185.3	1159.9	2.174		363.0		338.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.161	634.3	357.3	582.9	335.4	57.5
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.149			554.7	294.1	53.0

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*[Handwritten signature]*

CONALVIAS S.A.  
ING. VIAL CALVIS CASTILLO  
EFECTUO EN EL SERVICIO DE INGENIERIA  
CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA  
LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

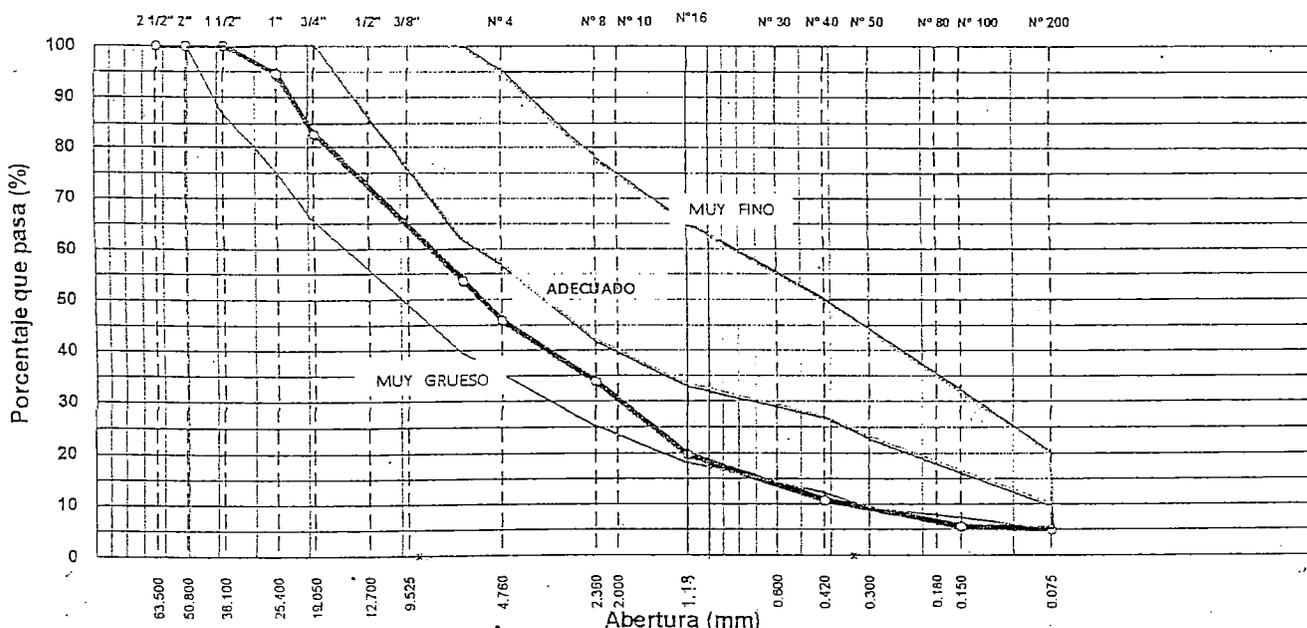
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	11
Procedencia:	km. 174+906 - 174+090		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	20/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	10.888.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	10341.2	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	987.5	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.64	%			
1"	25.400	600.0	5.5	5.5	94.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,284.0	11.8	17.3	82.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,105.0	10.2	27.5	72.6		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[0]			
3/8"	9.525	1,201.0	11.0	38.5	61.5		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	859.0	7.9	46.4	53.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	10888.0	P.S. Lavado	10341.2	% 200	5.0
# 4	4.760	844.0	7.8	54.1	45.9	35 - 57	% Grava	=	54.1	%			
# 8	2.360	261.3	12.1	66.26	33.7	25 - 42	% Arena	=	40.9	%			
# 10	2.000	201.3	9.4	75.6	24.4								
# 16	1.180	100.4	4.7	80.3	19.7	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	107.3	5.0	85.3	14.7		% Fino	=	5.0	%			
# 40	0.420	86.9	4.0	89.3	10.7	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	741.3	P.S.S.	700.1	% Humedad	5.9%
# 50	0.300					9 - 23							
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	110.2	5.1	94.4	5.6								
# 200	0.075	12.0	0.6	95.0	5.0	5 - 10							
< # 200	FONDO	108.1	5.0	100.0	0.0								
FRACCIÓN		987.5					Coef. Uniformidad	26	Índice de Consistencia				
TOTAL		10,888.0					Coef. Curvatura	7085.8					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Salinas A.*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

ING. WENIAM CALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN E.C.T.S. (PAVIMENTOS)  
CON ESPECIALIDAD EN ELERELACION CARRETERA LA OROYA  
HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. UNID. TOCACHE

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	20/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
SFALTO:	85/100	%	2.5		
agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGADO:	Material reciclado en la via (km. 174+906 - 174+090)				

Fecha Extracción 21/07/2010 10:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 24/07/2010 7:00:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 25/07/2010 12:30:00 p.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tensión Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.74	10.17	1195.4	1172.2	2.141	468.0		426.0		
Franja Izquierda	2.5	6.62	10.18	1194.7	1172.3	2.176	485.0		449.0		
Franja Izquierda	2.5	6.83	10.13	1194.3	1171.1	2.127	452.0		407.6		
Franja Izquierda	2.5	6.66	10.17	1186.2	1164.5	2.152		253.0		233.0	
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.17	1192.6	1171.4	2.152		287.0		262.8	
Franja Izquierda	2.5	6.52	10.29	1194.7	1172.7	2.163		220.0		204.6	
<b>PROMEDIO</b>						2.152	468.3	253.3	427.5	233.5	54.6
Franja Central	2.5	6.82	10.17	1213.0	1185.1	2.139	401.0		360.7		
Franja Central	2.5	6.80	10.17	1192.5	1163.5	2.106	388.0		350.0		
Franja Central	2.5	6.80	10.18	1210.2	1179.0	2.130	376.0		338.9		
Franja Central	2.5	6.76	10.18	1196.5	1167.4	2.122		241.0		218.5	
Franja Central	2.5	6.70	10.16	1196.2	1168.4	2.151		224.0		205.3	
Franja Central	2.5	6.95	10.14	1222.0	1191.8	2.124		241.0		213.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.129	388.3	235.3	349.9	212.4	60.7
Franja Derecha	2.5	6.77	10.18	1197.0	1167.7	2.119	477.0		431.8		
Franja Derecha	2.5	6.64	10.15	1175.9	1149.4	2.139	401.0		371.2		
Franja Derecha	2.5	6.49	10.30	1183.4	1157.1	2.140	333.0		310.8		
Franja Derecha	2.5	6.74	10.18	1194.4	1167.6	2.128		241.0		219.1	
Franja Derecha	2.5	6.67	10.16	1179.1	1150.7	2.128		220.0		202.5	
Franja Derecha	2.5	6.76	10.18	1204.7	1175.6	2.137		224.0		203.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.132	403.7	228.3	371.3	208.3	56.1
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.137			382.9	218.0	56.9

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU

ING. VILMA CALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SERVICIOS (Pavimentos)  
CALLE CHAMPORIN, EL ESTERIL, TINGO MARIA, PE  
TEL: 053 983 211 111

*[Handwritten signature]*

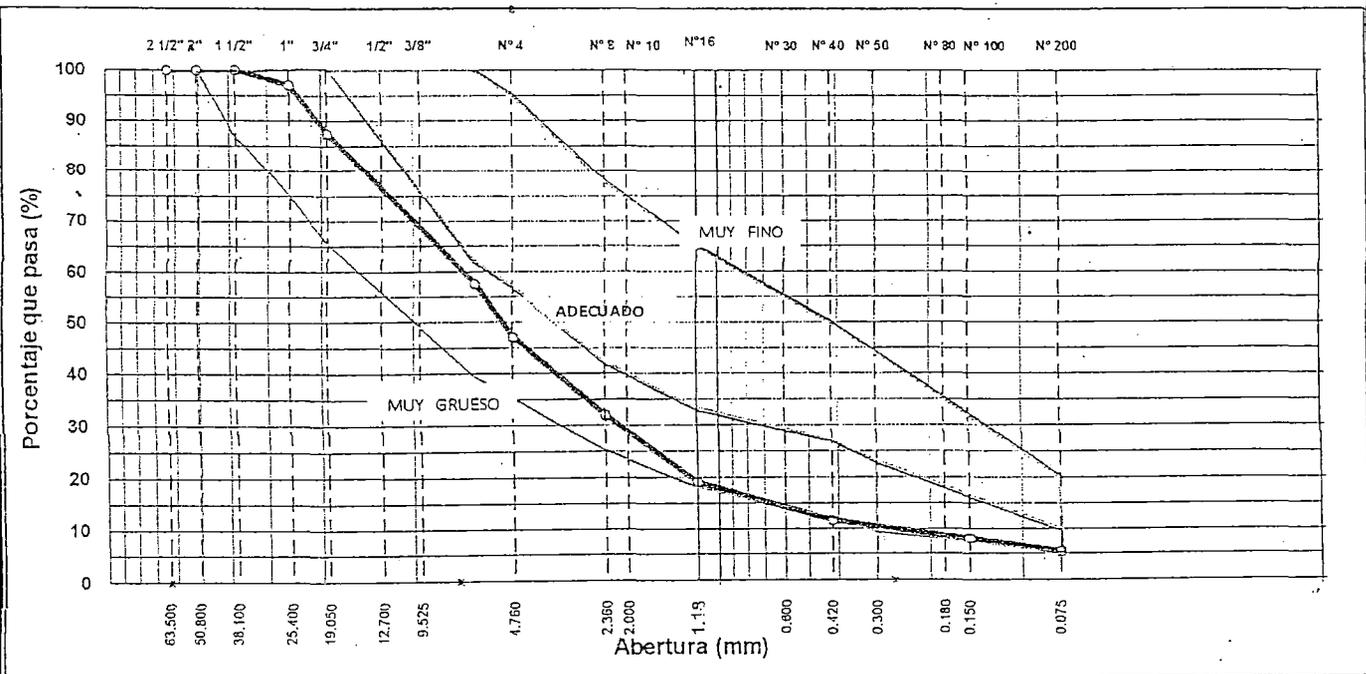
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD :	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	12
Procedencia:	km. 174+090 - 173+030		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	21/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 13,555.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 12820.2 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,001.3 gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 26.44 %			
1"	25.400	405.0	3.0	3.0	97.0	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	1,302.0	9.6	12.6	87.4	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,324.0	9.8	22.4	77.6		CLASF. AASHTO = A-2-6 (0)			
3/8"	9.525	1,195.0	8.8	31.2	68.8		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,521.0	11.2	42.4	57.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	1,421.0	10.5	52.9	47.1	35 - 57		13555.0	12820.2	5.4
# 8	2.360	322.1	15.2	68.04	32.0	25 - 42	% Grava	=	52.9	%
# 10	2.000	210.0	9.9	77.9	22.1		% Arena	=	41.7	%
# 16	1.180	65.0	3.1	81.0	19.0	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600	111.2	5.2	86.2	13.8		% Fino	=	5.4	%
# 40	0.420	44.2	2.1	88.3	11.7	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 50	0.300					9 - 23		741.3	700.1	5.9%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:			
# 100	0.150	78.5	3.7	92.0	8.0					
# 200	0.075	55.1	2.6	94.6	5.4	5 - 10				
< # 200	FONDO	115.2	5.4	100.0	0.0					
FRACCIÓN		1,001.3					Coef. Uniformidad	27	Índice de Consistencia	
TOTAL		13,555.0					Coef. Curvatura	2130.6		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

CURVA GRANULOMÉTRICA



*Salinas A.*

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	21/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la vía (km. 174+090 - 173+030)				

Fecha Extracción 22/07/2010 5:47:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 25/07/2010 5:47:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 26/07/2010 12:40:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.82	10.18	1179.2	1157.4	2.085	586.0		526.6		
Franja Izquierda	2.5	6.89	10.19	1175.8	1154.4	2.054	506.0		449.6		
Franja Izquierda	2.5	6.73	10.28	1171.8	1149.4	2.058	523.0		471.6		
Franja Izquierda	2.5	6.94	10.16	1178.3	1155.8	2.054		287.0		253.9	
Franja Izquierda	2.5	6.90	10.18	1174.5	1152.0	2.051		270.0		239.8	
Franja Izquierda	2.5	6.93	10.13	1164.8	1141.4	2.044		295.0		262.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.058	538.3	284.0	482.6	252.0	52.2
Franja Central	2.5	6.61	10.16	1185.4	1164.4	2.173	670.0		622.4		
Franja Central	2.5	6.57	10.19	1189.1	1169.2	2.182	620.0		577.8		
Franja Central	2.5	6.44	10.23	1180.4	1160.8	2.193	532.0		503.8		
Franja Central	2.5	6.71	10.21	1190.3	1166.3	2.123		338.0		307.8	
Franja Central	2.5	6.65	10.20	1196.3	1172.3	2.157		308.0		283.3	
Franja Central	2.5	6.67	10.16	1174.7	1150.9	2.128		329.0		302.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.159	607.3	325.0	568.0	298.0	52.5
Franja Derecha	2.5	6.69	10.12	1185.5	1160.8	2.157	561.0		517.0		
Franja Derecha	2.5	6.67	10.11	1182.4	1158.1	2.163	544.0		503.3		
Franja Derecha	2.5	6.58	10.18	1181.5	1157.9	2.162	489.0		455.5		
Franja Derecha	2.5	6.73	10.13	1186.2	1161.5	2.141		262.0		239.8	
Franja Derecha	2.5	6.69	10.12	1184.3	1159.5	2.155		300.0		276.5	
Franja Derecha	2.5	6.70	10.13	1179.4	1155.0	2.139		295.0		271.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.153	531.3	285.7	491.9	262.5	53.4
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.123			514.2	270.8	52.7

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

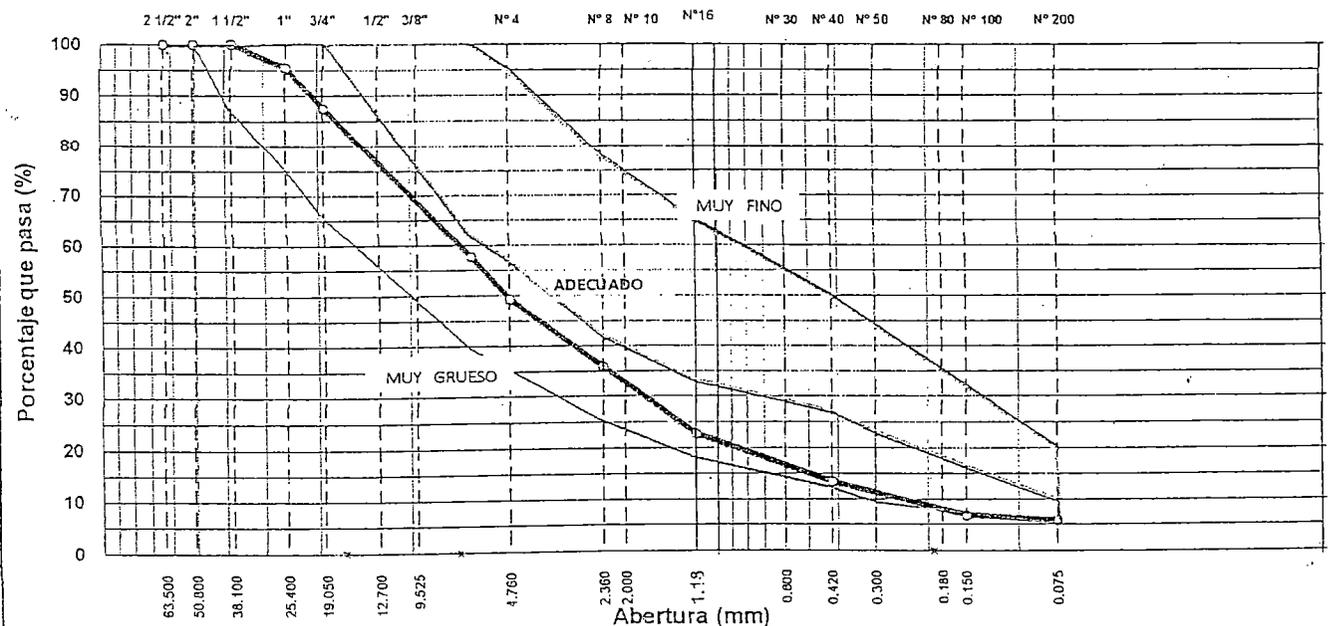
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	13
Procedencia:	km. 171+977 - 173+030		Nº de muestra :	M - 01
Ubicación del Muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	22/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	14,728.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	13876.4	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	958.6	gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.49	%			
1"	25.400	678.0	4.6	4.6	95.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,174.0	8.0	12.6	87.4	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,433.0	9.7	22.3	77.7		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[0]			
3/8"	9.525	1,350.0	9.2	31.5	68.5		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,587.0	10.8	42.3	57.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,250.0	8.5	50.7	49.3	35 - 57		14728.0	13876.4	5.8			
# 8	2.360	260.3	13.4	64.12	35.9	25 - 42	% Grava	=	50.7	%			
# 10	2.000	78.0	4.0	68.1	31.9		% Arena	=	43.5	%			
# 16	1.180	178.5	9.2	77.3	22.7	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600	80.1	4.1	81.4	18.6		% Fino	=	5.8	%			
# 40	0.420	98.5	5.1	86.5	13.5	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300					9 - 23		741.3	700.1	5.9%			
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	130.5	6.7	93.2	6.8								
# 200	0.075	20.1	1.0	94.2	5.8	5 - 10							
< # 200	FONDO	112.5	5.8	100.0	0.0								
FRACCIÓN TOTAL		958.6					Coef. Uniformidad	36	Índice de Consistencia				
		14,728.0					Coef. Curvatura	201.9	-				
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo	-				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A.  
Sucursal Perú

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (D.V. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	22/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la vía (km. 173+030 - 171+977)				

Fecha Extracción 23/07/2010 5:47:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 26/07/2010 7:00:00 a.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada 27/07/2010 12:40:00 p.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.92	10.20	1185.1	1161.5	2.054	553.0		488.8		
Franja Izquierda	2.5	6.69	10.19	1173.1	1151.5	2.111	608.0		556.4		
Franja Izquierda	2.5	6.91	10.19	1182.2	1159.7	2.058	435.0		385.4		
Franja Izquierda	2.5	6.84	10.18	1180.9	1154.8	2.074		342.0		306.4	
Franja Izquierda	2.5	6.86	10.15	1183.5	1160.1	2.090		329.0		294.8	
Franja Izquierda	2.5	6.87	10.14	1179.9	1155.1	2.082		317.0		283.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.078	532.0	329.3	476.9	295.0	61.9
Franja Central	2.5	6.59	10.21	1184.4	1158.7	2.148	599.0		555.4		
Franja Central	2.5	6.58	10.13	1173.0	1146.9	2.163	688.0		644.0		
Franja Central	2.5	6.56	10.12	1173.8	1146.6	2.173	650.0		610.9		
Franja Central	2.5	6.41	10.28	1174.9	1149.0	2.160		346.0		327.6	
Franja Central	2.5	6.53	10.16	1176.5	1152.7	2.177		329.0		309.4	
Franja Central	2.5	6.50	10.18	1174.2	1145.7	2.166		359.0		338.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.164	645.7	344.7	603.4	325.2	53.9
Franja Derecha	2.5	6.66	10.11	1184.5	1152.7	2.156	549.0		508.7		
Franja Derecha	2.5	6.74	10.16	1191.7	1159.8	2.122	414.0		377.2		
Franja Derecha	2.5	6.65	10.13	1194.0	1159.2	2.163	515.0		477.0		
Franja Derecha	2.5	6.77	10.11	1181.3	1148.3	2.113		435.0		396.5	
Franja Derecha	2.5	6.59	10.21	1183.3	1151.0	2.133		346.0		320.8	
Franja Derecha	2.5	6.66	10.14	1183.7	1153.1	2.144		422.0		389.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.139	492.7	401.0	454.3	369.1	81.2
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.127			511.5	329.8	64.5

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

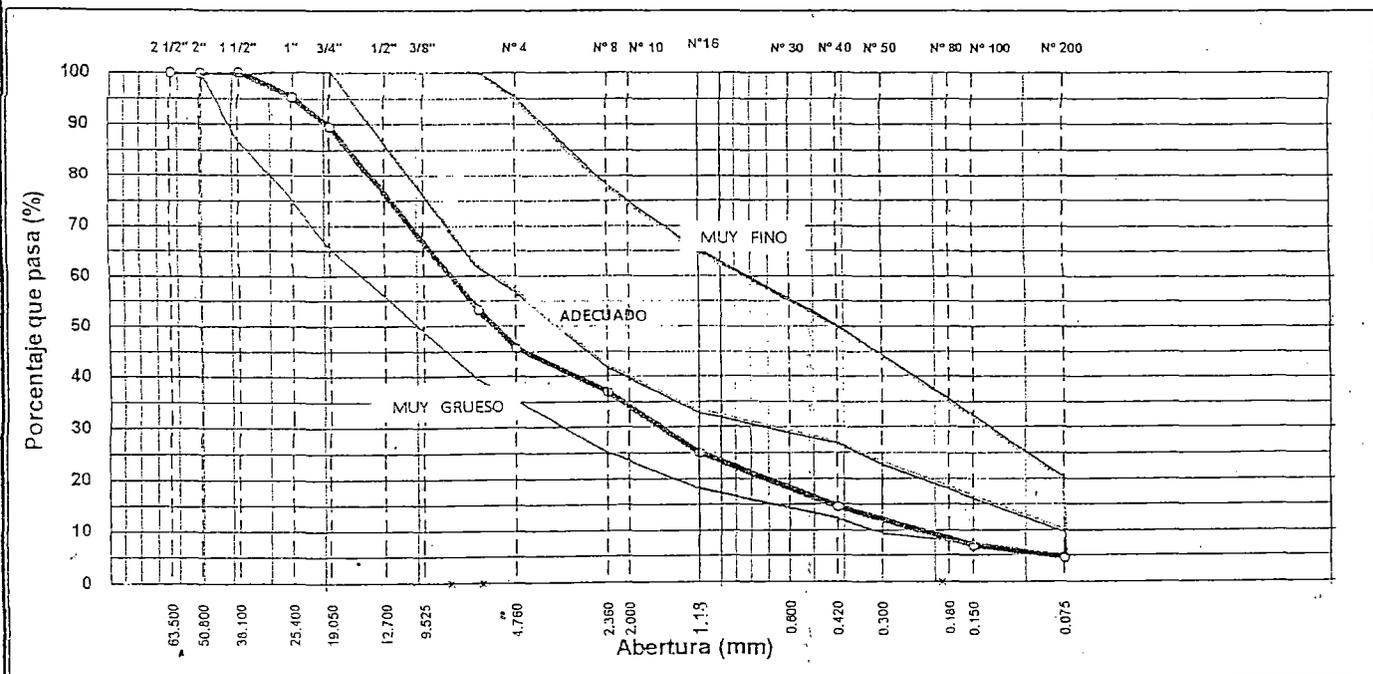
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV, TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	14
Procedencia:	km. 171+198 - 171+977		Nº de muestra :	M - 01
Ublc. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	23/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Saliñas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 10,211.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 9736.5 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 972.3 gr	
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 24.38 %	
1"	25.400	489.0	4.8	4.8	95.2	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	583.0	5.7	10.5	89.5	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,285.0	12.6	23.1	76.9		CLASF. AASHTO = A-2-6 (0)	
3/8"	9.525	1,159.0	11.4	34.4	65.6		CLASF. SUCCS = SP	
1/4"	6.350	1,264.0	12.4	46.8	53.2	39 - 62	Ensayo Malla #200	
# 4	4.760	771.0	7.5	54.4	45.6	35 - 57	P.S.Séco. = 10211.0	
# 8	2.360	186.5	8.8	63.11	36.9	25 - 42	P.S.Lavado = 9736.5	
# 10	2.000	64.9	3.1	66.2	33.8		% 200 = 4.6	
# 16	1.180	187.8	8.8	75.0	25.0	18 - 33	% Grava = 54.4 %	
# 20	0.850						% Arena = 41.0 %	
# 30	0.600	105.1	4.9	79.9	20.1		% Fino = 4.7 %	
# 40	0.420	118.0	5.5	85.5	14.6	12 - 27	% HUMEDAD = 5.9%	
# 50	0.300					9 - 23	P.S.H. = 741.3	
# 80	0.180						P.S.S = 700.1	
# 100	0.150	163.0	7.7	93.1	6.9		% Humedad = 5.9%	
# 200	0.075	48.0	2.3	95.4	4.7	5 - 10	OBSERVACIONES:	
< # 200	FONDO	99.0	4.7	100.0	0.0			
FRACCIÓN		972.3					Coef. Uniformidad = 41	
TOTAL		10,211.0					Coef. Curvatura = 25.6	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada						Pot. de Expansión = Bajo	Índice de Consistencia = -

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Handwritten signature*

**CONALVIAS S.A.**  
Sucursal Perú

**ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO**  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA  
HUANUCO-TINGO MARIA-EMP. 5N (DV, TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	23/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
Asfalto:	85/100	%	2.5		
Grava (%):	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
Observaciones:	Material reciclado en la vía (km. 171+977 - 171+198)				

Fecha Extracción 24/07/2010 5:47:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 27/07/2010 7:00:00 a.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 28/07/2010 1:00:00 p.m

Densidad, Resistencia a Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.61	10.18	1182.8	1152.4	2.142	481.0		446.0		
Franja Izquierda	2.5	6.63	10.12	1174.8	1143.7	2.145	494.0		459.3		
Franja Izquierda	2.5	6.46	10.21	1176.3	1148.0	2.171	452.0		427.5		
Franja Izquierda	2.5	6.55	10.19	1180.1	1148.6	2.150		228.0		213.1	
Franja Izquierda	2.5	6.59	10.17	1185.5	1150.1	2.148		291.0		270.9	
Franja Izquierda	2.5	6.66	10.16	1176.3	1150.3	2.130		232.0		213.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.148	475.7	250.3	444.3	232.6	52.4
Franja Central	2.5	6.57	10.12	1182.7	1155.4	2.186	443.0		415.7		
Franja Central	2.5	6.50	10.19	1178.2	1150.4	2.170	430.0		405.0		
Franja Central	2.5	6.54	10.11	1180.3	1150.6	2.192	451.0		425.6		
Franja Central	2.5	6.54	10.14	1176.5	1144.7	2.167		262.0		246.5	
Franja Central	2.5	6.46	10.19	1174.4	1149.3	2.182		249.0		236.0	
Franja Central	2.5	6.50	10.17	1186.7	1158.0	2.193		232.0		219.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.182	441.3	247.7	415.4	233.8	56.3
Franja Derecha	2.5	6.63	10.17	1184.5	1153.0	2.141	473.0		437.7		
Franja Derecha	2.5	6.48	10.15	1177.0	1142.6	2.179	456.0		432.5		
Franja Derecha	2.5	6.56	10.18	1178.7	1145.0	2.144	481.0		449.4		
Franja Derecha	2.5	6.62	10.15	1189.2	1155.9	2.158		253.0		234.9	
Franja Derecha	2.5	6.58	10.19	1186.9	1158.2	2.158		236.0		219.6	
Franja Derecha	2.5	6.45	10.28	1182.3	1152.6	2.153		262.0		246.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.156	470.0	250.3	439.9	233.7	53.1
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.162			433.2	233.4	53.9

