

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS:**

**INFLUENCIA DEL AGREGADO Y DEL %ASFALTO  
PARA LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. GUERREROS PÉREZ, SHERMALY JAZMIN

**Línea de Investigación Institucional:** Transporte y Urbanismo

**Línea de Investigación por Programa de Estudios:** Transporte

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2020**

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS:**

**INFLUENCIA DEL AGREGADO Y DEL %ASFALTO  
PARA LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA DE  
PAVIMENTOS FLEXIBLES”**

**PRESENTADO POR:**

Bach. GUERREROS PÉREZ, Shermaly Jazmín

**Línea de Investigación Institucional:** Transporte y Urbanismo

**Línea de Investigación por Programa de Estudios:** Transporte

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

**2020**

**ASESOR:**

**ING. CARLOS GERARDO FLORES  
ESPINOZA**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

A mi mamá Lourdes Pérez y a mis abuelitos Irene Hinostroza y Abilio Pérez porque son mi motor y motivo para seguir esforzándome día a día.

Gracias a Dios por permitirme conocer a mis abuelos, gracias a la vida por permitirme disfrutar cada día a su lado, gracias a mi abuelo y abuela por ser los mejores de todo el mundo, gracias, simplemente gracias.

A mi madre porque siempre quiere, desea y hace lo mejor por sus hijos, y es por este motivo que le agradezco de todo corazón por su acompañamiento dentro de la realización de esta tesis.

**HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS**

---

**PRESIDENTE**

**DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ**

---

**MIEMBRO**

---

**MIEMBRO**

---

**MIEMBRO**

---

**SECRETARIO DE DOCENTE**

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES**

## INDICE

INDICE .....	6
INDICE DE TABLAS .....	10
INDICE DE FIGURAS.....	11
RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
1. CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Planteamiento del Problema.....	15
1.2. Formulación del problema. ....	16
1.2.1. Problema General .....	16
¿LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO Y EL %ASFALTO PARA SLURRY SEAL, INFLUYEN EN LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES?.....	16
1.2.2. Problemas Específicos .....	16
1.3. Justificación.....	16
1.3.1. Social o práctica .....	16
1.3.2. Científica o Teórica.....	17
Para esta tesis he trabajado con siguientes teorías: .....	17
1.3.3. Metodología.....	17
1.4. Delimitación del problema.....	17
1.4.1. Delimitación Espacial.....	17
1.4.2. Delimitación Temporal.....	17
1.4.3. Delimitación conceptual.....	18
1.5. Limitaciones.....	18
1.6. Objetivos .....	19
1.6.1. Objetivo General.....	19
Determinar la influencia de la granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles. ....	19
1.6.2. Objetivos Específicos .....	19

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	20
1.1. Antecedentes .....	20
Antecedente Internacionales .....	20
Antecedente Nacional .....	20
Antecedente Local .....	22
1.1.1. Marco conceptual .....	22
1.1.2. Slurry Seal.....	27
1.1.3. Emulsión Asfáltica .....	31
1.1.4. El concreto asfáltico.....	34
1.1.5. Evaluación de pavimentos .....	38
La evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas para cumplir objetivos de serviciabilidad.....	38
1.1.6. Método de evaluación superficial de pavimentos asfálticos (PAVEMENT CONDITION INDEX - PCI).....	42
1.1.7. Tipos de fallas .....	56
1.2. Definición de términos: .....	68
1.2.1. Ensayo estándar para la medición de la profundidad de macro textura de un pavimento utilizando una técnica volumétrica (circulo de arena) norma de referencia: ASTM E965 / NLT-335 .....	68
<i>Tabla 4: Regresión y correlación.</i> .....	80
1.3. Hipótesis.....	81
1.3.1. Hipótesis General .....	81
La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal influyen significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.....	81
1.3.2. Hipótesis Específicos.....	81
La granulometría del agregado para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles. ....	81
El %asfalto para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles. ....	81

La combinación adecuada determinada entre la granulometría del agregado y %asfalto para SLURRY SEAL, recupera de forma óptima la textura superficial de pavimentos flexibles. ....	81
Variables.....	81
2. CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	82
2.1. Método de investigación.....	82
La presente investigación está desarrollada por el método científico ya que abarca desde la caracterización de los materiales, el diseño y estudio de las propiedades del Slurry Seal para la recuperación de la textura superficial de los pavimentos flexibles. ....	82
2.2. Tipo de investigación.....	82
2.3. Nivel de investigación.....	82
2.4. Diseño de investigación.....	82
2.5. Población y muestra.....	82
2.5.1. Población:.....	82
2.5.2. Muestra:.....	82
2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	83
2.6.1. Mecánica de suelos.....	83
2.6.2. Pavimentos.....	83
2.7. Técnicas y análisis de datos.....	83
2.7.1. Mecánica de suelos.....	83
2.7.2. Pavimento.....	84
2.7.3. Proporciones para la dosificación de muestras.....	84
2.7.4. SELECCIÓN Y ACOPIO DE AGREGADOS SEGÚN TIPO DE MALLA.....	101
2.7.5. Mezclado de Slurry Seal.....	105
2.7.6. Molde para muestras.....	107
3. CAPITULO IV: RESULTADOS.....	108
3.1. Materiales y métodos.....	108
3.2. Montaje general del ensayo.....	109
4. CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	117

CONCLUSIONES .....	130
RECOMENDACIONES.....	131
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	132
ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	134
ANEXO 03: GLOSARIO.....	175
ANEXO 04: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA .....	176
ANEXO 05: PANEL FOTOGRAFICO.....	177

## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1:</i> Granulometría de los Tipos de Slurry Seal	30
<i>Tabla 2:</i> Emulsiones Asfálticas Aniónicas y Catiónicas	34
<i>Tabla 3:</i> Cuadro a tener en cuenta, respecto al valor del PCI	44
<i>Tabla 4:</i> Regresión y correlación.	80
<i>Tabla 5:</i> Tabla de usos granulométricos de los tipos de Slurry Seal	833
<i>Tabla 6:</i> Rango de porcentaje de Emulsión Asfáltica	844
<i>Tabla 7:</i> Contenidos de emulsión por cada muestra de Slurry Seal	844
<i>Tabla 8:</i> Resultados de Diámetros de Slurry Seal Tipo 01	1111
<i>Tabla 9:</i> Resultados de Diámetros de Slurry Seal Tipo 02	1122
<i>Tabla 10:</i> Resultados de Diámetros de Slurry Seal Tipo 03	1133
<i>Tabla 11:</i> Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 01	1166
<i>Tabla 12:</i> Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 02	1166
<i>Tabla 13:</i> Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 03	1166
<i>Tabla 14:</i> Correlación de la profundidad media y el porcentaje de Asfalto del Tipo I.	117
<i>Tabla 15:</i> Correlación de la profundidad media y el porcentaje de sfalto del Tipo II.	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 120
<i>Tabla 16:</i> Correlación de la profundidad media y el porcentaje de Asfalto del Tipo III.	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 123
<i>Tabla 17:</i> Criterios para calificar la seguridad vial tomando en cuenta los valores de PT	<b>¡Error! Marcador no definido.</b> 126
<i>Tabla 18:</i> Criterios para calificar la seguridad vial tomando en cuenta los valores de CRD	126 <b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de las diferentes características superficiales .....	24
Figura 2 Ccondición de Hidroplaneo .....	27
Figura 3: composición de una mezcla de Slurry Seal.....	28
Figura 4: Equipo de aplicación del Slurry Seal .....	28
Figura 5: Resultados de una evaluación estructural.....	41
Figura 6: Escala de calificación de condición “integral” del Pavimento (PCI)...	44
Figura 7: Fallas consideradas en el método del PCI .....	45
Figura 8: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica .....	47
Figura 9: Ancho de calzada (m) Longitud de la unidad de muestreo (m) .....	48
Figura 10: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico .....	49
Figura 11: Fisura Longitudinal (FL, Unidad de medida: m) .....	56
Figura 12:Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m2).....	60
Figura 13:: Ondulación (OND, Unidad de medida: m2).....	62
Figura 14:Abultamiento (AB, Unidad de medida: m2) .....	64
Figura 15:Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m2) .....	65
Figura 16:Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m2).....	67
Figura 17: Macrotextura superficial mediante técnica volumétrica. ....	71
Figura 18: Recipiente calibrado para el ensayo. ....	71
Figura 19:Disco extendedor. ....	73
Figura 20: Esquema del ensayo de macro textura superficial .....	74
Figura 21: Nomograma para determinar la profundidad media de engrase. ....	78
Figura 26: Tamicez según Norma .....	101
Figura 27: Selección de Agregado por tamiz.....	102
Figura 28: Agregado retenido en la malla N° 200.....	102
Figura 29: Agregado retenido en la malla N°100 .....	103
Figura 30: Agregado retenido en la malla N°50 .....	103
Figura 31: Agregado retenido en la malla N° 30.....	104

Figura 32: Agregado retenido en la malla N°4 .....	104
Figura 33: Agregado retenido en la malla N°8 .....	105
Figura 34: Agregados según granulometría .....	105
Figura 35: Emulsion Asfáltica .....	106
Figura 36: Filler Mineral.....	106
Figura 37: Mezcla de los componentes de Slurry Seal .....	107
Figura 38: Molde de Slurry Seal .....	107
Figura 39: Las 39 Muestras de Slurry Seal .....	109
Figura 40: Medicion del Diametro 01 .....	110
Figura 41: Medicion del Diametro 02.....	110
Figura 42: Medicion del Diametro 03.....	111

## RESUMEN

La tesis de investigación denominado “Influencia del Agregado y del %Asfalto para la Recuperación de la Textura de Pavimentos Flexibles”, que tiene como Problema General: ¿La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, influyen en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles?, como objetivo: Determinar la influencia de la granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles, La Hipótesis: La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal influyen significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles. El método de investigación es Científico, el tipo de Investigación es aplicada, el Nivel de Investigación es Correlacional - Explicativo y el Diseño de Investigación es Experimental.

Se logró demostrar que existe influencia clara de los factores que se tomaron como variables independientes en el estudio los que hacen referencia a la granulometría del agregado indicado por las especificaciones y el % de asfalto de la mezcla.

Asimismo, con el análisis de regresión múltiple para los tres tipos de Slurry Seal, se obtuvo un alto grado de asociación de las variables estudiadas.

## **ABSTRACT**

The research thesis called “Influence of Aggregate and% Asphalt for the Recovery of the Texture of Flexible Pavements”, which has as a General Problem: Does the granulometry of the aggregate and the% asphalt for slurry seal influence the recovery of the texture surface of flexible pavements ?, as objective: To determine the influence of the aggregate granulometry and the% asphalt for slurry seal, in the recovery of the surface texture of flexible pavements, The Hypothesis: The aggregate granulometry and the% asphalt for slurry seal they significantly influence the recovery of the surface texture of flexible pavements. The research method is Scientific, the type of Research is applied, the Research Level is Correlational -Explanatory and the Research Design is Experimental.

It was possible to demonstrate that there is a clear influence of the factors that were taken as independent variables in the study, which refer to the granulometry of the aggregate indicated by the specifications and the% of asphalt of the mixture.

Likewise, with the multiple regression analysis for the three types of Slurry Seal, a high degree of association of the studied variables was obtained.

## CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

La textura superficial del pavimento flexible es una característica muy importante en tener en cuenta cuando evaluamos la calidad de pavimentos, sin embargo, no le damos la importancia que se debe ya que sus consecuencias son muy sutiles y a veces la atribuimos a otros factores, sin detenernos a pensar que esta característica influye en muchos aspectos como el costo operación y la seguridad.

En términos simples la textura debe encontrarse siempre dentro de un rango aceptable hacia arriba y hacia abajo, pues un valor muy bajo significa, superficies muy lisas que pueden afectar los valores de coeficiente de rozamiento, produciendo el efecto del deslizamiento transversal del vehículo en las curvas y una mayor distancia de parada al momento de frenar. Por el contrario, una superficie con valores muy altos sugiere una superficie muy rugosa que genera un desgaste elevado de los neumáticos afectando directamente el costo de operación.

Valores no deseados de texturas se generan por muchos factores tales como: mal proceso constructivo, mala calidad de los materiales, procesos de erosión no previstos, clima, trafico. Sin embargo, se puede recuperar la textura y llevarla a una situación estable, aplicando coberturas con el slurry seal que mediante una combinación adecuada de agregado y asfalto puede devolver o proporcionar la textura adecuada.

Según la AIPCR (Asociación mundial de carreteras) /1995, la clasificación de la textura superficial son las siguientes: Megatextura, Macrotextura y Microtextura, que dependen de la longitud de onda. Según Crespo (1999) “La longitud de onda de la textura superficial se define como la distancia mínima existente entre partes de la curva que se repiten periódicamente en dirección longitudinal al plano del pavimento”.

La presente investigación “Influencia Del Agregado y del %Asfalto para la Recuperación de la Textura de Pavimentos Flexibles”, tiene como objetivo experimentar con los materiales que componen la mezcla del Slurry Seal

(agregado y asfalto), para encontrar la mejor proporción posible, que nos permita brindar los mejores resultados en la textura final.

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1. Problema General**

¿LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO Y EL %ASFALTO PARA SLURRY SEAL, INFLUYEN EN LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

¿DE QUÉ MANERA INFLUYE LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO PARA SLURRY SEAL, EN LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES?

¿CÓMO INFLUYE EL %ASFALTO PARA SLURRY SEAL, EN LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES?

¿SE PUEDE DETERMINAR UNA COMBINACIÓN ADECUADA ENTRE LA GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO Y EL %ASFALTO PARA SLURRY SEAL, PARA UNA RECUPERACIÓN ÓPTIMA DE LA TEXTURA SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social o práctica**

El constante deterioro de las vías por el aumento de tráfico y la falta de un programa de mantenimiento serio de las municipalidades crea un clima de incomodidad en los usuarios de las vías en la ciudad. Muchos opinan que dar un paseo o ir a trabajar al volante en la ciudad Huancayo es como conducir en un campo minado. Pues muchas calles, jirones y avenidas están llenos de huecos, fisuras o presentan un mal aspecto, ya que la carpeta asfáltica ha sufrido un nivel de deterioro notorio. Esta molestia también es directamente de los conductores de transporte público y particular,

quienes casi todo el día tienen que evitar estas adversidades que se presentan en su camino.

Por muchos años la mayoría de las pistas y calles de la ciudad se deteriora rápidamente. Esto ha ocasionado una serie de perjuicios, tanto a los vehículos que circulan como al continuo fluido del tráfico y, sobre todo, a las municipalidades que tienen que invertir elevadas cantidades de dinero en repararlas, pero, a pesar de que podría solucionarse fácilmente, este problema persiste.

### **1.3.2. Científica o Teórica**

Para esta tesis he trabajado con siguientes teorías:

- ASTM E965/NLT-335 (Ensayo de círculo de arena)
- AIPCR (Asociación Mundial de Carreteras)

### **1.3.3. Metodología**

Por tanto, existe la necesidad de encontrar técnicas y procedimientos que permitan recuperar las condiciones del pavimento y que brinden una atención temprana y a bajo costo. frente a esta realidad el uso de sellos asfálticos es una gran alternativa, ya que permiten frenar la aparición de fisuras que a la larga pueden convertirse en baches y recupera la textura superficial haciendo al pavimento seguro y más duradero.

## **1.4. Delimitación del problema**

### **1.4.1. Delimitación Espacial**

El presente estudio denominado: "INFLUENCIA DEL AGREGADO Y DEL %ASFALTO PARA LA RECUPERACIÓN DE LA TEXTURA DE PAVIMENTOS FLEXIBLES", e ha desarrollado en el Laboratorio ICCAH S.A.C.

### **1.4.2. Delimitación Temporal**

La evaluación del estudio se llevó a cabo en los meses de agosto y setiembre del 2018 y el proceso de post evaluación se realizó el diciembre del 2018.

### **1.4.3. Delimitación conceptual**

Teniendo una granulometría del Slurry Seal según especificación técnica y variando solo la cantidad de asfalto para hallar la textura de la superficie del Slurry Seal. Debido al problema que si existe gran cantidad de asfalto en el Slurry Seal genera un relleno de la profundidad de la macrotextura generando una superficie que tiende a ser fina a lo contrario si el porcentaje de pavimento es menor, se deja al descubierto los agregados generándose una superficie del Slurry Seal muy áspera lo cual daña a los neumáticos, para ello la presente tesis pretende analizar el porcentaje de asfalto adecuado en la recuperación de la carpeta de rodadura mediante el uso de la lechada asfáltica Slurry Seal.

Para evaluar la macrotextura del Slurry Seal se hará uso del método volumétrico que mide la profundidad media de la textura y se mide con el ensayo del círculo de arena.

### **1.5. Limitaciones**

Por muchos años la mayoría de las pistas y calles de la ciudad se deteriora rápidamente. Esto ha ocasionado una serie de perjuicios, tanto a los vehículos que circulan como al continuo fluido del tráfico y, sobre todo, a las municipalidades que tienen que invertir elevadas cantidades de dinero en repararlas, pero, a pesar de que podría solucionarse fácilmente, este problema persiste.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Explicar la influencia de la granulometría del agregado para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.
  
- b) Establecer la influencia del %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.
  
- c) Relacionar la combinación adecuada entre la granulometría del agregado y %asfalto para slurry seal, para una recuperación óptima de la textura superficial de pavimentos flexibles.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### **Antecedente Internacionales**

##### En España:

ARTÍCULO 543 SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE O.C. 299/89T SE INDICA CON RESPECTO A LA MACROTEXTURA: “Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura la textura superficial según la Norma NLT-335/87 (Círculo de Arena) no deberá ser inferior a 0.7mm”.

##### En Inglaterra:

Según Crespo (1999:27) para el coeficiente de fricción Se recomendó un valor mínimo de 0.45 para todos los estados, utilizando el Péndulo Portátil TRRL, a velocidades entre 45 y 50 Km/h. Este factor es similar al que se presenta en las Especificaciones Generales de Carreteras del Perú con respecto a la textura de un pavimento terminado.

##### En Argentina:

En Argentina para la Macrotextura se consideran pavimentos especiales desde el punto de vista de la adherencia a las profundidades de textura por encima de 0.50mm medidas con el Círculo de la Arena.

##### En Cuba:

Se propuso el valor de macrotextura mínimo de 0.3 mm. medido con el ensayo del Marco Portátil de Textura.

#### **Antecedente Nacional**

DANIEL ANDRÉS PEQUEÑO OTOYA (2015), COMPARACION DE COSTOS Y TECNOLOGIA DE MANTENIMIENTO

UTILIZANDO SLURRY SEAL Y MANTENIMIENTO CONVENCIONAL EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE, Tesis para optar el título profesional de INGENIERO CIVIL, Universidad Privada del Norte, Cajamarca – Perú.

YARANGO SERRANO, EDUARDO MANUEL (2014), REHABILITACIÓN DE LA CARRETERA DE ACCESO A LA SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE (S.M.C.V) DESDE LA PROG. KM 0+000 HASTA EL KM 1+900, EN EL DISTRITO DE UCHUMAYO, AREQUIPA, AREQUIPA. EMPLEANDO EL SISTEMA BITUFOR PARA REDUCIR LA REFLEXIÓN DE GRIETAS Y PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL PAVIMENTO, TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL, Universidad Ricardo Palma, Lima – Perú

Es importante conocer lo que se menciona en las Especificaciones Generales de Carreteras del Perú acerca de los ensayos que deben ser realizados

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (2003), habla de la textura como: “En el caso de mezclas compactadas como capa de rodadura, el coeficiente de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) luego del curado de la mezcla deberá ser, como mínimo, de cuarenta y cinco centésimas (0.45) en cada ensayo individual, debiendo efectuarse un mínimo de dos (2) pruebas por jornada de trabajo. (EG – 2000)”.

Como se puede apreciar, sólo se considera el ensayo de la resistencia al deslizamiento, y en ningún momento se menciona un ensayo para evaluar la macrotextura del pavimento.

El ensayo de referencia encontrado para realizar la experimentación según la norma peruana para la macrotextura es MTC E 1005 – 2000 Textura Superficial Método Círculo de Arena.

## **Antecedente Local**

GIULIANA BARRAZA ELÉSPURU, (2004). RESITENCIA AL DESLIZAMIENTO EN PAVIMENTOS FLEXIBLES: PROPUESTA DE NORMA PERUANA, Tesis Para optar el título de INGENIERO CIVIL, Universidad de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE HUANCAYO, Tesis Para Optar El Título De Ingeniero Civil Presentado Por: Héctor Edgar Bonilla Benito, Lima – Perú 2006.

### **1.1.1. Marco conceptual**

#### **1.1.1.1. Texturas del pavimento**

Las irregularidades superficiales que presenta un pavimento pueden definirse como aquellas desviaciones que presenta la calzada respecto a una superficie perfectamente plana.

Con el fin de distinguir la influencia de la misma en las condiciones de interacción vehículo – carretera, la Asociación Mundial de la carretera (AIPCR) ha propuesto diferentes categorías para la clasificación de las características superficiales de los pavimentos, en función de su longitud ( $\lambda$ ) y/o amplitud de onda (A), según se resume a continuación:

#### **1.1.1.2. Clasificación de texturas del pavimento**

##### **Micro texturas**

( $\lambda < 0,5$  mm;  $A < 0,2$  mm): Esta textura se encuentra provista por las pequeñas irregularidades en las partículas de agregado presente en el mortero, por lo cual no resulta visible al ojo humano. Una buena microtextura en general es suficiente para proveer un adecuado nivel de fricción en pavimentos secos o en húmedo (no inundado) con velocidades menores de 80 km/h. Esta característica

no se encuentra vinculada con la generación del ruido neumático - pavimento, ni al spray o salpicaduras. Aun cuando un incremento en la microtextura provocará mayor desgaste de los neumáticos, este aspecto negativo tiene poca importancia en comparación con la necesidad de alcanzar las mejores condiciones de fricción posibles.

#### **1.1.1.3. Macro texturas**

Macrotextura ( $0,5 \text{ mm} < \lambda < 50 \text{ mm}$ ;  $0,1 \text{ mm} < A < 20 \text{ mm}$ ): Esta propiedad se encuentra definida por las estrías o ranuras formadas en la superficie del pavimento, a partir de la operación de texturizado en fresco, o mediante otras técnicas aplicables sobre el hormigón endurecido. La misma juega un rol fundamental en las características de fricción de los pavimentos en condición húmeda, especialmente para vehículos a altas velocidades. Por lo tanto, en aquellas vías en las que se encuentre prevista la circulación de vehículos a más de 80 km/h, requieren construirse con una adecuada macrotextura con el fin de prevenir el riesgo de hidroplaneo. Esta característica superficial tiene impacto significativo en el ruido pavimento - neumático, el spray y las salpicaduras.