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*William A*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

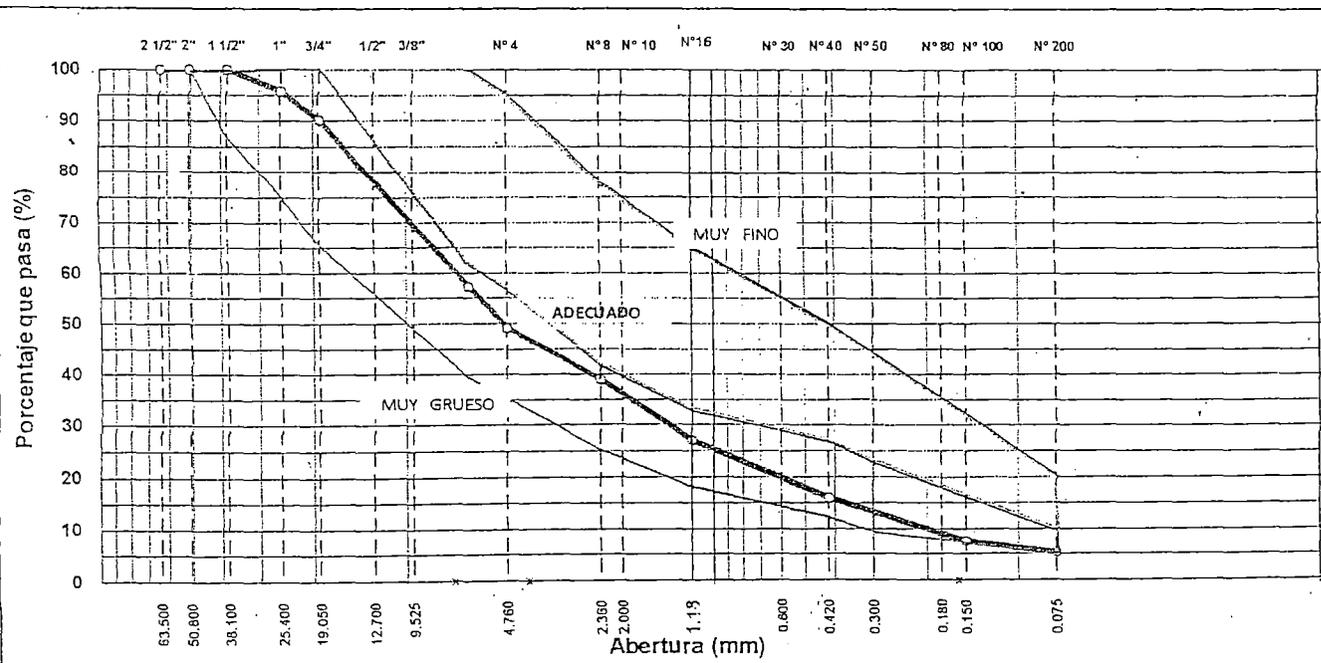
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	MTC - PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	15
Procedencia:	km. 171+198 - 170+183		N° de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	24/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 12,244.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 11586.1 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,022.4 gr			
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 24.38 %			
1"	25.400	520.0	4.3	4.3	95.8	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	689.0	5.6	9.9	90.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,451.0	11.9	21.7	78.3		CLASF. AASHTO = A-2-6 (0)			
3/8"	9.525	1,266.0	10.3	32.1	67.9		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,300.0	10.6	42.7	57.3	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	1,002.0	8.2	50.9	49.1	35 - 57		12244.0	11586.1	5.4
# 8	2.360	210.3	10.1	60.98	39.0	25 - 42	% Grava = 50.9 %			
# 10	2.000	70.1	3.4	64.4	35.7		% Arena = 43.8 %			
# 16	1.180	178.3	8.6	72.9	27.1	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600	110.8	5.3	78.2	21.8		% Fino = 5.4 %			
# 40	0.420	120.1	5.8	84.0	16.0	12 - 27	% HUMEDAD = P.S.H. 741.3 P.S.S 700.1 % Humedad 5.9%			
# 50	0.300					9 - 23	OBSERVACIONES:			
# 80	0.180									
# 100	0.150	173.9	8.4	92.4	7.6					
# 200	0.075	47.1	2.3	94.6	5.4	5 - 10				
< # 200	FONDO	111.8	5.4	100.0	0.0					
FRACCIÓN		1,022.4					Coef. Uniformidad	45	Índice de Consistencia	
TOTAL		12,244.0					Coef. Curvatura	14.7		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



*Salinas A*

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO  
 ESPECIALIDAD EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 AV. TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGÓ MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	24/07/2010
Ciente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
Asfalto:	85/100	%	2.5		
Grava (%):	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la vía (km. 171+198 - 170+183)				

Fecha Extracción 25/07/2010 6:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 28/07/2010 1:55:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 29/07/2010 1:55:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.68	10.21	1184.1	1161.0	2.123	380.0		347.6		
Franja Izquierda	2.5	6.88	10.13	1187.1	1161.3	2.094	363.0		324.9		
Franja Izquierda	2.5	6.79	10.16	1186.8	1162.5	2.112	422.0		381.6		
Franja Izquierda	2.5	6.69	10.22	1187.7	1160.2	2.114		215.0		196.2	
Franja Izquierda	2.5	6.77	10.17	1176.4	1150.5	2.092		203.0		183.9	
Franja Izquierda	2.5	6.69	10.18	1186.7	1162.7	2.135		270.0		247.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.112	388.3	229.3	351.4	209.2	59.5
Franja Central	2.5	6.53	10.20	1183.3	1164.2	2.182	405.0		379.4		
Franja Central	2.5	6.56	10.18	1196.7	1171.9	2.195	447.0		417.6		
Franja Central	2.5	6.56	10.19	1188.1	1169.9	2.187	426.0		397.6		
Franja Central	2.5	6.58	10.19	1191.2	1173.3	2.186		240.0		223.3	
Franja Central	2.5	6.62	10.14	1185.1	1165.9	2.181		207.0		192.4	
Franja Central	2.5	6.57	10.18	1190.1	1170.5	2.189		211.0		196.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.187	426.0	219.3	398.2	204.2	51.3
Franja Derecha	2.5	6.76	10.17	1186.9	1163.4	2.119	418.0		379.3		
Franja Derecha	2.5	6.83	10.14	1183.2	1159.0	2.101	380.0		342.3		
Franja Derecha	2.5	6.79	10.23	1195.2	1170.0	2.096	359.0		322.4		
Franja Derecha	2.5	6.78	10.13	1189.2	1162.9	2.128		253.0		229.8	
Franja Derecha	2.5	6.88	10.12	1185.8	1160.4	2.097		228.0		204.3	
Franja Derecha	2.5	6.75	10.17	1186.0	1160.4	2.116		274.0		249.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.110	385.7	251.7	348.0	227.7	65.4
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.136			365.9	213.7	58.4

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

*Galvis A.*

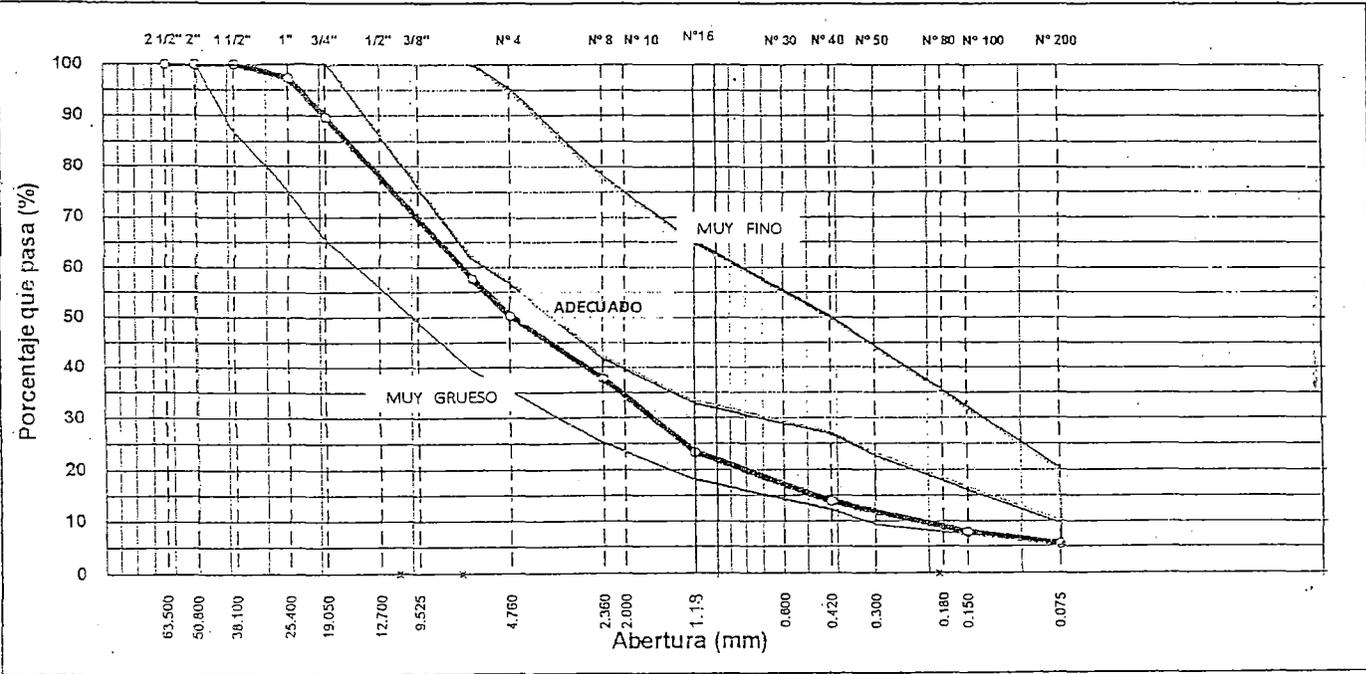
**CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )**

Ciliente	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	16
Procedencia:	km. 170+183 - 169+130		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	26/07/2010	Muestreado por :	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL	=	13,664.0 gr		
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	12906.5 gr		
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,014.4 gr		
1 1/2"	38.100		0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.38 %		
1"	25.400	371.0	2.7	2.7	97.3	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P. %		
3/4"	19.050	1,049.0	7.7	10.4	89.6	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P. %		
1/2"	12.700	1,644.0	12.0	22.4	77.6		CLASF. AASHTO	=	A-2-5 (0)		
3/8"	9.525	1,268.0	9.3	31.7	68.3		CLASF. SUCCS	=	SP - SM		
1/4"	6.350	1,439.0	10.5	42.2	57.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200	
# 4	4.760	1,014.0	7.4	49.7	50.3	35 - 57		13664.0	12906.5	5.5	
# 8	2.360	252.9	12.6	62.21	37.8	25 - 42	% Grava	=	49.7 %		
# 10	2.000	77.3	3.8	66.1	34.0		% Arena	=	44.8 %		
# 16	1.180	213.1	10.6	76.6	23.4	18 - 33					
# 20	0.850										
# 30	0.600	92.8	4.6	81.2	18.8		% Fino	=	5.5 %		
# 40	0.420	96.7	4.8	86.0	14.0	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad	
# 50	0.300					9 - 23		741.3	700.1	5.9%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:				
# 100	0.150	123.8	6.1	92.2	7.8						
# 200	0.075	46.1	2.3	94.5	5.5	5 - 10					
< # 200	FONDO	111.7	5.5	100.0	0.0						
FRACCIÓN		1,014.4					Coef. Uniformidad	37	Índice de Consistencia		
TOTAL		13,664.0					Coef. Curvatura	96.0			
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión	Bajo		

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



*Adriano A.*

**CONALVIAS S.A.**  
Sucursal Perú

**ING. WILLIAM CASTILLO**  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
CONSERVACIÓN POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA -  
HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	26/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
SFALTO:	85/100	%	2.5		
Grava (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la vía (km. 170+183 - 169+130)				

Fecha Extracción 27/07/2010 6:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 30/07/2010 1:55:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 31/07/2010 1:55:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.62	10.31	1183.9	1155.2	2.090	515.0		470.8		
Franja Izquierda	2.5	6.77	10.14	1191.0	1161.4	2.124	561.0		509.9		
Franja Izquierda	2.5	6.78	10.13	1189.0	1161.4	2.125	527.0		478.7		
Franja Izquierda	2.5	6.82	10.13	1180.3	1153.6	2.099		295.0		266.4	
Franja Izquierda	2.5	6.75	10.20	1198.5	1168.8	2.119		295.0		267.3	
Franja Izquierda	2.5	6.68	10.17	1180.8	1151.2	2.121		303.0		278.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.113	534.3	297.7	486.4	270.7	55.6
Franja Central	2.5	6.58	10.09	1178.9	1151.1	2.188	561.0		527.2		
Franja Central	2.5	6.65	10.12	1184.9	1158.6	2.166	662.0		613.7		
Franja Central	2.5	6.59	10.15	1190.8	1165.6	2.186	658.0		613.7		
Franja Central	2.5	6.69	10.12	1187.0	1158.7	2.153		350.0		322.5	
Franja Central	2.5	6.52	10.19	1188.0	1162.4	2.186		405.0		380.3	
Franja Central	2.5	6.48	10.20	1180.4	1157.9	2.187		359.0		338.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.178	627.0	371.3	584.9	347.2	59.4
Franja Derecha	2.5	6.55	10.15	1179.8	1156.5	2.182	460.0		431.7		
Franja Derecha	2.5	6.51	10.17	1173.5	1147.2	2.169	397.0		374.1		
Franja Derecha	2.5	6.48	10.14	1167.2	1138.2	2.175	502.0		476.6		
Franja Derecha	2.5	6.49	10.17	1171.7	1144.9	2.172		262.0		247.7	
Franja Derecha	2.5	6.48	10.18	1170.8	1143.6	2.168		279.0		263.9	
Franja Derecha	2.5	6.46	10.19	1171.4	1144.5	2.172		283.0		268.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.173	453.0	274.7	427.5	259.9	60.8
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.155			499.6	292.6	58.6

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

 **CONALVIAS S.A.**  
Sucursal Perú

ING. WILLIAM CALVIS CASTAÑEDA  
ESPECIALISTA EN SISTEMAS PAVIMENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA DE OBRAS DE CONSERVACION VIAL  
UNIVERSIDAD TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

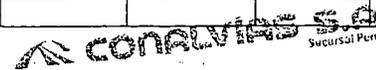
Proyecto: CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA EMP PE SN (DV. TOCACHIE)  
 Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU  
 Cliente: M.T.C. - PROVIAS NACIONAL  
 Asfalto: 85/100 2.50%  
 Material: ESPUMADO RAP. + BASE (0.15 m)

Temperatura (°) 160 % Agua: 2.5%  
 Realizado Telesforo Salinas A.

FECHA	TRAMO km	TAMANO MAXIMO	PASANTE Nº 200	INDICE PLASTICO	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASHTO	EQUIVALENTE DE ARENA	MAX. DENS. SECA	HUMEDAD OPTIMA	C.B.R	DENSIDAD CONO	DENSIDAD DENSIMETRO	Resistencia I.T.S. (kpa) SECO	Resistencia I.T.S. (kpa) HUMEDO	RESISTENCIA CONSERVADA
		Pulg.	%	%			%	gr/cc	%	%	%	%	kpa		%
27/07/2010	169+130 - 168+136	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	36	2.100	6.30	0.00	99.3	100.2	513.9	319.5	62.2
30/07/2010	166+150 - 165+647	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.091	6.20	-	99.4	99.7	547.3	340.2	62.2
31/07/2010	165+647 - 164+590	1.1/2"	7.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	42	2.089	6.30	-	99.4	99.7	539.5	352.0	65.2
02/08/2010	164+590 - 163+636	1.1/2"	7.1	N.P.	SP - SM	A-1-a(0)	47	2.100	6.40	-	99.4	99.6	517.8	420.1	81.1
03/08/2010	163+636 - 162+725	1.1/2"	6.3	N.P.	SP	A-2-6(0)	39	2.089	6.40	-	99.3	99.6	445.3	308.7	69.3
04/08/2010	168+120 - 167+242	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	37	2.083	6.20	-	99.8	100.4	439.3	304.0	69.2
05/08/2010	167+242 - 166+150	1.1/2"	6.6	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.097	6.10	-	99.6	100.0	569.2	369.7	65.0
06/08/2010	162+725 - 161+680	1.1/2"	6.7	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	38	2.063	6.20	-	99.7	100.2	517.0	343.2	66.4
07/08/2010	161+680 - 161+000	1.1/2"	6.8	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	37	2.073	6.40	-	99.5	99.9	406.8	293.3	72.1
09/08/2010	161+000 - 159+980	1.1/2"	6.7	N.P.	SP	A-2-6(0)	39	2.075	6.00	-	99.8	99.8	554.7	294.1	53.0
10/08/2010	159+980 - 158+912	1.1/2"	6.9	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.073	6.10	0.00	99.5	99.8	382.9	218.0	56.9
11/08/2010	158+912 - 157+854	1.1/2"	6.8	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.102	6.30	-	99.4	99.7	514.2	270.8	57.7
12/08/2010	157+854 - 157+108	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.181	6.30	-	99.3	99.9	511.5	329.8	64.5
13/08/2010	157+108 - 156+058	1.1/2"	6.5	N.P.	SP	A-2-6(0)	43	2.111	6.20	-	99.6	99.9	433.2	233.4	53.9
14/08/2010	156+058 - 155+000	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.101	6.20	-	99.2	100.0	365.9	213.7	58.4
16/08/2010	155+000 - 153+944	1.1/2"	6.2	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	40	2.103	6.30	-	99.5	99.8	499.6	292.6	58.6
17/08/2010	153+944 - 153+153	1.1/2"	6.7	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.098	6.30	-	99.4	99.8	514.2	270.8	52.7
18/08/2010	153+153 - 152+300	1.1/2"	6.3	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.110	6.20	-	99.8	99.9	511.5	329.8	64.5
21/08/2010	208+903 - 208+130	1.1/2"	6.2	N.P.	SP	A-2-6(0)	38	2.150	6.00	-	99.3	99.8	433.2	233.4	53.9
25/08/2010	208+065 - 206+538	1.1/2"	6.1	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	39	2.164	6.20	-	99.9	99.9	365.9	213.7	58.4
26/08/2010	206+538 - 205+465	1.1/2"	6.4	N.P.	SP - SM	A-2-6(0)	41	2.142	6.30	-	100.0	99.8	499.6	292.6	58.6

  
 Telesforo Salinas Ampuero  
 INGENIERO CIVIL  
 ESPECIALISTA EN PAVIMENTOS

Obs: 835 Fecha 26-8-10  
 Localización: Revisión Espumado RAP  
 Cumple  No Cumple   
 Nombre del Ing. William Salinas C.  
 Firma del Ing. 



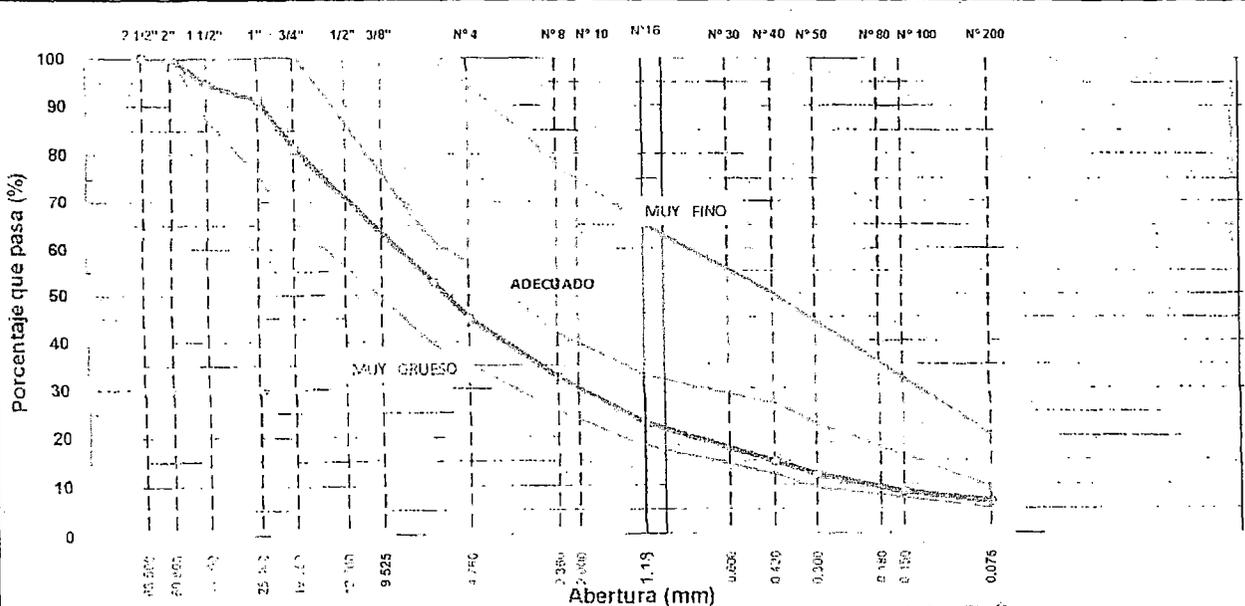
ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 PARA CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - HUANUCO - TINGO MARIA EMP. PE SN (DV. TOCACHIE)

<b>CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )</b>				
Cliente:	M.T.U. - PERUVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Empresa:	CONALVIAS S.A. - SUCURSA, PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	17
Dirección:	km. 189+170 - H8+156		N° de muestra:	M - 01
Lugar del Muestreo:	Perú	<b>ASTM D 422 - C 136</b>	Clase de Material:	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	27/07/2010	Muestreado por: Eider Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

## LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% O' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA					
3"	76.200						PESO TOTAL	=	14,198.0	gr		
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	13315.2	gr		
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	984.3	gr		
1 1/2"	38.100	209.3	1.5	1.5	98.5	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	24.84	%		
1"	25.400	266.0	1.9	3.3	96.7	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%		
3/4"	19.050	1,090.0	7.7	11.0	89.0	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%		
1/2"	12.700	2,083.0	14.7	25.7	74.3		CLASF. AASITO	=	A-2-6	[0]		
3/8"	9.525	1,188.0	8.4	34.1	65.9		CLASF. SUCCS	=	SP - SM			
1/4"	6.350	1,160.0	8.2	42.2	57.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	=	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200	
# 4	4.760	1,062.0	7.5	49.7	50.3	35 - 57		=	14198.0	13315.2	6.2	
# 8	2.360	216.2	11.1	60.76	39.2	25 - 42	% Grava	=	49.7	%		
# 10	2.000	90.7	4.6	65.4	34.6		% Arena	=	44.1	%		
# 16	1.180	198.8	10.2	75.6	24.5	18 - 33						
# 20	0.850											
# 30	0.600						% Fino	=	6.2	%		
# 40	0.420	100.4	5.1	85.8	14.2	12 - 27	% HUMEDAD	=	74.3	P.S.S	% Humedad	
# 50	0.300	68.1	3.5	89.3	10.7	9 - 23		=	700.1	5.9%		
# 80	0.180						OBSERVACIONES:					
# 100	0.150	42.3	2.2	91.5	8.6							
# 200	0.075	45.7	2.3	93.8	6.2	5 - 10						
< # 200	FONDO	121.7	6.2	100.0	0.0							
FRACCIÓN		984.3					Coef. Uniformidad	=	43	Índice de Consistencia		
TOTAL		14,198.0					Coef. Curvatura	=	132.0			
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	=	Bajo			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A.  
Telefono: 011 422 1111  
Telefax: 011 422 1112  
Lima, Peru

*Handwritten signature*

**CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
 TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )**

Cuenta:	FA 10 PROVINCIA NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC-CON-03
Contratista:	CONALVIAS S.A. - SUCURSAL PERU	<b>LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO, E INDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS</b>	Certificado:	17
Procedencia:	km 188+130 - 188+135		U <sup>o</sup> de Muestra:	M - 01
U <sup>o</sup> del muestreo:	Pista	ASTM D 4318	Clase de Material:	RAP + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	27/07/2010		Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

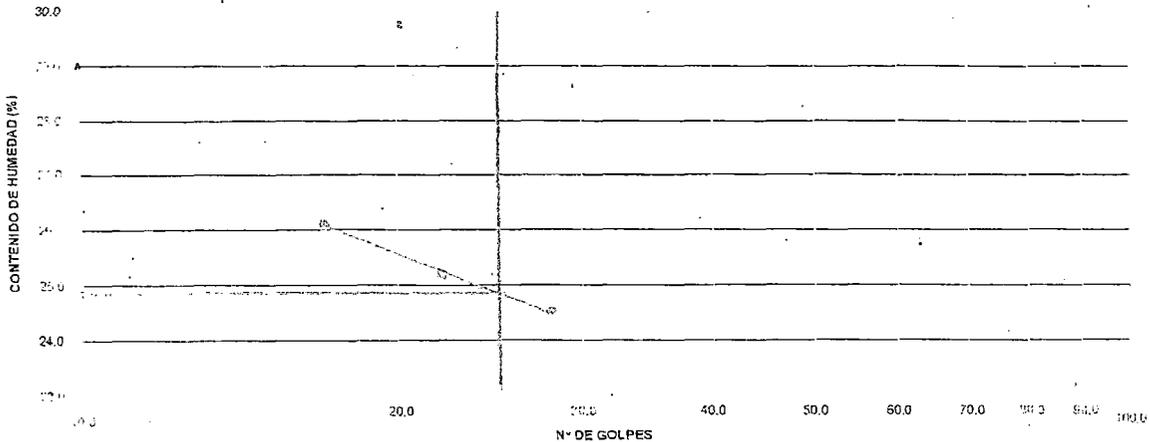
**LIMITE LIQUIDO**

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO	73.87	67.54	67.20	
TARRO + SUELO SECO	66.74	58.41	58.95	
AGUA	7.52	7.14	8.21	
PESO DEL TARRO	35.86	32.11	27.54	
PESO DEL SUELO SECO	30.69	28.30	31.45	
% DE HUMEDAD	24.50	25.19	26.10	
Nº DE GOLPES	28	22	17	

**LIMITE PLÁSTICO**

Nº TARRO				
TARRO + SUELO HUMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LIQUIDO	24.84
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.