#### **1.1.1.4. Mega texturas**

Megatextura ( $50 \text{ mm} < \lambda < 500 \text{ mm}$ ;  $0,1 \text{ mm} < A < 50 \text{ mm}$ ): La misma se encuentra relacionada con pequeños defectos como resultado de pobres prácticas constructivas o defectos en la superficie del pavimento. La misma puede causar vibraciones, afecta la calidad de circulación y puede provocar un mayor desgaste en el sistema de suspensión del vehículo.

### 1.1.1.5. Rugosidad

Rugosidad ( $500 \text{ mm} < \lambda$ ): Estas irregularidades superficiales impactan en la dinámica del vehículo, provocando un mayor desgaste y afectando el confort de circulación.

En la siguiente figura se encuentran representadas las distintas características superficiales mencionadas y la influencia de cada categoría en la interacción carretera – vehículo.

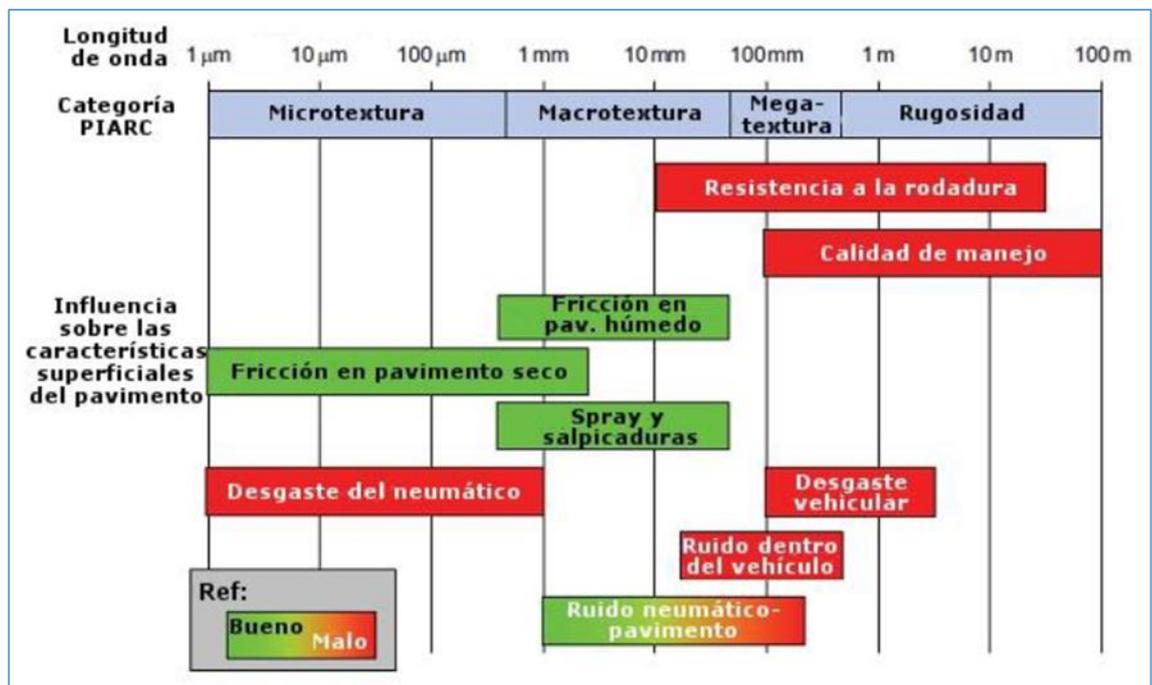


Figura 1 Clasificación de las diferentes características superficiales

### 1.1.1.6. Importancia de las micro texturas

La fricción superficial del pavimento se define como la fuerza desarrollada en la interface pavimento – neumático que resiste el deslizamiento de la rueda.

En condición seca (o en húmeda a bajas velocidades) la microtextura será la que gobernará la resistencia al deslizamiento.

Sin embargo, debe tenerse en consideración que cuando el pavimento es habilitado al tránsito, la microestructura superficial sufrirá un desgaste progresivo, producto del pulido que los vehículos (especialmente los pesados) generan durante la circulación. Luego de los primeros meses en servicio (habitualmente de 12 a 36), el desgaste se estabiliza alcanzando una condición de equilibrio que depende de la resistencia al desgaste de la microestructura superficial y la intensidad de tránsito pesado. A partir de allí, el desgaste en el caso de pavimentos de hormigón en general es mínimo, a menos que el mismo esté sujeto a la circulación de vehículos con neumáticos provistos de cadenas o clavos.

En general, la microestructura superficial en pavimentos de hormigón está provista por la fracción mortero de la mezcla. La única excepción se produce cuando se aplica la técnica de texturizado con agregado expuesto, en la cual la misma se encuentra definida por la microestructura superficial del agregado grueso.

En el caso de pavimentos, que no han sido tratados para exponer el agregado grueso (texturizado con agregado expuesto o cepillado con discos diamantados) la superficie de contacto se encuentra provista por la fracción mortero de la mezcla de hormigón, por lo cual, las condiciones para alcanzar una adecuada microestructura superficial, dependerán especialmente de la mineralogía de la arena y de la calidad de la matriz cementicia.

De cualquier manera, aún en aquellos casos en los que el agregado grueso originalmente no haya sido expuesto, siempre es recomendable el empleo de áridos gruesos de elevada resistencia a la abrasión, razón por la cual suele limitarse el desgaste en el ensayo Los Ángeles a 30 ó 40% como máximo.

Para alcanzar una microestructura adecuada y durable es recomendable el empleo de arenas de elevada resistencia al

desgaste, en tanto que se recomienda que al menos el 25% - 30% del agregado fino se encuentre proporcionado por áridos de origen silíceo [2].

También es importante el empleo de un hormigón de resistencia adecuada, dado que una buena calidad de pasta cementicia permitirá controlar no solamente la abrasión superficial, sino que además mejorará las características de la interface pasta - agregado previniendo la posibilidad de desprendimientos del mortero superficial.

En este sentido, la elección de una relación agua – cemento acorde con la condición de exposición, así como el empleo de adecuadas prácticas constructivas y un curado oportuno y eficiente, juegan un rol fundamental en el desempeño en servicio.

#### **1.1.1.7. Importancia de las macro texturas**

En general, en pavimentos de hormigón en estado seco, existe una adecuada fricción superficial. Sin embargo, una delgada película de agua sobre el mismo, reducirá el contacto directo con el neumático, y generará una reducción de la fricción en la calzada.

Cuando el neumático encuentra una delgada película de agua, sobre la calzada, ésta es canalizada a través del dibujo del neumático y de la textura superficial del pavimento. Sin embargo, si la capa de agua superficial es significativa y la velocidad del vehículo suficientemente elevada, la capacidad de drenaje superficial provista por el neumático y la textura del pavimento puede llegar a ser insuficiente. En estas condiciones, el agua se acumulará en la parte frontal de la rueda, pudiendo provocar que los neumáticos pierdan contacto con el pavimento, situación que se conoce como hidropneumático, pudiendo generar pérdida de tracción y que el usuario pierda el control sobre el vehículo.



Figura 2 Condición de Hidroplaneo

Si bien existen distintas alternativas para reducir el potencial de hidroplaneo, un incremento de la profundidad de la textura superficial incrementará la capacidad de drenaje por canalización en la interface con el neumático.

A su vez, el agua en el pavimento también contribuye a la generación de salpicaduras y spray cuando los vehículos circulan sobre la calzada, reduciendo la visibilidad de los otros conductores, por lo que un incremento de la macrotextura generalmente reduce ambos fenómenos.

### 1.1.2. Slurry Seal

El Slurry Seal es una mezcla de agregado de granulometría cerrada, emulsión asfáltica, fillers, aditivos y agua, aplicada como un tratamiento superficial de poco espesor.

En este aspecto es importante conocer que, en otros países se ha utilizado ampliamente esta técnica y se ha medido su desempeño el cual ha sido mejor que el proyectado. Dentro de las características del Slurry Seal se destacan: – Aplicación en frío haciéndola amigable con el medio ambiente. – Mejoran el estado superficial del pavimento corrigiendo ahuellamientos menores, sin la necesidad de generar aporte estructural. – Se desempeña como sello e impermeabilizante de la carpeta asfáltica, protegiendo la estructura del pavimento de factores externos, ya que son ricas en asfalto modificado con polímeros.

### 1.1.2.1. Composición de la mezcla de Slurry Seal

El Slurry Seal es una mezcla de agregado fino bien graduado, relleno mineral (filler), emulsión asfáltica (de rompimiento lento “CRL” o acelerado “CRR”) y agua, que adquiere un aspecto “cremoso” que endurece en un corto periodo de tiempo para ofrecer una superficie resistente y segura para el tránsito. Una ilustración de la composición de una mezcla de Slurry Seal se presenta en la siguiente imagen:



Figura 3: composición de una mezcla de Slurry Seal

El proceso de mezclado del “Slurry Seal” es realizado por el equipo de aplicación, al mismo tiempo que se aplica.

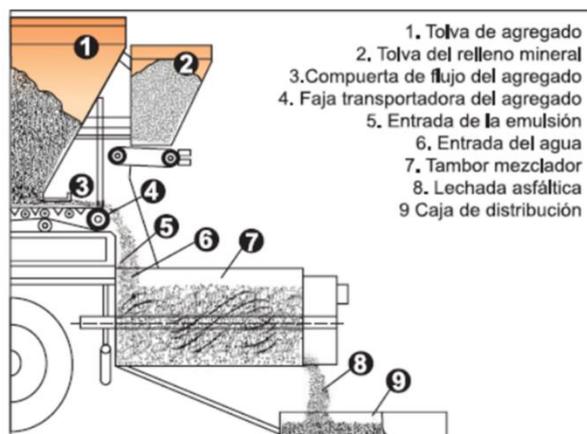


Figura 4: Equipo de aplicación del Slurry Seal

Los equipos usados para aplicación del Slurry Seal en el mantenimiento de la Doble Calzada Buga-Tuluá-La Paila-La Victoria son pavimentadoras de origen americano marca Micropaver, de propiedad de la empresa Manufacturas y Procesos Industriales Ltda – MPI, empresa que cuenta con una experiencia acumulada al año 2016, de 3.000.000 de m<sup>2</sup> de aplicación del Slurry Seal en diferentes vías, aeropuertos de Colombia y otros países de Sur América.

#### **1.1.2.2. Clasificación del Slurry Seal**

##### **Tipo I**

Corresponde a una capa de sellado de poco espesor, que provee máxima penetración en las fisuras y buenas propiedades de sellado, también es un excelente pre-tratamiento para una capa de mezcla asfáltica en caliente o para un tratamiento superficial (cheap Seal). Tiene un buen comportamiento en áreas de baja densidad de tráfico, donde el principal objetivo es el sellado, tales como playas de estacionamiento, campos de aterrizaje de aviones livianos o banquetas.

##### **Tipo II**

Es la gradación para lechadas más ampliamente utilizada. Las lechadas de granulometría Tipo II protegen el pavimento subyacente de la oxidación y del daño por humedad y mejoran la fricción superficial. Se emplean en carreteras de tránsito moderado. Adicionalmente, las lechadas del Tipo II pueden corregir casos de desprendimiento severo.

##### **Tipo III**

Se emplea en correspondencia con aplicaciones voluminosas (82 – 136 kg/m<sup>2</sup>) y altos valores de fricción superficial. Las lechadas asfálticas Tipo III se emplean en carreteras de tráfico pesado.

## Granulometrías

*Tabla 1: Granulometría de los Tipos de Slurry Seal*

Tamaño de Tamiz	TIPO I		TIPO II		TIPO III	
	Sellado de fisuras y sellado fino.		Sellado en general, superficies de textura media.		Superficies de texturas muy pronunciadas.	
	Porcentaje Pasante		Porcentaje Pasante		Porcentaje Pasante	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
3/8	100	100	100	100	100	100
N°4	100	100	90	100	70	90
N°8	90	100	65	90	45	70
N°16	65	90	45	70	28	50
N°30	40	65	30	50	19	34
N°50	25	42	18	30	10	25
N°100	15	30	10	21	7	18
N°200	10	20	5	15	5	15
Contenido del residuo de asfalto, en % de peso de agregado seco.	10	16	7.5	13.5	5	15
Aplicación en kg/m <sup>2</sup> , basada en el peso de agregado seco.	3.6	5.4	5.4	9.1	8.2	13.6

### 1.1.2.3. Componentes del Slurry Seal

#### 1.1.2.3.1. Agregados

Requisitos de calidad, limpieza (E.A), granulometría, naturaleza mineral, dureza, absorción, caras trituradas, Índices de aplanamiento y alargamiento, solidez, adhesividad Riedel Weber.

#### 1.1.2.3.2. Filler Mineral

Naturaleza y contenido (llenante silíceo con emulsión catiónica) influye en la adhesividad, velocidad de rotura y características finales de la lechada. Se utiliza cenizas volantes, amianto, cal hidratada y cemento portland. Control de densidad aparente y Coeficiente de emulsibilidad.

#### 1.1.2.3.3. Aditivos

Se utiliza cuando la emulsión no cumple el ensayo de mezcla con cemento para facilitar la

envuelta de la emulsión y regular la velocidad de rotura al disminuir la tensión superficial y mejorar adhesividad agregado – emulsión.

#### **1.1.2.3.4. Agua**

Las aguas de las lechadas asfálticas provienen de: Humedad propia de los agregados, agua de la emulsión y el agua de adición como pre humectación de los agregados. Esta agua de preemulsión ejerce un papel de lubricación, facilitando en la mezcla una correcta dispersión y recubrimiento de los agregados por la emulsión, la consistencia adecuada y controlando la rotura prematura.

#### **1.1.2.3.5. Emulsión Asfáltica**

Naturaleza catiónica la rotura controlada y contenido de asfalto residual de características adecuadas. Cumplimiento de calidad de las especificaciones.

### **1.1.3. Emulsión Asfáltica**

Comprendemos por emulsión a “la dispersión de un líquido en otro, no miscibles entre sí, en forma de partículas microscópicas”. En el caso de una Emulsión Asfáltica, los glóbulos microscópicos de asfalto (tamaño entre 4 y 6 de superficie) estarán dispersos en agua jabonosa.

Por lo tanto, el sistema queda constituido por el agua como fase continua y las micrométricas gotas de asfalto como fase dispersa.

El asfalto es naturalmente hidrófobo (repulsión al agua); este fenómeno nos obliga a usar en el proceso de fabricación productos denominados “emulsionantes” (tensoactivos, agentes de superficie, etc). Tiene por

función disminuir la “Tensión Interfacial”; actúan elevando el área interfacial, manteniendo de esta forma a los glóbulos de asfalto dispersos.

La forma de convertir al asfalto en diminutos glóbulos, es usando un “Molino Coloidal”.

Este equipo es el encargado de someter a los productos a la fuerza de corte necesaria para separar mecánicamente el asfalto caliente en diminutos glóbulos, y estos son dispersados en el agua tratada con una pequeña cantidad de agente emulsivo.

Una vez evaporada el agua, el asfalto adquiere nuevamente su consistencia original debido a que los glóbulos dispersos se vuelven a unir, quedando en condiciones de actuar como “ligante asfáltico” de los agregados pétreos. Este proceso en que se separan las fases, se conoce como rotura de la Emulsión.

#### **1.1.3.1. Clasificación de Emulsión Asfáltica por su Rompimiento**

Dependiendo de la carga del emulsivo usado en la fabricación, podemos tener una primera clasificación de las Emulsiones Asfálticas, ya que éste define la carga eléctrica de las partículas de asfalto, a saber:

- **Emulsiones Aniónicas:**

Los glóbulos de asfalto están cargados electronegativamente.

- **Emulsiones Catiónicas:**

Los glóbulos de asfalto están cargados electropositivamente.

- **Emulsiones No iónicas:**

Los glóbulos de asfalto son neutros.

De estos tres tipos, la más ampliamente utilizada en la industria vial son las Emulsiones Catiónicas debido a la mayor afinidad que las mismas presentan con la mayoría de los agregados pétreos.

Por otra parte, teniendo en cuenta la cantidad de asfalto utilizado en la preparación, la cantidad y tipo de emulsivo y la modificación o no del residuo, se puede realizar una segunda clasificación de las Emulsiones en distintos grados.

Figura 01: Clasificación de Emulsiones

<b>RS</b>	<b>RADIP – SETTING</b>	<b>ROTURA RAPIDA</b>
<b>MS</b>	<b>MEDIUM –SETTING</b>	<b>ROTURA MEDIA</b>
<b>SS</b>	<b>SLOW – SETTING</b>	<b>ROTURA LENTA</b>
<b>QS</b>	<b>QUICK – SETTING</b>	<b>ROTURA RAPIDA</b>

Fuente: Manual de pavimentos, Néstor Huamán G.

Se basa en la velocidad con que las gotitas de asfalto coalescen, esto es, se juntan restaurando el volumen de cemento asfáltico.

Han sido adoptados para simplificar y normalizar esta clasificación.

La tendencia a coalescer está íntimamente relacionada con la rapidez con que la emulsión se vuelve inestable y rompe tras entrar en contacto con la superficie del agregado.

Por lo que se tiene que una emulsión:

RS (RR) tiene poca o ninguna capacidad para mezclarse con agregados.

MS (RM) es de esperar que se mezcle con agregado grueso y no se mezcle con agregado fino.

SS (RL) y QS (RR QS) se diseñan para mezclarse con agregados finos, esperándose que la QS (RR QS) rompa más rápidamente que la SS (RL).

Finalmente, las emulsiones se identifican con una serie de números y letras que aluden a la viscosidad de las emulsiones y a la consistencia de la base de cemento asfáltico.

La letra “C” encabezando el tipo de emulsiones, identifica a una emulsión catiónica.

La ausencia de la letra “C” identifica a las emulsiones aniónicas, según las especificaciones de ASTM y de AASHTO.

Por ejemplo, RS – a (RR – 1) es una emulsión aniónica y CRS – 1(CRR – 1) es una emulsión catiónica.

Los números en la clasificación indican la viscosidad relativa de la emulsión.

Por ejemplo, una emulsión MS – 2 (RM-2) es más viscosa que una emulsión MS – 1 (RM-2).

*Tabla 2: Emulsiones Asfálticas Aniónicas y Catiónicas*

Emulsión Asfáltica Aniónica (ASTM D977, AASHTO M140)	Emulsión Asfáltica Catiónica (ASTM D2397, AASHTO M208)
RS – 1 (RR – 1)	CRS – 1 (CRR – 1)
RS – 2	CRS – 2
HFRS – 2	----
MS – 1 (RM – 1)	----
MS – 2	CMS – 2 (CRM – 2)
MS – 2h	CMS – 2h
HFMS – 1	----
HFMS – 2	----
HFMS – 2h	----
HFMS – 2s	----
SS – 1 (RL – 1)	CSS – 1 (CRL – 1)
SS – 1h	CSS – 1h

Fuente: Manual de pavimentos, Néstor Huamán G.

#### 1.1.4. El concreto asfáltico

El concreto asfáltico es una combinación uniformemente mezclada de cemento asfáltico, agregado grueso, agregado fino y otros materiales que

pueden variar en diversas dosis dependiendo del tipo de concreto asfáltico.

Los diferentes tipos de concreto asfálticos que se usan comúnmente en la construcción de pavimentos son de mezclas en caliente y mezclas en frío.

El concreto asfáltico es el material de pavimentación más utilizado a nivel nacional.

Cuando se usa en la construcción de pavimentos para carreteras, debe resistir la deformación causada por la carga de tránsito impuesta, tener resistencia al derrape aun cuando está mojado y no ser afectado fácilmente por las condiciones de la intemperie. El grado hasta el cual un concreto asfáltico alcanza estas características, depende principalmente del diseño de la mezcla seleccionada. Enseguida describiremos los tipos de concreto asfáltico.

#### **1.1.4.1. Mezcla Asfáltica en Caliente.**

Constituye el tipo más generalizado de mezcla asfáltica y se define como mezcla asfáltica en caliente la combinación de un ligante hidrocarbonado, agregados incluyendo el polvo mineral y, eventualmente, aditivos, de manera que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película homogénea de ligante. Su proceso de fabricación implica calentar el ligante y los agregados (excepto, eventualmente, el polvo mineral de aportación) y su puesta en obra debe realizarse a una temperatura muy superior al ambiente.

Se emplean tanto en la construcción de carreteras, como de vías urbanas y aeropuertos, y se utilizan tanto para capas de rodadura como para capas inferiores de los firmes. Existen a su vez subtipos dentro de esta familia de mezclas con diferentes características. Se fabrican con asfaltos, aunque en ocasiones se recurre al empleo de asfaltos modificados, las

proporciones pueden variar desde el 3% al 6% de asfalto en volumen de agregados pétreos.

Evolución de los diseños de mezclas asfálticas en caliente.

A continuación, se muestra la evolución de los métodos de diseños de mezclas asfálticas en caliente.

1. The Hubbard-Field (1920's). Método de diseño de mezclas asfálticas, fue uno de los primeros métodos en evaluar contenidos de vacíos en la mezcla y en el agregado mineral. Usaba una estabilidad como prueba para medir la deformación. Funcionó adecuadamente para evaluar mezclas con agregado pequeño o granulometrías finas, pero no también para mezclas con granulometrías que contenían agregados grandes.

2. Método Marshall (1930's). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado durante la 2da. Guerra Mundial y después fue adaptado para su uso en carreteras. Utiliza una estabilidad y porcentaje de vacíos como pruebas fundamentalmente. Excepto cambios en las especificaciones, el método no ha sufrido modificación desde los años 40's.

3. Método Hveem (1930's). Método de diseño de mezclas asfálticas, desarrollado casi en el mismo tiempo que el método Marshall. Evalúa una estabilidad pseudotriaxial

4. Método de la Western Association of State Highway and Transportation Officials. WASHTO (1984). Este método de diseño de mezclas recomendó cambios en los requerimientos del material y especificaciones de diseño de mezclas para mejorar la resistencia a las roderas. Con FHWA.

5. Método de Asphalt Aggregate Mixture Analysis System. AAMAS (1987). La necesidad de cambios en el diseño de

mezclas fue reconocida, tardaron 2 años para desarrollar un nuevo proyecto para el diseño de mezclas, que incluía un nuevo método de compactación en laboratorio y la evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperatura. Con NCHRP.

6. Método SUPERPAVE (1993) El método AAMAS, sirvió como punto de inicio del método SUPERPAVE, que contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla, con funcionamiento basado en predicción a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura. Los modelos de predicción de funcionamiento fueron completados satisfactoriamente hasta el año 2000. El diseño volumétrico de mezclas en el SUPERPAVE es actualmente implementado en varios estados de los EUA, debido a que ha sido reconocida una conexión entre las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica caliente y su correcto funcionamiento. Tiene su resultado, ahora la aceptación en el control de calidad ha sido cambiada a propiedades volumétricas. SUPERPAVE promete un funcionamiento basado en métodos o ensayos de laboratorio que pueden ser usados para identificar la resistencia a las deformaciones plásticas de los pavimentos.

#### **1.1.4.2. Mezcla Asfáltica en Frío.**

Son las mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, y su principal campo de aplicación es en la construcción y en la conservación de carreteras secundarias. Para retrasar el envejecimiento de las mezclas abiertas en frío se suele recomendar el sellado por medio de lechadas asfálticas.

Se caracterizan por su trabajabilidad tras la fabricación incluso durante semanas, la cual se debe a que el ligante permanece un largo periodo de tiempo con una viscosidad baja debido a que se emplean emulsiones con asfalto fluidificado: el aumento de la viscosidad es muy lento en los acopios, haciendo viable el almacenamiento, pero después de la puesta en obra en una capa de espesor reducido, el endurecimiento es relativamente rápido en las capas ya extendidas debido a la evaporación del fluidificante. Existe un grupo de mezclas en frío, el cual se fabrica con una emulsión de rotura lenta, sin ningún tipo de fluidificante, pero es menos usual, y pueden compactarse después de haber roto la emulsión. El proceso de aumento paulatino de la resistencia se le suele llamar maduración, que consiste básicamente en la evaporación del agua procedente de la rotura de la emulsión con el consiguiente aumento de la cohesión de la mezcla.

### **1.1.5. Evaluación de pavimentos**

La evaluación de pavimentos permite conocer el estado situacional de la estructura y establecer medidas correctivas para cumplir objetivos de serviciabilidad.

#### **1.1.5.1. Evaluación Estructural**

Existen diferentes métodos de evaluación de pavimentos. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

Los métodos de evaluación estructural se dividen en dos grupos, los Ensayos Destructivos y los Ensayos No Destructivos.

Entre los ensayos destructivos más conocidos están las calicatas que nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de ésta y realizar ensayos de densidad “in situ”. Estas determinaciones permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales que lo componen.

Las calicatas facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo, al momento de realizarse las tareas de rehabilitación. Los trabajos suministran información adicional como:

- ✓ Los espesores de las capas conformantes.
- ✓ Los contenidos de humedad.
- ✓ La posible causa del deterioro de la capa (agrietamientos)
- ✓ La densidad de cada capa
- ✓ La capacidad de soporte en el material de subrasante.

Por otro lado, se pueden efectuar ensayos mediante perforaciones con la ayuda de equipos de calado, barrenos, saca muestras, etc. Esta metodología, en comparación con las calicatas es más sencilla, menos costosa, más rápida y provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja, no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” por cuestiones de espacio. Sólo puede registrar potencia de cada capa.

En cuanto a los ensayos no destructivos, éstos se pueden llevar a cabo mediante medidas de las deflexiones que son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión deformada producida por la carga, son útiles para investigar las

propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema quizás más difundido de medición de deflexiones es mediante el empleo de la Viga Benkelman. Este dispositivo se lo utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, e integrar sus resultados para una interpretación global.

Otro equipo con el que se pueden realizar mediciones es con un deflectómetro de Impacto. Éste es un método no destructivo, que sirve para la evaluación estructural de pavimentos y conocimiento detallado de su estado. Esta técnica es de alto rendimiento, sin mayores interferencias al tránsito de las vías y además es utilizado de forma rápida y precisa.

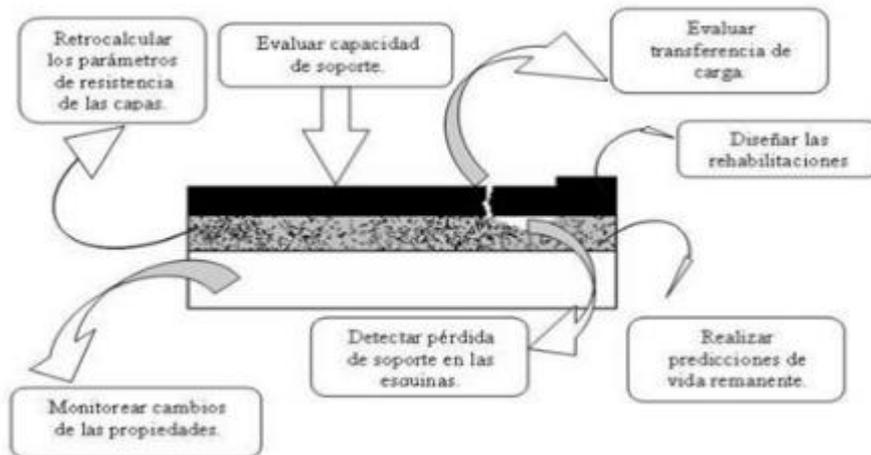
Asimismo, se puede utilizar para evaluar un pavimento, principalmente en su etapa receptiva, el perfilómetro láser. Éste proporciona información sobre la rugosidad del pavimento. La rugosidad son alteraciones del perfil del camino (a nivel de rasante), que provocan vibraciones en los vehículos y cuya información permite estimar la serviciabilidad presente del pavimento.

De forma general, hay tres tipos de equipo para determinar las deflexiones del pavimento según metodologías no destructivas los cuales son:

- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas estáticas.
- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas vibratorias.
- Equipos de medición de deflexiones por medio de cargas de impacto.

Para cualquiera de ellos el principio es el mismo y consiste en aplicar una carga de magnitud conocida a la superficie del pavimento y medir las deflexiones.

Figura 5: Resultados de una evaluación estructural



Fuente: Estudios de evaluación estructural de pavimentos basados en la interpretación de curvas de deflexiones, Mario S. Hoffman

### 1.1.5.2. Evaluación Superficial

Existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos. Los más conocidos son:

- ✓ La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)
- ✓ Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)
- ✓ Índice de Condición de Pavimentos (PCI)

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada.

Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

Por otro lado, la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

#### **1.1.6. Método de evaluación superficial de pavimentos asfálticos (PAVEMENT CONDITION INDEX - PCI)**

El método de evaluación PCI, fue desarrollado por M.Y. Shahin y S.D. Khon y publicado por el cuerpo de Ingenieros de la armada de Estados Unidos en 1978.

El objetivo de este estudio fue desarrollar un índice de condición de pavimentos (PCI) para carreteras y calles para proveer al ingeniero de un método estándar para evaluación de la condición de pavimentos.

Entre las características del método de evaluación del PCI, se puede citar las siguientes:

- ✓ Es fácil de emplear
- ✓ No requiere de ningún equipo especial de evaluación, el procedimiento es enteramente visual.
- ✓ Ofrece buena repetibilidad y confiabilidad estadística de los resultados.
- ✓ Suministra información confiable sobre las fallas que presenta el pavimento, su severidad y área afectada.

Los pasos requeridos para la evaluación de cada tramo o sección de vía están orientados a:

- ✓ Recorrer la vía en un vehículo “estándar” a la máxima velocidad permitida en la misma.
- ✓ Seleccionar dentro del tramo un subtramo que represente la condición promedio del pavimento en todo el tramo.
- ✓ Determinar el valor del PCI en una sección del subtramo. Es importante que la sección seleccionada sea lo más representativa posible de la condición promedio del pavimento en todo el tramo.
- ✓ El grado de deterioro de un pavimento estará dado en función del tipo de falla, su severidad (ancho de grieta, etc.) y de su densidad (% del área afectada).

#### 1.1.6.1. Condición del pavimento

El PCI califica la condición “integral” del pavimento en base a una escala que varía desde 0 hasta 100. A continuación, se muestran los puntos para la calificación del PCI:

100	→	Pavimento en “perfecto” estado.
70	→	Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.
55	→	Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Condición para corregir fallas fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo “buena” pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje comienza a aumentar.
40	→	Punto en el que pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como “regular” o “aceptable”, el deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto “óptimo” de rehabilitación.
0	→	El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera “fallado” y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial de un alto porcentaje de su área.

Figura 6: Escala de calificación de condición “integral” del Pavimento (PCI)

Fuente: Ingepav, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de Concreto en Carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela

El cuadro resume la acción a tener en cuenta de acuerdo al valor del PCI calculado para cada vía. Se aprecia además el estado del pavimento asociado a este mismo valor.

Tabla 3: Cuadro a tener en cuenta, respecto al valor del PCI

PCI	ESTADO	INTERVENCIÓN
0 - 30	Malo	Construcción
31 - 70	Regular	Rehabilitación
71 - 100	Bueno	Mantenimiento

Fuente: INGEPAV, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para Pavimentos Asfálticos y de concreto en Carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela

Los trabajos de mantenimiento ( $PCI > 70$ ) están referidos a la actividad de “aumentar” la vida útil de la estructura de pavimento, en términos de comodidad y seguridad. Puede constituir una práctica preventiva y/o correctiva.

Los trabajos de rehabilitación ( $70 > PCI > 30$ ) se refiere a la actividad necesaria para “devolver” a la estructura de pavimento las condiciones de soporte de carga con las que inicialmente se construyó, así como su nivel de servicio en términos de seguridad y comodidad.

Finalmente, los trabajos de Construcción ( $PCI > 30$ ) se vincula a la caracterización de una estructura de pavimento nueva sobre vías en afirmado o tierra o que por su estado deterioro se considera, deben ser reconstruidas.

Entre las fallas consideradas en el método del PCI se consideran un total de diecinueve (19) que involucran a todas aquellas que se hacen comunes en la degradación del pavimento.

<b>Nro.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidades</b>
1	Grieta Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>
2	Exudación de Asfalto	m <sup>2</sup>
3	Grietas de contracción (en bloque)	m <sup>2</sup>
4	Elevaciones y Hundimiento	m <sup>2</sup>
5	Corrugaciones (encalaminado)	m <sup>2</sup>
6	Depresiones	m <sup>2</sup>
7	Grietas de borde	m <sup>2</sup>
8	Grietas de reflexión de juntas	m <sup>2</sup>
9	Desnivel calzada-Hombrillo	m <sup>2</sup>
10	Grietas longitudinales y transversales	m <sup>2</sup>
11	Baches y zanjas reparadas	m <sup>2</sup>
12	Agregado Pulidos	m <sup>2</sup>
13	Huecos	m <sup>2</sup>
14	Acceso y salidas a puentes, rejilla de drenaje, líneas ferreas	m <sup>2</sup>
15	Ahuellamientos	m <sup>2</sup>
16	Deformación por empuje	m <sup>2</sup>
17	Grietas de deslizamientos	m <sup>2</sup>
18	Hinchamiento	m <sup>2</sup>
19	Grieta Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>

Figura 7: Fallas consideradas en el método del PCI

Fuente: INGEPAV, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela.

Es importante que el evaluador del pavimento esté familiarizado con estos tipos de falla, sus niveles de severidad y las formas de medición establecidas en el método. Los tipos de falla más comunes en pavimentos asfálticos son: grieta del tipo piel de cocodrilo, de contracción, de reflexión de juntas o disgregación

superficial. El resto de los tipos de falla considerados en el método, son encontrados menos frecuentemente.

En algunos casos se requiere entender como es afectada la calidad de rodaje por diversos tipos de falla a fin de determinar su severidad:

- **BAJO:**

Las vibraciones o saltos en el vehículo se sienten, pero no es necesario reducir la velocidad por razones de seguridad y/o confort.

- **MEDIO:**

Se producen vibraciones o salto significativos, que hacen necesario reducir la velocidad por seguridad y/o confort. Saltos individuales o continuos que producen molestias.

- **ALTO:**

Excesivas vibraciones hacen reducir considerablemente la velocidad. Saltos individuales que producen gran molestia, peligro o posible daño vehicular.

#### **1.1.6.2. Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento**

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Las Figuras 8 y 10 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos, y de concreto, respectivamente. Las figuras son ilustrativas y en la práctica debe proveerse el espacio necesario para consignar toda la información pertinente.

PCI-01. CARRETERAS CON SUPERFICIE ASFÁLTICA.						
EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO				ESQUEMA		
ZONA	ABSCISA INICIAL	UNIDAD DE MUESTREO				
CÓDIGO VÍA	ABSCISA FINAL	ÁREA MUESTREO (m <sup>2</sup> )				
INSPECCIONADA POR	FECHA					
No.	Daño	No.	Daño			
1	Piel de cocodrilo.	11	Parqueo.			
2	Exudación.	12	Pulimento de agregados.			
3	Agriotamiento en bloque.	13	Huecos.			
4	Abultamientos y hundimientos.	14	Cruce de vía férrea.			
5	Corrugación.	15	Ahuellamiento.			
6	Depresión.	16	Desplazamiento.			
7	Grieta de borde.	17	Grieta parabólica (slippage)			
8	Grieta de reflexión de junta.	18	Hinchamiento.			
9	Desnivel carril / berma.	19	Desprendimiento de agregados.			
10	Grietas long y transversal.					
Daño	Severidad	Cantidades parciales		Total	Densidad (%)	Valor deducido

Figura 8: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie asfáltica

Fuente: INGPAV, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela.

### 1.1.6.3. Unidades de Muestreo:

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $230.0 \pm 93.0$  m<sup>2</sup>, en la figura 9 se presentan algunas relaciones longitud - ancho de calzada pavimentada.

Tabla 0.2: Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Longitud de la unidad de muestreo (m)
46.0
41.8
38.3
35.4
31.5

#### 1.1.6.4. Longitudes De Unidades De Muestreo Asfálticas

Figura 9: Ancho de calzada (m) Longitud de la unidad de muestreo (m)

LONGITUDES DE UNIDADES DE MUESTREO ASFÁLTICAS	
Ancho de calzada (m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: INGEPAV, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela.

Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Portland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango  $20 \pm 8$  losas.

Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

EXPLORACIÓN DE LA CONDICIÓN POR UNIDAD DE MUESTREO					
ZONA		ABSCISA INICIAL		UNIDAD DE MUESTREO	
CÓDIGO VÍA		ABSCISA FINAL		NUMERO DE LOSAS	
INSPECCIONADA POR			FECHA		
No.	Daño	No.	Daño	No.	Daño
21	Blow up / Buckling.	27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.
22	Orieta de esquina.	28	Orieta lineal.	35	Cruce de vía férrea
23	Losa dividida.	29	Parqueo (grande).	36	Desconchamiento
24	Orieta de durabilidad "D".	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
25	Escala.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
26	Sello de junta.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
		33	Bombeo		
Daño	Severidad	No. Losas	Densidad (%)	Valor deducido	ESQUEMA
					o o o o o
					o o o o o 10
					o o o o o 9
					o o o o o 8
					o o o o o ...
					o o o o o
					1 2 3 4

Figura 10: Formato de exploración de condición para carreteras con superficie en concreto hidráulico

Fuente: INGPAV, PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Ing. Esp. Luis Ricardo Vásquez Varela.

#### 1.1.6.5. Determinación de las Unidades de Muestreo para Evaluación:

En la "Evaluación De Una Red" vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la "Evaluación de un Proyecto" se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 1, la cual

produce un estimado del PCI  $\pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N - 1) + \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

o: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (o) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse.

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse.

#### **1.1.6.6. Selección de las Unidades de Muestreo para Inspección:**

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 2:

$$n = i - \frac{N}{n} \quad \text{Ecuación 2.}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible. n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i.

Así, si  $i = 3$ , la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

#### **1.1.6.7. Selección de Unidades de Muestreo Adicionales:**

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, "cruce de línea férrea") queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla

como una “unidad adicional” en lugar de una “unidad representativa” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

#### **1.1.6.8. Evaluación de la Condición:**

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

##### **Equipo**

- Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.

Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

Procedimiento. Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “hoja de información de exploración de la condición” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

#### **1.1.6.9. Cálculo del PCI de las unidades de muestreo**

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “Valores Deducidos” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas.

#### **1.1.6.10. Cálculo para Carreteras con Capa de Rodadura Asfáltica**

##### **Etapa 1:**

##### **Cálculo de los Valores Deducidos:**

- a) Totalice cada tipo y nivel de severidad de daño y regístrelo en la columna TOTAL del formato PCI-01. El daño puede medirse en área, longitud o por número según su tipo.
- b) Divida la CANTIDAD de cada clase de daño, en cada nivel de severidad, entre el AREA TOTAL de la unidad de muestreo y exprese el resultado como porcentaje. Esta es la DENSIDAD del daño, con el nivel de severidad especificado, dentro de la unidad en estudio.
- c) Determine el VALOR DEDUCIDO para cada tipo de daño y su nivel de severidad mediante las curvas denominadas “Valor Deducido del Daño” que se adjuntan al final de este documento, de acuerdo con el tipo de pavimento inspeccionado.

## **Etapa 2:**

### **Cálculo del Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m).**

- a) Si ninguno o tan sólo uno de los “Valores Deducidos” es mayor que 2, se usa el “Valor Deducido Total” en lugar del mayor “Valor Deducido Corregido”, CDV, obtenido en la Etapa 4. De lo contrario, deben seguirse los pasos 2.b. y 2.c.
- b) Liste los valores deducidos individuales deducidos de mayor a menor.
- c) Determine el “Número Máximo Admisible de Valores Deducidos” (m), utilizando la Ecuación 3:

$$m_i = 1.000 + \frac{9}{98}(100 - HDV_i) \text{ Ecuación 3. Carreteras pavimentadas}$$

Dónde:

$m_i$ : Número máximo admisible de “valores deducidos”, incluyendo fracción, para la

unidad de muestreo  $i$ .

$HDV_i$ : El mayor valor deducido individual para la unidad de muestreo  $i$ .

- d) El número de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , inclusive la parte fraccionaria. Si se dispone de menos valores deducidos que  $m$  se utilizan todos los que se tengan.

## **Etapa 3:**

### **Cálculo del “Máximo Valor Deducido Corregido”, CDV.**

El máximo CDV se determina mediante el siguiente proceso iterativo:

- a) Determine el número de valores deducidos, q, mayores que 2.0.
- b) Determine el “Valor Deducido Total” sumando TODOS los valores deducidos individuales.
- c) Determine el CDV con q y el “Valor Deducido Total” en la curva de corrección pertinente al tipo de pavimento.
- d) Reduzca a 2.0 el menor de los “Valores Deducidos” individuales que sea mayor que 2.0 y repita las etapas 3.a. a 3.c. hasta que q sea igual a 1.
- e) El máximo CDV es el mayor de los CDV obtenidos en este proceso.

**Etapa 4:**

**Calcule el PCI de la unidad restando de 100 el máximo CDV obtenido en la Etapa 3.**

**1.1.6.11. Cálculo del PCI de una sección de pavimento.**

Una sección de pavimento abarca varias unidades de muestreo. Si todas las unidades de muestreo son inventariadas, el PCI de la sección será el promedio de los PCI calculados en las unidades de muestreo.

Si se utilizó la técnica del muestreo, se emplea otro procedimiento. Si la selección de las unidades de muestreo para inspección se hizo mediante la técnica aleatoria sistemática o con base en la representatividad de la sección, el PCI será el promedio de los PCI de las unidades de muestreo inspeccionadas. Si se usaron unidades de muestreo adicionales se usa un promedio ponderado calculado de la siguiente forma:

$$PCI_S = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Donde:

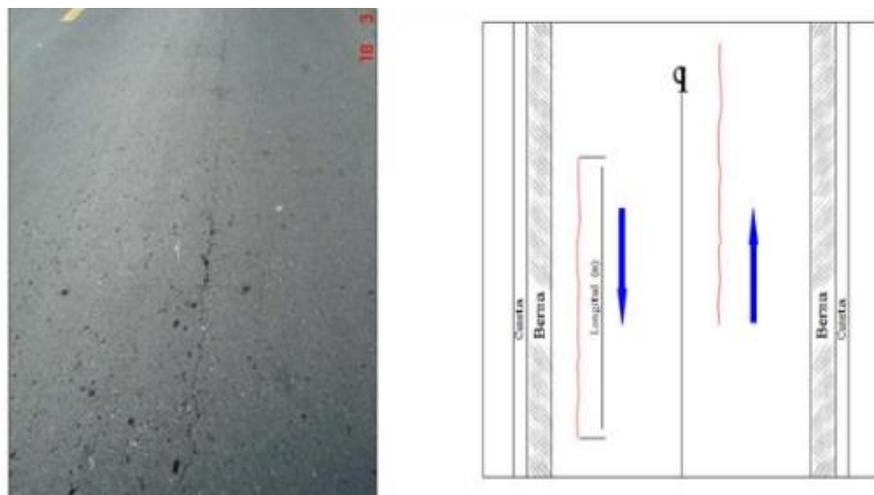
- PCIs: PCI de la sección del pavimento.
- PCli: PCI promedio de las unidades de muestreo aleatorias o representativas.
- PCla: PCI promedio de las unidades de muestreo adicionales.
- N: Número total de unidades de muestreo en la sección.
- A: Número adicional de unidades de muestreo inspeccionadas.

### 1.1.7. Tipos de fallas

#### 1.1.7.1. Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT).

Refiere a las discontinuidades en la carpeta asfáltica, en dirección del tránsito o transversales a él. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en alguna de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado. La localización de las fisuras dentro del carril puede ser un buen indicativo de la causa que las generó, ya que aquellas que se encuentran en zonas sujetas a carga pueden estar relacionadas con problemas de fatiga de toda la estructura o de alguna de sus partes.

Figura 11: Fisura Longitudinal (FL, Unidad de medida: m)



Fuente: Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles Causas:

Para ambos tipos de fisura las causas más comunes, son:

Rigidización de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler<sup>1</sup>, o al envejecimiento del asfalto, ocurre ante bajas temperaturas o gradientes térmicos altos (generalmente superiores a 30°).

Reflexión de grietas de las capas inferiores, generadas en materiales estabilizados o por grietas o juntas existentes en placas de concreto hidráulico subyacentes.

Otra causa para la conformación de Fisuras Longitudinales es:

Fatiga de la estructura, usualmente se presenta en las huellas del tránsito.

Otras causas para la conformación de Fisuras Transversales son:

- Pueden corresponder a zonas de contacto entre corte y terraplén por la diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante.
- Riego de liga insuficiente o ausencia total.
- Espesor insuficiente de la capa de rodadura.

### **Severidades:**

#### **Baja:**

Abertura de la fisura menor que 1 mm, cerrada o con sello en buen estado.