**OBSERVACIONES**

--

*Handwritten signature/initials*

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )			
Ciente	MTC-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato
Contratista	CONALVIAS S.A. - SUCURSAL PERU	ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS	Certificado :
Procedencia	RD 100110 - 100110		Nº de muestra :
Ubic. del muestreo	Pista	MTC E 114 - 2000	Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	27/07/2010	Muestreado por: Eider Julca S.	Procesado por: Telesforo Salinas Ampuero

Título y/o Línea que abarca:

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO**

Nº de Ensayo	1	2	3
Hora de entrada a saturación	13:03	13:05	13:07
Hora de salida de saturación	13:13	13:15	13:17
Hora de entrada de decantación	13:15	13:17	13:19
Hora de salida de decantación	13:35	13:37	13:39
Altura máxima de material fino	10.1	9.7	8.9
Altura máxima de la arena	3.6	3.5	3.3
Equivalente de Arena	35.6	36.1	37.1
Equivalente de Arena promedio (%)	36		

**OBSERVACIONES:**

Material pesante del tamiz N° 4

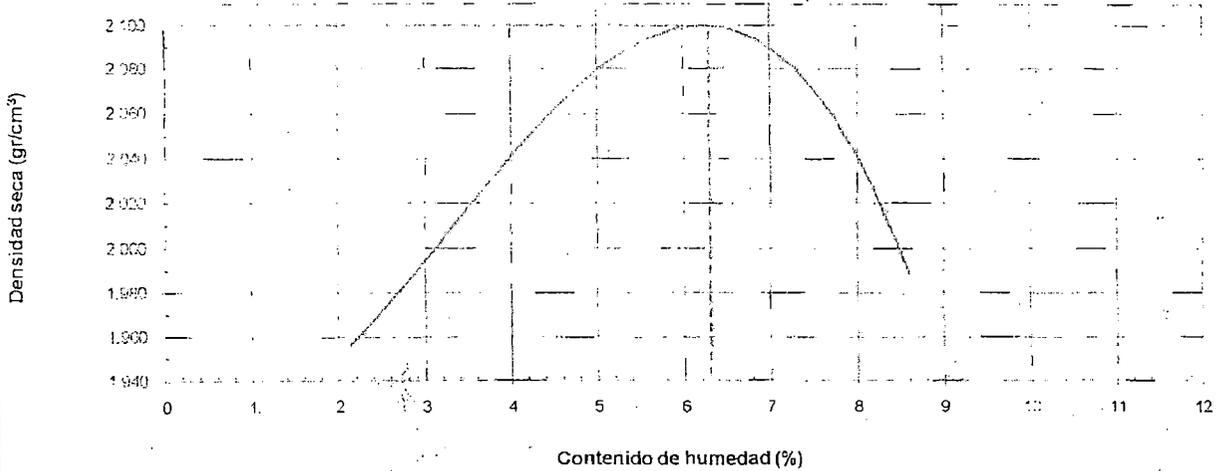
*[Handwritten signature and stamp]*

CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )			
Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato: CC-CON-05
Contratista :	CONALVIAS S.A. - SUCURSAL PERU	COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA	Certificado 17
Procedencia:	RN 160+130 - 160+136		Nº de muestra: M-01
Ubic. del muestreo :	beta	ASTM D 1557	Clase de Material : RAP + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	21/07/2010	Muestreado por: Eider Julca S.	Procesado por: Teodoro Salinas Ampuero

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

METODO DE COMPACTACION :	C				
Peso suelo + molde	g	10,593	10,876	11,079	10,978
Peso molde	g	6,325	6,325	6,325	6,325
Peso suelo húmedo compactado	g	4,268	4,551	4,754	4,653
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2,130	2,130	2,130	2,130
Peso volumétrico húmedo	g/cm <sup>3</sup>	2.004	2.137	2.232	2.185
Recipiente	Nº				
Peso del suelo húmedo + tara	g	652.2	611.9	570.2	690.5
Peso del suelo seco + tara	g	638.0	587.2	536.5	637.6
Tara	g				
Peso de agua	g	14.2	24.7	33.7	52.9
Peso del suelo seco	g	638.0	587.2	536.5	637.6
Contenido de agua	%	2.23	4.21	6.28	8.30
Peso volumétrico seco	g/cm <sup>3</sup>	1.960	2.050	2.100	2.017
	M.D.S. (g/cm3)	2.10		M.D.S. Corregida (g/cm3)	2.100
	O.C.H. (%)	6.28		O.C.H. Corregido (%)	6.3

RELACION HUMEDAD-DENSIDAD



Observaciones:

**CONALVIAS S.A.**  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO  
 Teodoro Salinas Ampuero  
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

*Handwritten signature*

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CIMCRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - FAIP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	27/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO: Material reciclado en la vía (km. 169+130 - 168+136)					
Fecha Extracción	28/07/2010	6:15:00		Fecha de ensayo probetas en condición seca:	31/07/2010 1:55:00 p.m
				Fecha de ensayo probetas condición saturada	01/08/2010 1:55:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.50	10.16	1172.1	1151.8	2.186	447.0		422.3		
Franja Izquierda	2.5	6.43	10.20	1169.8	1146.0	2.181	443.0		421.4		
Franja Izquierda	2.5	6.47	10.18	1175.3	1149.0	2.182	477.0		451.8		
Franja Izquierda	2.5	6.53	10.17	1174.4	1146.6	2.162		270.0		253.7	
Franja Izquierda	2.5	6.44	10.17	1171.1	1146.5	2.192		257.0		244.8	
Franja Izquierda	2.5	6.44	10.16	1169.0	1146.3	2.196		253.0		241.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.183	455.7	260.0	431.8	246.6	57.1
Franja Central	2.5	6.48	10.19	1181.0	1153.8	2.183	443.0		418.6		
Franja Central	2.5	6.62	10.11	1185.7	1158.3	2.180	464.0		432.5		
Franja Central	2.5	6.52	10.15	1176.4	1150.5	2.181	435.0		410.1		
Franja Central	2.5	6.35	10.29	1175.4	1151.6	2.181		283.0		270.2	
Franja Central	2.5	6.50	10.18	1178.8	1149.1	2.172		291.0		274.4	
Franja Central	2.5	6.54	10.16	1181.0	1153.8	2.176		300.0		281.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.179	447.3	291.3	420.4	275.4	65.5
Franja Derecha	2.5	6.56	10.12	1186.1	1160.9	2.200	565.0		531.0		
Franja Derecha	2.5	6.49	10.19	1177.7	1155.2	2.183	527.0		497.2		
Franja Derecha	2.5	6.59	10.16	1178.7	1155.1	2.162	570.0		531.1		
Franja Derecha	2.5	6.60	10.11	1182.6	1157.6	2.185		325.0		303.9	
Franja Derecha	2.5	6.58	10.12	1175.8	1150.2	2.173		350.0		327.9	
Franja Derecha	2.5	6.57	10.15	1172.9	1149.7	2.163		384.0		359.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.178	554.0	353.0	519.8	330.4	63.6
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.180			457.3	284.1	62.1

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia á la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETRA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
 TINGO MARIA - EMP. PE 5N ( DV. TOCACHE )

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**  
 (NORMA AASHTO T-191, ASTM D1558, MTC E 117)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CLIENTE : MTC - FERROVIAS NACIONALES	FORMATO : CC-CON-06
CONTRATIS : CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU	CERTIFICADO : 17
MATERIAL : ESPUMADO RAP. + BASE	TECNICO : ISA
UBICACION : KM 169-100 168+136	REVISADO :
	FECHA : 30/07/2010

**DENSIDAD HUMEDA**

CAPA	ESPUMADO RAP. + BASE					
	169+100	169+000	168+900	168+800	168+700	168+600
PROGRESIVA (Km)						
PROFUNDIDAD (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
LADO	IZQ	EJE	DER	IZQ	EJE	DER
Fecha del ensayo	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010
Peso del frasco + arena	g 8500	8500	8500	8500	8500	8500
Peso del frasco + arena que queda	g 3365	3311	3296	3287	3140	3197
Peso de arena empleada	g 5135	5189	5204	5213	5360	5303
Peso de arena en el cono	g 1385	1407	1385	1407	1385	1407
Peso de arena en la excavación	g 3750	3782	3819	3806	3975	3896
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup> 1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
Volumen del material extraido	cm <sup>3</sup> 2660	2682	2709	2699	2819	2763
Peso del recipiente + suelo + grava	g 5922	5867	5971	6105	6315	6005
Peso del recipiente	g					
Peso del suelo + grava	g 5922	5867	5971	6105	6315	6005
Peso retenido en la malla 3/4"	g 325	264	378	455	487	320
Peso especifico de la grava	gr/cm <sup>3</sup> 2.49	2.49	2.49	2.49	2.49	2.49
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup> 131	106	152	183	196	129
Peso de finos	g 5597	5603	5593	5650	5828	5685
Volumen de finos	cm <sup>3</sup> 2529	2576	2557	2517	2624	2635
Densidad Húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 2.21	2.17	2.19	2.25	2.22	2.16

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso recipiente + suelo húmedo	g						
Peso recipiente + suelo seco	g						
Peso de agua	g						
Peso de recipiente	g						
Peso de suelo seco	g						
Contenido de humedad	%	5.6	6.2	5.8	6.2	5.9	6.1

**RESULTADOS**

Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	2.21	2.17	2.19	2.25	2.22	2.16
Contenido de humedad	%	5.6	6.2	5.8	6.2	5.9	6.1
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.10	2.05	2.07	2.11	2.10	2.03
Máxima densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Óptimo contenido de humedad	%	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Grado de compactación	%	100	98	98	101	100	97

Observaciones:

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETRA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE 5N ( DV. TOCACHE )

**ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**  
(NORMA AASHTO T-191, ASTM D1558, MTC E 117)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

CLIENTE : M.T.C. - PROVIAS NACIONAL	FORMATO : CC-CON-06
CONTRATIS : CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU	CERTIFICADO : 17
MATERIAL : ESPUMADO RAP. + BASE	TECNICO : S.A.
UBICACION : KM 168+130 - 169+130	REVISADO :
	FECHA : 30/07/2010

**DENSIDAD HUMEDA**

CAPA	ESPUMADO RAP. + BASE					
	168+500	168+400	168+300	168+200	168+100	
PROGRESIVA (Km)	168+500	168+400	168+300	168+200	168+100	
PROFUNDIDAD (m)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
LADO	IZQ	EJE	DER	IZQ	EJE	
Fecha del ensayo	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	30/07/2010	
Peso del frasco + arena	g 8500					
Peso del frasco + arena que queda	g 3366	g 3450	g 3371	g 3293	g 3174	
Peso de arena empleada	g 5134	g 5050	g 5129	g 5207	g 5326	
Peso de arena en el cono	g 1385	g 1407	g 1385	g 1407	g 1385	
Peso de arena en la excavación	g 3749	g 3643	g 3744	g 3800	g 3941	
Densidad de la arena	g/cm <sup>3</sup> 1.41					
Volumen del material extraido	cm <sup>3</sup> 2659	cm <sup>3</sup> 2584	cm <sup>3</sup> 2655	cm <sup>3</sup> 2695	cm <sup>3</sup> 2795	
Peso del recipiente + suelo + grava	g 5966	g 5789	g 5945	g 5973	g 6088	
Peso del recipiente	g					
Peso del suelo + grava	g 5966	g 5789	g 5945	g 5973	g 6088	
Peso retenido en la malla 3/4"	g 155	g 164	g 202	g 315	g 378	
Peso específico de la grava	gr/cm <sup>3</sup> 2.49					
Volumen de la grava	cm <sup>3</sup> 62	cm <sup>3</sup> 66	cm <sup>3</sup> 81	cm <sup>3</sup> 127	cm <sup>3</sup> 152	
Peso de finos	g 5811	g 5625	g 5743	g 5658	g 5710	
Volumen de finos	cm <sup>3</sup> 2597	cm <sup>3</sup> 2518	cm <sup>3</sup> 2574	cm <sup>3</sup> 2569	cm <sup>3</sup> 2643	
Densidad Húmeda	gr/cm <sup>3</sup> 2.24	gr/cm <sup>3</sup> 2.23	gr/cm <sup>3</sup> 2.23	gr/cm <sup>3</sup> 2.20	gr/cm <sup>3</sup> 2.16	

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Peso recipiente + suelo húmedo	g					
Peso recipiente + suelo seco	g					
Peso de agua	g					
Peso de recipiente	g					
Peso de suelo seco	g					
Contenido de humedad	%	5.7	5.6	5.9	6.2	6.0

**RESULTADOS**

Densidad húmeda	gr/cm <sup>3</sup>	2.24	2.23	2.23	2.20	2.16
Contenido de humedad	%	5.7	5.6	5.9	6.2	6.0
Densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.12	2.12	2.11	2.07	2.04
Máxima densidad seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.100	2.100	2.100	2.100	2.100
Optimo contenido de humedad	%	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3
Grado de compactación	%	101	101	100	99	97

Observaciones:

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETRA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA EMP. - PE 5N ( DV. TOCACHE )

## DENSIDAD EN SITIO METODO NUCLEAR - SUELOS

ASTM D 2922

CLIENTE : M.T.C - PROVIAS NACIONAL  
 CONTRATISTA : CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU  
 MATERIAL : ESPUMADO RAP. + BASE  
 PROGRESIVA : KM 169+136 - 168+136  
 TECNICO : T.S.A.  
 FECHA : 30/07/2010

CONTEO STANDARD ( MS ) Máxima Densidad : 2.100 gr/cm<sup>3</sup>  
 EQUIPO : TROXLER 3430 ( DS ) Humedad óptima : 6.30 %

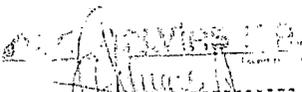
ENSAYO No.	1	2	3	4	5	6	7
Progresiva Km.	169+100	169+050	169+000	168+950	168+900	168+850	168+800
Capa							
Lado	IZQ	EJE	DER	IZQ	EJE	DER	IZQ
Profundidad ( mm )	150	150	150	150	150	150	150
Densidad Húmeda ( WD )	2.220	2.190	2.210	2.220	2.200	2.198	2.19
Humedad ( %W )	4.6	4.8	5.3	5.6	5.9	5.4	5.4
Densidad Seca ( DD )	2.120	2.090	2.100	2.100	2.080	2.080	2.08
Compactación ( % COMP )	102.0	100.5	100.8	101.0	99.8	100.0	100.00

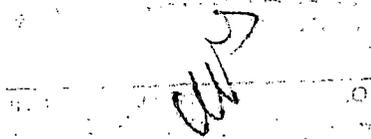
ENSAYO No.	8	9	10	11	12	13	14
Progresiva Km.	168+750	168+700	168+650	168+600	168+550	168+500	168+450
Capa							
Lado	EJE	DER	IZQ	EJE	DER	IZQ	EJE
Profundidad ( mm )	150	150	150	150	150	150	150
Densidad Húmeda ( WD )	2.190	2.170	2.160	2.220	2.180	2.180	2.210
Humedad ( %W )	5.1	4.5	4.9	5.3	5.0	5.0	5.7
Densidad Seca ( DD )	2.080	2.070	2.060	2.090	2.080	2.080	2.090
Compactación ( % COMP )	100.2	99.7	99.1	100.5	100.0	99.8	100.6

ENSAYO No.	15	16	17	18	19	20	21
Progresiva Km.	168+400	168+350	168+300	168+250	168+200	168+150	
Capa							
Lado	DER	IZQ	EJE	DER	IZQ	EJE	
Profundidad ( mm )	150	150	150	150	150	150	
Densidad Húmeda ( WD )	2.140	2.180	2.170	2.190	2.150	2.190	
Humedad ( %W )	4.1	4.0	4.3	4.6	4.7	4.9	
Densidad Seca ( DD )	2.060	2.100	2.080	2.090	2.050	2.080	
Compactación ( % COMP )	99.0	101.0	100.2	100.7	98.7	100.3	

COMPACT.PROM. : 100.2% ESPECIFICACION : 97% á 100%

OBSERVACIONES :

  
 T.S.A.  
 Oficina de Servicios Ampuero  
 LIMA - PERU

  
 T.S.A.

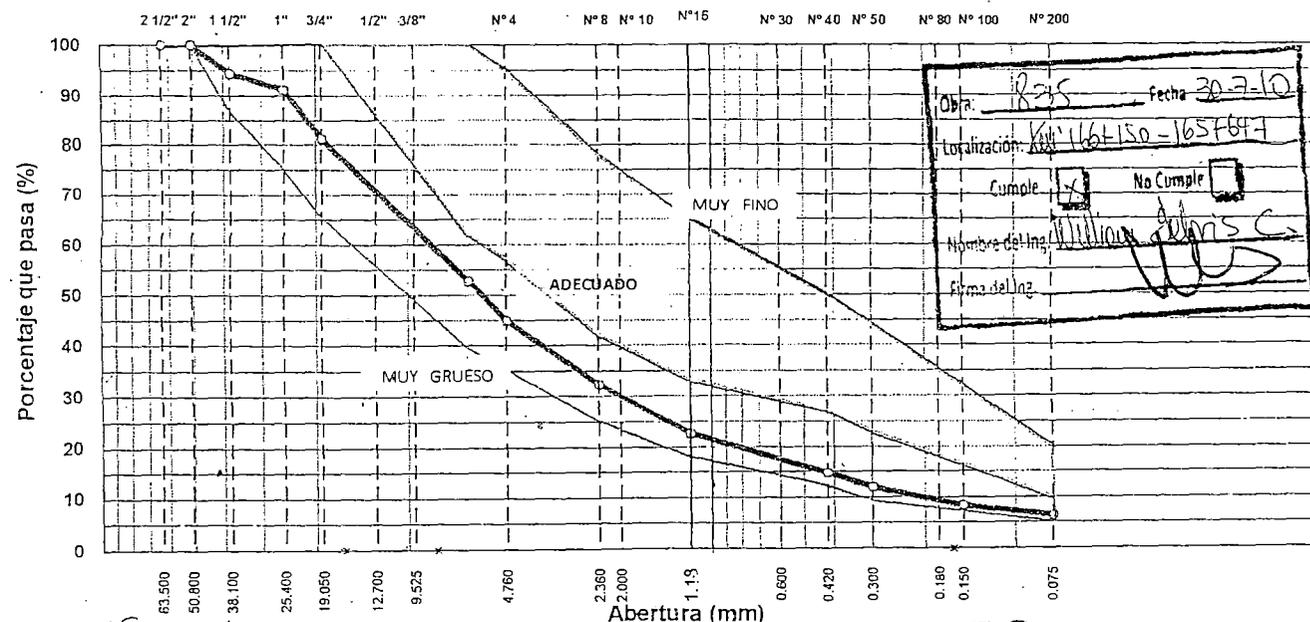
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:
Procedencia:	km. 166+150 - 165+647	ASTM D 422 - C 136		Nº de muestra :
Ubic. del muestreo:	Pista		Muestreado por :Elder Juica S.	Clase de Material :
Fecha de muestreo:	30/07/2010	Procesado por:		Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA							
3"	76.200						PESO TOTAL	=	13,359.0	gr				
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	12474.5	gr				
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	767.8	gr				
1 1/2"	38.100	297.0	2.2	2.2	97.8	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.69	%				
1"	25.400	490.0	3.7	5.9	94.1	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%				
3/4"	19.050	1,111.0	8.3	14.2	85.8	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%				
1/2"	12.700	1,322.0	9.9	24.1	75.9		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	{0}				
3/8"	9.525	1,499.0	11.2	35.3	64.7		CLASF. SUCCS	=	SP - SM					
1/4"	6.350	1,629.0	12.2	47.5	52.5	39 - 62	Ensayo Malla #200		P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,001.0	7.5	55.0	45.0	35 - 57			13359.0	12474.5	6.6			
# 8	2.360	184.9	10.8	65.84	34.2	25 - 42	% Grava	=	55.0	%				
# 10	2.000	51.5	3.0	68.9	31.1		% Arena	=	38.4	%				
# 16	1.180	159.3	9.3	78.2	21.8	18 - 33								
# 20	0.850						% Fino	=	6.6	%				
# 40	0.420	49.2	2.9	85.9	14.1	12 - 27	% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 50	0.300	35.2	2.1	87.9	12.1	9 - 23			739.4	699.5	5.7%			
# 80	0.180						OBSERVACIONES:							
# 100	0.150	50.4	3.0	90.9	9.1									
# 200	0.075	42.3	2.5	93.4	6.6	5 - 10								
< # 200	FONDO	113.0	6.6	100.0	0.0									
FRACCIÓN		767.8					Coef. Uniformidad		50	Índice de Consistencia				
TOTAL		13,359.0					Coef. Curvatura		199.1					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión		Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE).

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	30/07/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	% =	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGADO:	Material reciclado en la vía (km. 166+150 - 165+647)				

Fecha Extracción 31/07/2010 6:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 03/08/2010 5:35:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 04/08/2010 5:35:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.55	10.17	1175.4	1144.7	2.151	616.0		576.9		
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.19	1185.4	1154.6	2.113	541.0		494.4		
Franja Izquierda	2.5	6.58	10.19	1176.9	1143.8	2.132	612.0		569.5		
Franja Izquierda	2.5	6.58	10.19	1182.7	1154.2	2.151		338.0		314.5	
Franja Izquierda	2.5	6.64	10.13	1182.2	1152.2	2.153		325.0		301.4	
Franja Izquierda	2.5	6.60	10.19	1182.9	1150.7	2.138		346.0		321.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.140	589.7	336.3	546.9	312.3	57.1
Franja Central	2.5	6.80	10.17	1184.7	1159.2	2.099	637.0		574.7		
Franja Central	2.5	6.74	10.23	1184.8	1157.2	2.089	641.0		580.0		
Franja Central	2.5	6.80	10.17	1184.0	1157.2	2.095	561.0		506.1		
Franja Central	2.5	6.69	10.18	1181.2	1154.7	2.121		397.0		363.7	
Franja Central	2.5	6.72	10.19	1179.2	1150.8	2.100		308.0		280.6	
Franja Central	2.5	6.59	10.19	1183.2	1157.5	2.154		485.0		450.6	
<b>PROMEDIO</b>						2.109	613.0	396.7	553.6	365.0	65.9
Franja Derecha	2.5	6.55	10.18	1182.4	1157.3	2.171	759.0		710.2		
Franja Derecha	2.5	6.69	10.16	1189.7	1162.4	2.143	569.0		522.3		
Franja Derecha	2.5	6.64	10.17	1180.6	1154.1	2.140	612.0		565.4		
Franja Derecha	2.5	6.72	10.16	1189.3	1162.4	2.134		354.0		323.5	
Franja Derecha	2.5	6.76	10.13	1182.6	1155.9	2.122		371.0		338.0	
Franja Derecha	2.5	6.55	10.19	1184.6	1159.8	2.171		363.0		339.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.147	646.7	362.7	599.3	333.6	55.7
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.132			566.6	337.0	59.5

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A.  
Teléfono Salinas Amphero  
LABORATORIO  
CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

ING WILLIAM CASTILLO  
SPECIALISTA EN ENSAYOS Y MATERIALES  
CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 835 Fecha: 30-7-10  
Localización: Km. 166+150 - 165+647  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Salinas C.  
Firma del Ing.

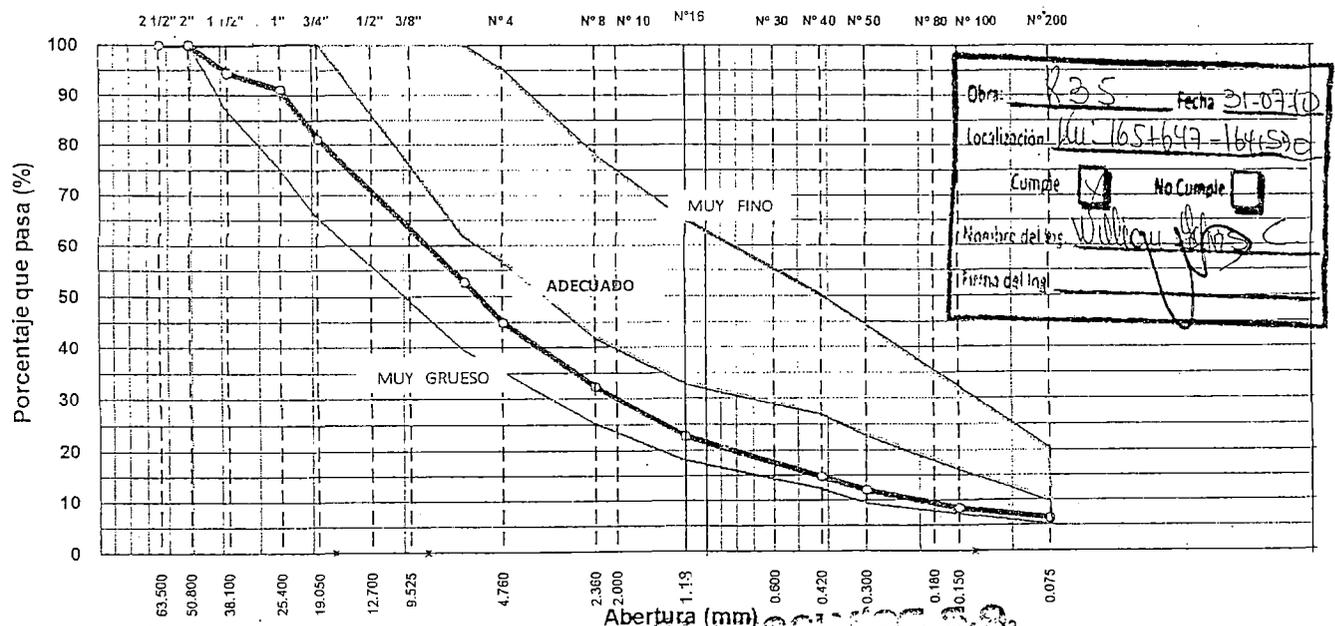
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:
Procedencia:	km. 165+647 - 164+590	ASTM D 422 - C 136		N° de muestra :
Ubic. del muestreo:	Pista		Muestreado por : Eider Julca S.	Clase de Material :
Fecha de muestreo:	31/07/2010	Procesado por:		Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	15,690.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	14491.5	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	869.7	gr			
1 1/2"	38.100	236.4	1.5	1.5	98.5	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.63	%			
1"	25.400	490.0	3.1	4.6	95.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,520.0	9.7	14.3	85.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,423.0	9.1	23.4	76.6		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[0]			
3/8"	9.525	2,192.0	14.0	37.4	62.6		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,219.0	7.8	45.1	54.9	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,001.0	6.4	51.5	48.5	35 - 57		15690.0	14491.5	7.6			
# 8	2.360	250.8	14.0	65.49	34.5	25 - 42	% Grava	=	51.5	%			
# 10	2.000	67.9	3.8	69.3	30.7		% Arena	=	40.9	%			
# 16	1.180	158.3	8.8	78.1	21.9	18 - 33							
# 20	0.850						% Fino	=	7.6	%			
# 30	0.600						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 40	0.420	46.1	2.6	85.3	14.8	12 - 27		798.0	754.3	5.8%			
# 50	0.300	32.4	1.8	87.1	12.9	9 - 23	OBSERVACIONES:						
# 80	0.180												
# 100	0.150	52.9	3.0	90.0	10.0								
# 200	0.075	42.3	2.4	92.4	7.6	5 - 10							
< # 200	FONDO	137.0	7.6	100.0	0.0								
FRACCIÓN		869.7					Coef. Uniformidad	63	Índice de Consistencia				
TOTAL		15,690.0					Coef. Curvatura	254.0					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCION INDIRECTA

Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU  
Cliente: M.T.C. - PROVIAS NACIONAL  
Fecha de fabricación: 31/07/2010

FALTO: 85/100 % 2.5  
Carga (%): 2.5 Relación Expansión: 19 Vida Media (s): 10.62

REGADO: Material reciclado en la vía (km.165+647 - 164+590)

Fecha Extracción: 01/08/2010 9:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 04/08/2010 5:35:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 05/08/2010 5:35:00 p.m

Resistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
ranja Izquierda	2.5	6.93	10.14	1178.6	1152.9	2.060	586.0		520.3		
ranja Izquierda	2.5	6.86	10.19	1175.4	1150.1	2.056	570.0		508.7		
ranja Izquierda	2.5	6.86	10.18	1174.2	1148.7	2.057	553.0		494.0		
ranja Izquierda	2.5	6.93	10.15	1174.2	1147.0	2.046		333.0		295.4	
ranja Izquierda	2.5	7.09	10.15	1176.9	1150.3	2.005		295.0		255.8	
ranja Izquierda	2.5	6.94	10.20	1175.0	1147.7	2.024		295.0		260.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.041	569.7	307.7	507.7	270.4	53.3

ranja Central	2.5	6.71	10.17	1163.7	1142.7	2.096	494.0		451.6		
ranja Central	2.5	6.67	10.19	1174.1	1150.7	2.115	515.0		472.7		
ranja Central	2.5	6.73	10.13	1171.9	1148.9	2.118	527.0		482.3		
ranja Central	2.5	6.69	10.16	1175.4	1151.1	2.122		249.0		228.6	
ranja Central	2.5	6.65	10.18	1170.1	1146.2	2.118		262.0		241.5	
ranja Central	2.5	6.61	10.20	1175.4	1152.4	2.134		279.0		258.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.117	512.0	263.3	468.9	242.7	51.8

ranja Derecha	2.5	6.51	10.19	1176.3	1145.7	2.158	481.0		452.4		
ranja Derecha	2.5	6.67	10.14	1177.0	1147.2	2.130	557.0		513.8		
ranja Derecha	2.5	6.47	10.20	1173.4	1146.5	2.169	540.0		510.5		
ranja Derecha	2.5	6.56	10.18	1173.9	1147.3	2.149		295.0		275.6	
ranja Derecha	2.5	6.50	10.18	1179.4	1150.8	2.175		279.0		263.1	
ranja Derecha	2.5	6.51	10.19	1178.7	1148.8	2.164		321.0		301.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.157	526.0	298.3	492.2	280.2	56.9

**PROMEDIO PISTA**      2.105      489.6      264.4      54.0

$$S = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
Teléfono Salinas Amblerdo  
LABORATORISTA  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 895 Fecha: 31-7-10  
Localización: Km. 165+647 - 164+590  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C.  
Firma del Ing.

ING WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

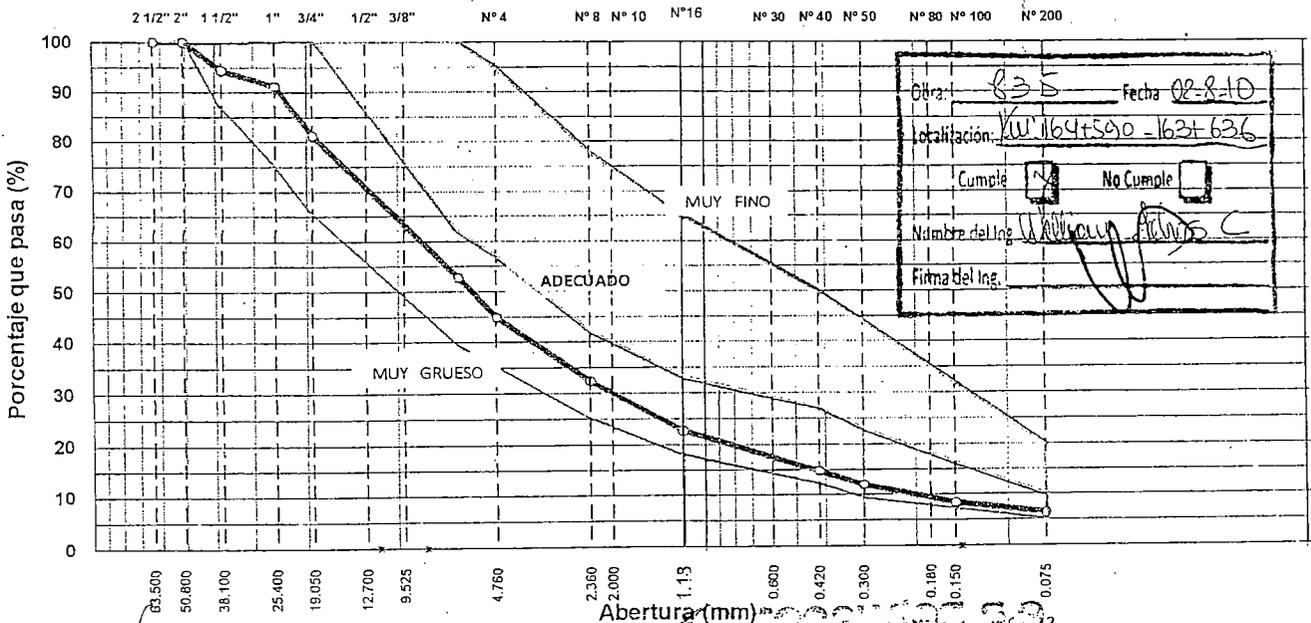
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	20
Procedencia:	km. 164+590 - 163+636		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	02/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA				
3"	76.200						PESO TOTAL	=	12,851.0 gr		
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	11942.6 gr		
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	793.4 gr		
1 1/2"	38.100	76.0	0.6	0.6	99.4	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	25.46 %		
1"	25.400	628.0	4.9	5.5	94.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P. %		
3/4"	19.050	1,204.0	9.4	14.9	85.2	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P. %		
1/2"	12.700	1,446.0	11.3	26.1	73.9		CLASF. AASHTO	=	A-2-6 [0]		
3/8"	9.525	1,252.0	9.7	35.8	64.2		CLASF. SUCCS	=	SP - SM		
1/4"	6.350	1,454.0	11.3	47.2	52.9	39 - 62	Ensayo Malla #200	P. S. Seco.	P. S. Lavado	% 200	
# 4	4.760	790.0	6.2	53.3	46.7	35 - 57		12851.0	11942.6	7.1	
# 8	2.360	232.3	13.7	66.97	33.0	25 - 42	% Grava	=	53.3 %		
# 10	2.000	65.4	3.9	70.8	29.2		% Arena	=	39.6 %		
# 15	1.180	115.7	6.8	77.6	22.4	18 - 33					
# 20	0.850										
# 30	0.600						% Fino	=	7.1 %		
# 40	0.420	55.8	3.3	85.1	14.9	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad	
# 50	0.300	40.3	2.4	87.5	12.5	9 - 23		865.4	816.4	6.0%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:				
# 100	0.150	60.4	3.6	91.0	9.0						
# 200	0.075	32.4	1.9	92.9	7.1	5 - 10					
< # 200	FONDO	120.1	7.1	100.0	0.0						
FRACCIÓN TOTAL		793.4					Coef. Uniformidad	57	Índice de Consistencia		
		12,851.0					Coef. Curvatura	116.1			
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo			

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A.  
Telesforo Salinas Ampuero  
LABORANTISTA  
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

ING WILLIAM GONZALEZ  
TELESFORO SALINAS AMPUERO  
LABORANTISTA  
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	02/08/2010
Agente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
FALTO:	85/100	%	2.5		
Humedad (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
PREPARADO:	Material reciclado en la via (km.164+590 - 163+636)				

Fecha Extracción 03/08/2010 10:45:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 06/08/2010 3:15:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 07/08/2010 3:15:00 p.m

Consistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	7.16	10.17	1189.6	1169.2	2.010	523.0		448.1		
Franja Izquierda	2.5	7.18	10.15	1187.0	1169.3	2.013	561.0		480.3		
Franja Izquierda	2.5	7.11	10.17	1185.6	1171.0	2.027	544.0		469.4		
Franja Izquierda	2.5	7.15	10.14	1182.2	1166.3	2.020		300.0		258.2	
Franja Izquierda	2.5	7.24	10.14	1183.5	1175.2	2.010		266.0		226.1	
Franja Izquierda	2.5	7.28	10.13	1193.3	1179.7	2.011		291.0		246.2	
PROMEDIO						2.015	542.7	285.7	465.9	243.5	52.3
Franja Central	2.5	6.70	10.20	1177.6	1157.7	2.115	472.0		430.9		
Franja Central	2.5	6.69	10.18	1186.4	1167.5	2.144	485.0		444.3		
Franja Central	2.5	6.68	10.21	1174.4	1154.7	2.111	468.0		428.1		
Franja Central	2.5	6.74	10.15	1194.0	1167.1	2.140		274.0		249.9	
Franja Central	2.5	6.73	10.19	1186.5	1171.1	2.134		262.0		238.4	
Franja Central	2.5	6.76	10.11	1179.2	1160.3	2.138		291.0		265.6	
PROMEDIO						2.130	475.0	275.7	434.4	251.3	57.8
Franja Derecha	2.5	6.73	10.19	1201.9	1180.9	2.152	553.0		503.1		
Franja Derecha	2.5	6.69	10.14	1189.9	1170.6	2.167	540.0		496.6		
Franja Derecha	2.5	6.73	10.19	1203.0	1181.1	2.152	557.0		506.7		
Franja Derecha	2.5	6.74	10.16	1190.5	1170.9	2.143		388.0		353.5	
Franja Derecha	2.5	6.75	10.17	1199.6	1171.2	2.136		371.0		337.2	
Franja Derecha	2.5	6.88	10.16	1195.1	1182.3	2.120		338.0		301.7	
PROMEDIO						2.145	550.0	365.7	502.1	330.8	65.9
PROMEDIO PISTA						2.097			467.5	275.2	58.9

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A.  
SUCURSAL PERU  
Laboratorio de Ensayos  
Teléfono: 504-2222  
Laboratorio de Ensayos de Carreteras  
SUCURSAL PERU

ING. WILLIAM GONZALEZ CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUES Y SISTEMAS DE ENLACE  
CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obr: 835 Fecha: 02-08-10  
Localización: Km. 164+590 - 163+636  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing.: [Firma]  
Firma del Ing.: [Firma]

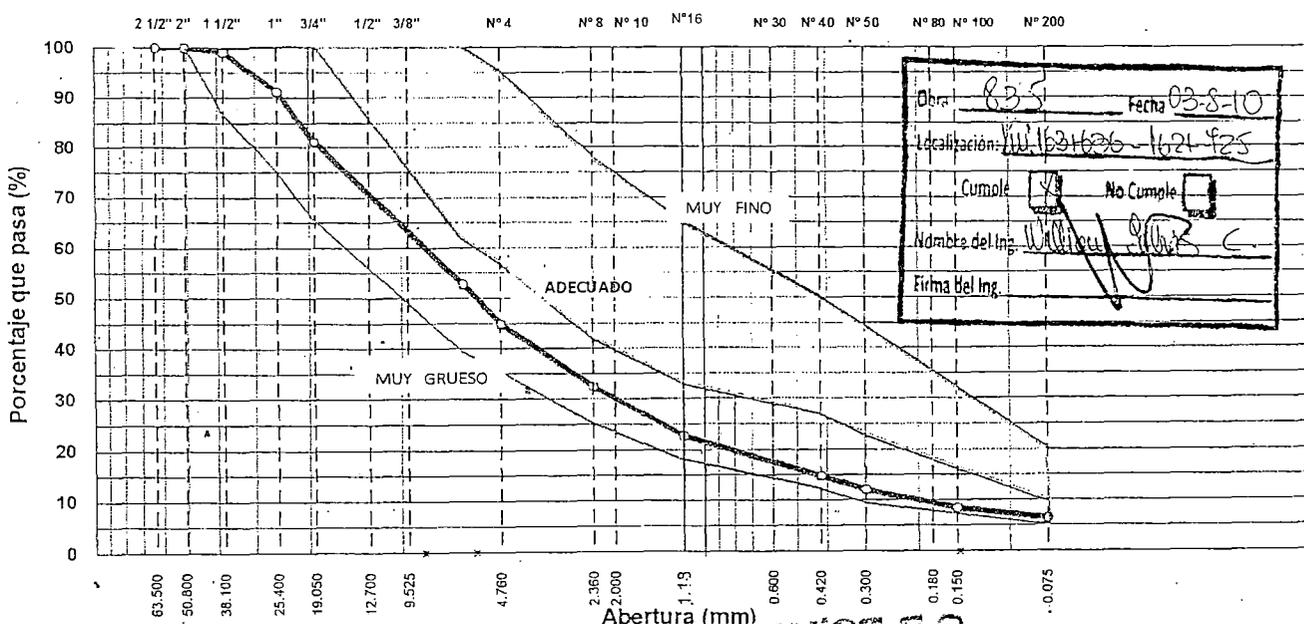
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:
Procedencia:	km. 163+636 - 162+725	ASTM D 422 - C 136		Nº de muestra :
Ubic. del Muestreo:	Pista	Muestreado por : Elder Julca S.	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	03/08/2010		Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUÑO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 13,006.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 12181.7 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 894.7 gr	
1 1/2"	38.100	130.0	1.0	1.0	99.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 24.58 %	
1"	25.400	468.0	3.6	4.6	95.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,301.0	10.0	14.6	85.4	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,504.0	11.6	26.2	73.8		CLASF. AASHTO = A-2-6 {0}	
3/8"	9.525	1,439.0	11.1	37.2	62.8		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,283.0	9.9	47.1	52.9	39 - 62	Ensayo Malla #200	
# 4	4.760	806.0	6.2	53.3	46.7	35 - 57	P.S. Seco. 13006.0	
# 8	2.360	242.3	12.7	65.93	34.1	25 - 42	P.S. Lavado 12181.7	
# 10	2.000	48.9	2.6	68.5	31.5		% 200 6.3	
# 16	1.180	180.6	9.4	77.9	22.1	18 - 33	% Grava = 53.3 %	
# 20	0.850						% Arena = 40.4 %	
# 30	0.600						% Fino = 6.3 %	
# 40	0.420	62.3	3.3	84.3	15.7	12 - 27	% HUMEDAD	
# 50	0.300	65.8	3.4	87.7	12.3	9 - 23	P.S.H. 857.4	
# 80	0.180						P.S.S 810.4	
# 100	0.150	72.3	3.8	91.5	8.5		% Humedad 5.8%	
# 200	0.075	41.6	2.2	93.7	6.3	5 - 10	OBSERVACIONES:	
< # 200	FONDO	121.4	6.3	100.0	0.0			
FRACCIÓN TOTAL		894.7					Coef. Uniformidad 58	
		13,006.0					Coef. Curvatura 26.7	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión Bajo
							Índice de Consistencia	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	03/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRO:	Material reciclado en la via (km.163+636 - 162+725)				

Fecha Extracción 04/08/2010 10:45:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 07/08/2010 3:15:00 p.m.  
Fecha de ensayo probetas condición saturada 08/08/2010 3:15:00 p.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	7.09	10.17	1197.9	1176.9	2.043	536.0		463.8		
Franja Izquierda	2.5	7.00	10.19	1170.6	1152.6	2.019	515.0		450.4		
Franja Izquierda	2.5	7.15	10.11	1158.5	1159.5	2.020	570.0		492.0		
Franja Izquierda	2.5	6.84	10.17	1172.8	1151.7	2.073		363.0		325.6	
Franja Izquierda	2.5	6.98	10.16	1190.6	1169.5	2.067		346.0		304.4	
Franja Izquierda	2.5	6.77	10.28	1166.8	1149.1	2.045		304.0		272.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.044	540.3	337.7	468.7	300.8	64.2
Franja Central	2.5	6.97	10.15	1161.8	1140.0	2.021	409.0		360.7		
Franja Central	2.5	6.96	10.16	1172.2	1153.2	2.044	435.0		383.8		
Franja Central	2.5	6.91	10.17	1160.8	1140.1	2.031	414.0		367.5		
Franja Central	2.5	6.90	10.16	1173.7	1153.9	2.063		262.0		233.2	
Franja Central	2.5	6.72	10.27	1170.8	1148.5	2.063		321.0		290.2	
Franja Central	2.5	6.98	10.17	1166.8	1143.9	2.017		257.0		225.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.040	419.3	280.0	370.7	249.7	67.4
Franja Derecha	2.5	6.76	10.16	1160.3	1132.8	2.067	599.0		544.1		
Franja Derecha	2.5	6.90	10.12	1160.7	1135.5	2.046	633.0		565.6		
Franja Derecha	2.5	6.76	10.16	1151.1	1125.8	2.054	595.0		540.5		
Franja Derecha	2.5	6.73	10.17	1167.3	1140.2	2.086		392.0		357.3	
Franja Derecha	2.5	6.89	10.13	1168.4	1144.3	2.061		367.0		328.1	
Franja Derecha	2.5	6.78	10.17	1165.6	1141.5	2.073		392.0		354.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.064	609.0	383.7	550.1	346.7	63.0
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.050			463.2	299.1	64.6

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

Obra: 835 Fecha: 03-8-10  
Localización: Km 163+636 - 162+725  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Gallegos C.  
Firma del Ing.

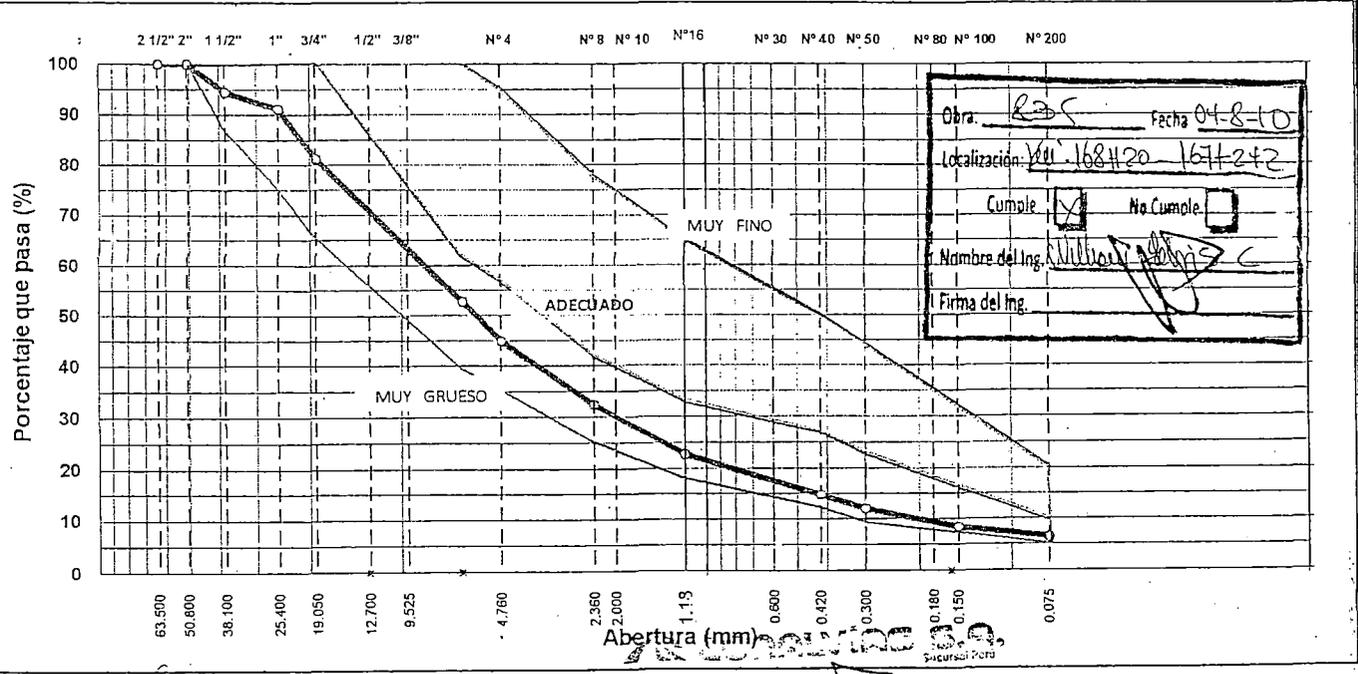
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T C-PROVIAS NACIONAL	<b>CONTROL DE CALIDAD</b>	Formato:	CC - CON - 01
Contralista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO</b>	Certificado:	22
Procedencia:	km. 168+120 -167+242		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	04/08/2010	Muestreado por: Eider Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	15.630.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	14598.1	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	774.3	gr			
1 1/2"	38.100	236.0	1.5	1.5	98.5	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	24.90	%			
1"	25.400	511.0	3.3	4.8	95.2	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	950.0	6.1	10.9	89.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,203.0	7.7	18.6	81.4		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	{0}			
3/8"	9.525	1,496.0	9.6	28.1	71.9		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,902.0	12.2	40.3	59.7	39 - 62	Ensayo Malla #200		P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200		
# 4	4.760	1,302.0	8.3	48.6	51.4	35 - 57			15630.0	14598.1	6.6		
# 8	2.360	202.2	13.4	62.04	38.0	25 - 42	% Grava	=	48.6	%			
# 10	2.000	63.3	4.2	66.2	33.8		% Arena	=	44.8	%			
# 16	1.180	159.8	10.6	76.8	23.2	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600						% Fino	=	6.6	%			
# 40	0.420	56.2	3.7	85.6	14.4	12 - 27	% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S	% Humedad		
# 50	0.300	43.8	2.9	88.5	11.5	9 - 23			738.9	698.4	5.8%		
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	43.1	2.9	91.3	8.7								
# 200	0.075	31.2	2.1	93.4	6.6	5 - 10							
< # 200	FONDO	99.5	6.6	100.0	0.0								
FRACCIÓN		774.3					Coef. Uniformidad		40		Índice de Consistencia		
TOTAL		15,630.0					Coef. Curvatura		163.1				
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión		Bajo				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	04/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGISTRADO:	Material reciclado en la via (km.168+120 - 167+242)				

Fecha Extracción 05/08/2010 9:45:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 08/08/2010 4:15:00 p.m.  
Fecha de ensayo probetas condición saturada 09/08/2010 4:15:00 p.m.

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.61	10.17	1169.9	1153.7	2.149	443.0		411.1		
Franja Izquierda	2.5	6.71	10.18	1174.4	1159.0	2.122	506.0		462.2		
Franja Izquierda	2.5	6.75	10.14	1186.3	1168.8	2.144	481.0		438.4		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.13	1168.3	1149.0	2.121		279.0		255.7	
Franja Izquierda	2.5	6.85	10.14	1196.2	1178.4	2.130		291.0		261.4	
Franja Izquierda	2.5	6.80	10.17	1206.0	1189.6	2.154		308.0		277.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.137	476.7	292.7	437.2	265.0	60.6

Franja Central	2.5	6.35	10.18	1160.3	1145.7	2.217	515.0		497.0		
Franja Central	2.5	6.33	10.28	1155.4	1140.4	2.171	481.0		461.2		
Franja Central	2.5	6.60	10.18	1182.0	1165.1	2.169	494.0		458.7		
Franja Central	2.5	6.48	10.16	1166.1	1150.1	2.189		262.0		248.3	
Franja Central	2.5	6.42	10.30	1173.1	1156.5	2.162		287.0		270.8	
Franja Central	2.5	6.35	10.16	1161.4	1145.9	2.226		342.0		330.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.189	496.7	297.0	472.3	283.3	60.0

Franja Derecha	2.5	6.54	10.17	1162.7	1144.6	2.154	549.0		515.0		
Franja Derecha	2.5	6.45	10.15	1154.4	1137.0	2.179	582.0		554.6		
Franja Derecha	2.5	6.43	10.17	1160.3	1142.0	2.186	599.0		571.5		
Franja Derecha	2.5	6.51	10.12	1165.4	1148.1	2.193		341.0		322.9	
Franja Derecha	2.5	6.39	10.21	1163.7	1147.1	2.193		300.0		286.9	
Franja Derecha	2.5	6.49	10.18	1185.3	1168.7	2.212		321.0		303.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.186	576.7	320.7	547.0	304.3	55.6

<b>PROMEDIO PISTA</b>	<b>2.171</b>	<b>485.5</b>	<b>284.2</b>	<b>58.5</b>
-----------------------	--------------	--------------	--------------	-------------

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
Teléfono Salinas Ampuero  
LABORATORISTA  
CONSERVACION NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 835 Fecha: 04-8-10  
Localización: km. 168+120 - 167+242  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Castillo C.  
Firma del Ing. \_\_\_\_\_

ING WILLIAM CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDAMENTOS  
CONSERVACION NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