#### **Media:**

Abertura de la fisura entre 1 mm y 3 mm, pueden existir algunas fisuras con patrones irregulares de severidad baja en los bordes o cerca de ellos y pueden presentar despostillamientos leves; existe una alta probabilidad de infiltración de agua a través de ellas.

**Alta:**

Abertura de la fisura mayor que 3 mm, pueden presentar despostillamientos considerables y fisuras con patrones irregulares de severidad media o alta en los bordes o cerca de ellos, puede causar movimientos bruscos a los vehículos.

**Unidad de medición**

Se miden en metros (m). Es posible determinar el área de afectación por este deterioro en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) multiplicando la longitud total de fisuras por un ancho de referencia establecido en 0,6 m, esto para los fines del análisis del área total afectada.

Cuando en una misma fisura existan diferentes severidades, de ser posible se reportará la longitud correspondiente a cada severidad, de lo contrario se reportará la longitud total de la fisura con el mayor nivel de severidad presente.

Cuando existan varias fisuras muy cercanas, se reportará el área total afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>), de ser posible por severidad, de lo contrario, asignando a toda el área la mayor severidad encontrada.

Las fisuras diagonales se clasifican dentro de la categoría de fisuras transversales.

**Evolución probable**

Piel de cocodrilo, desintegración, descascaramientos, asentamientos longitudinales o transversales (por el ingreso del agua), fisuras en bloque.

#### **1.1.7.2. Piel de cocodrilo (PC)**

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de carga. La fisuración tiende a iniciarse en el fondo de las capas asfálticas, donde los esfuerzos de tracción son mayores bajo la acción de las cargas. Las fisuras se propagan a la superficie inicialmente como una o más fisuras longitudinales paralelas. Ante la repetición de cargas de tránsito, las fisuras se propagan formando piezas angulares que desarrollan un modelo parecido a la piel de un cocodrilo. Tales piezas tienen por lo general un diámetro promedio menor que 30 cm.

La piel de cocodrilo ocurre generalmente en áreas que están sometidas a cargas de tránsito, sin embargo, es usual encontrar este daño en otras zonas donde se han generado deformaciones en el pavimento que no están relacionadas con la falla estructural (por tránsito o por deficiencia de espesor de las capas) sino con otros mecanismos como por ejemplo problemas de drenaje que afectan los materiales granulares, falta de compactación de las capas, reparaciones mal ejecutadas y subrasantes expansivas, entre otras. Este tipo de daño no es común en capas de material asfáltico colocadas sobre placas de concreto rígido.

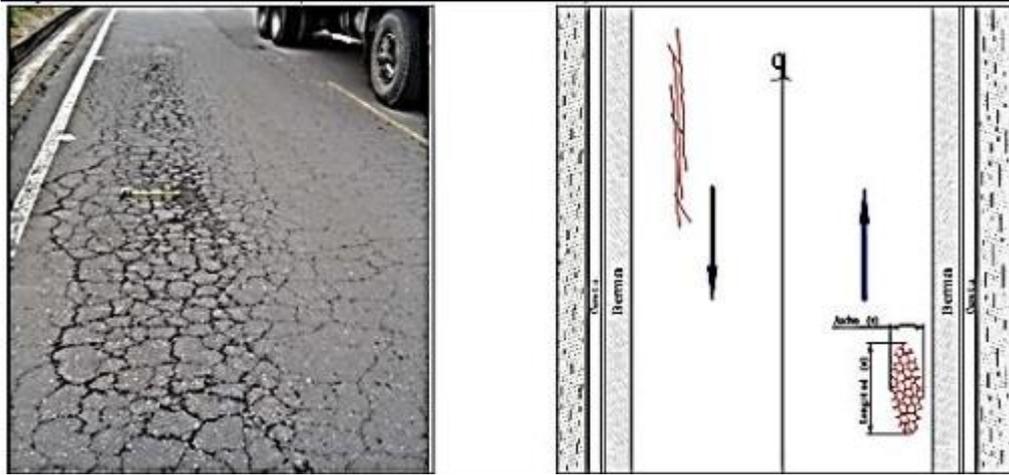


Figura 12:Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m2)

Fuente: Manual Para La Inspección Visual De Pavimentos Flexibles Causas

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

- Espesor de estructura insuficiente.
- Deformaciones de la subrasante.
- Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (por oxidación del asfalto o envejecimiento).
- Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
- Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
- Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla, uso de asfalto de alta penetración (hace deformable la mezcla), deficiencia de asfalto en la mezcla (reduce el módulo).
- Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

Todos estos factores pueden reducir la capacidad estructural o inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, haciendo que ante el paso del tránsito se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento que se pueden manifestar mediante fisuración.

### **Severidades:**

#### **Baja:**

Serie de fisuras longitudinales paralelas (pueden llegar a tener aberturas de 3 mm), principalmente en la huella, que no presentan desportillamiento, con pocas o ninguna conexión entre ellas y no existe evidencia de bombeo.

#### **Media:**

Las fisuras han formado un patrón de polígonos pequeños y angulosos, que pueden tener un ligero desgaste en los bordes y aberturas entre 1 mm y 3 mm, sin evidencia de bombeo.

#### **Alta:**

Las fisuras han evolucionado (abertura mayor que 3 mm), se presenta desgaste o desportillamiento en los bordes y los bloques se encuentran sueltos o se mueven ante el tránsito, incluso llegando a presentar descascaramientos y bombeo.

#### **Unidad de medición:**

Se reporta el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>). Cuando en un área se combinan varias severidades y no sea fácil diferenciar las áreas correspondientes a cada una, se reporta el área completa asignándole la mayor severidad que se presente.

## Evolución probable

Deformaciones, descascamientos, baches.

### 1.1.7.3. Ondulación (OND)

También conocida como corrugación o rizado, es un daño caracterizado por la presencia de ondas en la superficie del pavimento, generalmente perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre crestas usualmente menores que 1,0 m.

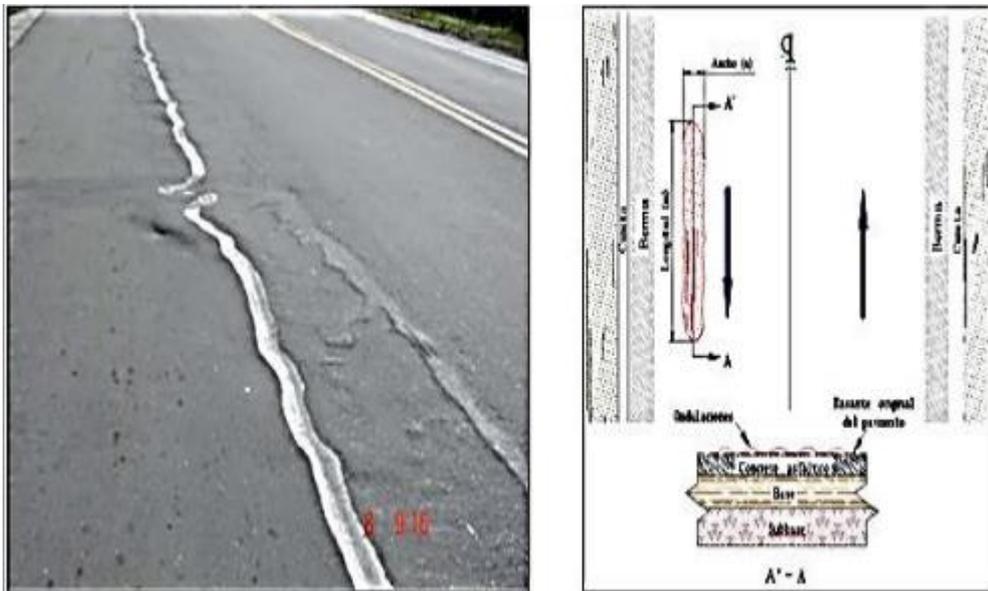


Figura 13: Ondulación (OND, Unidad de medida: m2)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles Causas

La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Muchos de los casos suelen presentarse en las zonas de frenado o aceleración de los vehículos.

Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento. Además, también puede ocurrir

debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica.

Bajo este contexto, las causas más probables son:

- Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- Falta de curado de las mezclas en la vía.
- Acción del tránsito en zonas de frenado y estacionamiento.
- Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

### **Severidades:**

#### **Baja:**

Profundidad máxima menor que 10 mm, causa poca vibración al vehículo, la cual no genera incomodidad al conductor.

#### **Media:**

Profundidad máxima entre 10 mm y 20 mm, causa una mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

#### **Alta:**

Profundidad máxima mayor que 20 mm, causa una vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

### **Unidad de medición**

La ondulación se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área afectada.

**Evolución probable Exudación, ahuellamiento.**

#### 1.1.7.4. Abultamiento (AB)

Este deterioro se asigna a los “abombamientos” o prominencias que se presentan en la superficie del pavimento. Pueden presentarse bruscamente ocupando pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, acompañados en algunos casos por fisuras.



Figura 14: Abultamiento (AB, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles Causas

Se generan principalmente por la expansión de la subrasante o en capas de concreto asfáltico colocado sobre placas de concreto rígido, el cual se deforma al existir presiones bajo la capa asfáltica (como las generadas por procesos de bombeo).

También puede corresponder a una ondulación localizada, generada por las mismas causas indicadas.

### Severidades y unidad de medición:

Aplican los mismos criterios establecidos para la ondulación.

### Evolución probable:

Fisuración, desprendimientos, exudación, ahuellamiento.

#### 1.1.7.5. Hundimiento (HUN)

Los hundimientos corresponden a depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante.

Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidroplaneo. Los hundimientos pueden estar orientados de forma longitudinal o transversal al eje de la vía, o pueden tener forma de medialuna, en cualquier caso, el reporte del daño debe incluir en las aclaraciones, la orientación o la forma del hundimiento, si es fácilmente identificable en campo.

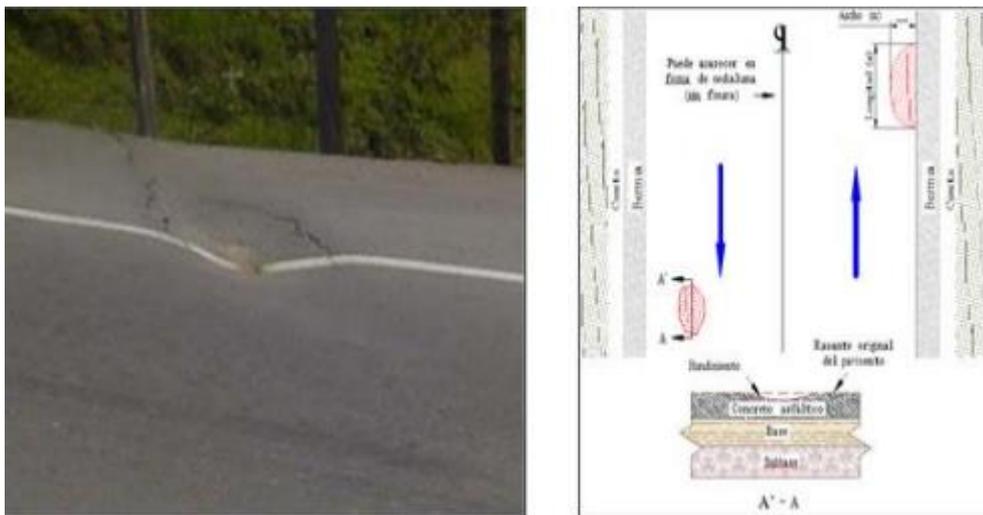


Figura 15: Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles Causas

Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento:

- Asentamientos de la subrasante.
- Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.
- Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- Diferencia de rigidez de los materiales de la subrasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.
- Deficiencias de compactación de rellenos en zanjas que atraviesan la calzada.
- Circulación de tránsito muy pesado.

**Severidades:**

**Baja:**

Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.

**Media:**

Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.

**Alta:**

Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

**Unidad de medición:**

Se cuantifica el área afectada en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

**Evolución probable:**

Fisuración, desprendimientos, movimientos en masa.

### 1.1.7.6. Ahuellamiento (AHU)

El ahuellamiento es una depresión de la zona localizada sobre la trayectoria de las llantas de los vehículos. Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

Un ahuellamiento significativo puede llevar a la falla estructural del pavimento y posibilitar el hidropilano por almacenamiento de agua.

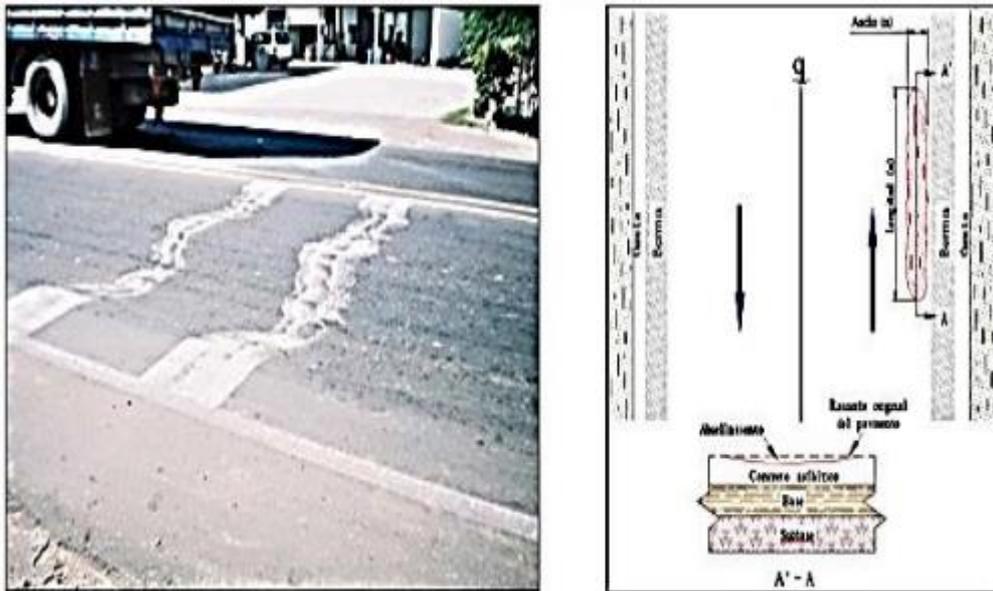


Figura 16: Ahuellamiento (AHU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)

Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles Causas.

El ahuellamiento ocurre principalmente debido a una deformación permanente de alguna de las capas del pavimento o de la subrasante, generada por deformación plástica del concreto asfáltico o por deformación de la subrasante debido a la fatiga de la estructura ante la repetición de cargas.

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la

construcción, por el uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados.

Además, la falla estructural del pavimento puede manifestarse con daños de este tipo debido a una deficiencia de diseño, la cual se manifiesta cuando la vía está sometida a cargas de tránsito muy altas.

**Severidades:**

**Baja:**

Profundidad menor que 10 mm.

**Media:**

Profundidad entre 10 mm y 25 mm.

**Unidad de medición**

Se mide en metros cuadrados (m<sup>2</sup>) de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad.

**Evolución probable:**

Piel de cocodrilo, desprendimientos.

**1.2. Definición de términos:**

**1.2.1. Ensayo estándar para la medición de la profundidad de macro textura de un pavimento utilizando una técnica volumétrica (circulo de arena) norma de referencia: ASTM E965 / NLT-335**

**1.2.1.1. Alcance**

Este método de ensayo describe el procedimiento para determinar la profundidad promedio de la macrotextura de la superficie del pavimento de manera que se aplica un volumen conocido de material y posteriormente se mide el área cubierta. La técnica es diseñada para mediciones de

macrotextura y no es sensible para determinaciones de microtextura.

#### **1.2.1.2. Importancia y aplicación**

El ensayo es aplicable a cualquier tipo de pavimento, tanto bituminoso como de hormigón.

El método sirve como herramienta para caracterizar la textura superficial del pavimento y determinar la calidad de los acabados finales y la predisposición ante el deslizamiento. El método es un buen complemento si se utiliza con otros métodos.

#### **1.2.1.3. Espécimen de ensayo**

El objeto a ensayar consiste en pavimentos de concreto asfáltico flexible, o pavimentos rígidos de concreto con cemento Portland.

#### **1.2.1.4. Resumen procedimiento**

Limpiar la superficie usando los cepillos y luego colocar la barrera para el viento. Llenar el contenedor de la muestra con el material seco hasta la marca.

Colocar el volumen conocido en la superficie y esparcirlo con el disco llenando los vacíos en el agregado. Medir y promediar cuatro datos de diámetro. Si el pavimento está muy liso se recomienda utilizar el volumen menor. Calcular la profundidad de la textura en mm.

#### **1.2.1.5. Requerimientos para solicitudes**

Equipo de seguridad: chalecos de seguridad, señales de tránsito, conos de seguridad. El área de prueba: revisar la superficie del pavimento que debe ser medida y seleccionar un área homogénea y seca que no posea defectos localizados como grietas o juntas.

No se puede realizar el ensayo si hay viento muy fuerte; en caso de viento moderado usar la barrera protectora.

#### **1.2.1.6. Objeto, fundamento y campo de aplicación**

- ✓ Esta norma de ensayo describe el procedimiento que debe seguirse para la determinación de la profundidad media de la macrotextura superficial de un pavimento, mediante la aplicación de un volumen conocido de material granular a la superficie y la subsiguiente medida del área total cubierta. En el ensayo, que no es sensible a la microtextura del pavimento, se obtiene la profundidad media de su macrotextura.
- ✓ La extensión del material sobre la superficie del pavimento hace que los huecos superficiales de éste se rellenen completamente con aquel hasta nivelarse con las partes más elevadas de los áridos circundantes (figura 1).
- ✓ Cuando se utiliza conjuntamente con otros ensayos físicos, los valores de profundidad de macrotextura que se obtienen con este método se pueden utilizar para determinar las características de resistencia al deslizamiento, ruido, así como la idoneidad de los materiales empleados o de su puesta en obra. En estos casos se extremará el cuidado para que los diferentes ensayos se realicen en el mismo emplazamiento.
- ✓ El material para aplicar a la superficie del pavimento puede ser, en principio, cualquiera granulado, uniforme y estable, con tamaño de grano adecuado a la macrotextura del pavimento. Está muy generalizado el empleo de arena silíceas, aunque la tendencia es sustituirla por esferas de vidrio. Esta norma de ensayo presenta, optativamente, el empleo de uno u otro material.
- ✓ El método es adecuado para la determinación de la profundidad media de macrotextura de cualquier tipo de pavimento, tanto bituminoso como de hormigón hidráulico.

Se interpretarán con reserva, los resultados obtenidos con este método en pavimentos drenantes, estriados o ranurados o cuando tales resultados se salgan del rango de 0,25 a 5,00 mm.

### 1.2.1.7. Seguridad y salud

Cuando se realizan estos ensayos en carreteras abiertas a la circulación, el equipo y el operario invaden un área del firme obstruyendo el tráfico. Se tomarán, por tanto, las medidas adecuadas para conseguir una zona de trabajo segura, conforme a los reglamentos en vigor.

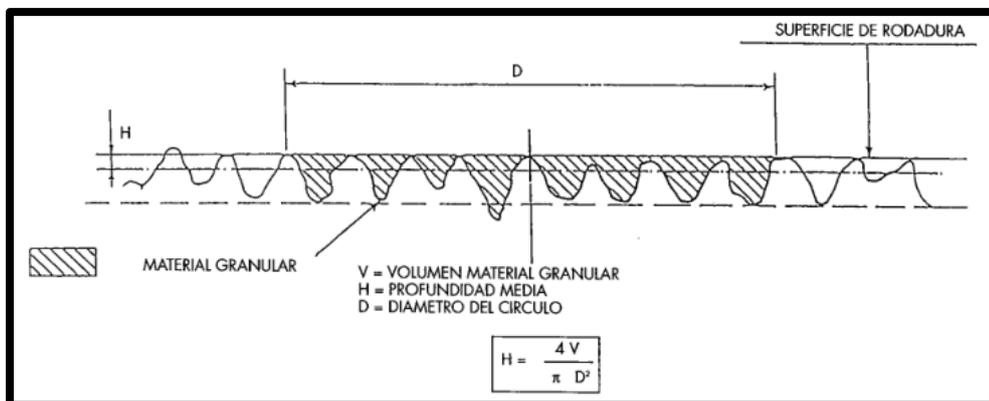


Figura 17: Macrotextura superficial mediante técnica volumétrica.

### 1.2.1.8. Aparatos y material necesarios

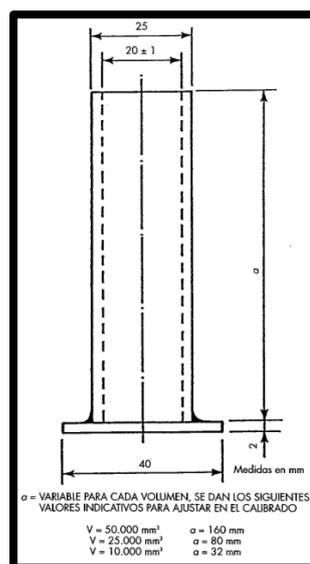


Figura 18: Recipiente calibrado para el ensayo.

- **Material granular:**

- ✓ esferas de vidrio o
- ✓ arena silíceea (optativo):

Esferas de vidrio, resistentes, esencial mente esféricas. Su granulometría será tal que el 90% en masa pase por el tamiz UNE 250  $\mu$ m y quede retenida en el tamiz UNE 180  $\mu$ m.

Arena silíceea: Se utilizan dos tipos de arena silíceea de río, de grano redondeado, lavada y secada en estufa a una temperatura de  $(110 \pm 5)$  °C, con las siguientes granulometrías:

- Arena tipo 50-80: pasa UNE 320  $\mu$ m; retiene UNE 160  $\mu$ m.
- Arena tipo 80-200: pasa UNE 160  $\mu$ m; retiene UNE 80  $\mu$ m.

- **Recipientes.**

Tres recipientes cilíndricos de latón o plástico duro y de la forma que se muestra en la figura, para tres medidas diferentes del volumen del material granular; su diámetro interior será de  $(20 \pm 1)$  mm y sus alturas las necesarias para que sus volúmenes respectivos sean de:

- ✓ A,  $(50.000 \pm 200)$  mm<sup>3</sup>
- ✓ B,  $(25.000 \pm 150)$  mm<sup>3</sup>
- ✓ C,  $(10.000 \pm 100)$  mm<sup>3</sup>

- **Disco de madera plano de unos 25 mm de espesor y de 50 a 75 mm de diámetro.**

La superficie inferior del disco llevará adherida una zapata de goma dura y la superior un mango.