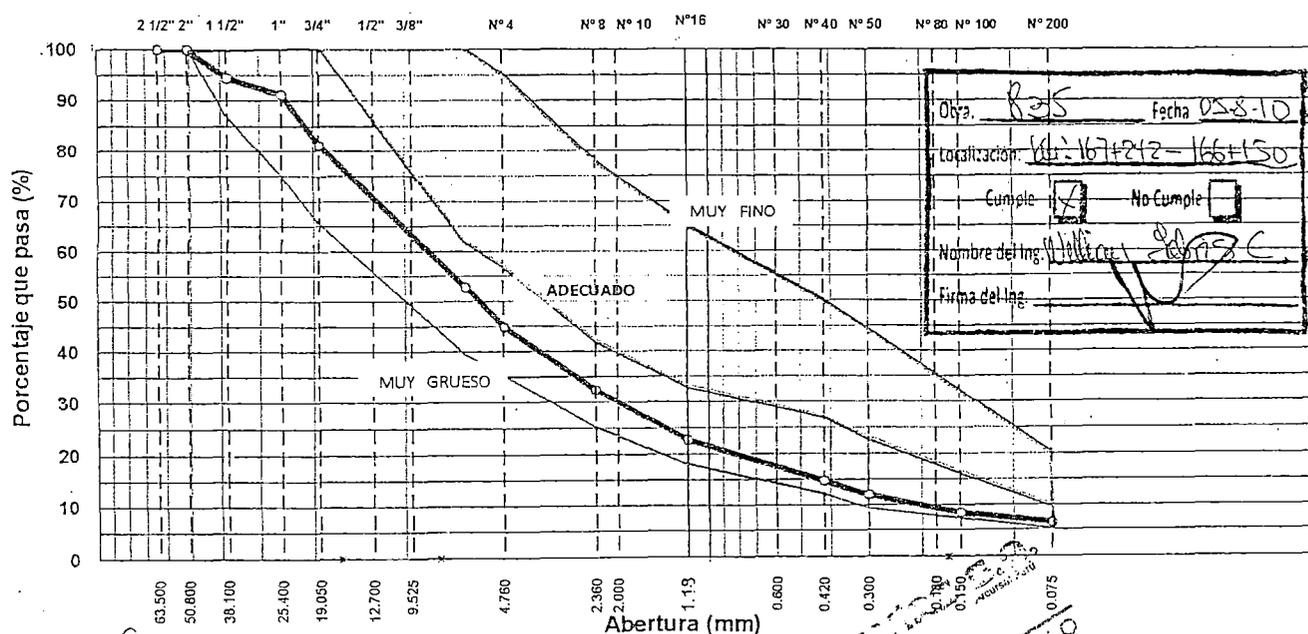
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	23
Procedencia:	km. 167+242 - 166+150		Nº de muestra :	M - 01
Lugar del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de muestreo:	05/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 18,213.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 17016.7 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,010.8 gr	
1 1/2"	38.100	541.0	3.0	3.0	97.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.13 %	
1"	25.400	777.0	4.3	7.2	92.8	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	952.0	5.2	12.5	87.5	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,954.0	10.7	23.2	76.8		CLASF. AASHTO = A-2-6 {0}	
3/8"	9.525	1,845.0	10.1	33.3	66.7		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	2,301.0	12.6	46.0	54.0	39 - 62	Ensayo Malla #200	
# 4	4.760	1,744.0	9.6	55.5	44.5	35 - 57	P.S. Seco 18213.0	
# 8	2.360	256.3	11.3	66.81	33.2	25 - 42	P.S. Lavado 17016.7	
# 10	2.000	60.2	2.7	69.5	30.5		% Grava = 55.5 %	
# 16	1.180	201.3	8.9	78.3	21.7	18 - 33	% Arena = 37.9 %	
# 20	0.850							
# 30	0.600						% Fino = 6.6 %	
# 40	0.420	76.5	3.4	85.9	14.1	12 - 27	% HUMEDAD P.S.H. 754.1	
# 50	0.300	43.8	1.9	87.9	12.1	9 - 23	P.S.S 711.4	
# 80	0.180						% Humedad 6.0%	
# 100	0.150	73.4	3.2	91.1	8.9		OBSERVACIONES:	
# 200	0.075	53.2	2.3	93.4	6.6	5 - 10		
< # 200	FONDO	149.3	6.6	100.0	0.0			
FRACCIÓN TOTAL		1,010.8					Coef. Uniformidad 47	
		18,213.0					Coef. Curvatura 208.5	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Índice de Consistencia
							Coef. Expansión Bajo	

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	05/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
GREGADO: Material reciclado en la via ( km.167+242 - 166+150)					

Fecha Extracción 06/08/2010 9:45:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 09/08/2010 4:15:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 10/08/2010 4:15:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.87	10.17	1178.1	1156.6	2.073	477.0		425.9		
Franja Izquierda	2.5	6.85	10.19	1176.2	1157.5	2.072	439.0		392.4		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.28	1186.1	1167.3	2.093	443.0		400.1		
Franja Izquierda	2.5	6.79	10.12	1168.9	1148.6	2.103		304.0		276.0	
Franja Izquierda	2.5	6.82	10.13	1176.1	1175.7	2.139		278.0		251.0	
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.17	1169.9	1148.3	2.119		270.0		248.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.100	453.0	284.0	406.1	258.5	63.6
Franja Central	2.5	6.72	10.17	1176.1	1158.6	2.122	464.0		423.6		
Franja Central	2.5	6.74	10.21	1187.3	1169.5	2.119	472.0		427.9		
Franja Central	2.5	6.68	10.16	1179.9	1163.1	2.148	439.0		403.6		
Franja Central	2.5	6.70	10.18	1173.4	1154.1	2.116		253.0		231.4	
Franja Central	2.5	6.70	10.18	1176.2	1158.7	2.125		266.0		243.3	
Franja Central	2.5	6.62	10.28	1186.9	1168.5	2.127		262.0		240.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.126	458.3	260.3	418.4	238.3	57.0
Franja Derecha	2.5	6.91	10.17	1192.4	1175.5	2.094	502.0		445.7		
Franja Derecha	2.5	6.87	10.14	1178.7	1164.7	2.099	464.0		415.6		
Franja Derecha	2.5	6.94	10.17	1186.8	1169.8	2.075	511.0		451.7		
Franja Derecha	2.5	6.89	10.14	1171.1	1154.5	2.075		245.0		218.8	
Franja Derecha	2.5	6.82	10.12	1176.4	1159.6	2.114		249.0		225.1	
Franja Derecha	2.5	6.85	10.15	1174.5	1158.9	2.091		283.0		253.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.091	492.3	259.0	437.6	232.6	53.1
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.106			420.7	243.1	57.8

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
Teléfono Salinas Ampero  
E INGENIERIA  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SERVICIOS Y MANEJOS  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 835 Fecha: 05.08.10  
Localización: km. 167+242 - 166+150  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C  
Firma del Ing. [Firma]

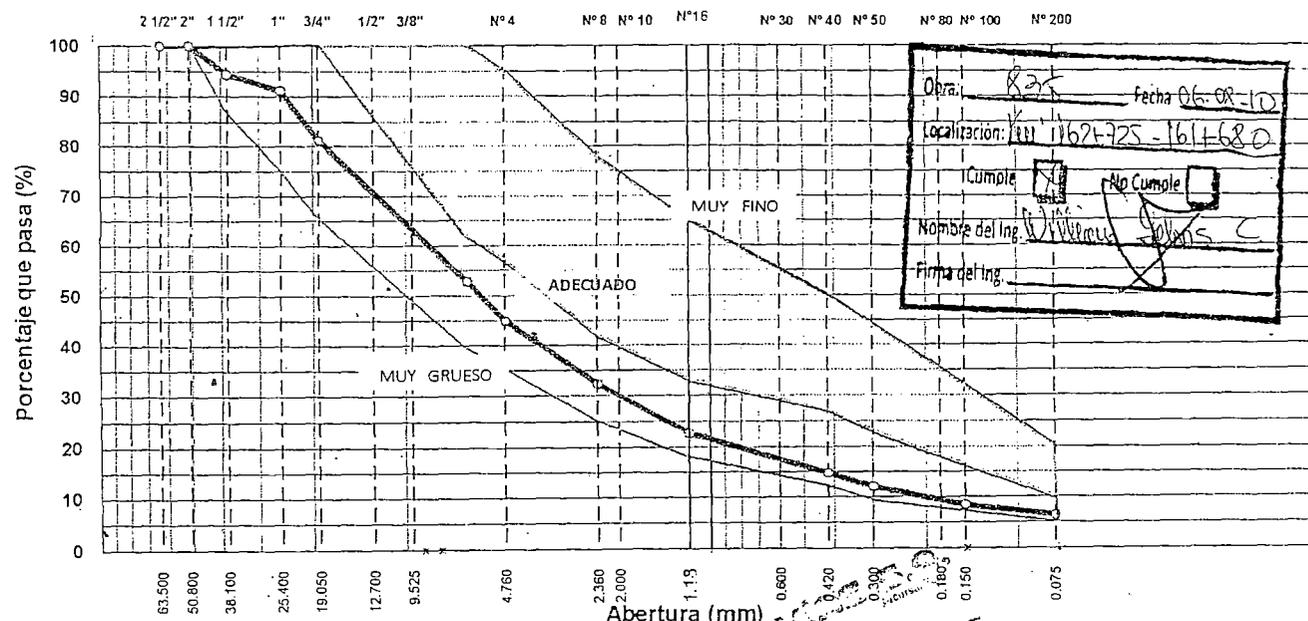
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	24
Procedencia:	km. 162+725 - 161+680		Nº de muestra :	M - 01
Lugar del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de muestreo:	06/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 12,855.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 11996.7 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,022.4 gr			
1 1/2"	38.100	215.0	1.7	1.7	98.3	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.42 %			
1"	25.400	300.0	2.3	4.0	96.0	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	1,022.0	8.0	12.0	88.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,597.0	12.4	24.4	75.6		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]			
3/8"	9.525	1,301.0	10.1	34.5	65.5		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,352.0	10.5	45.0	55.0	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	953.0	7.4	52.4	47.6	35 - 57		12855.0	11996.7	6.7
# 8	2.360	241.3	11.2	63.65	36.4	25 - 42	% Grava =	52.4	%	
# 10	2.000	81.5	3.8	67.4	32.6		% Arena =	40.9	%	
# 16	1.180	196.3	9.1	76.6	23.4	18 - 33				
# 20	0.850									
# 30	0.600						% Fino =	6.7	%	
# 40	0.420	81.9	3.8	84.9	15.1	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 50	0.300	52.8	2.5	87.4	12.7	9 - 23		741.0	698.4	6.1%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:			
# 100	0.150	74.1	3.5	90.8	9.2					
# 200	0.075	54.3	2.5	93.3	6.7	5 - 10				
< # 200	FONDO	143.5	6.7	100.0	0.0					
FRACCIÓN		1,022.4					Coef. Uniformidad	52	Índice de Consistencia	
TOTAL		12,855.0					Coef. Curvatura	67.6		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	06/08/2010
Proyecto:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ALTO:	85/100	%	2.5		
Relación (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62

LEGADO: Material reciclado en la vía (km.162+725 - 161+680)

Fecha Extracción 07/08/2010 9:40:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 10/08/2010 4:10:00 p.m.

Fecha de ensayo probetas condición saturada: 11/08/2010 4:10:00 p.m.

Identificación, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Probeta Izquierda	2.5	6.44	10.16	1160.9	1144.4	2.192	591.0		563.5		
Probeta Izquierda	2.5	6.76	10.11	1181.4	1165.1	2.147	548.0		500.3		
Probeta Izquierda	2.5	6.59	10.10	1168.0	1153.4	2.185	452.0		423.7		
Probeta Izquierda	2.5	6.54	10.16	1171.4	1153.3	2.175		457.0		429.1	
Probeta Izquierda	2.5	6.36	10.30	1173.8	1157.1	2.183		418.0		398.1	
Probeta Izquierda	2.5	6.56	10.14	1182.2	1165.8	2.201		385.0		361.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.180	530.3	420.0	495.8	396.1	79.9
Probeta Central	2.5	6.92	10.14	1168.4	1152.0	2.061	464.0		412.6		
Probeta Central	2.5	6.89	10.14	1158.1	1142.5	2.053	456.0		407.2		
Probeta Central	2.5	6.87	10.18	1163.3	1146.6	2.051	435.0		388.1		
Probeta Central	2.5	6.78	10.15	1158.4	1142.3	2.082		405.0		367.2	
Probeta Central	2.5	6.72	10.16	1166.7	1149.2	2.109		367.0		335.4	
Probeta Central	2.5	6.71	10.18	1161.9	1143.9	2.094		354.0		323.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.075	451.7	375.3	402.6	342.0	84.9
Probeta Derecha	2.5	6.63	10.17	1169.9	1151.7	2.138	536.0		495.9		
Probeta Derecha	2.5	6.62	10.18	1177.2	1159.3	2.152	591.0		547.1		
Probeta Derecha	2.5	6.69	10.17	1176.1	1155.7	2.127	595.0		545.6		
Probeta Derecha	2.5	6.63	10.19	1171.8	1150.3	2.127		523.0		483.0	
Probeta Derecha	2.5	6.62	10.20	1173.6	1153.0	2.131		443.0		409.3	
Probeta Derecha	2.5	6.68	10.16	1170.0	1149.1	2.122		506.0		465.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.133	574.0	490.7	529.6	452.5	85.4
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.130			476.0	396.8	83.4

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A.  
SUCURSAL PERU  
Teléfono Salinas Ampuero

ING WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES  
DIRECCIÓN DE OBRAS Y SERVICIOS TÉCNICOS  
HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 835 fecha 06-08-10  
Localización: Km. 162+725 - 161+680  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C.  
Firma del Ing.

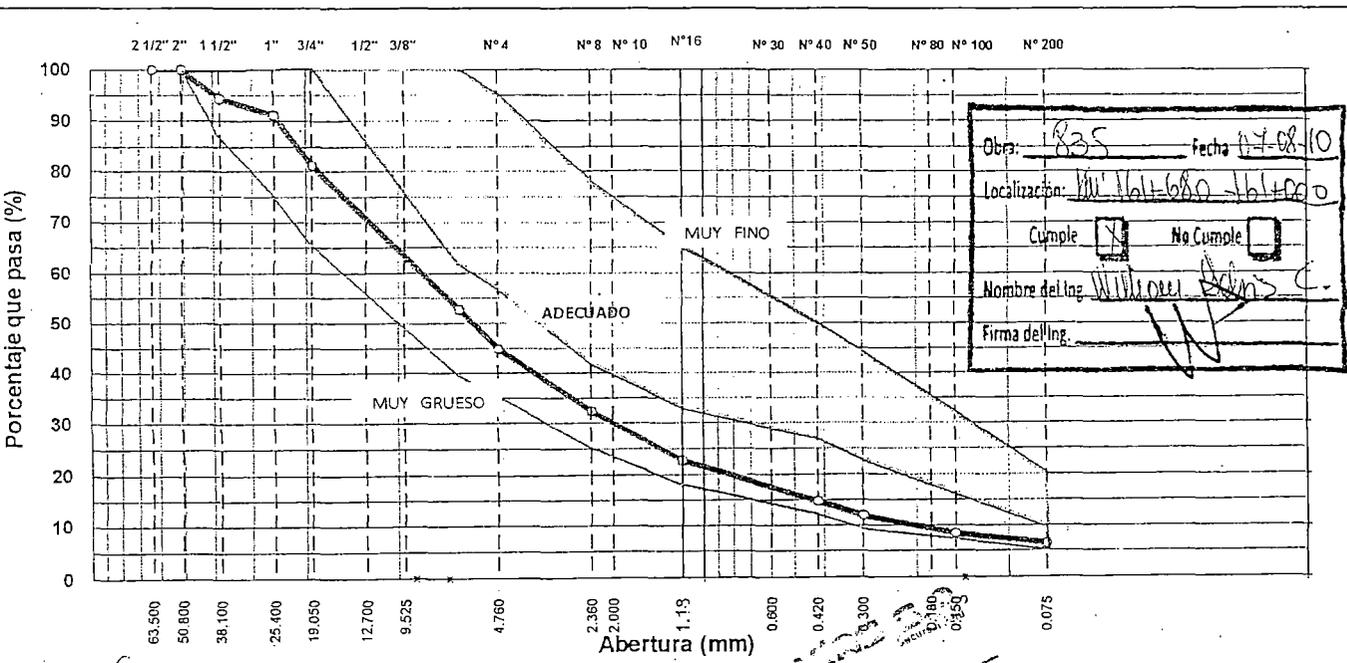
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

ente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
tratasta :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	25
cedencia:	km. 161+680 - 161+000		Nº de muestra :	M - 01
ic. del estreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP: + BASE + ESPUMADO
cha de estreo:	07/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telestoro Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 13,865.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 12922.0 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 901.2 gr	
1 1/2"	38.100	277.0	2.0	2.0	98.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.80 %	
1"	25.400	493.0	3.6	5.6	94.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,477.0	10.7	16.2	83.8	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,522.0	11.0	27.2	72.8		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]	
3/8"	9.525	1,494.0	10.8	38.0	62.0		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,561.0	11.3	49.2	50.8	39 - 62	Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado % 200	
# 4	4.760	1,077.0	7.8	57.0	43.0	35 - 57	13865.0 12922.0 6.8	
# 8	2.360	258.1	12.3	69.32	30.7	25 - 42	% Grava = 57.0 %	
# 10	2.000	67.5	3.2	72.5	27.5		% Arena = 36.2 %	
# 16	1.180	120.4	5.7	78.3	21.7	18 - 33		
# 20	0.850							
# 30	0.600						% Fino = 6.8 %	
# 40	0.420	45.2	2.2	84.4	15.6	12 - 27	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad	
# 50	0.300	40.7	1.9	86.3	13.7	9 - 23	802.7 757.3 6.0%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	65.3	3.1	91.4	8.6			
# 200	0.075	38.7	1.9	93.2	6.8	5 - 10		
< # 200	FONDO	142.5	6.8	100.0	0.0			
FRACCIÓN		901.2					Coef. Uniformidad = 63 Índice de Consistencia	
TOTAL		13,865.0					Coef. Curvatura = 38,1	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión = Bajo

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	07/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ALTO:	85/100	%	2.5		
α (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGADO:	Material reciclado en la via (km.161+680 - 161+000)				

Fecha Extracción 08/08/2010 8:10:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 11/08/2010 3:50:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 12/08/2010 3:50:00 p.m

Identidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Probeta Izquierda	2.5	6.90	10.20	1192.3	1175.4	2.085	447.0		396.2		
Probeta Izquierda	2.5	6.90	10.19	1188.3	1170.6	2.080	439.0		389.5		
Probeta Izquierda	2.5	6.87	10.17	1187.0	1169.3	2.095	460.0		410.8		
Probeta Izquierda	2.5	6.86	10.12	1195.8	1175.2	2.130		253.0		227.4	
Probeta Izquierda	2.5	6.87	10.12	1182.4	1163.1	2.105		262.0		235.1	
Probeta Izquierda	2.5	6.91	10.16	1246.1	1228.3	2.193		236.0		209.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.115	448.7	250.3	398.8	224.1	56.2
Probeta Central	2.5	6.74	10.17	1184.1	1166.1	2.130	599.0		545.2		
Probeta Central	2.5	6.54	10.22	1175.3	1156.7	2.156	565.0		527.4		
Probeta Central	2.5	6.66	10.12	1175.4	1157.0	2.160	544.0		503.6		
Probeta Central	2.5	6.45	10.29	1175.5	1157.6	2.158		392.0		368.5	
Probeta Central	2.5	6.65	10.15	1186.3	1167.5	2.170		409.0		378.0	
Probeta Central	2.5	6.61	10.15	1177.7	1158.4	2.166		392.0		364.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.157	569.3	397.7	525.4	370.3	70.5
Probeta Derecha	2.5	6.91	10.14	1157.5	1138.3	2.040	439.0		390.9		
Probeta Derecha	2.5	6.91	10.17	1171.0	1153.1	2.054	472.0		419.0		
Probeta Derecha	2.5	6.93	10.15	1170.6	1151.5	2.054	464.0		411.6		
Probeta Derecha	2.5	6.82	10.16	1154.2	1134.6	2.052		346.0		311.5	
Probeta Derecha	2.5	6.97	10.12	1172.1	1152.6	2.056		338.0		299.0	
Probeta Derecha	2.5	6.88	10.17	1176.2	1158.4	2.073		316.0		281.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.055	458.3	333.3	407.2	297.4	73.0
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.109			443.8	297.3	67.0

$$S = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

Obra: R35 Fecha: 11-8-10  
Localización: Km. 161+680 - 161+000  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William G. Davis C.  
Firma del Ing. [Firma]

ING. WILLIAM G. DAVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES  
CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

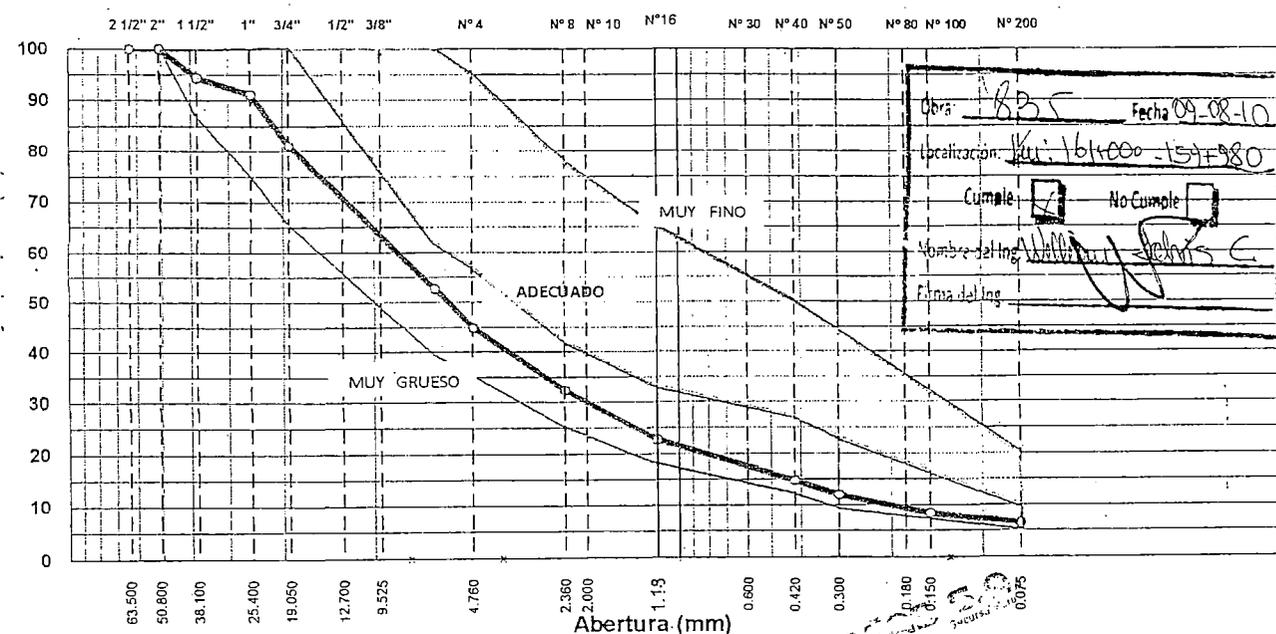
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente: M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato: CC - CON - 01
Empresa: CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado: 26
Ubicación: km. 161+000 - 159+980		Nº de muestra: M - 01
Del Proyecto: Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material: RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Inicio: 09/08/2010	Muestreado por: Elder Julca S.	Procesado por: Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 12,541.0 gr	
1/2"	63.500						PESO LAVADO = 11686.6 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,005.7 gr	
1/2"	38.100	315.0	2.5	2.5	97.5	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.18 %	
1"	25.400	365.0	2.9	5.4	94.6	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,296.0	10.3	15.8	84.3	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,059.0	8.4	24.2	75.8		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]	
3/8"	9.525	1,325.0	10.6	34.8	65.2		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,122.0	9.0	43.7	56.3	39 - 62	Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	956.0	7.6	51.3	48.7	35 - 57	12541.0 11686.6 6.8	
# 8	2.360	356.2	17.2	68.6	31.4	25 - 42	% Grava = 51.3 %	
# 10	2.000	60.4	2.9	71.5	28.5		% Arena = 41.9 %	
# 16	1.180	115.5	5.6	77.1	22.9	18 - 33		
# 20	0.850						% Fino = 6.8 %	
# 30	0.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad	
# 40	0.420	61.3	3.0	83.0	17.0	12 - 27	690.4 653.2 5.7%	
# 50	0.300	79.9	3.9	86.9	13.1	9 - 23		
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	85.2	4.1	91.0	9.0			
# 200	0.075	45.1	2.2	93.2	6.8	5 - 10		
# 200	FONDO	140.8	6.8	100.0	0.0			
TAMIZACIÓN		1,005.7					Coef. Uniformidad = 59 Índice de Consistencia	
TOTAL		12,541.0					Coef. Curvatura = 14.8	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión = Bajo

### CURVA GRANULOMÉTRICA



Telesforo Salinas Ampuero  
SUCURSAL PERU

ING. WILLIAM [Signature]  
SUCURSAL PERU  
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO  
CALLE TINGO MARIA

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa: CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU Fecha de fabricación: 09/08/2010  
 Cliente: M.T.C. - PROVIAS NACIONAL

ALTO: 85/100 % 2.5  
 Tasa (%) 2.5 Relación Expansión 19 Vida Media (s) 10.62

REGADO: Material reciclado en la via (km. 161+000 - 159+980)

Fecha Extracción 10/08/2010 7:00:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 13/08/2010 3:30:00 p.m.  
 Fecha de ensayo probetas condición saturada 14/08/2010 3:30:00 p.m.

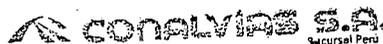
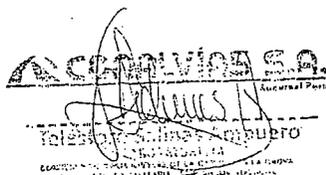
Resistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.98	10.11	1186.1	1160.1	2.070	439.0		388.1		
Franja Izquierda	2.5	6.83	10.22	1178.9	1151.0	2.054	426.0		380.8		
Franja Izquierda	2.5	6.89	10.17	1187.3	1161.9	2.076	460.0		409.6		
Franja Izquierda	2.5	6.99	10.11	1179.3	1152.9	2.055		253.0		223.4	
Franja Izquierda	2.5	6.91	10.19	1196.0	1168.5	2.074		274.0		242.8	
Franja Izquierda	2.5	6.93	10.15	1168.6	1143.2	2.039		245.0		217.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.061	441.7	257.3	392.8	227.8	58.0
Franja Central	2.5	6.78	10.18	1179.6	1158.9	2.100	506.0		457.4		
Franja Central	2.5	6.98	10.14	1209.3	1188.5	2.109	439.0		387.0		
Franja Central	2.5	6.96	10.19	1211.7	1190.3	2.097	414.0		364.2		
Franja Central	2.5	6.91	10.13	1181.5	1162.1	2.087		262.0		233.5	
Franja Central	2.5	6.93	10.17	1191.5	1171.6	2.081		266.0		235.5	
Franja Central	2.5	7.02	10.12	1190.3	1165.3	2.064		270.0		237.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.090	453.0	266.0	402.8	235.4	58.4
Franja Derecha	2.5	6.83	10.17	1199.3	1175.9	2.119	481.0		432.0		
Franja Derecha	2.5	6.83	10.17	1207.8	1186.5	2.139	464.0		416.8		
Franja Derecha	2.5	6.66	10.20	1185.3	1161.8	2.135	468.0		429.8		
Franja Derecha	2.5	6.78	10.18	1193.1	1169.7	2.120		350.0		316.4	
Franja Derecha	2.5	6.79	10.16	1177.9	1156.5	2.101		308.0		278.5	
Franja Derecha	2.5	6.82	10.15	1183.4	1160.7	2.103		367.0		330.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.119	471.0	341.7	426.2	308.6	72.4
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.090			407.3	257.2	63.2

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
 P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
 d = Diámetro de la probeta (cm)



Obr: 835 Fecha: 09-8-10  
 Locación: km. 161+000 - 159+980  
 Cumple  No Cumple   
 Nombre del Ing. William Galvis C.  
 Ing. del Ing.

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CONSULTOR POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA  
 HUANUCO-TINGO MARIA-EMP. 5N (DV. TOCACHE)

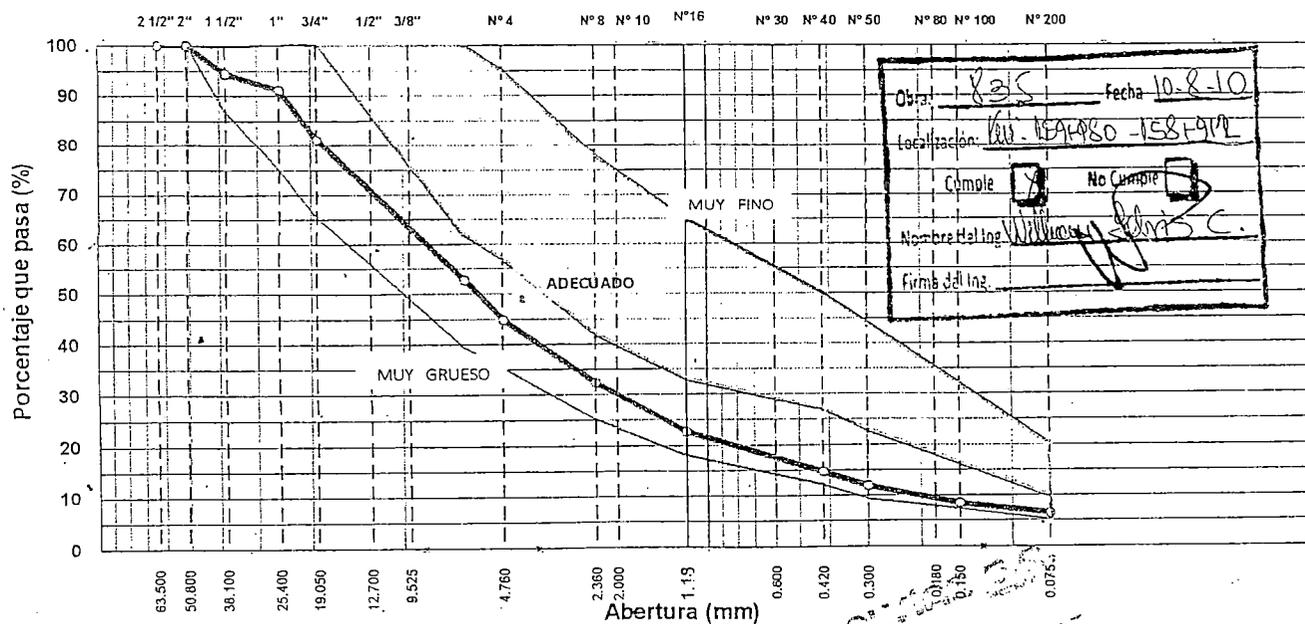
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	27
Procedencia:	km. 159+980 - 158+912		Nº de muestra :	M - 01
Lugar del Muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	10/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 11,394.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 10606.9 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 628.9 gr	
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LIQUIDO = 24.96 %	
1"	25.400	282.0	2.5	2.5	97.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	1,041.0	9.1	11.6	88.4	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,544.0	13.6	25.2	74.8		CLASF. AASHTO = A-2-6 {0}	
3/8"	9.525	1,299.0	11.4	36.6	63.4		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,562.0	13.7	50.3	49.7	39 - 62	Ensayo Malla #200	
# 4	4.760	1,044.0	9.2	59.4	40.6	35 - 57	P.S. Seco: 11394.0	
# 8	2.360	111.3	7.2	66.6	33.4	25 - 42	P.S. Lavado: 10606.9	
# 10	2.000	34.1	2.2	68.8	31.2		% Grava = 59.4 %	
# 16	1.180	101.5	6.6	75.4	24.6	18 - 33	% Arena = 33.7 %	
# 20	0.850							
# 30	0.600						% Fino = 6.9 %	
# 40	0.420	55.1	3.6	82.9	17.1	12 - 27	% HUMEDAD	
# 50	0.300	62.8	4.1	86.9	13.1	9 - 23	P.S.H. 714.7	
# 60	0.180						P.S.S. 674.9	
# 100	0.150	56.3	3.6	90.5	9.5		% Humedad 5.9%	
# 200	0.075	39.4	2.5	93.1	6.9	5 - 10	OBSERVACIONES:	
< # 200	FONDO	107.1	6.9	100.0	0.0			
FRACCIÓN TOTAL		628.9					Coef. Uniformidad 68	
		11,394.0					Coef. Curvatura 12.5	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Índice de Consistencia
							Pot. de Expansión Bajo	

CURVA GRANULOMÉTRICA



*Williams Julca S.C.*  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS  
SUCURSAL PERU

*Williams Julca S.C.*  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS  
SUCURSAL PERU

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CIICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de:	10/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL			fabricación:	
FALTO:	85/100	%	2.5		
Grava (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
MATERIAL REGRADO: <i>Material reciclado en la via (km.159+980 - 158+912)</i>					

Fecha Extracción 11/08/2010 7:17:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 14/08/2010 3:38:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 15/08/2010 3:38:00 p.m

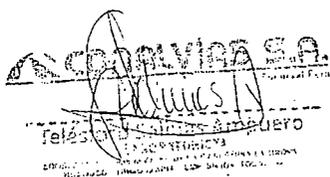
Resistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
ranja Izquierda	2.5	6.77	10.17	1218.2	1192.4	2.168	608.0		550.9		
ranja Izquierda	2.5	6.90	10.16	1192.4	1167.2	2.087	523.0		465.4		
ranja Izquierda	2.5	6.89	10.18	1200.5	1175.4	2.096	506.0		450.1		
ranja Izquierda	2.5	6.86	10.18	1205.0	1182.5	2.118		333.0		297.5	
ranja Izquierda	2.5	6.95	10.19	1203.7	1189.2	2.098		346.0		304.8	
ranja Izquierda	2.5	6.97	10.16	1207.7	1180.9	2.090		359.0		316.3	
<i>PROMEDIO</i>						2.109	545.7	346.0	488.8	306.2	62.6
ranja Central	2.5	6.71	10.16	1209.9	1182.4	2.174	519.0		475.0		
ranja Central	2.5	6.72	10.14	1196.5	1168.3	2.153	646.0		591.5		
ranja Central	2.5	6.82	10.19	1210.7	1182.2	2.126	540.0		484.8		
ranja Central	2.5	6.70	10.18	1208.0	1184.5	2.172		354.0		323.8	
ranja Central	2.5	6.69	10.18	1202.1	1176.7	2.161		388.0		355.4	
ranja Central	2.5	6.74	10.15	1210.1	1183.2	2.170		430.0		392.1	
<i>PROMEDIO</i>						2.159	568.3	390.7	517.1	357.1	69.1
ranja Derecha	2.5	6.60	10.19	1194.8	1167.8	2.170	608.0		564.0		
ranja Derecha	2.5	6.66	10.21	1205.9	1177.8	2.160	553.0		507.4		
ranja Derecha	2.5	6.76	10.13	1206.5	1182.1	2.170	570.0		519.3		
ranja Derecha	2.5	6.71	10.12	1187.9	1162.4	2.154		321.0		294.9	
ranja Derecha	2.5	6.72	10.12	1211.9	1186.9	2.196		367.0		336.7	
ranja Derecha	2.5	6.67	10.19	1199.0	1172.5	2.156		308.0		282.7	
<i>PROMEDIO</i>						2.167	577.0	332.0	530.2	304.8	57.5
<i>PROMEDIO PISTA</i>						2.145			512.0	322.7	63.0

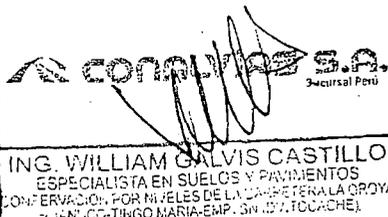
$$S = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)



Obra: 835 Fecha: 10-8-10  
Localización: Km. 159+980 - 158+912  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C.  
Firma del Ing.



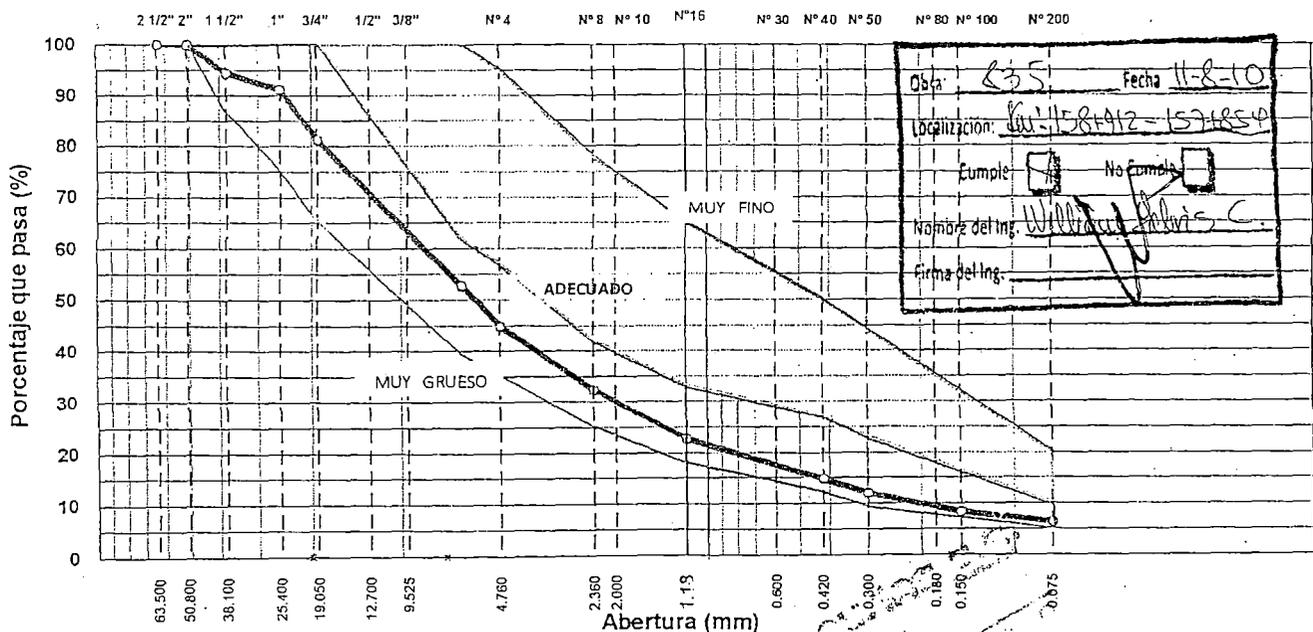
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:
Procedencia:	km. 158+912 - 157+854	ASTM D 422 - C 136		Nº de muestra :
Ubic. del Muestreo:	Pista		Muestreado por : Elder Julca S.	Clase de Material :
Fecha de Muestreo:	11/08/2010	Procesado por:		Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 10,514.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 9796.1 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 932.1 gr			
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 24.89 %			
1"	25.400	305.0	2.9	2.9	97.1	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	716.0	6.8	9.7	90.3	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	1,152.0	11.0	20.7	79.3		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]			
3/8"	9.525	1,072.0	10.2	30.9	69.1		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	1,410.0	13.4	44.3	55.7	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco.	P.S.Lavado	% 200
# 4	4.760	975.0	9.3	53.6	46.5	35 - 57		10514.0	9796.1	6.8
# 8	2.360	276.7	13.8	67.3	32.7	25 - 42	% Grava = 53.6 %			
# 10	2.000	67.4	3.4	70.7	29.3		% Arena = 39.6 %			
# 16	1.180	163.2	8.1	78.8	21.2	18 - 33				
# 20	0.850						% Fino = 6.8 %			
# 30	0.600									
# 40	0.420	60.8	3.0	86.0	14.0	12 - 27	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad			
# 50	0.300	49.6	2.0	88.1	12.0	9 - 23		849.0	800.4	6.1%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:			
# 100	0.150	72.4	3.6	91.7	8.3					
# 200	0.075	30.4	1.5	93.2	6.8	5 - 10				
< # 200	FONDO	137.0	6.8	100.0	0.0					
FRACCIÓN TOTAL		932.1					Coef. Uniformidad	45	Índice de Consistencia	
		10,514.0					Coef. Curvatura	347.7		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



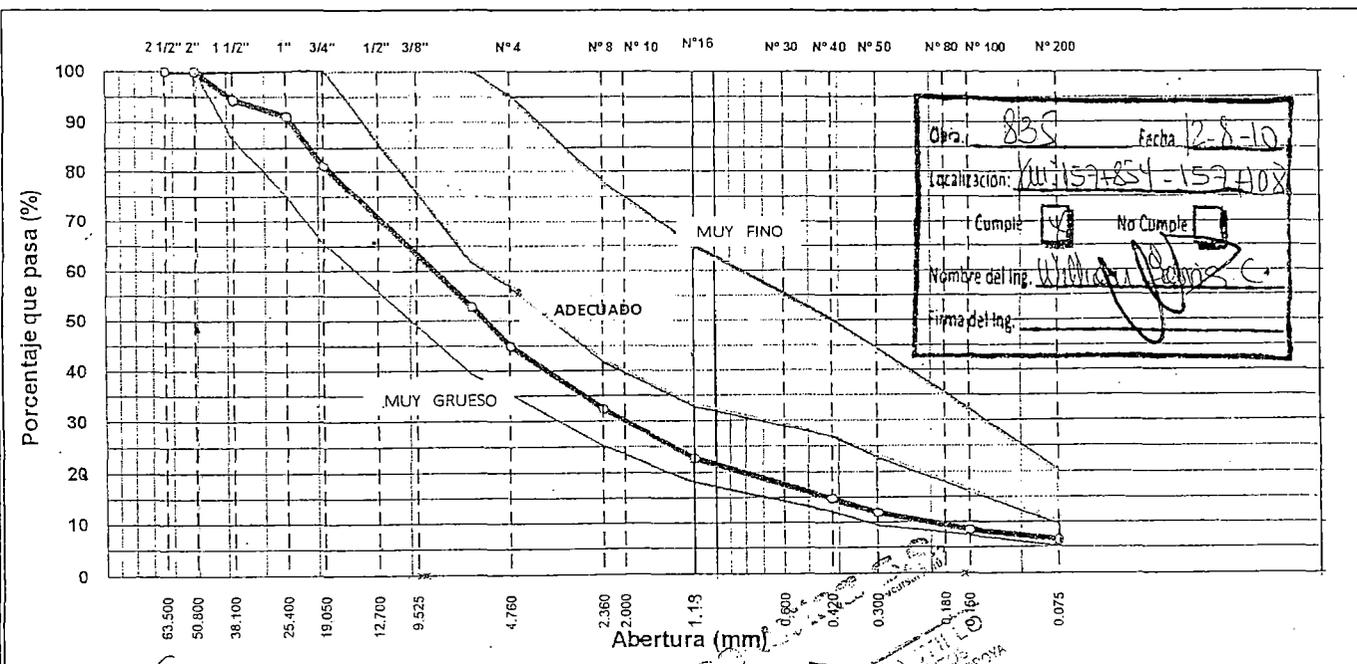
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	29
Procedencia:	km. 157+854 - 157+108		Nº de muestra :	M - 01
Lugar del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de muestreo:	12/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	18.396.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	17213.0	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	976.7	gr			
1 1/2"	38.100	1,047.0	5.7	5.7	94.3	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	24.70	%			
1"	25.400	589.0	3.2	8.9	91.1	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,840.0	10.0	18.9	81.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,600.0	8.7	27.6	72.4		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[0]			
3/8"	9.525	2,023.0	11.0	38.6	61.4		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,594.0	8.7	47.3	52.8	39 - 62	Ensayo Malla #200		P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200		
# 4	4.760	1,444.0	7.9	55.1	44.9	35 - 57			18396.0	17213.0	6.4		
# 8	2.360	272.1	12.5	67.61	32.4	25 - 42	% Grava	=	55.1	%			
# 10	2.000	64.5	3.0	70.6	29.4		% Arena	=	38.5	%			
# 16	1.180	146.5	6.7	77.3	22.7	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600						% Fino	=	6.4	%			
# 40	0.420	70.2	3.2	85.2	14.8	12 - 27	% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S	% Humedad		
# 50	0.300	60.7	2.8	88.0	12.1	9 - 23			735.7	694.1	6.0%		
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	80.1	3.7	91.6	8.4								
# 200	0.075	42.3	1.9	93.6	6.4	5 - 10							
< # 200	FONDO	139.9	6.4	100.0	0.0								
FRACCIÓN		976.7					Coef. Uniformidad		58		Índice de Consistencia		
TOTAL		18,396.0					Coef. Curvatura		62.8		-		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión		Bajo		-		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	12/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
FALTO:	85/100	%	2.5		
Grava (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
PREPARADO:	Material reciclado en la via (km.157+854 - 157+108)				

Fecha Extracción 13/08/2010 8:10:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 16/08/2010 4:20:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 17/08/2010 4:20:00 p.m

Consistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.41	10.18	1175.0	1146.4	2.197	460.0		439.8		
Franja Izquierda	2.5	6.33	10.21	1174.7	1148.6	2.216	456.0		440.2		
Franja Izquierda	2.5	6.42	10.11	1169.5	1144.6	2.221	371.0		356.6		
Franja Izquierda	2.5	6.38	10.19	1172.0	1144.3	2.199		262.0		251.4	
Franja Izquierda	2.5	6.37	10.15	1175.1	1150.3	2.232		249.0		240.3	
Franja Izquierda	2.5	6.42	10.13	1174.1	1145.4	2.214		266.0		255.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.213	429.0	259.0	412.2	249.0	60.4
Franja Central	2.5	6.34	10.17	1177.5	1145.6	2.224	422.0		408.3		
Franja Central	2.5	6.27	10.18	1174.2	1144.2	2.242	439.0		429.1		
Franja Central	2.5	6.30	10.16	1173.3	1141.6	2.235	561.0		546.8		
Franja Central	2.5	6.22	10.19	1172.5	1138.8	2.245		291.0		286.4	
Franja Central	2.5	6.25	10.20	1175.1	1144.0	2.240		283.0		277.0	
Franja Central	2.5	6.25	10.19	1180.8	1150.3	2.257		283.0		277.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.241	474.0	285.7	461.4	280.2	60.7
Franja Derecha	2.5	6.53	10.12	1171.9	1137.5	2.166	338.0		319.1		
Franja Derecha	2.5	6.54	10.14	1172.0	1139.3	2.157	405.0		381.0		
Franja Derecha	2.5	6.46	10.15	1173.6	1139.7	2.180	392.0		373.0		
Franja Derecha	2.5	6.51	10.17	1170.9	1139.7	2.155		211.0		198.8	
Franja Derecha	2.5	6.54	10.12	1171.5	1138.8	2.165		232.0		218.7	
Franja Derecha	2.5	6.54	10.13	1171.5	1139.4	2.162		232.0		218.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.164	378.3	225.0	357.7	212.0	59.3
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.206			410.4	247.1	60.2

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)



Obra: 835 Fecha: 12.8.10  
Localización: KM. 157+854 - 157+108

Cumple  No Cumple

Nombre del Ing. *William Galvis C.*  
Firma del Ing. *[Signature]*

ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDAMENTOS  
CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

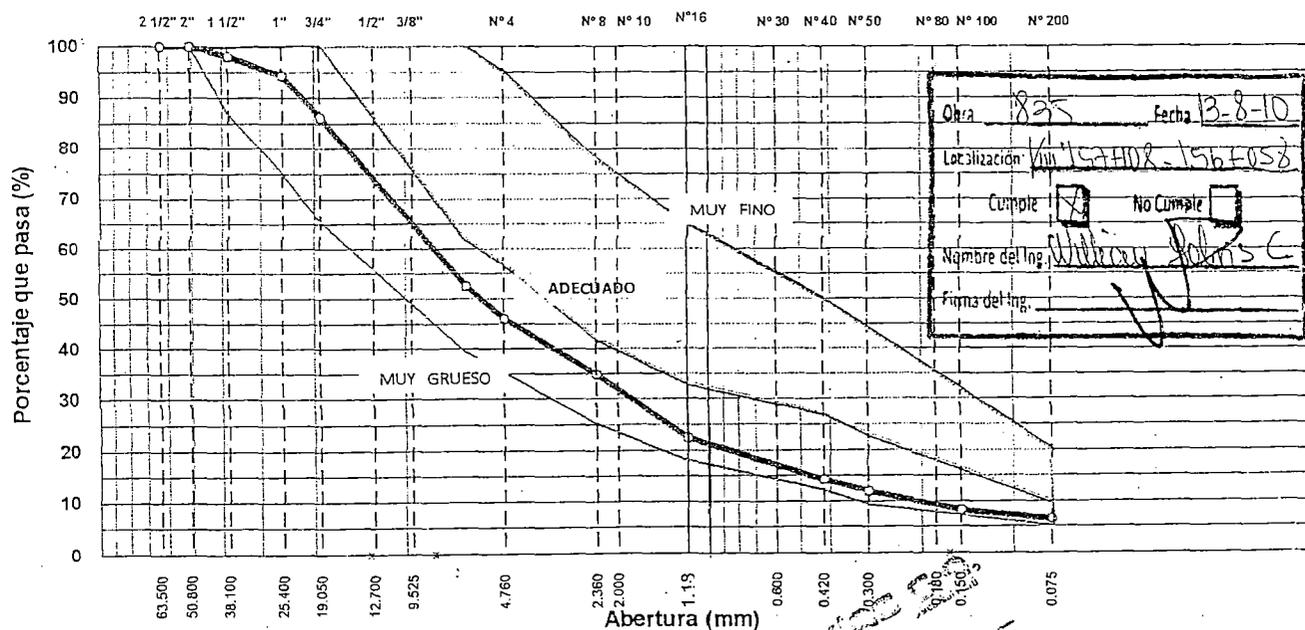
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

ente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
ntatista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:
cedencia:	km. 157+108 - 156+058	ASTM D 422 - C 136		Nº de muestra:
ic. del estreo:	Pista	Muestreado por : Eider Julca S.	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
cha de estreo:	13/08/2010		Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL = 21,388.0 gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 20008.0 gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,026.8 gr			
1 1/2"	38.100	428.0	2.0	2.0	98.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 25.29 %			
1"	25.400	791.0	3.7	5.7	94.3	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %			
3/4"	19.050	1,753.0	8.2	13.9	86.1	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %			
1/2"	12.700	2,160.0	10.1	24.0	76.0		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]			
3/8"	9.525	2,524.0	11.8	35.8	64.2		CLASF. SUCCS = SP - SM			
1/4"	6.350	2,502.0	11.7	47.5	52.5	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	1,390.0	6.5	54.0	46.0	35 - 57		21388.0	20008.0	6.5
# 8	2.360	247.4	11.1	65.08	34.9	25 - 42	% Grava	=	54.0	%
# 10	2.000	122.4	5.5	70.6	29.4		% Arena	=	39.6	%
# 16	1.180	155.3	7.0	77.5	22.5	18 - 33				
# 20	0.850						% Fino	=	6.5	%
# 30	0.600						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 40	0.420	82.1	3.7	85.7	14.3	12 - 27		795.0	749.3	6.1%
# 50	0.300	50.9	2.3	88.0	12.0	9 - 23	OBSERVACIONES:			
# 80	0.180									
# 100	0.150	85.4	3.8	91.8	8.2					
# 200	0.075	38.9	1.7	93.6	6.5	5 - 10				
< # 200	FONDO	144.0	6.5	100.0	0.0					
FRACCIÓN		1,026.8					Coef. Uniformidad	50	Índice de Consistencia	
TOTAL		21,388.0					Coef. Curvatura	130.8		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	13/08/2010
Cliente	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO: Material reciclado en la via (km.157+108 - 156+058)					

Fecha Extracción	14/08/2010	8:21:00	Fecha de ensayo probetas en condición seca:	17/08/2010	4:29:00 p.m
			Fecha de ensayo probetas condición saturada	18/08/2010	4:29:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.16	1176.2	1155.2	2.136	683.0		628.8		
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.17	1171.4	1151.7	2.126	612.0		562.9		
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.13	1176.7	1156.7	2.142	633.0		581.9		
Franja Izquierda	2.5	6.68	10.19	1184.6	1162.6	2.134		532.0		487.6	
Franja Izquierda	2.5	6.73	10.17	1181.5	1159.5	2.121		506.0		461.2	
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.13	1180.2	1159.7	2.141		523.0		479.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.133	642.7	520.3	591.2	476.1	80.5
Franja Central	2.5	6.59	10.12	1175.1	1149.2	2.168	582.0		544.5		
Franja Central	2.5	6.53	10.16	1180.6	1156.4	2.184	616.0		579.3		
Franja Central	2.5	6.52	10.15	1175.0	1148.1	2.176	548.0		516.6		
Franja Central	2.5	6.68	10.13	1190.2	1162.2	2.159		452.0		416.7	
Franja Central	2.5	6.49	10.19	1180.7	1154.0	2.180		452.0		426.4	
Franja Central	2.5	6.45	10.20	1178.1	1151.8	2.185		506.0		479.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.176	582.0	470.0	546.8	441.0	80.7
Franja Derecha	2.5	6.68	10.13	1171.0	1145.1	2.127	447.0		412.1		
Franja Derecha	2.5	6.50	10.18	1167.9	1140.0	2.155	494.0		465.8		
Franja Derecha	2.5	6.53	10.18	1168.3	1143.3	2.151	414.0		388.5		
Franja Derecha	2.5	6.46	10.21	1164.4	1138.2	2.152		291.0		275.3	
Franja Derecha	2.5	6.59	10.17	1172.2	1145.2	2.139		295.0		274.6	
Franja Derecha	2.5	6.55	10.18	1170.7	1142.4	2.143		308.0		288.2	
<b>PROMEDIO</b>						2.144	451.7	298.0	422.1	279.4	66.2
<b>PROMEDIO PISTA</b>						<b>2.151</b>		<b>520.0</b>	<b>398.8</b>	<b>76.7</b>	

$$ITS = \frac{2 \times P \cdot h}{\pi \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

**CONALVIAS S.A.**  
Sucursal Perú  
Teléfono: Satinas Ampuero  
LABORATORISTA  
CORREO: P.O. BOX 10000 - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

ING. WILLIAM ANIBAL CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SERVICIOS DE MANTENIMIENTO  
LABORATORIO DE NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA  
HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 825 Fecha: 13.08.10  
Localización: Km. 157+108 - 156+058  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Anibal Castillo  
Firma del Ing. [Firma]