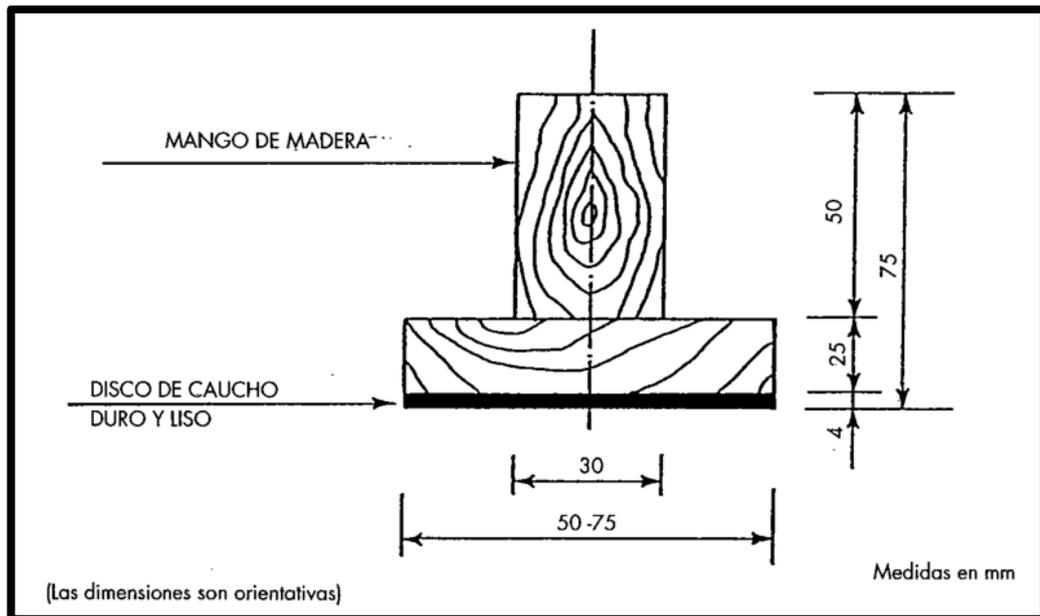


Figura 19: Disco extendedor.

- Compás de puntas, para medir diámetros de hasta 400 mm.
- Regla, metálica o de plástico, de 400 mm o mayor, graduada en milímetros.
- Recipientes de boca ancha, para el almacenamiento y transporte del material granular (~ 2 litros).
- Cepillos. Uno de alambre duro y otro de cerdas blandas. Se utilizan para la limpieza de la superficie de ensayo antes de aplicar el material granular.
- Pantalla cortavientos, formada por varias chapas metálicas rectangulares unidas de manera que se pueda formar con ellas una barrera poligonal alrededor del emplazamiento del ensayo para impedir la acción directa del viento sobre el mismo. Puede utilizarse, como sustitutivo, una cubierta de camión.
- Mechero portátil de gas
- Balanza de precisión  $\pm 1\%$  de la carga

### 1.2.1.9. Procedimiento

Se examina la superficie del pavimento en el que se vayan a realizar las medidas y se selecciona una zona, representativa del tramo o sección en estudio, seca y homogénea, que no presente aisladamente grietas, descascarillado, desprendimientos de árido, exudación o cualquier otra falla.

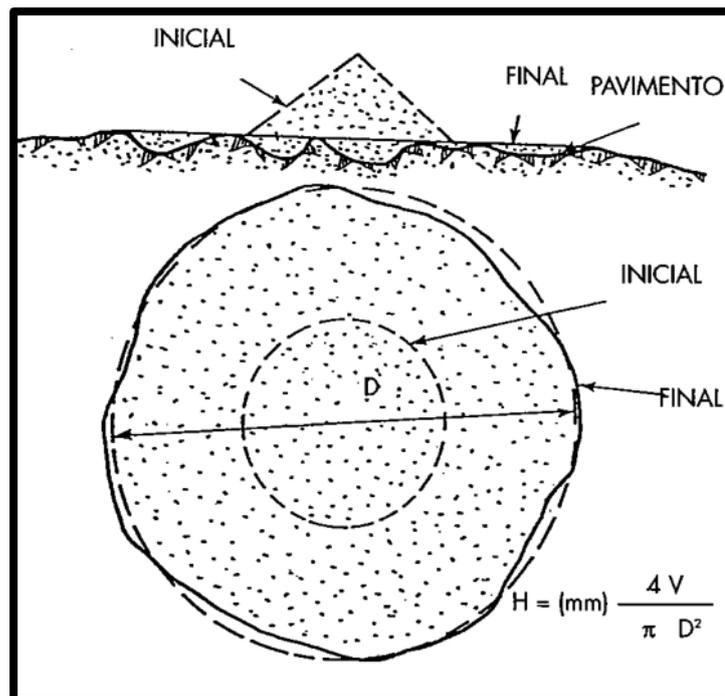


Figura 20: Esquema del ensayo de macro textura superficial

Se limpia cuidadosamente la zona seleccionada utilizando los cepillos, primero el metálico y después el blando. La zona debe quedar exenta de cualquier partícula suelta o residuo. Se instala la pantalla cortavientos alrededor del punto de ensayo (nota 1).

Nota 1: Si la superficie del pavimento está húmeda, se puede secar con la llama de un mechero portátil de gas, sin dañarla.

Se llena el recipiente de volumen conocido con el material granular que se vaya a emplear:

- ✓ Si se utilizan esferas de vidrio, se empleará el recipiente de 25.000 mm<sup>3</sup>.
- ✓ Si se utiliza arena silíceas, se empleará el recipiente adecuado de los tres descritos en 3.2, de manera que, dependiendo de la textura de la superficie que se ensaya, el radio del círculo de arena, resultante del vertido de la arena sobre la superficie, esté comprendido entre 5 cm y 18 cm. El tamaño máximo del grano de arena empleado no será superior a la profundidad media obtenida. En el nomograma de la figura 5 se muestran los rangos de empleo para cada volumen y granulometría de la arena.

Se llena el recipiente adecuado, con el material granular seleccionado (esferas de vidrio o arena silíceas) seco, y suavemente se golpea la base del recipiente varias veces contra una superficie rígida. Se añade más material para llenar el recipiente hasta el borde enrasándolo finalmente con una regla. Si se dispone de una balanza, se determina la masa del material granular en el recipiente, por diferencia con la tara; esta masa se puede utilizar como referencia para los ensayos subsiguientes.

Se vierte el contenido del material granular, medido en el recipiente, sobre el punto de ensayo. Con esmero se esparce el material granular, de modo que forme una superficie circular. Esta operación se efectúa con el disco descrito en 3.3, situando la zapata de goma hacia abajo, mediante movimientos rotatorios, hasta conseguir un área enrasada lo más circular posible, en la que el material granular -esferas o arena- rellene todas las oquedades y depresiones

(figura 4). El movimiento de esparcimiento debe ser suave, sin ejercer presión, hasta que la zapata de goma contacte con los puntos del árido en el pavimento.

Con el compás de puntas se determina el diámetro del área circular formada por el material granular, en cuatro líneas diametrales regularmente espaciadas unos 45 grados. El valor numérico de cada uno de los cuatro diámetros se obtiene llevando el compás de puntas, sin modificar su abertura, sobre la regla graduada en milímetros. Se calcula el valor medio de las cuatro medidas del diámetro; este valor se expresa en milímetros (nota 2).

Nota 2: Si la superficie del pavimento es lisa, los diámetros del área formada con las esferas de vidrio pueden superar los 300 mm, en cuyo caso se recomienda utilizar la mitad del volumen normal de tales esferas.

En cada emplazamiento o sección del pavimento se realizan al menos cuatro (4) determinaciones separadas aleatoriamente como mínimo un metro entre sí. La media aritmética de estas determinaciones es el valor numérico de la profundidad media de macrotextura de la superficie del emplazamiento o sección considerado.

#### **1.2.1.10. Cálculos y resultados**

- Se calcula el volumen interno del recipiente que se vaya a utilizar con la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{4} \pi d^2 h$$

Donde:

V = volumen del recipiente, mm<sup>3</sup> d = diámetro interior del recipiente, mm h = altura interior del recipiente, mm

$\pi = 3,1415\dots$

- Se calcula la profundidad media de macrotextura, H, con la siguiente relación:

$$H = \frac{4 V}{\pi D^2}$$

Donde:

H = profundidad media de macrotextura, mm V = volumen del material granular (igual al del recipiente), mm<sup>3</sup> D = valor medio del diámetro del área formada por el material granular, mm k = 3,1415...

- En el nomograma de la figura 5 se puede obtener directamente la profundidad media, para cada volumen y tipo de arena empleado, si es el caso. Se delimitan, asimismo, la zona adecuadas para cada volumen y granulometría de la arena.

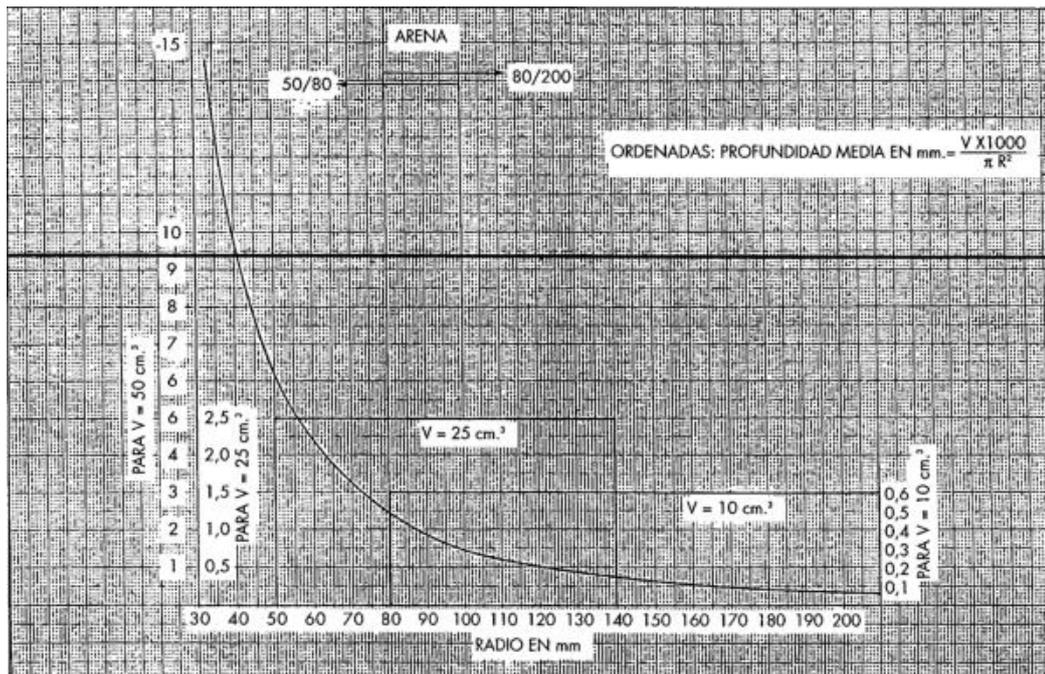


Figura 21: Nomograma para determinar la profundidad media de enrase.

- El resultado de un ensayo será el valor medio de al menos cuatro (4) determinaciones realizadas dentro de una zona de pavimento dada, expresado con aproximación de 0,1 mm.

#### 1.2.1.11. Informe del resultado

- Junto con el resultado del ensayo determinado según el apartado 5 de esta norma, el informe referirá las siguientes circunstancias:
  - ✓ Localización e identificación de la superficie de ensayo.
  - ✓ Fecha y hora.
  - ✓ Volumen del material granular empleado - esferas de vidrio o arena- en mm<sup>3</sup>.
  - ✓ Número de determinaciones por ensayo.
  - ✓ Diámetro medio de cada área circular, mm.
  - ✓ Profundidad media de macrotextura, mm, por cada emplazamiento de ensayo.

- ✓ Profundidad media de macrotextura, mm, para todo el tramo o sección del pavimento en estudio.

#### 1.2.1.12. Precisión

- **Ensayo con arena:** Cuando las medidas se repiten en emplazamientos diferentes en el mismo tramo de ensayo, la desviación típica es  $0,4/\sqrt{n}$ , siendo “n” el número de ensayos de diez de terminaciones cada uno (según B.S. 598 Part 105: 1990; clause 4.6).
- **Ensayos con esferas de vidrio:** Ensayos realizados sobre muestras de laboratorio con profundidades medias de macrotexturas comprendidas entre 0,5 mm y 1,2 mm:
  - ✓ La desviación típica en condiciones de repetibilidad es igual o menor al 1% de la profundidad media de macrotextura.
  - ✓ La desviación típica en condiciones de reproducibilidad es igual o menor al 2% de la profundidad media de macrotextura.
  - ✓ La desviación típica de ensayos realizados sobre emplazamientos definidos aleatoriamente en una sección homogénea de pavimento, puede alcanzar valores del 27% de la profundidad media de macrotextura. Todo esto implica la realización de gran número de determinaciones si se quiere estimar este parámetro con cierta seguridad para los tipos de pavimento que presenten grandes variaciones de textura, a pesar del hecho que el método presenta una alta repetibilidad y no está sujeto a grandes influencias metodológicas (según ASTM, Research Report RR: E17-1001. American Society for Testing and Materials).
- **Correlación:** El Centro de Estudios de Carreteras (CEDEX) ha realizado un estudio de correlación (tabla 1)

entre los resultados obtenidos empleando como material granular arena fina o arena gruesa y esferas de vidrio, en treinta (30) puntos de ensayo, por duplicado, diferentes. El rango de textura superficial de los pavimentos ensayados fue lo suficiente mente amplio para el fin pretendido.

- **Correspondencia con otras normas**

CEN/TC 227 WG 5. (W.i 00227-111 ex 500) “Measurement of pavement surface macrotexture depth using a volumetric technique” April 1995.

Centre de Recherches Routières C.R.R. MF 32/69 “Essai à la tache de sable”.

ASTM E 965-87 (Reapproved 1995) “Standard Test Method for Measuring Surface Macrotexture Depth Using a Volumetric Technique”.

AFNOR. NP P98-216-1 Détermination de la macrotexture: Essai de profondeur au sable vraie. Janvier 1992.

BS 598: Part 105: 1990. “Methods of test for the détermination of texture depth”, materiales recta de regresión coeficiente de correlación arena gruesa-esferas de vidrio arena fina-esferas de vidrio

$$y = 0,9628 x - 0,0065 \quad y = 0,8716 x + 0,039$$

$$r = 0,9989 \quad r = 0,9846$$

materiales	recta de regresión	coeficiente de correlación
arena gruesa-esferas de vidrio	$y = 0,9628 x - 0,0065$	$r = 0,9989$
arena fina-esferas de vidrio	$y = 0,8716 x + 0,039$	$r = 0,9846$

**Tabla 4: Regresión y correlación.**

### 1.3. Hipótesis

#### 1.3.1. Hipótesis General

La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal influyen significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.

#### 1.3.2. Hipótesis Específicos

La granulometría del agregado para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.

El %asfalto para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.

La combinación adecuada determinada entre la granulometría del agregado y %asfalto para SLURRY SEAL, recupera de forma óptima la textura superficial de pavimentos flexibles.

### Variables

VARIABLE	INDICADORES	DIMENSIONES	TIPO DE VARIABLE
• Granulometría.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tamaño nominal máximo.</li><li>• Curva granulométrica.</li><li>• % finos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pesos retenidos en las mallas. Unidimensionales.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Continua Gramos kilogramos</li></ul>
• % asfalto de la mezcla.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Peso del asfalto en la mezcla.</li><li>• Peso del agregado en la mezcla</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• % peso del asfalto / peso total de la mezcla multidimensional</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Continua A dimensional %</li></ul>
• Textura superficial del pavimento.	Resistencia al deslizamiento. Profundidad de la textura.	Profundidad de la textura, micro o macro textura $\Lambda$ ( mm ) unidimensional	<ul style="list-style-type: none"><li>• continua</li><li>• MTD: Profundidad media de macrotextura, mm.</li></ul>

## **CAPITULO III: METODOLOGÍA**

### **2.1. Método de investigación**

La presente investigación está desarrollada por el método científico ya que abarca desde la caracterización de los materiales, el diseño y estudio de las propiedades del Slurry Seal para la recuperación de la textura superficial de los pavimentos flexibles.

### **2.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada porque el énfasis del estudio está en la resolución práctica del problema. (¿La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, influyen en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles?).

### **2.3. Nivel de investigación**

Para la tesis en desarrollo es de nivel Correlacional - Explicativo, porque se explica el comportamiento del Slurry Seal en función a la granulometría del agregado y %asfalto; por ser estudios de causa efecto requieren control y debe cumplir otros criterios de casualidad.

### **2.4. Diseño de investigación**

El diseño de la investigación es según el propósito del estudio que es experimental, por los 39 ensayos que se realizó. Según la toma de datos realizada en una sola vez en que se mide la variable de estudio es transversal. La cronología es prospectiva, porque se recolecta los datos después de haber planificado el estudio.

### **2.5. Población y muestra**

#### **2.5.1. Población:**

Las diferentes lechadas asfálticas para mantenimiento de pavimentos en la Ciudad de Huancayo.

#### **2.5.2. Muestra:**

Las 39 muestras realizadas en laboratorio.

## 2.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tanto para topografía, hidrología e hidráulica las recolecciones de datos serán de la siguiente forma:

### 2.6.1. Mecánica de suelos.

Se evaluará los 3 tipos de Slurry Seal según su granulometría y uso granulométrico.

### 2.6.2. Pavimentos

Conocer el manejo del asfalto en la lechada asfáltica, como bien se observa en el cuadro anterior hacer variar el %Asfalto en cada tipo de Slurry Seal.

## 2.7. Técnicas y análisis de datos

### 2.7.1. Mecánica de suelos

Los agregados del Slurry Seal deben estar dentro del uso granulométrico de la lechada asfáltica.

Tabla 5: Tabla de usos granulométricos de los tipos de Slurry Seal

Tamaño de Tamiz	TIPO I		TIPO II		TIPO III	
	Mín	Max	Mín	Max	Mín	Max
3/8	100	100	100	100	100	100
N°4	100	100	90	100	70	90
N°8	90	100	65	90	45	70
N°16	65	90	45	70	28	50
N°30	40	65	30	50	19	34
N°50	25	42	18	30	10	25
N°100	15	30	10	21	7	18
N°200	10	20	5	15	5	15

## 2.7.2. Pavimento

El rango de %Asfalto del Slurry Seal debe ser según su especificación técnica

Tabla 6: Rango de porcentaje de Emulsión Asfáltica

	TIPO I		TIPO II		TIPO III	
	Mín	Max	Mín	Max	Mín	Max
Contenido del residuo de asfalto, en % de peso de agregado seco.	10	16	7.5	13.5	5	15

De aquí sacamos las variaciones 1%

Tabla 7: Contenidos de emulsión por cada muestra de Slurry Seal

	Contenido del residuo de asfalto, en % de peso de agregado seco.													
TIPO I	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	
TIPO II	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	12.0	12.5	13.0	13.5	
TIPO III	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	

## 2.7.3. Proporciones para la dosificación de muestras

### 2.7.3.1. 10% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 01)

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 10% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.29%

Para llegar al porcentaje de 10% Pavimento se necesita de 14,29% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y para los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 85.21% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

### 2.7.3.2. 10.5% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 02)

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 10.5% se debe considerar la proporción de

Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.50%

Para llegar al porcentaje de 10.5% Pavimento se necesita de 15.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 84.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.3. 11.00% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 03)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 11.00% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.71%

Para llegar al porcentaje de 11.00% Pavimento se necesita de 15.71% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 83.79% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.4. 11.50% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 04)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 11.50% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.93%

Para llegar al porcentaje de 11.50% Pavimento se necesita de 16.43% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 83.07% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.5. 12.00% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 05)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 12.00% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.14%

Para llegar al porcentaje de 12.00% Pavimento se necesita de 17.14% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 82.36% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.6. 12.50% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 06)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 12.50% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.36%

Para llegar al porcentaje de 12.50% Pavimento se necesita de 17.86% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 81.64% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.7. 13.00% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 07)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 13.00% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.57%

Para llegar al porcentaje de 13.00% Pavimento se necesita de 18.57% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 80.93% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.8. 13.50% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 08)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 13.50% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.79%

Para llegar al porcentaje de 13.50% Pavimento se necesita de 19.29% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 80.21% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.9. 14.00% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 09)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 14.00% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.00%

Para llegar al porcentaje de 14.00% Pavimento se necesita de 20.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 79.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.10. 14.50% DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 10)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 14.50% se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.21%

Para llegar al porcentaje de 14.50% Pavimento se necesita de 20.71% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 78.79% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.11. 15.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 11)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 15.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.43%

Para llegar al porcentaje de 15.00 % Pavimento se necesita de 21.43% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 78.07% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.12. 15.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 12)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 15.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.64%

Para llegar al porcentaje de 15.50 % Pavimento se necesita de 22.14% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 77.36% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.13. 16.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO I (Muestra 13)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 16.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.86%

Para llegar al porcentaje de 16.00 % Pavimento se necesita de 22.86% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 76.64% de la muestra de Slurry Seal de Tipo I.

#### **2.7.3.14. 7.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 1)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 7.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.21%

Para llegar al porcentaje de 7.50 % Pavimento se necesita de 10.71% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 88.79% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.15. 8.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 2)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 8.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.43%

Para llegar al porcentaje de 8.00 % Pavimento se necesita de 11.43% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 88.07% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.16. 8.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 3)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 8.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.64%

Para llegar al porcentaje de 8.50 % Pavimento se necesita de 12.14% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 87.36% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.17. 9.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 4)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 9.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.86%

Para llegar al porcentaje de 9.00 % Pavimento se necesita de 12.86% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 86.64% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.18. 9.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 5)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 9.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.07%

Para llegar al porcentaje de 9.50 % Pavimento se necesita de 13.57% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 85.93% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.19. 10.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 6)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 10.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.29%

Para llegar al porcentaje de 10.00 % Pavimento se necesita de 14.29% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 85.21% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.20. 10.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 7)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 10.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.50%

Para llegar al porcentaje de 10.50 % Pavimento se necesita de 15.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 84.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.21. 11.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 8)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 11.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.71%

Para llegar al porcentaje de 11.00 % Pavimento se necesita de 15.71% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 83.79% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.22. 11.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 9)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 11.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.93%

Para llegar al porcentaje de 11.50 % Pavimento se necesita de 16.43% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 83.07% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.23. 12.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 10)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 12.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.14%

Para llegar al porcentaje de 12.00 % Pavimento se necesita de 17.14% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 82.36% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.24. 12.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 11)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 12.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%,

siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.36%

Para llegar al porcentaje de 12.50 % Pavimento se necesita de 17.86% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 81.64% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.25. 13.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 12)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 13.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.57%

Para llegar al porcentaje de 13.00 % Pavimento se necesita de 18.57% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 80.93% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.26. 13.50 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO II (Muestra 13)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 13.50 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.79%

Para llegar al porcentaje de 13.50 % Pavimento se necesita de 19.29% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 80.21% de la muestra de Slurry Seal de Tipo II.