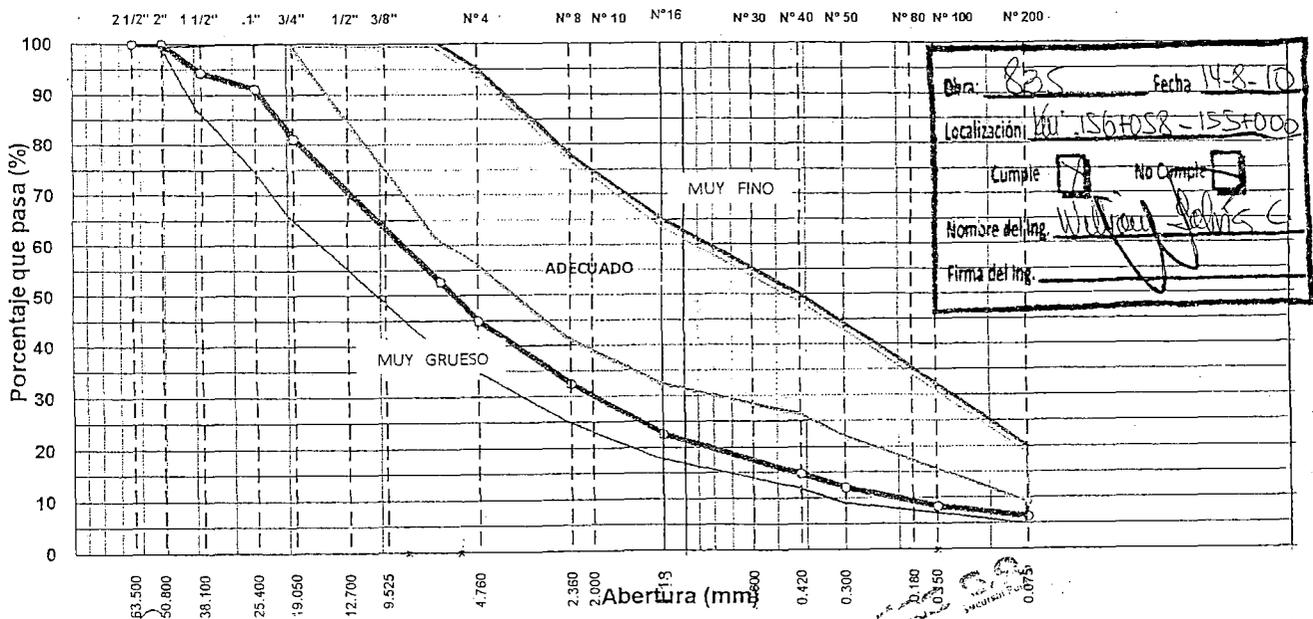
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU		Certificado:	31
Procedencia:	km. 156+058 - 155+000	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	14/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telestoro Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200						PESO TOTAL	=	12,369.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	11614.2 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	936.8 gr	
1 1/2"	38.100	99.0	0.8	0.8	99.2	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	23.60 %	
1"	25.400	297.0	2.4	3.2	96.8	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P. %	
3/4"	19.050	779.0	6.3	9.5	90.5	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P. %	
1/2"	12.700	1,608.0	13.0	22.5	77.5		CLASF. AASHTO	=	A-2-6 (0)	
3/8"	9.525	1,744.0	14.1	36.6	63.4		CLASF. SUCCS	=	SP - SM	
1/4"	6.350	1,212.0	9.8	46.4	53.6	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200
# 4	4.760	693.0	5.6	52.0	48.0	35 - 57		12369.0	11614.2	6.1
# 8	2.360	246.2	12.6	64.61	35.4	25 - 42	% Grava	=	52.0 %	
# 10	2.000	75.2	3.9	68.5	31.5		% Arena	=	41.9 %	
# 16	1.180	112.6	5.8	74.2	25.8	18 - 33				
# 20	0.850						% Fino	=	6.1 %	
# 30	0.600						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad
# 40	0.420	96.5	4.9	84.3	15.7	12 - 27		866.4	817.4	6.0%
# 50	0.300	59.7	3.1	87.4	12.6	9 - 23	OBSERVACIONES:			
# 80	0.180									
# 100	0.150	84.5	4.3	91.7	8.3					
# 200	0.075	42.6	2.2	93.9	6.1	5 - 10				
< # 200	FONDO	119.1	6.1	100.0	0.0					
FRACCIÓN		936.8					Coef. Uniformidad	54	Índice de Consistencia	
TOTAL		12,369.0					Coef. Curvatura	24.7		
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo		

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A.  
Sucursal Perú  
Telestoro Salinas Ampuero  
# SORADINISTA

ING. VILLALBA GALVIS  
# SORADINISTA

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	14/08/2010
Cliente	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO:	Material reciclado en la via (km.156+058 - 155+000)				

Fecha Extracción 15/08/2010 8:15:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 18/08/2010 3:47:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 19/08/2010 3:47:00 p.m

Densidad, Resistencia.- Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.52	10.16	1159.9	1136.0	2.149	418.0		393.7		
Franja Izquierda	2.5	6.67	10.12	1177.4	1153.5	2.150	456.0		421.5		
Franja Izquierda	2.5	6.73	10.16	1200.6	1175.5	2.154	439.0		400.6		
Franja Izquierda	2.5	6.57	10.12	1152.9	1129.7	2.138		220.0		206.4	
Franja Izquierda	2.5	6.59	10.19	1184.4	1160.4	2.159		228.0		211.8	
Franja Izquierda	2.5	6.56	10.17	1161.4	1136.8	2.133		232.0		217.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.147	437.7	226.7	405.2	211.7	52.3
Franja Central	2.5	6.43	10.30	1189.1	1169.2	2.182	586.0		552.0		
Franja Central	2.5	6.34	10.20	1158.3	1136.7	2.194	401.0		386.9		
Franja Central	2.5	6.76	10.19	1224.6	1200.5	2.178	388.0		351.4		
Franja Central	2.5	6.54	10.15	1173.7	1153.5	2.180		270.0		253.8	
Franja Central	2.5	6.31	10.29	1176.6	1154.1	2.199		295.0		283.5	
Franja Central	2.5	6.38	10.18	1173.5	1152.8	2.220		278.0		267.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.192	458.3	281.0	430.1	268.1	62.3
Franja Derecha	2.5	6.57	10.20	1167.1	1145.7	2.134	468.0		435.7		
Franja Derecha	2.5	6.78	10.18	1214.9	1191.8	2.160	481.0		434.8		
Franja Derecha	2.5	6.98	10.17	1250.2	1223.8	2.158	498.0		437.7		
Franja Derecha	2.5	6.54	10.17	1168.4	1146.3	2.158		253.0		237.3	
Franja Derecha	2.5	6.59	10.15	1162.5	1140.0	2.138		245.0		228.5	
Franja Derecha	2.5	6.73	10.15	1208.0	1182.7	2.172		363.0		331.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.153	482.3	287.0	436.1	265.8	61.0
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.164			423.8	248.5	58.6

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

Obra: 835 Fecha: 14-8-10  
Localización: km-156+058-155+000  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Lewis Castillo  
Firma del Ing. [Firma]

## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

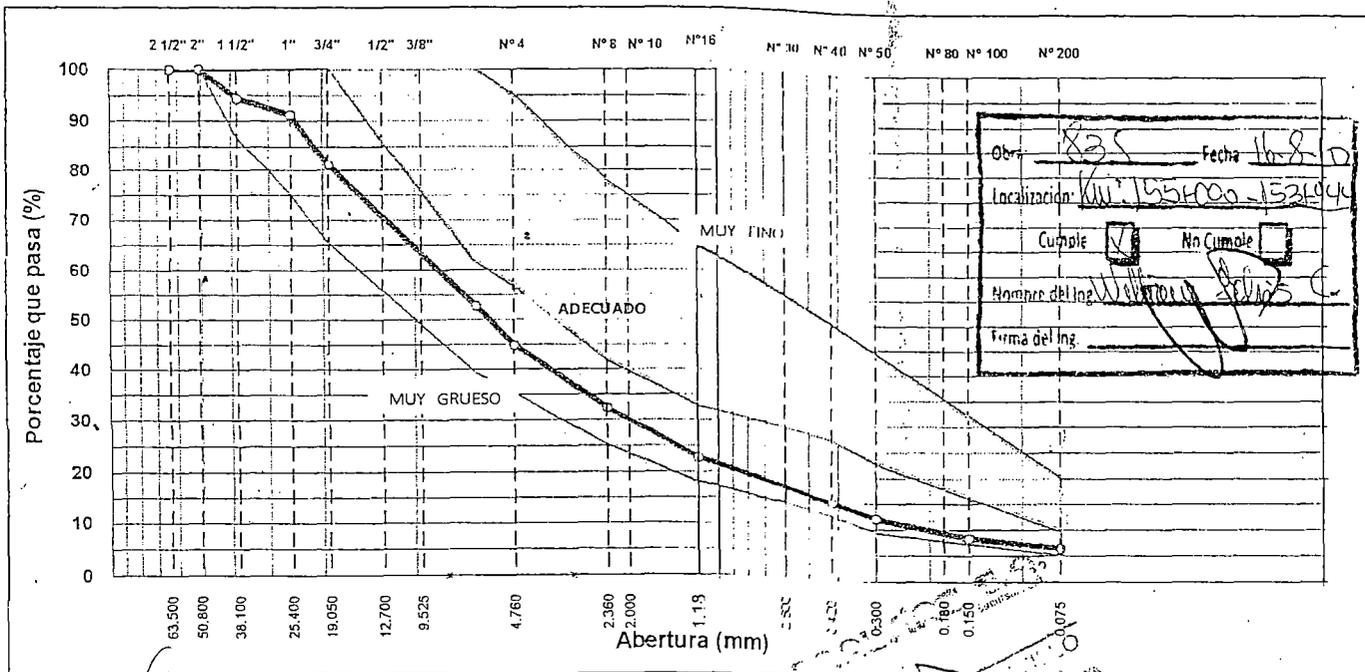
Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01	
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	32	
Procedencia:	km. 155+000 - 153+944		Nº de muestra :	M - 01	
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO	
Fecha de Muestreo:	16/08/2010	Muestreado por :	Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUBO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						PESO TOTAL = 19,326.0 gr
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 18126.4 gr
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 1,008.2 gr
1 1/2"	38.100	406.0	2.1	2.1	97.9	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 21.88 %
1"	25.400	367.0	1.9	4.0	96.0	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %
3/4"	19.050	1,739.0	9.0	13.0	87.0	66 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %
1/2"	12.700	2,526.0	13.1	26.1	73.9		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]
3/8"	9.525	1,866.0	9.7	35.7	64.3		CLASF. SUCCS = SP - SM
1/4"	6.350	1,928.0	10.0	45.7	54.3	39 - 62	Ensayo Malla #200
# 4	4.760	1,082.0	5.6	51.3	48.7	36 - 67	P.S.Seco P.S.Lavado % 200
# 8	2.360	231.9	11.2	62.51	37.5	26 - 42	19326.0 18126.4 6.2
# 10	2.000	59.6	2.9	65.4	34.6		% Grava = 51.3 %
# 16	1.180	156.7	7.6	73.0	27.0	111 - 33	% Arena = 42.5 %
# 20	0.850						% Fino = 6.2 %
# 30	0.600						% HUMEDAD
# 40	0.420	121.0	5.8	82.8	17.2	12 - 27	P.S.H. P.S.S % Humedad
# 50	0.300	65.7	3.2	85.9	14.1	9 - 23	740.0 696.7 5.9%
# 80	0.180						OBSERVACIONES:
# 100	0.150	120.5	5.8	91.8	8.3		
# 200	0.075	42.3	2.0	93.8	6.2	5 - 10	
< # 200	FONDO	128.5	6.2	100.0	0.0		
FRACCIÓN TOTAL		1,008.2					Coef. Uniformidad = 58 Índice de Consistencia
		19,326.0					Coef. Curvatura = 8.9
							Pot. de Expansión = Bajo

Descripción suelo: Arena pobremente gradada con limo

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU				Fecha de fabricación:	16/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL					
ASFALTO:	85/100	%	2.5			
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62	
AGREGADO:	Material reciclado en la via (km.155+000- 153+944)					

Fecha Extracción 17/08/2010 7:25:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 20/08/2010 3:17:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 21/08/2010 3:17:00 p.m

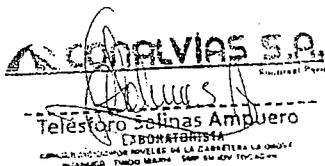
Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.62	10.19	1169.4	1147.9	2.126	536.0		495.7		
Franja Izquierda	2.5	6.64	10.17	1172.4	1151.9	2.136	494.0		456.4		
Franja Izquierda	2.5	6.76	10.15	1168.0	1144.1	2.092	536.0		487.4		
Franja Izquierda	2.5	6.65	10.17	1168.8	1145.6	2.121		409.0		377.3	
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.15	1165.1	1142.0	2.107		414.0		379.8	
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.18	1171.4	1149.3	2.101		405.0		369.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.114	522.0	409.3	479.8	375.5	78.3
Franja Central	2.5	6.89	10.16	1169.3	1147.5	2.054	527.0		469.7		
Franja Central	2.5	6.97	10.17	1176.7	1154.4	2.039	548.0		482.3		
Franja Central	2.5	7.04	10.20	1180.9	1159.2	2.015	481.0		417.9		
Franja Central	2.5	7.00	10.19	1179.3	1158.2	2.029		443.0		387.5	
Franja Central	2.5	6.98	10.12	1173.4	1150.9	2.050		426.0		376.3	
Franja Central	2.5	6.94	10.21	1178.8	1155.9	2.034		434.0		382.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.037	518.7	434.3	456.6	382.0	83.6
Franja Derecha	2.5	6.89	10.16	1177.7	1156.7	2.071	435.0		387.7		
Franja Derecha	2.5	6.88	10.19	1171.8	1151.4	2.052	397.0		353.3		
Franja Derecha	2.5	6.83	10.18	1162.4	1143.2	2.056	422.0		378.7		
Franja Derecha	2.5	6.81	10.17	1162.8	1143.2	2.067		312.0		281.1	
Franja Derecha	2.5	6.86	10.16	1162.0	1141.6	2.053		371.0		332.1	
Franja Derecha	2.5	6.82	10.15	1166.0	1145.6	2.076		401.0		361.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.062	418.0	361.3	373.2	324.9	87.0
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.071			436.6	360.8	82.6

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)



ING. WILLIAM GARCÍA DE VILLO  
INGENIERO EN SUELOS Y FUNDACIONES  
CALLE BOLIVIA 1000, PUNTO 1000  
LA OROYA - TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 825 Fecha: 16-8-10  
Localización: Km 155+000 - 152+444  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William García de Villos  
Firma del Ing.

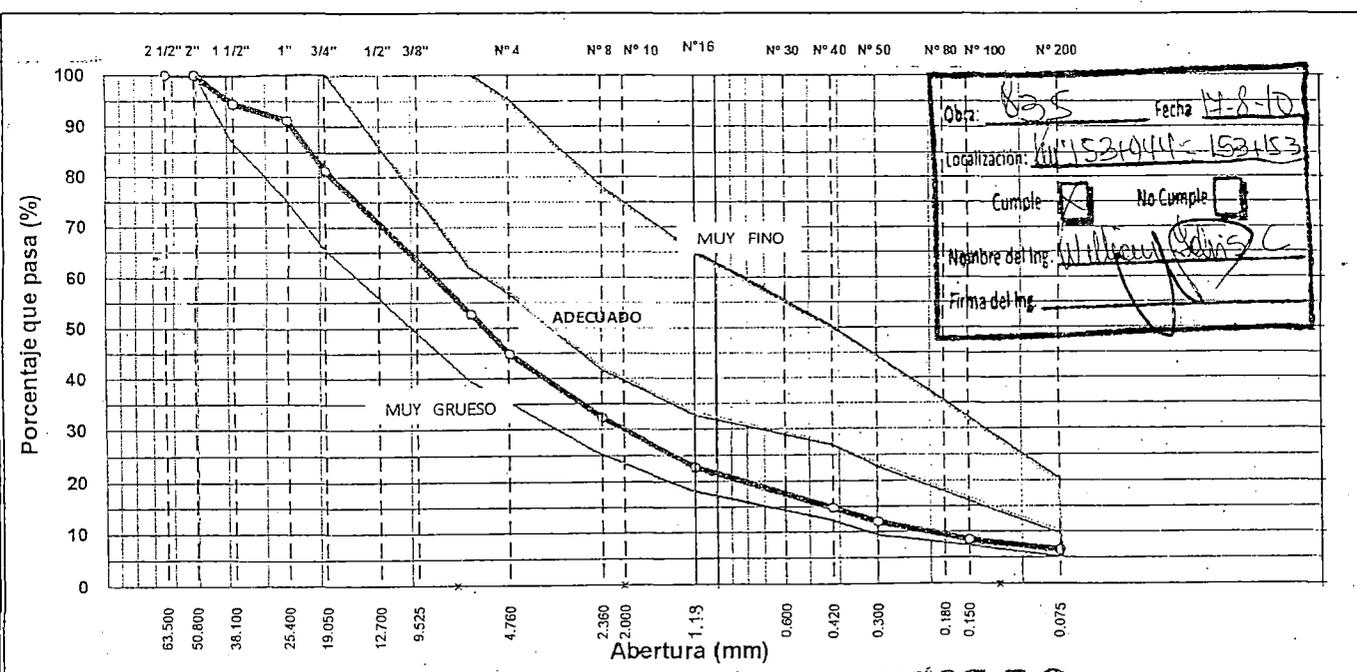
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	33
Procedencia:	km. 153+944 - 153+153		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	17/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	18,644.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	17390.4	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,088.8	gr			
1 1/2"	38.100	447.0	2.4	2.4	97.6	87 - 100	LIMITE LIQUIDO	=	21.75	%			
1"	25.400	558.0	3.0	5.4	94.6	75 - 100	LIMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	1,492.0	8.0	13.4	86.6	65 - 100	INDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	2,388.0	12.8	26.2	73.8		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	[0]			
3/8"	9.525	1,156.0	6.2	32.4	67.6		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,920.0	10.3	42.7	57.3	39 - 62	Ensayo Malla #200		P.S. Seco	P.S. Lavado	% 200		
# 4	4.760	1,454.0	7.8	50.5	49.5	35 - 57			18644.0	17390.4	6.7		
# 8	2.360	284.2	1.5	63.42	36.6	25 - 42	% Grava	=	50.5	%			
# 10	2.000	63.1	0.3	66.3	33.7		% Arena	=	42.8	%			
# 16	1.180	123.4	0.7	71.9	28.1	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600						% Fino	=	6.7	%			
# 40	0.420	119.8	0.6	81.1	18.9	12 - 27	% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S	% Humedad		
# 50	0.300	75.6	0.4	84.5	15.5	9 - 23			903.3	851.4	6.1%		
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	136.4	0.7	90.7	9.3								
# 200	0.075	56.4	0.3	93.3	6.7	5 - 10							
< # 200	FONDO	147.9	0.8	100.0	0.0								
FRACCIÓN		1,088.8					Coef. Uniformidad		60		Índice de Consistencia		
TOTAL		18,644.0					Coef. Curvatura		4.8				
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión		Bajo				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	17/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO: Material reciclado en la via (km. 153+944 - 153+153)					

Fecha Extracción 18/08/2010 7:25:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 21/08/2010 3:21:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 22/08/2010 3:21:00 p.m

Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.18	1171.8	1147.4	2.098	489.0		446.0		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.15	1173.6	1150.7	2.116	468.0		428.1		
Franja Izquierda	2.5	6.65	10.19	1171.5	1148.1	2.117	489.0		450.2		
Franja Izquierda	2.5	6.78	10.12	1172.8	1149.4	2.108		239.0		217.3	
Franja Izquierda	2.5	6.73	10.17	1181.1	1157.6	2.117		308.0		280.8	
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.17	1165.5	1143.0	2.100		224.0		205.1	
<b>PROMEDIO</b>						2.109	482.0	257.0	441.4	234.4	53.1
Franja Central	2.5	6.45	10.16	1162.1	1136.6	2.174	430.0		409.4		
Franja Central	2.5	6.48	10.17	1165.2	1140.1	2.166	472.0		446.8		
Franja Central	2.5	6.40	10.18	1164.8	1140.8	2.190	494.0		473.0		
Franja Central	2.5	6.43	10.15	1163.0	1138.1	2.187		241.0		230.4	
Franja Central	2.5	6.44	10.19	1166.7	1141.4	2.173		232.0		220.6	
Franja Central	2.5	6.40	10.16	1160.9	1136.4	2.190		274.0		262.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.180	465.3	249.0	443.1	237.9	53.7
Franja Derecha	2.5	6.77	10.18	1180.4	1157.5	2.101	414.0		374.8		
Franja Derecha	2.5	6.66	10.19	1181.9	1158.2	2.132	371.0		341.1		
Franja Derecha	2.5	6.72	10.16	1168.0	1145.6	2.103	422.0		385.6		
Franja Derecha	2.5	6.72	10.19	1181.2	1156.6	2.110		241.0		219.6	
Franja Derecha	2.5	6.83	10.16	1182.1	1160.5	2.096		211.0		189.7	
Franja Derecha	2.5	6.78	10.16	1185.0	1165.1	2.120		228.0		206.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.110	402.3	226.7	367.2	205.3	55.9
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.133			417.2	225.9	54.1

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

Obra: R25 Fecha: 18-10  
Localización: Km. 153+944 - 153+153  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C.  
Firma del Ing. \_\_\_\_\_

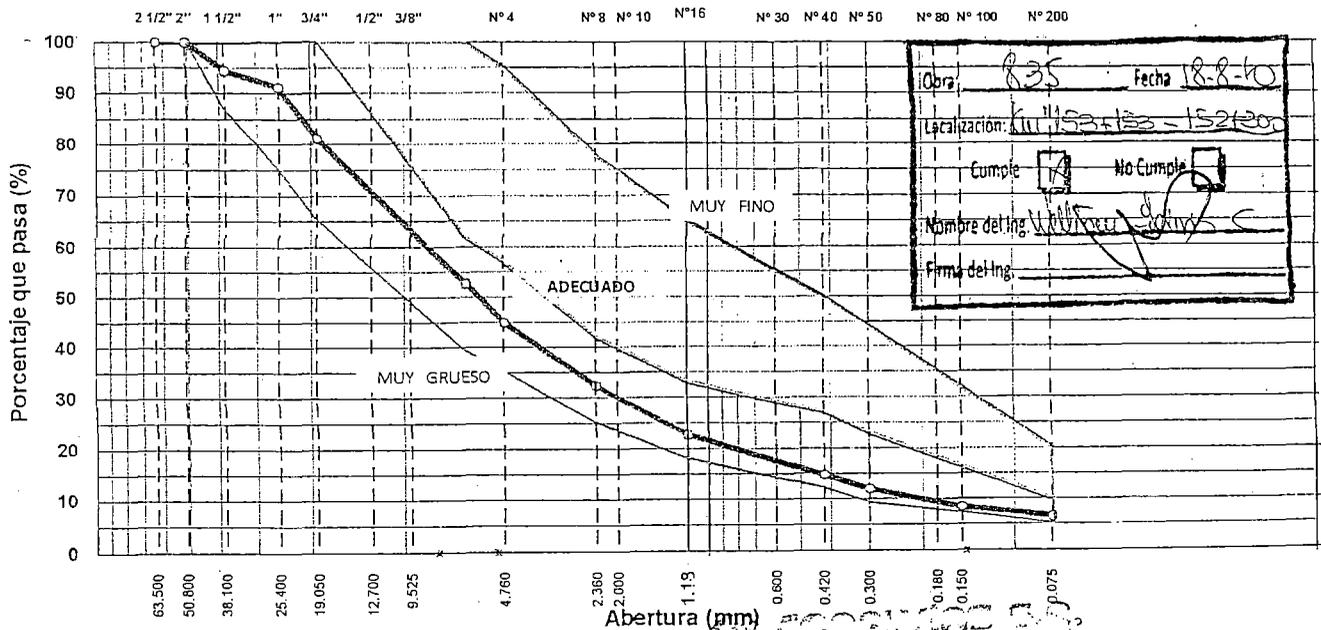
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	34
Procedencia:	km. 153+153 - 152+300		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	18/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	23,769.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	22280.5	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	799.7	gr			
1 1/2"	38.100	475.0	2.0	2.0	98.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	18.67	%			
1"	25.400	618.0	2.6	4.6	95.4	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	2,329.0	9.8	14.4	85.6	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	2,971.0	12.5	26.9	73.1		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	(0)			
3/8"	9.525	2,068.0	8.7	35.6	64.4		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	2,045.0	8.6	44.2	55.8	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S.Seco	P.S.Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,616.0	6.8	51.0	49.0	35 - 57		23769.0	22280.5	6.3			
# 8	2.360	175.9	10.8	61.78	38.2	25 - 42	% Grava	=	51.0	%			
# 10	2.000	50.4	3.1	64.9	35.1		% Arena	=	42.7	%			
# 16	1.180	148.7	9.1	74.0	25.0	18 - 33							
# 20	0.850												
# 30	0.600						% Fino	=	6.3	%			
# 40	0.420	81.6	5.0	84.0	16.0	12 - 27	% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S.	% Humedad			
# 50	0.300	80.0	4.9	88.9	11.1	9 - 23		958.5	904.3	6.0%			
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	36.4	2.2	91.1	8.9								
# 200	0.075	42.5	2.6	93.7	6.3	5 - 10							
< # 200	FONDO	102.2	6.3	100.0	0.0								
FRACCIÓN		799.7					Coef. Uniformidad	54	Índice de Consistencia				
TOTAL		23,769.0					Coef. Curvatura	22.1					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	18/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
REGADO: Material reciclado en la via (km.153+153 - 152+300)					

Fecha Extracción 19/08/2010 8:28:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 22/08/2010 4:02:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 23/08/2010 4:02:00 p.m

Identidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.74	10.18	1198.4	1172.7	2.138	481.0		437.4		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.18	1204.4	1177.3	2.152	456.0		415.9		
Franja Izquierda	2.5	6.70	10.19	1204.6	1177.2	2.154	489.0		446.9		
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.16	1201.9	1173.9	2.155		249.0		227.5	
Franja Izquierda	2.5	6.72	10.17	1200.1	1172.6	2.148		224.0		204.5	
Franja Izquierda	2.5	6.78	10.17	1198.1	1171.4	2.127		270.0		244.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.146	475.3	247.7	433.4	225.4	52.0
Franja Central	2.5	6.52	10.18	1181.9	1149.3	2.166	481.0		452.1		
Franja Central	2.5	6.60	10.11	1188.3	1157.1	2.184	498.0		465.6		
Franja Central	2.5	6.58	10.15	1193.5	1160.7	2.180	494.0		461.5		
Franja Central	2.5	6.59	10.16	1192.8	1159.2	2.170		262.0		244.1	
Franja Central	2.5	6.55	10.15	1187.4	1156.1	2.181		270.0		253.4	
Franja Central	2.5	6.49	10.18	1181.3	1149.3	2.176		274.0		258.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.176	491.0	268.7	459.7	252.1	54.8
Franja Derecha	2.5	6.85	10.15	1166.9	1146.6	2.069	430.0		385.8		
Franja Derecha	2.5	6.94	10.15	1175.2	1154.9	2.057	464.0		411.0		
Franja Derecha	2.5	6.98	10.20	1172.1	1152.9	2.021	443.0		388.2		
Franja Derecha	2.5	6.65	10.19	1180.7	1151.3	2.123		215.0		197.9	
Franja Derecha	2.5	6.63	10.17	1183.0	1156.8	2.148		220.0		203.6	
Franja Derecha	2.5	6.57	10.13	1166.7	1139.6	2.152		228.0		213.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.095	445.7	221.0	395.0	205.1	51.9
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.139			429.4	227.5	53.0