#### **2.7.3.27. 4.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 1)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 4.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 2.00%

Para llegar al porcentaje de 4.00 % Pavimento se necesita de 6.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 93.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.28. 5.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 2)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 5.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 2.00%

Para llegar al porcentaje de 5.00 % Pavimento se necesita de 7.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 92.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.29. 6.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 3)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 6.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.00%

Para llegar al porcentaje de 6.00 % Pavimento se necesita de 9.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 90.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.30. 7.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 4)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 7.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.00%

Para llegar al porcentaje de 7.00 % Pavimento se necesita de 10.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 89.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.31. 8.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 5)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 8.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 3.00%

Para llegar al porcentaje de 8.00 % Pavimento se necesita de 11.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 88.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.32. 9.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 6)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 9.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.00%

Para llegar al porcentaje de 9.00 % Pavimento se necesita de 13.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 86.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### **2.7.3.33. 10.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III (Muestra 7)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 10.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 4.00%

Para llegar al porcentaje de 10.00 % Pavimento se necesita de 14.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del

porcentaje que vendría a ser 85.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.34. 11.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 8)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 11.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.00%

Para llegar al porcentaje de 11.00 % Pavimento se necesita de 16.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 83.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.35. 12.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 9)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 12.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 5.00%

Para llegar al porcentaje de 12.00 % Pavimento se necesita de 17.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 82.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.36. 13.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 10)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 13.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.00%

Para llegar al porcentaje de 13.00 % Pavimento se necesita de 19.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 80.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.37. 14.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 11)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 14.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.00%

Para llegar al porcentaje de 14.00 % Pavimento se necesita de 20.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 79.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.38. 15.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 12)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 15.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 6.00%

Para llegar al porcentaje de 15.00 % Pavimento se necesita de 21.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 78.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

**2.7.3.39. 16.00 % DE PAVIMENTO - SLURRY TIPO III  
(Muestra 13)**

Para que el porcentaje de Pavimento en muestra sea de 16.00 % se debe considerar la proporción de Pavimento/Agua en la emulsión asfáltica es de 70% a 30%, siendo el porcentaje de agua del 30 % contenida ya en la emulsión será de 7.00%

Para llegar al porcentaje de 16.00 % Pavimento se necesita de 23.00% de Emulsión Asfáltica en la muestra.

Para el filler según especificación técnica es un 0.5% de la muestra y parara los agregados nos restaría el resto del porcentaje que vendría a ser 76.50% de la muestra de Slurry Seal de Tipo III.

#### 2.7.4. SELECCIÓN Y ACOPIO DE AGREGADOS SEGÚN TIPO DE MALLA

Para ello se realiza según especificación técnica se acopia agregado según la granulometría que nos exige el Slurry Seal.



Figura 22: Tamicez según Norma



Figura 23: Selección de Agregado por tamiz



Figura 24: Agregado retenido en la malla N° 200



Figura 25: Agregado retenido en la malla N°100



Figura 26: Agregado retenido en la malla N°50



Figura 27: Agregado retenido en la malla N° 30



Figura 28: Agregado retenido en la malla N°4



Figura 29: Agregado retenido en la malla N°8

### 2.7.5. Mezclado de Slurry Seal

Los componentes del Slurry Seal se van mezclando según la dosificación obtenida.



Figura 30: Agregados según granulometría



Figura 31: Emulsion Asfaltica



Figura 32: Filler Mineral



Figura 33: Mezcla de los componentes de Slurry Seal

#### 2.7.6. Molde para muestras

Se simula un panqueque de pavimento de la carretera de dimensiones de 30cm de largo por 30cm de ancho por un alto de 2.54cm construidos de madera.



Figura 34: Molde de Slurry Seal

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 3.1. Materiales y métodos

Como se mencionó anteriormente, las principales características que se desean evaluar es la textura final, en esta fase del proyecto son: 1) la granulometría del agregado y 2) el % de emulsión asfáltica en el espécimen. Con este objetivo, se diseñaron estratégicamente un total de trece (39) moldes de 30 cm x30 cm de slurry seal de 1" de espesor para poder analizar individualmente el impacto de cada uno de estos factores.

En términos generales, estos moldes están compuestas por un tipo de agregado (TIPO I, TIPO II o TIPO III) y una diferente proporción de emulsión asfáltica que varía de 4% a 16%. Las características de las (39) moldes a evaluar se resumen en la Tabla 6 y 7. En esta se señalan la proporción detallada que se usó en las muestras.



### 3.2. Montaje general del ensayo

En términos generales, el montaje experimental consiste en construir de forma simultánea (39) moldes de 30cmx30cm y 1" de espesor, con diferentes tipos de agregado y % de emulsión asfáltica que se deben ensayar, con una estructura de réplica para cada caso. El objetivo general de las réplicas es aumentar la confiabilidad del experimento mediante la obtención de resultados del mismo ensayo realizado en 39 moldes idénticos.

La foto de la parte inferior muestra un esquema general de un montaje típico de cada grupo o conjunto de moldes denominadas Ensayo de circulo de arena, las cuales se refieren de forma genérica a los 39 moldes seleccionados que se van a evaluar. Existen seis (6) filas con siete (7) moldes cada uno aproximadamente, se hizo de forma cuadrada por la limitación de espacio; cada molde tiene una longitud de 30cm y un ancho de 30cm.

Los resultados tomados a partir de las muestras:



Figura 35: Las 39 Muestras de Slurry Seal

El análisis de los datos medidos por el ensayo de circulo de arena consiste en la determinación del diámetro del circulo de arena formado en la superficie de la muestra. Estas lecturas se emplean para determinar el cambio en la dimensión del diámetro del circulo de arena en cada molde en función del tipo de agregado y el % de emulsión asfáltica aplicados a

los moldes objetos del experimento. El diámetro del círculo de arena determinara la textura de la superficie, según se muestra en las fotos del experimento.



Figura 36: Medición del Diametro 01



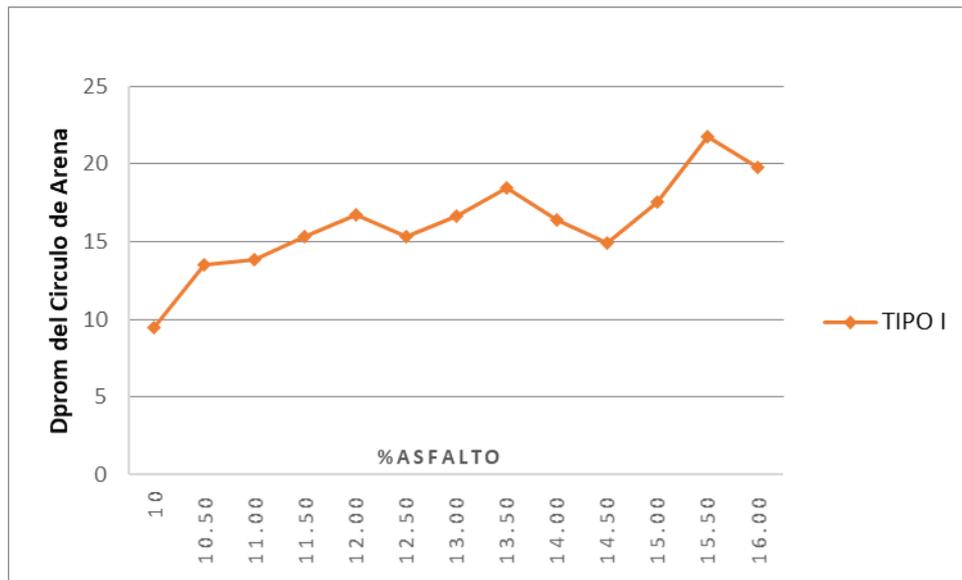
Figura 37: Medición del Diametro 02



Figura 38: Medicion del Diametro 03

Tabla 8: Resultados de Diámetros de Slurry Seal Tipo 01

MOLDE	%ASFALTO	TIPO I				Dprom
		D1	D2	D3	D4	
13	16.00	20.60	19.50	19.70	19.20	19.75
12	15.50	22.20	22.00	22.00	21.00	21.80
11	15.00	18.00	16.50	17.80	18.00	17.58
10	14.50	15.00	15.20	14.50	15.00	14.93
9	14.00	17.50	14.50	17.50	16.00	16.38
8	13.50	18.00	19.50	18.00	18.50	18.50
7	13.00	15.30	17.80	17.00	16.50	16.65
6	12.50	18.00	15.00	14.00	14.50	15.38
5	12.00	15.50	17.80	17.00	16.50	16.70
4	11.50	18.00	15.00	14.00	14.50	15.38
3	11.00	15.50	14.00	13.00	13.00	13.88
2	10.50	12.50	12.50	14.00	15.00	13.50
1	10.00	9.50	9.00	10.00	9.40	9.48

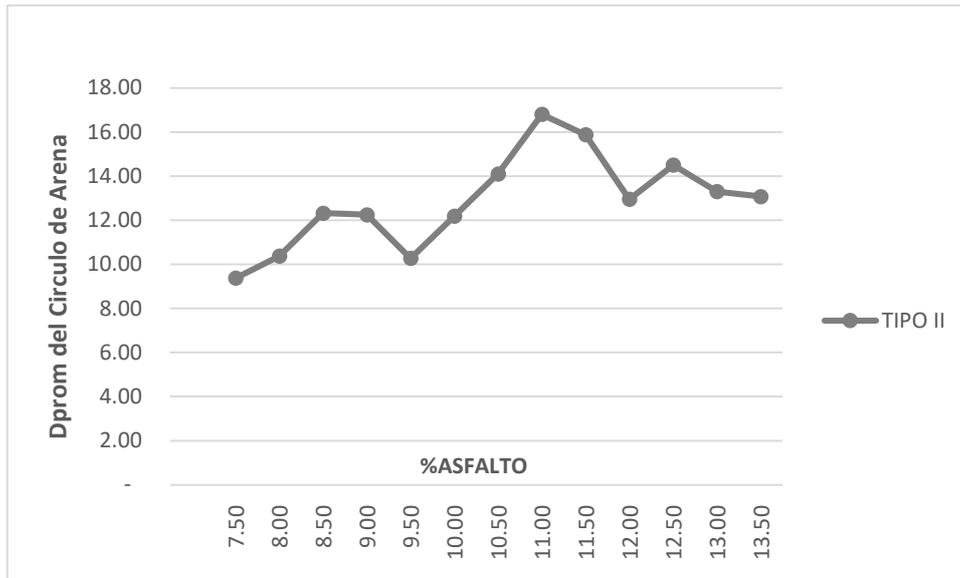


En la gráfica muestra una relación entre el % de emulsión asfáltica de la muestra y el diámetro promedio del circulo de arena, para el tipo de agregado 1.

En general existe una relación directamente proporcional entre el % de emulsión asfáltica de la mezcla y el diámetro del circulo de arena, significando que a mayor % de asfalto más liso será la superficie.

Tabla 9: Resultados de Dímetros de Slurry Seal Tipo 02

MOLDE	%ASFALTO	TIPO II				Dprom
		D1	D2	D3	D4	
1	7.50	8.50	9.50	9.40	10.10	9.38
2	8.00	10.50	10.40	10.00	10.60	10.38
3	8.50	12.00	12.50	12.00	12.80	12.33
4	9.00	11.40	13.40	12.00	12.20	12.25
5	9.50	10.20	10.10	10.20	10.60	10.28
6	10.00	11.90	11.95	12.50	12.40	12.19
7	10.50	13.60	13.80	14.80	14.20	14.10
8	11.00	16.80	16.85	16.82	16.74	16.80
9	11.50	16.30	15.50	15.20	16.50	15.88
10	12.00	12.60	13.80	12.00	13.40	12.95
11	12.50	13.30	14.40	14.80	15.50	14.50
12	13.00	13.50	13.50	12.80	13.40	13.30
13	13.50	13.50	12.80	13.20	12.80	13.08

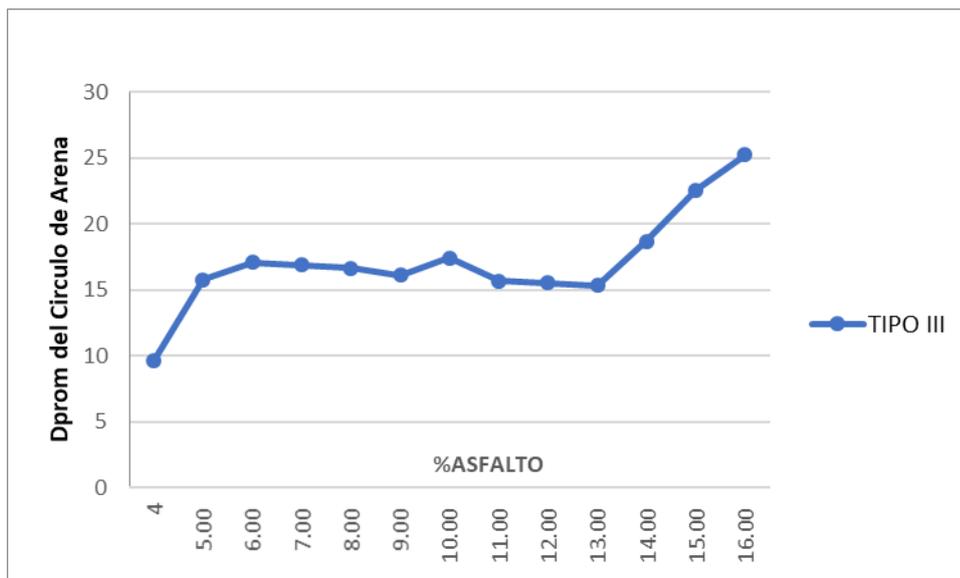


En la gráfica muestra una relación entre el % de emulsión asfáltica de la muestra y el diámetro del círculo de arena, para el tipo de agregado 2.

Existe una región donde el valor del diámetro Dprom se mantiene casi estable en 10.5%, 12.00%, 12.50% y 13.50%. En general para este tipo de agregado no se observa mucha diferencia entre valores.

Tabla 10: Resultados de Dímetros de Slurry Seal Tipo 03

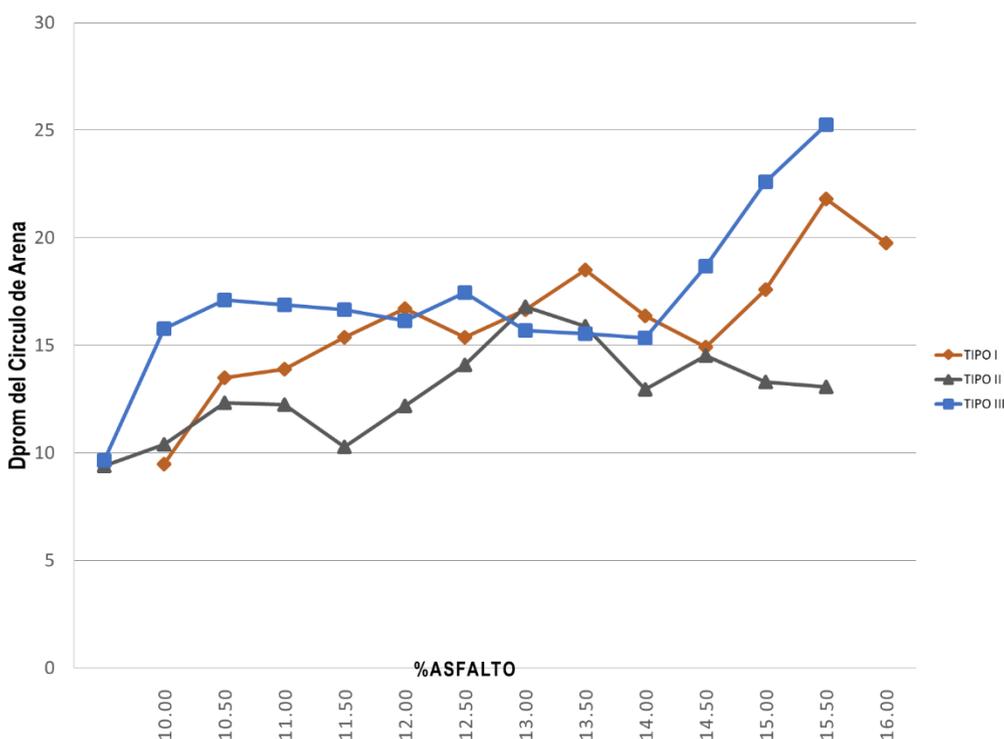
MOLDE	%ASFALTO	TIPO III				Dprom
		D1	D2	D3	D4	
13	16.00	26.00	25.00	25.00	25.00	25.25
12	15.00	22.40	22.20	21.80	24.00	22.60
11	14.00	18.20	18.80	18.80	18.90	18.68
10	13.00	14.40	16.00	16.40	14.60	15.35
9	12.00	15.10	15.40	16.50	15.10	15.53
8	11.00	15.60	15.40	15.50	16.20	15.68
7	10.00	19.40	17.50	17.30	15.60	17.45
6	9.00	15.90	16.30	16.40	15.90	16.13
5	8.00	16.40	16.80	17.00	16.40	16.65
4	7.00	17.10	16.80	16.80	16.80	16.88
3	6.00	17.80	16.80	16.60	17.20	17.10
2	5.00	15.60	15.80	15.80	15.90	15.78
1	4.00	9.40	9.80	10.20	9.20	9.65



En la gráfica muestra una relación entre el % de emulsión asfáltica de la muestra y el diámetro del círculo de arena, para el tipo de agregado 3.

Existe una región donde el valor del diámetro Dprom se mantiene casi estable en 11%, 11.50%, 12%, 12.50% y 13%, a partir de 13 comienza a crecer hasta un valor máximo de 25.25 cm.

En general existe una relación directamente proporcional entre el % de emulsión asfáltica de la mezcla y el diámetro del círculo de arena, significando que a menor % de asfalto más rugoso será la superficie.



La grafica resumen muestra una tendencia que relaciona claramente las variables tipo de agregado vs % de asfalto en la mezcla.

En el caso del tipo de agregado se puede evidenciar que en muchos puntos para el mismo % de emulsión asfáltica el agregado tipo 3 presenta una superficie más rugosa que el tipo 2 y el tipo 1, respectivamente por el diámetro más alto presentado. Este fenómeno se puede apreciar en los extremos.

Sin embargo, en la parte central las diferencias se hacen mínimas sobre todo en % de emulsión asfáltica de entre 10% y 13 %.

## TABLA EN PESO DE AGREGADO PARA MUESTRA

*Tabla 11: Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 01*

TIPO I	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05	Muestra 06	Muestra 07	Muestra 08	Muestra 09	Muestra 10	Muestra 11	Muestra 12	Muestra 13
% DE ASFALTO	10.00%	10.50%	11.00%	11.50%	12.00%	12.50%	13.00%	13.50%	14.00%	14.50%	15.00%	15.50%	16.00%
EMULSIÓN ASFALTICA (70%Asfalto+30%Agua)	471	495	519	542	566	589	613	636	660	684	707	731	754
FILLER	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
AGREGADO	2812	2789	2765	2741	2718	2694	2671	2647	2624	2600	2576	2553	2529

*Tabla 12: Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 02*

TIPO II	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05	Muestra 06	Muestra 07	Muestra 08	Muestra 09	Muestra 10	Muestra 11	Muestra 12	Muestra 13
% DE ASFALTO	7.50%	8.00%	8.50%	9.00%	9.50%	10.00%	10.50%	11.00%	11.50%	12.00%	12.50%	13.00%	13.50%
EMULSIÓN ASFALTICA (70%Asfalto+30%Agua)	407	434	461	489	516	543	570	597	624	651	679	706	733
FILLER	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
AGREGADO	3374	3347	3320	3292	3265	3238	3211	3184	3157	3130	3102	3075	3048

*Tabla 13: Peso de componentes de Slurry Seal Tipo 03*

TIPO III	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	Muestra 04	Muestra 05	Muestra 06	Muestra 07	Muestra 08	Muestra 09	Muestra 10	Muestra 11	Muestra 12	Muestra 13
% DE ASFALTO	4.00%	5.00%	6.00%	7.00%	8.00%	9.00%	10.00%	11.00%	12.00%	13.00%	14.00%	15.00%	16.00%
EMULSIÓN ASFALTICA (70%Asfalto+30%Agua)	258	301	387	430	473	559	602	688	731	817	860	903	989
FILLER	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.5
AGREGADO	4020.5	3977.5	3891.5	3848.5	3805.5	3719.5	3676.5	3590.5	3547.5	3461.5	3418.5	3375.5	3289.5

## CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

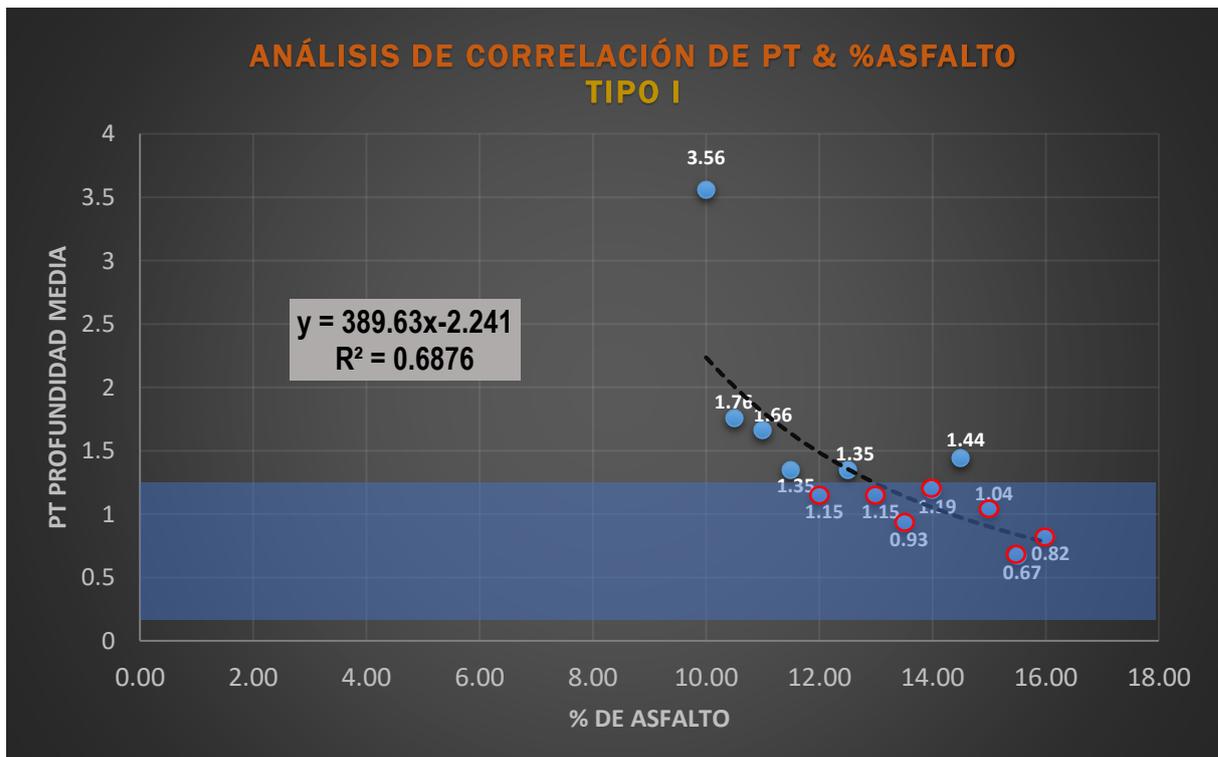
### ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PROFUNDIDAD MEDIA PT & PORCENTAJE DE ASFALTO

#### TIPO I DE SLURRY SEAL (FINO)

En los siguientes cuadros y grafico se observa en análisis de los datos de la textura superficial para el tipo I de slurry seal, donde se está determinando la correlación de la profundidad media PT y el porcentaje de Asfalto (Estadísticas de regresión y análisis de varianza).