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú  
Teléfono Salinas Ampuero  
LABORATORISTA  
CONSERVACION VIAL NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

ING. WILLIAM GAMIS CASTILLO  
SPE. MAESTRO EN SERVICIOS  
CONSERVACION VIAL NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obra R25 Fecha 18-8-10  
Localización: Km. 153+153 - 152+300  
Cumple  No Cumple   
Firma del Ing. William Gamis C.  
Firma del Ing. \_\_\_\_\_

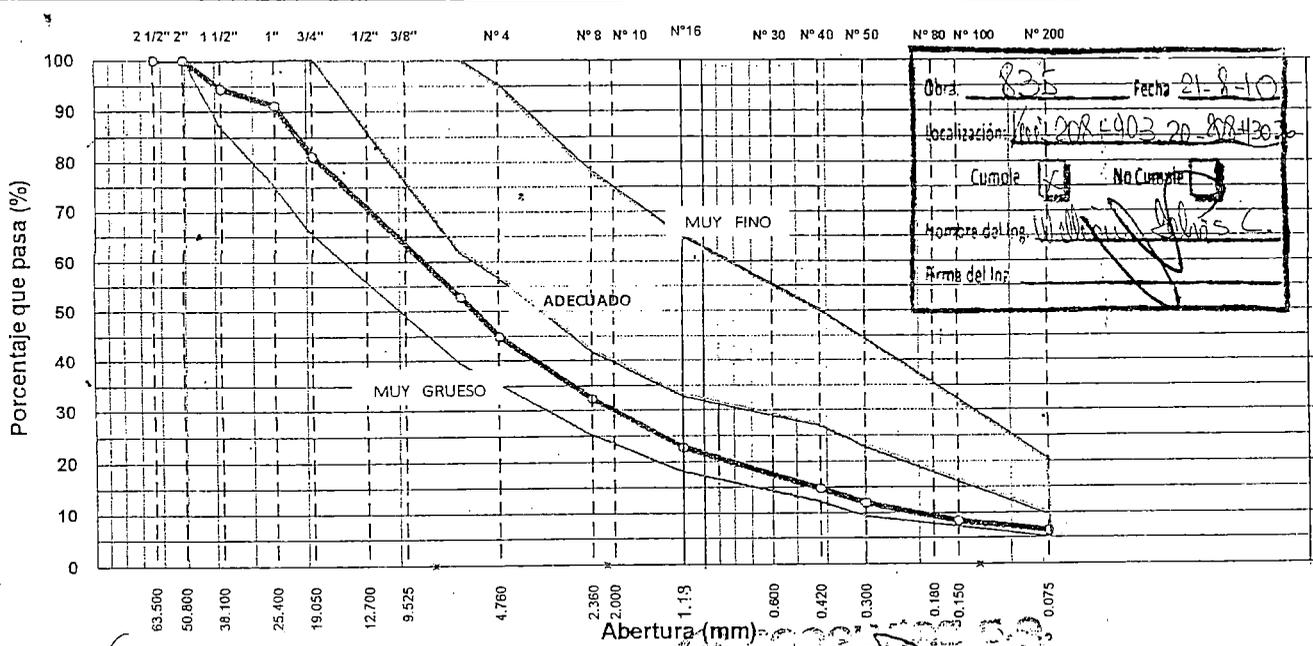
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMPÉ - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	35
Procedencia:	km. 208+903.20 - 208+130.36		Nº de muestra :	M - 01
Ubic. del Muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	21/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Telesforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
3"	76.200						PESO TOTAL	=	16,798.0	gr			
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO	=	15751.4	gr			
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO	=	1,089.9	gr			
1 1/2"	38.100	336.0	2.0	2.0	98.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO	=	21.74	%			
1"	25.400	407.0	2.4	4.4	95.6	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
3/4"	19.050	2,184.0	13.0	17.4	82.6	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO	=	N.P.	%			
1/2"	12.700	1,764.0	10.5	27.9	72.1		CLASF. AASHTO	=	A-2-6	(0)			
3/8"	9.525	1,105.0	6.6	34.5	65.5		CLASF. SUCCS	=	SP - SM				
1/4"	6.350	1,982.0	11.8	46.3	53.7	39 - 62	Ensayo Malla #200	P.S. Seco.	P.S. Lavado	% 200			
# 4	4.760	1,142.0	6.8	53.1	46.9	35 - 57		16798.0	15751.4	6.2			
# 8	2.360	300.5	12.9	66.0	34.0	25 - 42	% Grava	=	53.1	%			
# 10	2.000	86.4	3.7	69.8	30.3		% Arena	=	40.7	%			
# 16	1.180	106.4	4.6	74.3	25.7	18 - 33							
# 20	0.850						% Fino	=	6.2	%			
# 30	0.600						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S	% Humedad			
# 40	0.420	105.7	4.6	81.5	18.5	12 - 27		690.4	653.2	5.7%			
# 50	0.300	95.9	4.1	85.7	14.4	9 - 23							
# 80	0.180						OBSERVACIONES:						
# 100	0.150	112.5	4.8	90.5	9.5								
# 200	0.075	76.4	3.3	93.8	6.2	5 - 10							
< # 200	FONDO	144.8	6.2	100.0	0.0								
FRACCIÓN TOTAL		1,089.9					Coef. Uniformidad	61	Índice de Consistencia				
		16,798.0					Coef. Curvatura	4.5					
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo						Pot. de Expansión	Bajo					

### CURVA GRANULOMÉTRICA



CONALVIAS S.A.  
Sucursal Perú  
Telesforo Salinas Ampuero

ING. WILLIAM GARCÍA S. VILLO  
CORPORATIVO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - SN (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU		Fecha de fabricación:	21/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL			
Gravidad (%):	85/100	%	2.5	
Relación Expansión:	2.5		19	Vida Media (s)
				10.62

REGADO: Material reciclado en la via (km.208+903.20 - 208+130.36)

Fecha Extracción 22/08/2010 8:28:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 25/08/2010 4:02:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 26/08/2010 4:02:00 p.m

Resistencia, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Probeta Izquierda	2.5	6.55	10.17	1178.7	1147.3	2.156	603.0		564.8		
Probeta Izquierda	2.5	6.54	10.15	1172.6	1142.1	2.158	637.0		598.7		
Probeta Izquierda	2.5	6.47	10.16	1175.2	1145.5	2.184	561.0		532.4		
Probeta Izquierda	2.5	6.58	10.18	1176.5	1144.2	2.136		316.0		294.3	
Probeta Izquierda	2.5	6.51	10.17	1175.8	1143.0	2.161		312.0		294.0	
Probeta Izquierda	2.5	6.49	10.15	1177.7	1147.6	2.185		316.0		299.3	
<b>PROMEDIO</b>						2.164	600.3	314.7	565.3	295.9	52.3
Probeta Central	2.5	6.46	10.18	1174.0	1140.8	2.170	574.0		544.6		
Probeta Central	2.5	6.45	10.17	1176.3	1142.4	2.180	595.0		565.9		
Probeta Central	2.5	6.49	10.16	1181.7	1149.7	2.185	650.0		615.0		
Probeta Central	2.5	6.43	10.18	1179.1	1148.5	2.194		329.0		313.6	
Probeta Central	2.5	6.44	10.16	1173.4	1140.9	2.185		312.0		297.5	
Probeta Central	2.5	6.42	10.15	1167.9	1135.5	2.186		291.2		278.8	
<b>PROMEDIO</b>						2.183	606.3	310.7	575.2	296.6	51.6
Probeta Derecha	2.5	6.46	10.20	1170.4	1143.1	2.166	633.0		599.3		
Probeta Derecha	2.5	6.41	10.16	1171.5	1143.5	2.200	772.0		739.6		
Probeta Derecha	2.5	6.48	10.15	1172.4	1142.7	2.179	646.0		612.8		
Probeta Derecha	2.5	6.47	10.18	1173.6	1143.8	2.172		337.0		319.2	
Probeta Derecha	2.5	6.56	10.12	1172.0	1144.6	2.169		405.0		380.6	
Probeta Derecha	2.5	6.44	10.19	1169.1	1143.2	2.177		346.0		328.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.177	683.7	362.7	650.6	342.9	52.7
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.175			597.0	311.8	52.2

$$S = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A.  
Teléfono Salinas Ampuero  
LABORATORISTA  
CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - SN (DV. TOCACHE)

CONALVIAS S.A.  
ING. WILLIAM GALVIS CASTILLO  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y CALIENTOS  
OFICINA DE LABORATORIOS DE CALIENTOS LA OROYA - CHICRIN - TINGO MARIA - EMP. PE - SN (DV. TOCACHE)

Obra: 835 Fecha: 21-8-10  
Localización: Km. 208+903.20 - 208+130.36  
Cumple  No Cumple   
Nombre del Ing. William Galvis C.  
Firma del Ing.

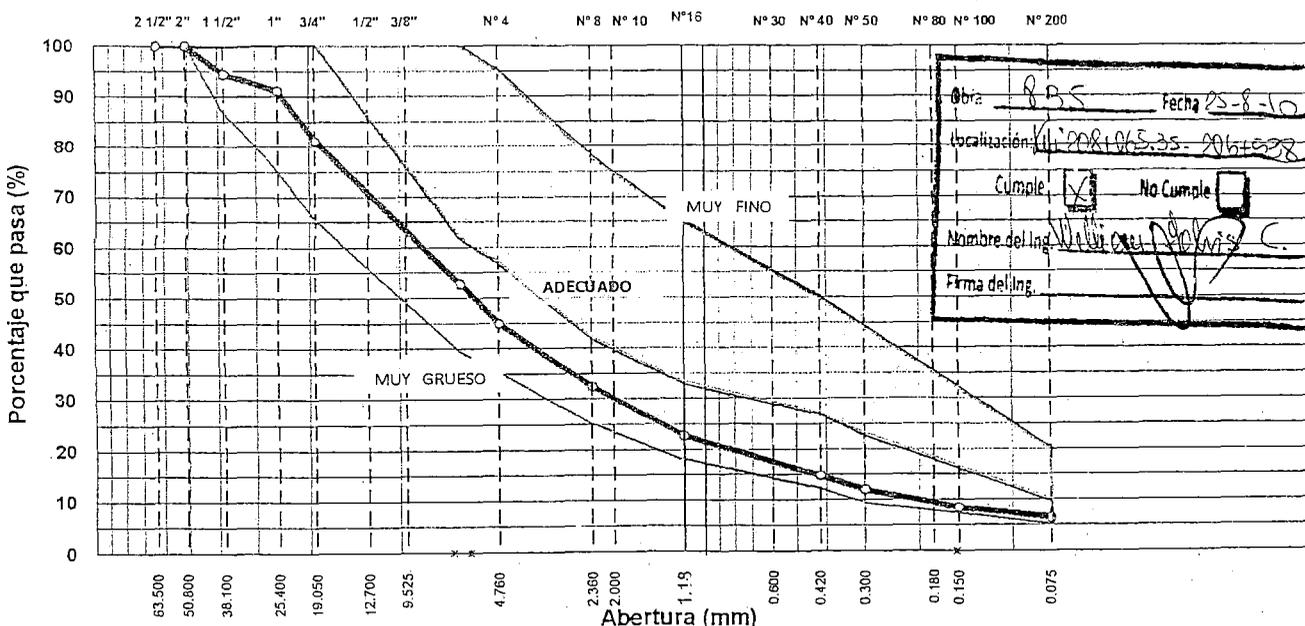
CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

Cliente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
Contratista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	36
Procedencia:	km.208+065.35 - 206+538		Nº de muestra :	M - 01
Ubicación del Muestreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
Fecha de Muestreo:	25/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por:	Teleforo Salinas Ampuero

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 18,754.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 17610.0 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 987.3 gr	
1 1/2"	38.100	331.2	1.8	1.8	98.2	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 17.90 %	
1"	25.400	521.0	2.8	4.6	95.5	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	2,198.0	11.7	16.3	83.7	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,765.0	9.4	25.7	74.3		CLASF. AASHTO = A-2-6 {0}	
3/8"	9.525	1,120.0	6.0	31.7	68.4		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,967.0	10.5	42.1	57.9	39 - 62	Ensayo Malla #200	
# 4	4.760	1,132.1	6.0	48.2	51.8	35 - 57	P.S. Seco. 18754.0	
# 8	2.360	325.4	17.1	65.3	34.7	25 - 42	P.S. Lavado 17610.0	
# 10	2.000	82.4	4.3	69.6	30.4		% 200 6.1	
# 16	1.180	110.2	5.8	75.4	24.6	18 - 33	% Grava = 48.2 %	
# 20	0.850						% Arena = 45.7 %	
# 30	0.600						% Fino = 6.1 %	
# 40	0.420	112.3	5.9	84.5	15.5	12 - 27	% HUMEDAD. P.S.H. 757.1	
# 50	0.300	63.2	3.3	87.8	12.2	9 - 23	P.S.S. 714.2	
# 80	0.180						% Humedad 6.0%	
# 100	0.150	46.2	2.4	90.2	9.8		OBSERVACIONES:	
# 200	0.075	70.1	3.7	93.9	6.1	5 - 10		
< # 200	FONDO	116.2	6.1	100.0	0.0			
FRACCIÓN TOTAL		987.3					Coef. Uniformidad 44	
		18,754.0					Coef. Curvatura 34.2	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Índice de Consistencia
							Pot. de Expansión Bajo	

CURVA GRANULOMÉTRICA



*[Signature]*  
SECRETARÍA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO  
CONALVIAS S.A. - SUCURSAL PERU  
CALLE TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

*[Signature]*  
ING. WILLIAM JULCA SALINAS  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO  
CONALVIAS S.A. - SUCURSAL PERU  
CALLE TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

## ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	25/08/2010
Proyecto:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
Gravidad:	85/100	%	2.5		
Porcentaje:	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
Material:	Material reciclado en la vía (km. 208+065.35 - 206+538)				

Extracción 26/08/2010 7:38:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 29/08/2010 3:50:00 p.m.  
Fecha de ensayo probetas condición saturada 30/08/2010 3:50:00 p.m.

Objetivo: Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Izquierda	2.5	6.52	10.20	1180.3	1156.2	2.170	548.0		514.1		
Izquierda	2.5	6.59	10.18	1184.8	1160.6	2.164	553.0		514.3		
Izquierda	2.5	6.59	10.20	1170.7	1146.3	2.129	439.0		407.5		
Izquierda	2.5	6.70	10.16	1184.7	1158.4	2.133		333.0		305.2	
Izquierda	2.5	6.55	10.17	1182.3	1160.6	2.181		363.0		340.0	
Izquierda	2.5	6.66	10.18	1200.4	1174.8	2.167		342.0		314.7	
<b>PROMEDIO</b>						2.157	513.3	346.0	478.6	320.0	66.9
Central	2.5	6.53	10.16	1167.9	1144.2	2.161	422.0		396.8		
Central	2.5	6.55	10.16	1173.0	1146.4	2.159	506.0		474.4		
Central	2.5	6.56	10.16	1167.6	1138.4	2.140	612.0		572.9		
Central	2.5	6.52	10.15	1171.4	1140.8	2.162		370.0		348.8	
Central	2.5	6.56	10.17	1180.3	1152.1	2.162		310.0		289.9	
Central	2.5	6.52	10.13	1163.8	1134.2	2.158		315.0		297.5	
<b>PROMEDIO</b>						2.157	513.3	331.7	481.4	312.1	64.8
Derecha	2.5	6.60	10.11	1171.3	1149.3	2.169	498.0		465.6		
Derecha	2.5	6.52	10.18	1180.5	1158.0	2.182	646.0		607.2		
Derecha	2.5	6.55	10.15	1179.3	1156.9	2.183	591.0		554.6		
Derecha	2.5	6.49	10.17	1175.3	1156.1	2.193		371.0		350.7	
Derecha	2.5	6.51	10.18	1176.3	1153.3	2.177		464.0		436.8	
Derecha	2.5	6.57	10.15	1180.8	1157.5	2.177		405.0		378.9	
<b>PROMEDIO</b>						2.180	578.3	413.3	542.5	388.8	71.7
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.165			500.8	340.3	67.9

$$= \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10.000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
d = Diámetro de la probeta (cm)

CONALVIAS S.A. Sucursal Perú

CONALVIAS S.A.  
Teléfono Salinas Ampuero  
LABORATORISTA  
CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

ING. WILLIAM GARCIA CASTILLO  
INGENIERO EN GEOMETRIA Y TOPOGRAFIA  
INGENIERO EN GEOMETRIA Y TOPOGRAFIA  
HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. 5N (DV. TOCACHE)

Obra: 825 Fecha 25-8-10  
Localización: Km. 208+065.35 - 206+538  
Cumple  No Cumple   
Firma del Ing. *William Garcia Castillo*  
Firma

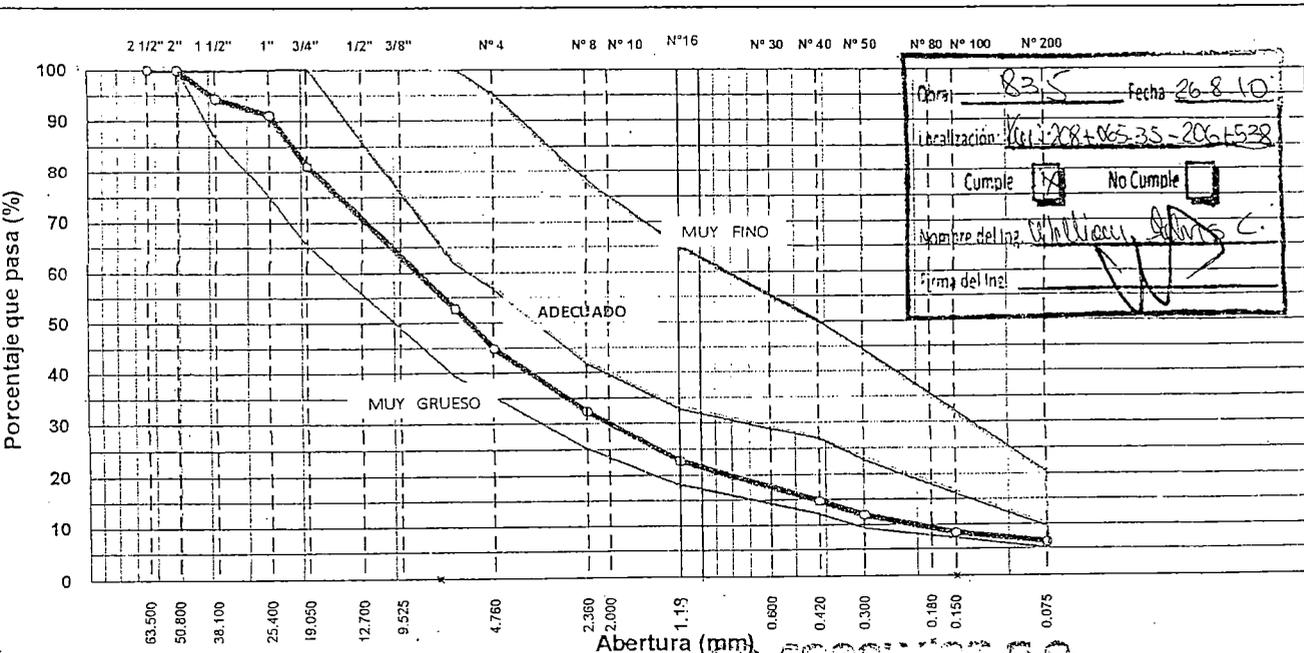
## CONSERVACIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE CARRETERA - LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO TINGO MARIA - EMP PE - 5N ( DV. TOCACHE )

ente :	M.T.C-PROVIAS NACIONAL	CONTROL DE CALIDAD	Formato:	CC - CON - 01
ntarista :	CONALVIAS S. A. - SUCURSAL PERU	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO	Certificado:	37
cedencia:	km.208+065.35 - 206+538		Nº de muestra :	M - 01
ic. del estreo:	Pista	ASTM D 422 - C 136	Clase de Material :	RAP. + BASE + ESPUMADO
cha de estreo:	26/08/2010	Muestreado por : Elder Julca S.	Procesado por :	Teleforo Salinas Ampuero

### LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	HUSO A	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200						PESO TOTAL = 17,916.0 gr	
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO = 16764.4 gr	
2"	50.800					100 - 100	PESO FINO = 854.6 gr	
1 1/2"	38.100	356.0	2.0	2.0	98.0	87 - 100	LÍMITE LÍQUIDO = 17.74 %	
1"	25.400	534.0	3.0	5.0	95.0	75 - 100	LÍMITE PLÁSTICO = N.P. %	
3/4"	19.050	2,068.0	11.5	16.5	83.5	65 - 100	ÍNDICE PLÁSTICO = N.P. %	
1/2"	12.700	1,825.0	10.2	26.7	73.3		CLASF. AASHTO = A-2-6 [0]	
3/8"	9.525	1,130.0	6.3	33.0	67.0		CLASF. SUCCS = SP - SM	
1/4"	6.350	1,867.0	10.4	43.4	56.6	39 - 62	Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado % 200	
# 4	4.760	1,325.0	7.4	50.8	49.2	35 - 57	17916.0 16764.4 6.4	
# 8	2.360	296.0	17.0	67.9	32.1	25 - 42	% Grava = 50.8 %	
# 10	2.000	62.1	3.6	71.4	28.6		% Arena = 42.7 %	
# 16	1.180	98.4	5.7	77.1	22.9	18 - 33		
# 20	0.850							
# 30	0.600						% Fino = 6.4 %	
# 40	0.420	70.4	4.1	84.7	15.3	12 - 27	% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad	
# 50	0.300	45.6	2.6	87.3	12.7	9 - 23	650.5 614.3 5.9%	
# 80	0.180						OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	56.7	3.3	90.6	9.5			
# 200	0.075	52.4	3.0	93.6	6.4	5 - 10		
< # 200	FONDO	111.7	6.4	100.0	0.0			
RACIÓN		854.6					Coef. Uniformidad 49 Índice de Consistencia	
TOTAL		17,916.0					Coef. Curvatura 47.9	
Descripción suelo:	Arena pobremente gradada con limo							Pot. de Expansión Bajo

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**CONSERVACION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO  
TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)**

**ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA**

Empresa:	CONALVIAS S.A. SUCURSAL PERU			Fecha de fabricación:	26/08/2010
Cliente:	M.T.C. - PROVIAS NACIONAL				
ASFALTO:	85/100	%	2.5		
Agua (%)	2.5	Relación Expansión	19	Vida Media (s)	10.62
AGREGADO: <i>Material reciclado en la via (km. 206+538 - 205+465.05)</i>					

Fecha Extracción 27/08/2010 8:25:00

Fecha de ensayo probetas en condición seca: 30/08/2010 3:24:00 p.m

Fecha de ensayo probetas condición saturada 31/08/2010 3:24:00 p.m

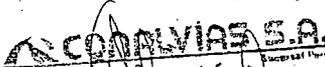
Densidad, Resistencia - Ensayo de Tracción Indirecta y Resistencia Conservada

Ident.	% Asfalto Añadido	Altura Promedio (cm)	Diámetro Promedio (cm)	Masa húmeda (g)	Masa seca (g)	Densidad seca (g/cm³)	Carga (kg)		Resistencia ITS (kPa)		Resistencia Conservada (%)
							Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	
Franja Izquierda	2.5	6.66	10.18	1170.1	1146.7	2.115	350.0		322.1		
Franja Izquierda	2.5	6.64	10.16	1170.2	1145.4	2.128	456.0		421.7		
Franja Izquierda	2.5	6.57	10.16	1175.6	1150.6	2.160	439.0		410.3		
Franja Izquierda	2.5	6.66	10.17	1172.0	1145.8	2.118		249.0		229.4	
Franja Izquierda	2.5	6.64	10.14	1167.3	1143.2	2.132		249.0		230.7	
Franja Izquierda	2.5	6.58	10.19	1167.9	1145.5	2.135		236.0		219.6	
<b>PROMEDIO</b>						2.131	415.0	244.7	384.7	226.6	58.9
Franja Central	2.5	6.57	10.19	1167.4	1144.8	2.137	489.0		455.7		
Franja Central	2.5	6.63	10.16	1164.4	1141.9	2.124	367.0		339.9		
Franja Central	2.5	6.55	10.17	1166.5	1145.8	2.153	363.0		340.0		
Franja Central	2.5	6.60	10.17	1170.5	1149.1	2.143		253.0		235.2	
Franja Central	2.5	6.65	10.19	1173.6	1151.1	2.123		236.0		217.3	
Franja Central	2.5	6.62	10.18	1168.2	1144.6	2.124		224.0		207.4	
<b>PROMEDIO</b>						2.134	406.3	237.7	378.5	219.9	58.1
Franja Derecha	2.5	6.61	10.16	1175.9	1152.5	2.151	439.0		407.8		
Franja Derecha	2.5	6.56	10.16	1179.7	1158.3	2.178	498.0		466.2		
Franja Derecha	2.5	6.48	10.21	1172.8	1150.1	2.168	506.0		477.2		
Franja Derecha	2.5	6.68	10.15	1172.8	1148.9	2.126		249.0		229.1	
Franja Derecha	2.5	6.68	10.14	1173.9	1150.7	2.133		253.0		233.0	
Franja Derecha	2.5	6.60	10.18	1178.6	1155.9	2.152		266.0		247.0	
<b>PROMEDIO</b>						2.151	481.0	256.0	450.4	236.4	52.5
<b>PROMEDIO PISTA</b>						2.139			404.5	227.6	56.3

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times h \times d} \times 10,000$$

ITS = Resistencia a la Tracción Indirecta (kPa)  
 P = Máxima Carga Aplicada (kN)

h = Altura promedio probeta (cm)  
 d = Diámetro de la probeta (cm)



CONALVIAS S.A.  
 Sucursal Perú  
 Telesalinas Amduero  
 11800  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

ING. WILLIAM GALVAZ CASTILLO  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y FUNDACIONES  
 CONSERVACION POR NIVELES DE LA CARRETERA LA OROYA - CHICRIN - HUANUCO - TINGO MARIA - EMP. PE - 5N (DV. TOCACHE)

Obras	835	Fecha	26-8-10
Localización	Km. 206+538 - 205+465.05		
Cumple	<input checked="" type="checkbox"/>	No Cumple	<input type="checkbox"/>
Nombre del Ing.	William Galva C.		
Firma del Ing.	[Firma]		