*Tabla 14:* Correlación de la profundidad media y el porcentaje de Asfalto del Tipo I.

TIPO I			
MUESTRA	% ASFALTO	DPROM	PT
1	10.00	9.48	3.56
2	10.50	13.50	1.76
3	11.00	13.88	1.66
4	11.50	15.38	1.35
5	12.00	16.70	1.15
6	12.50	15.38	1.35
7	13.00	16.65	1.15
8	13.50	18.50	0.93
9	14.00	16.38	1.19
10	14.50	14.93	1.44
11	15.00	17.58	1.04
12	15.50	21.80	0.67
13	16.00	19.75	0.82



<b>ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.90925427
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.82674333
R <sup>2</sup> ajustado	0.792092
Error típico	0.32925172
Observaciones	13

<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>					
	<b>GRADOS DE LIBERTAD</b>	<b>SUMA DE CUADRADOS</b>	<b>PROMEDIO DE LOS CUADRADOS</b>	<b>F</b>	<b>VALOR CRÍTICO DE F</b>
Regresión	2	5.17293303	2.58646652	23.85891821	0.000156117
Residuos	10	1.08406697	0.1084067		
Total	12	6.257			

	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inferior 95%</b>	<b>Superior 95%</b>	<b>Inferior 95.0%</b>	<b>Superior 95.0%</b>
Intercepción	4.68009556	0.64289674	7.27970031	2.66392E-05	3.247632371	6.11255876	3.24763237	6.11255876
Variable X 1	0.03762038	0.08807532	0.42713869	0.678329015	-0.15862366	0.23386441	-0.15862366	0.23386441
Variable X 2	-0.23404833	0.05603882	-4.17653937	0.001898123	-0.358910604	-0.10918606	-0.3589106	-0.10918606

Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y=PT \text{ estimado} = 4.6801 + 0.0376x(\%Asfalto) - 0.2340x(Dprom)$$

<b>MUESTRA</b>	<b>%ASFALTO</b>	<b>DPROM</b>	<b>PT ESTIMADO</b>
1	10.00	9.48	2.8378
2	10.50	13.50	1.9159
3	11.00	13.88	1.8458
4	11.50	15.38	1.5136
5	12.00	16.70	1.2235
6	12.50	15.38	1.5512
7	13.00	16.65	1.2728
8	13.50	18.50	0.8587
9	14.00	16.38	1.3736
10	14.50	14.93	1.7317
11	15.00	17.58	1.1304
12	15.50	21.80	0.1617
13	16.00	19.75	0.6602

Según el "r" de Pearson obtenido con valor **r=0.83** para la PT (profundidad media) y el porcentaje de asfalto, nos da una **CORRELACIÓN MUY BUENA** en las variables estudiadas.

El **COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN** nos explica según el gráfico el **69%**

(  $R^2 = 0.6876 \times 100 = 68.76\%$ ) de la validez de los datos.

Por lo tanto, a medida que aumenta el porcentaje de asfalto disminuye la profundidad media (PT) y, por lo contrario, si se disminuye el porcentaje de asfalto aumenta la profundidad media (PT).

Con la ecuación encontrada se puede aplicar especificar las muestras óptimas.

Y teniendo en cuenta el cuadro recomendado por la Asociación Mundial de Carreteras APICR, donde nos muestran límites que nos permite calificar la Seguridad Vial tomando en cuenta los valores de la Profundidad Media (PT):

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO
$< 0.2$	Muy Fina	Requiere mantenimiento.
$0.2 < PT < 0.4$	Fina	Sólo para tramos donde raramente se superan los 80 Km/h.
$0.4 < PT < 0.8$	Media	Para tramos normales con velocidades moderadas de 80 a 120 Km/h.
$0.8 < PT < 1.2$	Gruesa	Para tramos normales con velocidades superiores a 120 Km/h.
$> 1.2$	Muy Gruesa	Para casos especiales con peligro de deslizamiento.

Y como resultado la Profundidad media (PT), obtenida con los ensayos realizados en Laboratorio:

MUESTRAS	PT	CLASIFICACIÓN
N° 01	3.56	MUY GRUESA
N° 02	1.76	MUY GRUESA
N° 03	1.66	MUY GRUESA
N° 04	1.35	MUY GRUESA
○ N° 05	1.15	GRUESA
N° 06	1.35	MUY GRUESA
○ N° 07	1.15	GRUESA
○ N° 08	0.93	GRUESA
○ N° 09	1.19	GRUESA
○ N° 10	1.44	MUY GRUESA
N° 11	1.04	GRUESA
○ N° 12	0.67	MEDA
○ N° 13	0.82	GRUESA

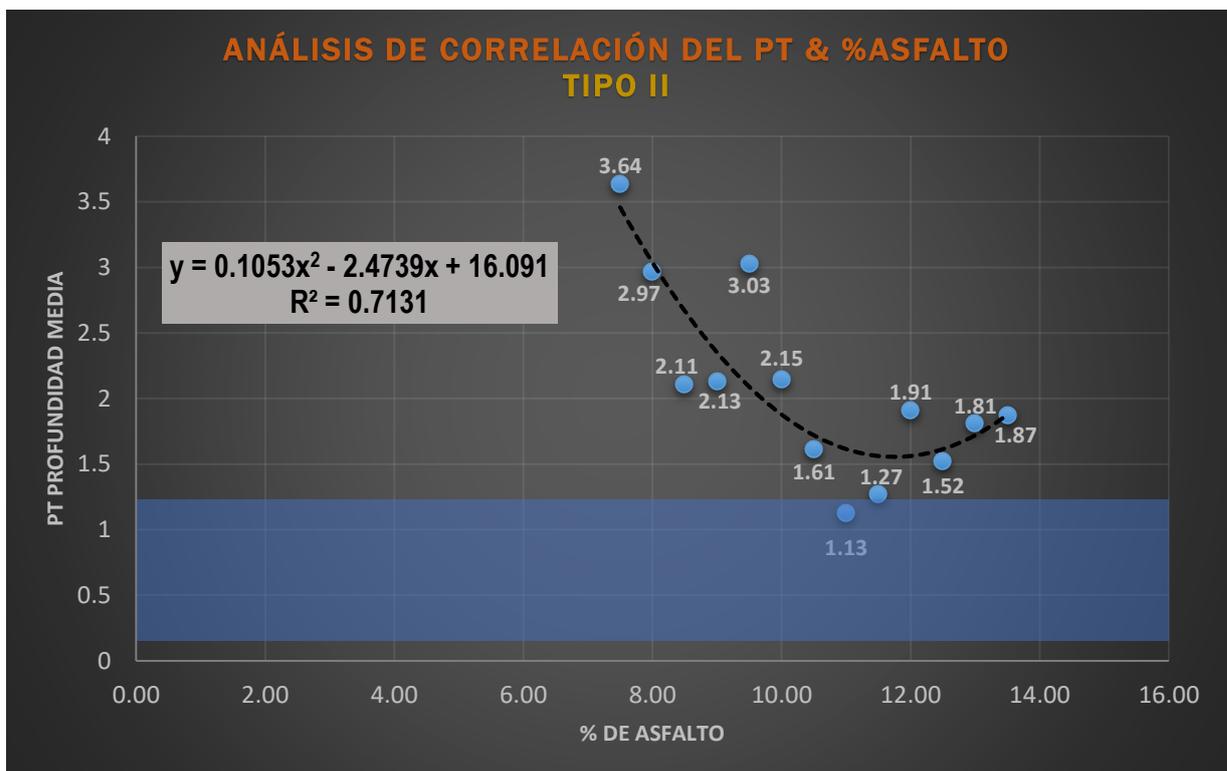
- Las muestras N° 05, 07, 08, 09, 11, 12 y 13 son óptimas, ya que las proporciones entre la granulometría de agregado y el porcentaje de asfalto son las idóneas para obtener una textura óptima que ayuda a ampliar la vida útil del pavimento.

## TIPO II DE SLURRY SEAL (GENERAL)

En los siguientes cuadros y grafico se observa en análisis de los datos de la textura superficial para el tipo II de slurry seal, donde se está determinando la correlación de la profundidad media PT y el porcentaje de Asfalto (Estadísticas de regresión y análisis de varianza).

*Tabla 15:* Correlación de la profundidad media y el porcentaje de Asfalto del Tipo II.

TIPO II			
MUESTRA	% ASFALTO	D PROM	PT
1	7.50	9.38	3.64
2	8.00	10.38	2.97
3	8.50	12.33	2.11
4	9.00	12.25	2.13
5	9.50	10.28	3.03
6	10.00	12.19	2.15
7	10.50	14.10	1.61
8	11.00	16.80	1.13
9	11.50	15.88	1.27
10	12.00	12.95	1.91
11	12.50	14.50	1.52
12	13.00	13.30	1.81
13	13.50	13.08	1.87



ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN	
Coefficiente de correlación múltiple	0.97068727
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.94223378
R <sup>2</sup> ajustado	0.93068053
Error típico	0.19189445
Observaciones	13

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	VALOR CRÍTICO DE F
Regresión	2	6.00633445	3.00316722	81.5557726	6.43235E-07
Residuos	10	0.36823478	0.03682348		
Total	12	6.37456923			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	6.4882367	0.35573378	18.2390232	5.2738E-09	5.695612438	7.28086096	5.69561244	7.28086096
Variable X 1	-0.05909757	0.03674004	-1.60853326	0.13879735	-0.140959477	0.02276433	-0.14095948	0.02276433
Variable X 2	-0.29345513	0.0333755	-8.79253132	5.1009E-06	-0.367820383	-0.21908988	-0.36782038	-0.21908988

Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y = \text{PT estimado} = 6.4882 - 0.0591 X (\% \text{Asfalto}) - 0.2935 X (\text{Dprom})$$

MUESTRA	% ASFALTO	DPRM	PT ESTIMADO
1	7.50	9.38	3.2927
2	8.00	10.38	2.9697
3	8.50	12.33	2.3678
4	9.00	12.25	2.3618
5	9.50	10.28	2.9105
6	10.00	12.19	2.3204
7	10.50	14.10	1.7304
8	11.00	16.80	0.9084
9	11.50	15.88	1.1489
10	12.00	12.95	1.9794
11	12.50	14.50	1.4950
12	13.00	13.30	1.8177
13	13.50	13.08	1.8527

Según el "r" de Pearson obtenido con valor  $r=0.84$  para la PT (profundidad media) y el porcentaje de asfalto, nos da una **CORRELACIÓN MUY BUENA** en las variables estudiadas.

El **COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN** nos explica según el gráfico el **84%**

(  $R^2 = 0.6876 \times 100 = 68.76\%$ ) de la validez de los datos.

Por lo tanto, a medida que aumenta el porcentaje de asfalto disminuye la profundidad media (PT) y, por lo contrario, si se disminuye el porcentaje de asfalto aumenta la profundidad media (PT).

Con la ecuación encontrada se puede aplicar especificar las muestras óptimas.

Y teniendo en cuenta el cuadro recomendado por la Asociación Mundial de Carreteras APICR, donde nos muestran límites que nos permite calificar la Seguridad Vial tomando en cuenta los valores de la Profundidad Media (PT):

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO
$< 0.2$	Muy Fina	Requiere mantenimiento.
$0.2 < PT < 0.4$	Fina	Sólo para tramos donde raramente se superan los 80 Km/h.
$0.4 < PT < 0.8$	Media	Para tramos normales con velocidades moderadas de 80 a 120 Km/h.
$0.8 < PT < 1.2$	Gruesa	Para tramos normales con velocidades superiores a 120 Km/h.
$> 1.2$	Muy Gruesa	Para casos especiales con peligro de deslizamiento.

Y como resultado la Profundidad media (PT), obtenida con los ensayos realizados en Laboratorio:

MUESTRAS	PT	CLASIFICACIÓN
N° 01	3.64	MUY GRUESA
N° 02	2.97	MUY GRUESA
N° 03	2.11	MUY GRUESA
N° 04	2.13	MUY GRUESA
N° 05	3.03	MUY GRUESA
N° 06	2.15	MUY GRUESA
N° 07	1.61	MUY GRUESA
○ N° 08	1.13	GRUESA
N° 09	1.27	MUY GRUESA
N° 10	1.91	MUY GRUESA
N° 11	1.52	MUY GRUESA
N° 12	1.81	MUY GRUESA
N° 13	1.87	MUY GRUESA

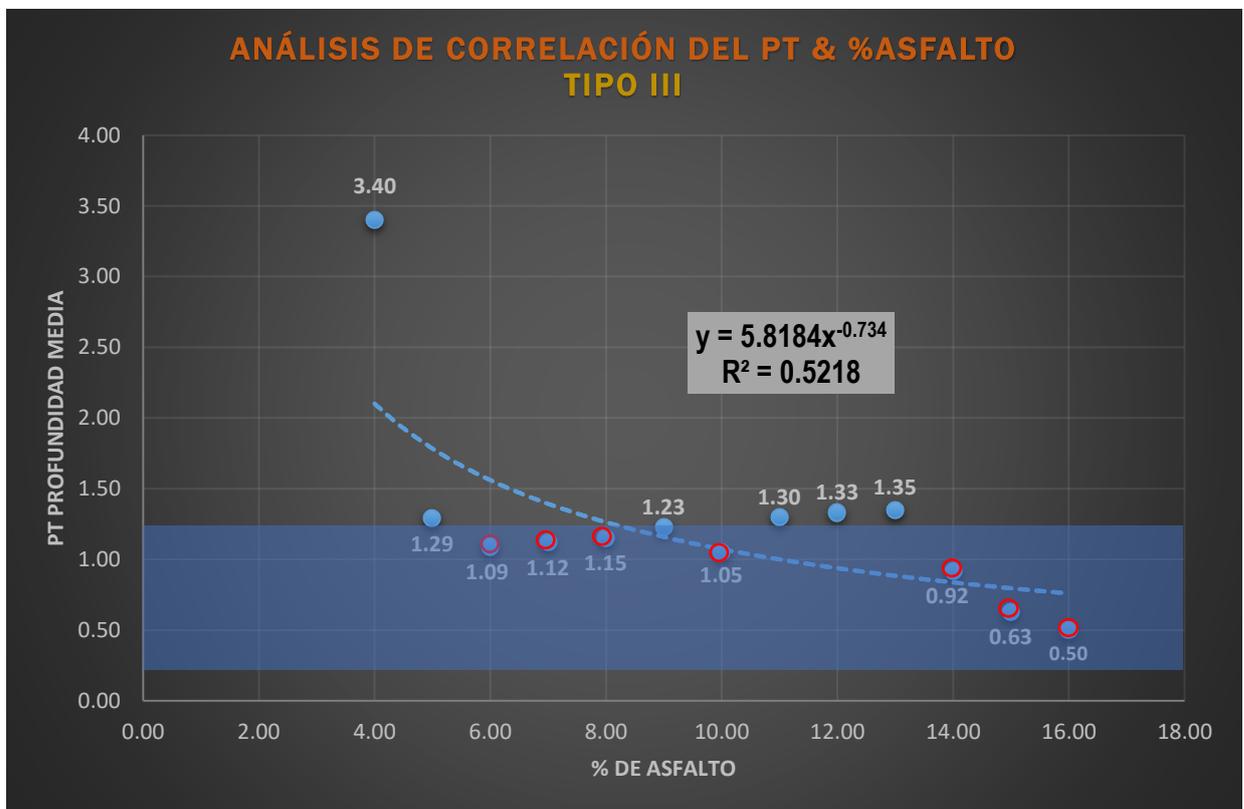
- La muestra N° 08 es óptima, ya que sus proporciones entre la granulometría de agregado y el porcentaje de asfalto son las idóneas para obtener una textura óptima que ayuda a ampliar la vida útil del pavimento.

### TIPO III DE SLURRY SEAL (GRUESO)

En los siguientes cuadros y grafico se observa en análisis de los datos de la textura superficial para el tipo III de slurry seal, donde se está determinando la correlación de la profundidad media PT y el porcentaje de Asfalto (Estadísticas de regresión y análisis de varianza).

*Tabla 16:* Correlación de la profundidad media y el porcentaje de Asfalto del Tipo III.

TIPO III			
MUESTRA	% E.ASFALTICA	DPROM	PT
1	4.00	9.65	3.40
2	5.00	15.78	1.29
3	6.00	17.10	1.09
4	7.00	16.88	1.12
5	8.00	16.65	1.15
6	9.00	16.13	1.23
7	10.00	17.45	1.05
8	11.00	15.68	1.30
9	12.00	15.53	1.33
10	13.00	15.35	1.35
11	14.00	18.68	0.92
12	15.00	22.60	0.63
13	16.00	25.25	0.50



**ESTADÍSTICAS DE LA REGRESIÓN**

Coefficiente de correlación múltiple	0.8555397
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.7319726
R <sup>2</sup> ajustado	0.67836712
Error típico	0.39396508
Observaciones	13

**ANÁLISIS DE VARIANZA**

	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	PROMEDIO DE LOS CUADRADOS	F	VALOR CRÍTICO DE F
Regresión	2	4.23868442	2.11934221	13.6548092	0.00138323
Residuos	10	1.55208482	0.15520848		
Total	12	5.79076923			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4.00376463	0.55287836	7.24167364	2.7857E-05	2.77187488	5.23565438	2.77187488	5.23565438
Variable X 1	0.00044498	0.04278185	0.01040112	0.99190584	0.09487891	0.09576887	0.09487891	0.09576887
Variable X 2	0.16049382	0.0448967	3.57473554	0.00505576	0.26052989	0.06045774	0.26052989	0.06045774

Se obtuvo la siguiente ecuación:

$$Y = \text{PT estimado} = 4.00376 + 0.000445x(\% \text{Asfalto}) - 0.160494x(\text{Dprom})$$

MUESTRA	% ASFALTO	DPRM	PT ESTIMADO
1	4.00	9.65	2.4567729
2	5.00	15.78	1.47338968
3	6.00	17.10	1.2619826
4	7.00	16.88	1.29773628
5	8.00	16.65	1.3350949
6	9.00	16.13	1.41899678
7	10.00	17.45	1.2075897
8	11.00	15.68	1.49210908
9	12.00	15.53	1.51662818
10	13.00	15.35	1.5459621
11	14.00	18.68	1.01196208
12	15.00	22.60	0.3832706
13	16.00	25.25	-0.0415935

Según el "r" de Pearson obtenido con valor **r=0.72** para la PT (profundidad media) y el porcentaje de asfalto, nos da una **CORRELACIÓN MUY BUENA** en las variables estudiadas.

El **COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN** nos explica según el gráfico el **52%**

(  $R^2 = 0.5218 \times 100 = 52.18\%$  ) de la validez de los datos.

Por lo tanto, a medida que aumenta el porcentaje de asfalto disminuye la profundidad media (PT) y, por lo contrario, si se disminuye el porcentaje de asfalto aumenta la profundidad media (PT).

Con la ecuación encontrada se puede aplicar especificar las muestras óptimas.

Y teniendo en cuenta el cuadro recomendado por la Asociación Mundial de Carreteras APICR, donde nos muestran límites que nos permite calificar la Seguridad Vial tomando en cuenta los valores de la Profundidad Media (PT):

CONDICIÓN	CALIFICACIÓN	RESULTADO DEL DIAGNÓSTICO
$< 0.2$	Muy Fina	Requiere mantenimiento.
$0.2 < PT < 0.4$	Fina	Sólo para tramos donde raramente se superan los 80 Km/h.
$0.4 < PT < 0.8$	Media	Para tramos normales con velocidades moderadas de 80 a 120 Km/h.
$0.8 < PT < 1.2$	Gruesa	Para tramos normales con velocidades superiores a 120 Km/h.
$> 1.2$	Muy Gruesa	Para casos especiales con peligro de deslizamiento.

Y como resultado la Profundidad media (PT), obtenida con los ensayos realizados en Laboratorio:

MUESTRAS	PT	CLASIFICACIÓN
N° 01	3.40	MUY GRUESA
N° 02	1.29	MUY GRUESA
○ N° 03	1.09	GRUESA
N° 04	1.12	GRUESA
N° 05	1.15	GRUESA
N° 06	1.23	MUY GRUESA
○ N° 07	1.05	GRUESA
N° 08	1.30	MUY GRUESA
N° 09	1.33	MUY GRUESA
N° 10	1.35	MUY GRUESA
○ N° 11	0.92	GRUESA
○ N° 12	0.63	MEDA
○ N° 13	0.50	MEDIA

- Las muestras N° 03, 07, 11, 12 y 13 son óptimas, ya que las proporciones entre la granulometría de agregado y el porcentaje de asfalto son las idóneas para obtener una textura óptima que ayuda a ampliar la vida útil del pavimento.

## Recomendaciones de la Asociación Mundial de Carreteras AIPCR

Para poder realizar la propuesta de Norma Peruana se ha tenido en cuenta en primera instancia las recomendaciones de la Asociación Mundial de Carreteras AIPCR, donde se dan los siguientes límites, tanto para la Profundidad de Textura (PT), como para el Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (CRD).

*Tabla 147: Criterios para calificar la Seguridad Vial tomando en cuenta los valores de PT.*

CONDICION	CALIFICACION	RESULTADO DEL DIAGNOSTICO
< 0.2	Muy Fina	Requiere mantenimiento.
0.2 < PT < 0.4	Fina	Sólo para tramos donde raramente se superan los 80 Km/h (áreas urbanas).
0.4 < PT < 0.8	Media	Para tramos normales con velocidades moderadas de 80 a 120 Km/h.
0.8 < PT < 1.2	Gruesa	Para tramos normales con velocidades superiores a 120 Km/h.
> 1.2	Muy Gruesa	Para casos especiales con peligro de deslizamiento.

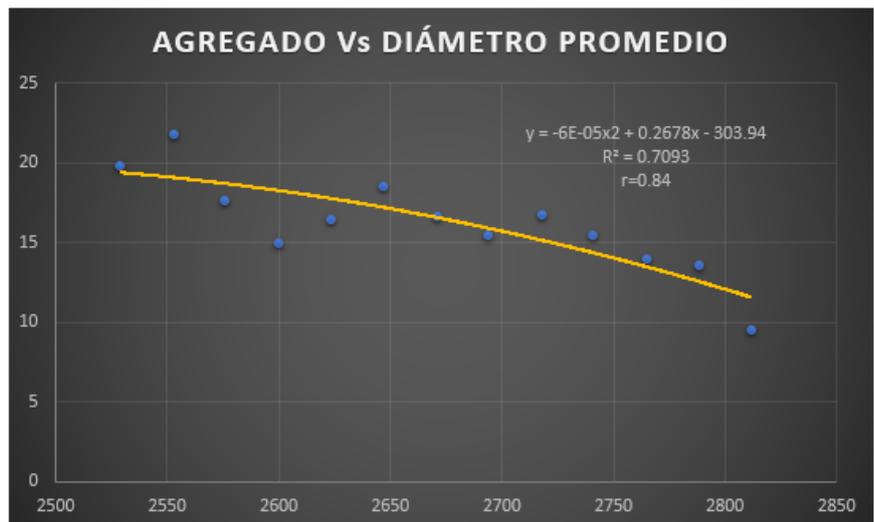
*Tabla 18: Criterios para calificar la Seguridad Vial tomando en cuenta los valores de CRD*

CONDICION	CALIFICACION	RESULTADO DEL DIAGNOSTICO
CRD > 1.50	Excelente	Superficie muy rugosa y áspera apropiada para el tránsito intenso o altas velocidades incluso con pavimento mojado.
0.82 < CRD < 1.5	Bueno	Superficie con rugosidad y aspereza aceptable para tránsito medio, propician condiciones satisfactorias de seguridad con pavimento mojado a moderadas velocidades de seguridad.
0.45 < CRD < 0.82	Regular	Superficie con rugosidad y aspereza adecuada para intensidades bajas o hasta media con precauciones. Condiciones garantizadas de seguridad sólo con pavimento seco. Se debe evaluar periódicamente el CRD y PT.

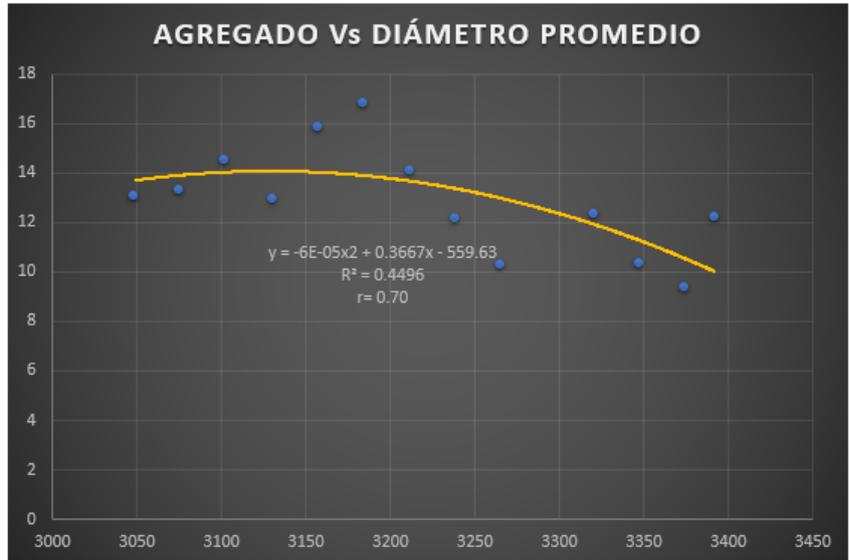
0.21 < CRD < 0.45	Malo	Condiciones inseguras de circulación con pavimento mojado y aún incluso con pavimento seco. Superficie con rugosidad y aspereza inadecuadas, con peligro, velocidad limitada y marcado pavimento.
CRD < 0.21	Pésimo	Circulación insegura con pavimento seco y crítico con pavimento mojado. Se debe reponer las características antideslizantes del pavimento. Establecer señalización vertical y horizontal con medidas extremas de control mientras permanezcan las condiciones inseguras.

### ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE LA GRANLOMETRÍA DEL AGREGADO & DIAMETRO PROMEDIO

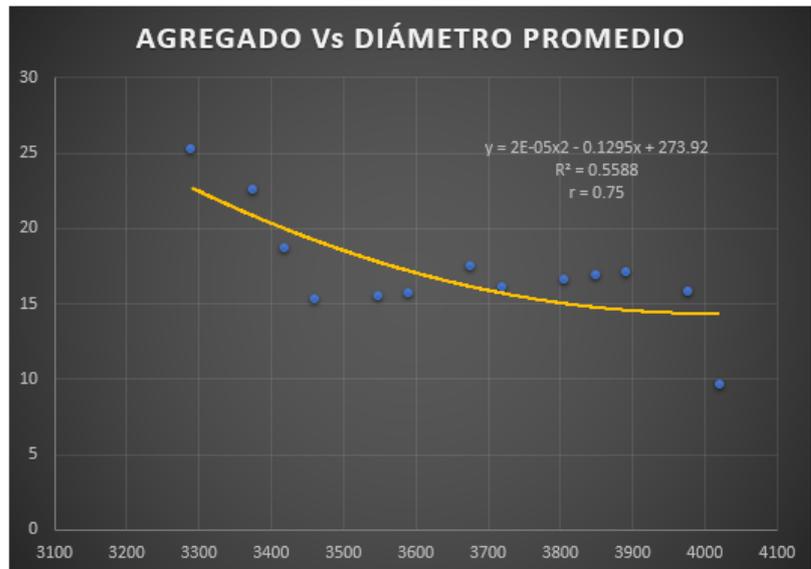
TIPO I	
AGREGADO (gr)	DP (mm)
2812	9.48
2789	13.5
2765	13.88
2741	15.38
2718	16.7
2694	15.38
2671	16.65
2647	18.5
2624	16.38
2600	14.93
2576	17.58
2553	21.8
2529	19.75



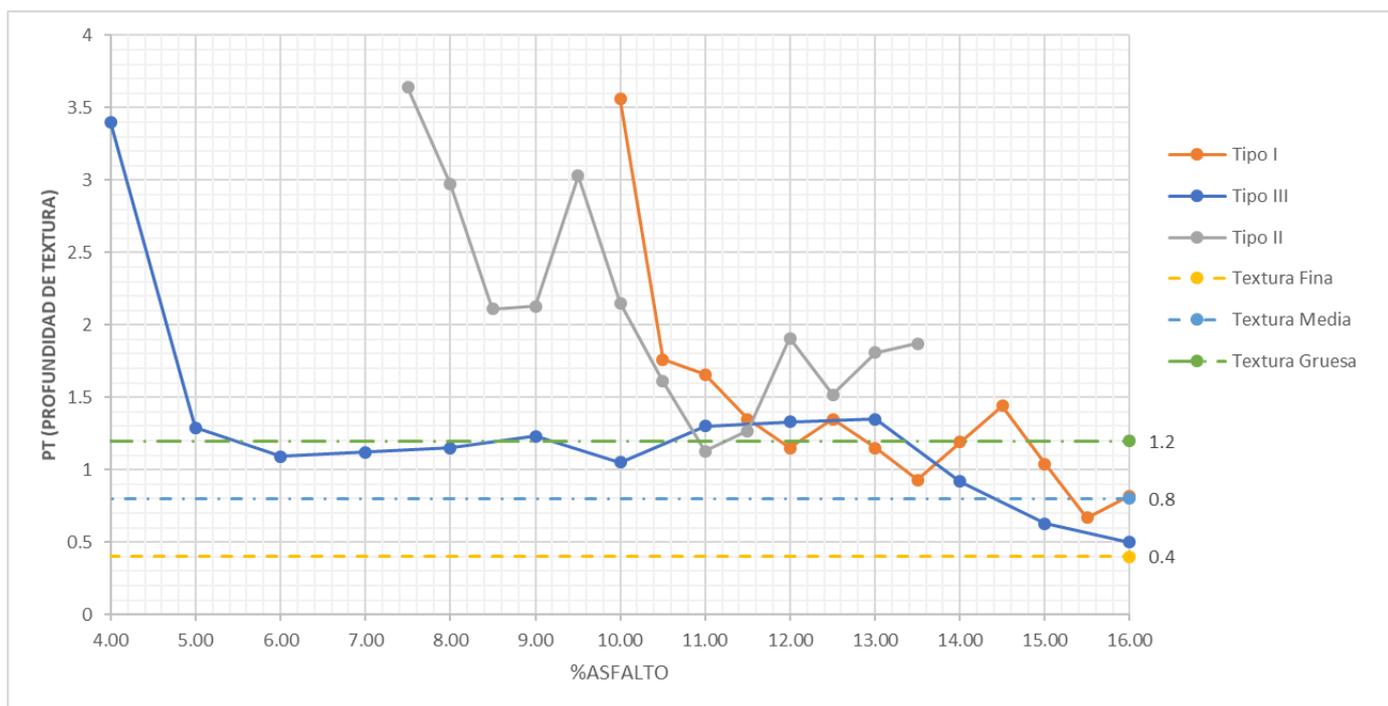
TIPO II	
AGREGADO (gr)	DP (mm)
3374	9.38
3347	10.38
3320	12.33
3392	12.25
3265	10.28
3238	12.19
3211	14.1
3184	16.8
3157	15.88
3130	12.95
3102	14.5
3075	13.3
3048	13.08



TIPO III	
AGREGADO (gr)	DP (mm)
4020.5	9.65
3977.5	15.78
3891.5	17.1
3848.5	16.88
3805.5	16.65
3719.5	16.13
3676.5	17.45
3590.5	15.68
3547.5	15.53
3461.5	15.35
3418.5	18.68
3375.5	22.6
3289.5	25.25



## GRÁFICO RESUMEN



En el grafico resumen se indica el comportamiento de las 2 variables (tipo de agregado y % de emulsión asfáltica) respecto al valor que caracteriza la textura superficial “E”, las líneas horizontales que cruzan las curvas son los valores límites para pasar de una condición a otra según las recomendaciones de Asociación Mundial de Carreteras AIPCR.

## CONCLUSIONES

1. En la tesis se ha podido demostrar que existe influencia clara de los factores que se tomaron como variables independientes en el estudio los que hacen referencia a la granulometría del agregado indicado por las especificaciones y el % de asfalto de la mezcla. Asimismo, con el análisis de regresión múltiple para los tres tipos de Slurry Seal, se obtuvo un alto grado de asociación de las variables estudiadas.
2. Con el análisis realizado para los tres tipos de Slurry Seal referente a la granulometría del agregado & diámetro promedio, se ha encontrado funciones que logran explicar el alto grado de asociación de las variables en estudio, indicando que a mayor peso del agregado se tiene menor diámetro promedio del ensayo de círculo de arena, viceversa a menor peso del agregado mayor será el diámetro promedio que permite diferenciar el estado de deterioro de los pavimentos flexibles.
3. Referente al porcentaje de asfalto & la profundidad media, se ha obtenido resultados que nos ha permitido tener funciones con alto grado de asociación que indica que a menor porcentaje de asfalto mayor será la profundidad media, viceversa a mayor porcentaje de asfalto menor será la profundidad media; encontrándose clara diferencia entre la textura superficial de un pavimento flexible con niveles altos y bajos en referencia al deterioro.
4. Una combinación adecuada entre la granulometría del agregado y % asfalto del SLURRY SEAL, si puede recuperar la textura superficial de pavimentos deteriorados, verificado por el método del círculo de arena debido a que estamos midiendo la mejor macrotextura para no generar hidropilado obtendremos la combinación más adecuada la cual está entre las finas según Asociación Mundial de Carreteras AIPCR que son las muestras N°11 y N°12 del tipo 1 y 3 y la muestra N°8 del tipo 2 de Slurry Seal.

## RECOMENDACIONES

1. Actualmente en nuestro país no viene utilizando el Slurry Seal para el mantenimiento de pavimentos flexibles, siendo importante crear conciencia y adaptar esta metodología en las instituciones gubernamentales y los ingenieros de caminos, debido a la gran importancia de proporcionar seguridad a los usuarios.
2. Difundir el uso del ensayo de circulo de arena, para medir la macrotextura y la microtextura de un pavimento flexible con fines de mantenimiento.
3. Es importante conocer las normas internacionales para evaluar la textura superficial, para incorporar otros ensayos que permita evaluar los pavimentos en deterioro.
4. Con los datos obtenidos en el presente trabajo de investigación se recomienda aplicar los resultados para el mantenimiento de pavimentos flexibles que presentan fallas funcionales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. IX CILA 2001 “Sistema de Evaluación y Diagnóstico de Carreteras Utilizando equipos y procedimientos de bajo costo Lima
2. COMITÉ TÉCNICO AIPCR DE CARACTERISTICAS SUPERFICIALES 1995 Experimento Internacional AIPCR de Comparación y armonización de las Medidas de Textura y Resistencia al Deslizamiento.  
París: ASOCIACIÓN MUNDIAL DE LA CARRETERA
3. CRESPO, Ramón / 1999 Jornadas sobre la calidad en el proyecto y la construcción de carreteras Barcelona: AEPO Ingenieros Consultores  
(<http://www.aepo.es/ausc/publ/calidad.pdf>)
4. DE SOLMINHAC, Hernán y ECHAVEGUREN, Tomás 2003 Antecedentes para la inspección y diseño de especificaciones de textura, resistencia al deslizamiento y fricción en pavimentos.  
([http://www.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/35HernandeSolminihacResistenciaadeslizamiento.pdf](http://www.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/35HernandeSolminihacResistenciaadeslizamiento.pdf))
5. DIAZ, Eutiquio  
1999 Evaluación de las características superficiales del pavimento de carreteras con procedimientos de bajo costo. Tesis (Ing.). La Habana: Facultad de Ingeniería Civil.  
(Versión consultada en borrador, sin numeración de páginas)
6. INSTITUTO CHILENO DEL ASFALTO  
1991 Tecnología del asfalto y prácticas de construcción, pp. C10.  
Buenos Aires: The Asphalt Institute
7. LUCERO, Robinson  
2003 Técnicas para el mejoramiento de la adherencia superficial en carreteras  
([http://www.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/47RobinsonLucerotecnicasparamejorarlaadherencia.pdf](http://www.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/47RobinsonLucerotecnicasparamejorarlaadherencia.pdf))

8. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES 2000  
Especificaciones Generales de Carreteras, sección 410 Lima: MTC
9. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES 2000 Ensayos de  
Materiales, Misceláneos Lima: MTC
10. MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES DEL MINISTERIO DE  
TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. 2013
11. MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO DE CARRETERAS, JOSÉ LUIS  
ESCOBAR ROJAS HEIDI GÓMEZ BARRERA LUIS ENRIQUE SANTANA  
MARTÍNEZ, UNIVERSIDAD MILITAR “NUEVA GRANADA” FACULTAD DE  
INGENIERÍA.
12. DISEÑO MODERNO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS, M.Sc. SILENE  
MINAYA GONZÁLEZ, Universidad Ricardo Palma, Universidad Alas  
Peruanas, M.Sc. e ING. ABEL ORDÓÑEZ HUAMÁN Universidad Nacional  
de Ingeniería.
13. Ingeniería de pavimentos – Fundamentos, estudios básicos y diseño, Ing.  
Alfonso Montejo Fonseca, COLOMBIA 2002
14. LECHADAS ASFÁLTICAS Y MICROPAVIMENTOS" ACLARANDO  
CONCEPTOS", INSTITUTO CHILENO DE ASFALTO, 2002
15. MANTENIMIENTO VIAL PREVENTIVO, INDECO ASOCIADOS SAS,  
BOGOTA 2012.
16. EMULSIONES ASFALTICAS, SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y  
TRANSPORTES INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE, Rogelio  
Rodríguez Talavera Víctor Manuel Castaño Meneses Miguel Martínez  
Madrid Documento Técnico No. 23 Sanfandila, Qro, 2001.

## **ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

PLANTEAMIENTO	PROBLEMA	OBJETIVO	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>La textura superficial al momento de su recuperación y mantenimiento debe ser la adecuada ya que surge el problema de que si es muy rugosa y áspera los neumáticos se desgastan así como el otro problema que existe es el peligro de patinaje cuando nuestra textura superficial tiende a ser muy fina o lisa, entender que el agua es perjudicial para el pavimento y una textura adecuada genera una buena evacuación del agua para no generar el hidroplaneo que es conocido como la pérdida de control de un conductor debido al espesor de la película de agua que se encuentra sobre la calzada ya que los neumáticos pierden contacto con la superficie del pavimento. Esto se debe principalmente a la presencia de texturas muy finas que no dan tiempo de evacuar el agua del pavimento.</p>	<p><b>Problema General:</b> ¿La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, influyen en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles?</p> <p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>a) ¿De qué manera influye la granulometría del agregado para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles?</p> <p>b) ¿Cómo influye el %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles?</p> <p>c) ¿Se puede determinar una combinación adecuada entre la granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, para una recuperación óptima de la textura superficial de pavimentos flexibles?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia de la granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>a) Explicar la influencia de la granulometría del agregado para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p>b) Establecer la influencia del %asfalto para slurry seal, en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p>c) Relacionar la combinación adecuada entre la granulometría del agregado y %asfalto para slurry seal, para una recuperación óptima de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p>	<p><b>Social</b> El constante deterioro de las vías por el aumento de tráfico y la falta de un programa de mantenimiento serio de las municipalidades crea un clima de incomodidad en los usuarios de las vías en la ciudad. Muchos opinan que dar un paseo o ir a trabajar al volante en la ciudad Huancayo es como conducir en un campo minado. Pues muchas calles, jirones y avenidas están llenos de huecos, fisuras o presentan un mal aspecto, ya que la carpeta asfáltica ha sufrido un nivel de deterioro notorio. Esta molestia también es directamente de los conductores de transporte público y particular, quienes casi todo el día tienen que evitar estas adversidades que se presentan en su camino.</p> <p><b>Metodológica</b> Por tanto, existe la necesidad de encontrar técnicas y procedimientos que permitan recuperar las condiciones del pavimento y que brinden una atención temprana y a bajo costo. frente a esta realidad el uso de sellos asfálticos es una gran alternativa, ya que permiten frenar la aparición de fisuras que a la larga pueden convertirse en baches y recupera la textura superficial haciendo al pavimento seguro y más duradero.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La granulometría del agregado y el %asfalto para slurry seal influyen significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>a) La granulometría del agregado para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p>b) El %asfalto para slurry seal, influye significativamente en la recuperación de la textura superficial de pavimentos flexibles.</p> <p>c) La combinación adecuada determinada entre la granulometría del agregado y %asfalto para SLURRY SEAL, recupera de forma óptima la textura superficial de pavimentos flexibles.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Granulometría del Agregado y el % asfalto</p> <p>- Dimensión: Adimensional</p> <p><b>Variable Dependiente</b> Textura superficial del pavimento flexible en función al diámetro promedio y al PT.</p> <p>- Dimensión: Continua</p>	<p><b>METODO:</b> Método científico</p> <p><b>TIPO:</b> Aplicada</p> <p><b>NIVEL:</b> Correlacional Explicativo</p> <p><b>DISEÑO:</b> Experimental</p> <p><b>ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN</b> El enfoque de la investigación será cuantitativo.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> <b>Población:</b> Las diferentes lechadas asfálticas para mantenimiento de pavimentos en la Ciudad de Huancayo.</p> <p><b>Muestra:</b> 39 ensayos</p>

<b>FICHA DE RECOLECCION DE DATOS</b>	
<b>DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL</b>	
FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:30:00
MUETRA	1.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1
<b>PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA</b>	
% DE PAVIMENTO EN EA	10.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	14.29%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	85.21%
<b>DOSIFICACION DE MUESTRA</b>	
PESO DE MUESTRA	3.30 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	471 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2812 gr.
<b>MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO</b>	
Nº	Medición
D1	9.5 cm
D2	9 cm
D3	10 cm
D4	9.4 cm
Diametro Promedio:	9.48 cm
<b>OBSERVACIONES</b>	

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:32:00
MUETRA	2.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	10.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	15.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	84.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	495 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2789 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	12.5 cm
D2	12.5 cm
D3	14 cm
D4	15 cm

Diametro Promedio:	13.5 cm
--------------------	---------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:34:00
MUETRA	3.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	11.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	15.71%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	83.79%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.30 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	519 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2765 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.5 cm
D2	14 cm
D3	13 cm
D4	13 cm

Diametro Promedio:	13.88 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:36:00
MUETRA	4.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	11.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	16.43%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	83.07%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	542 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2741 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	18 cm
D2	15 cm
D3	14 cm
D4	14.5 cm

Diametro Promedio:	15.38 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:38:00
MUETRA	5.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	12.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	17.14%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	82.36%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	566 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2718 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.5 cm
D2	17.8 cm
D3	17 cm
D4	16.5 cm

Diametro Promedio:	16.7 cm
--------------------	---------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:40:00
MUETRA	6.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	12.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	17.86%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	81.64%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	589 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2694 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	18 cm
D2	15 cm
D3	14 cm
D4	14.5 cm

Diametro Promedio:	15.38 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:42:00
MUETRA	7.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	13.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	18.57%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	80.93%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	613 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2671 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.3 cm
D2	17.8 cm
D3	17 cm
D4	16.5 cm

Diametro Promedio:	16.65 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:44:00
MUETRA	8.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	13.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	19.29%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	80.21%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	636 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2647 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	18.00 cm
D2	19.50 cm
D3	18.00 cm
D4	18.50 cm

Diametro Promedio:	18.50 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:46:00
MUETRA	9.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	14.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	20.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	79.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	660.00 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2624 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	17.5 cm
D2	14.5 cm
D3	17.5 cm
D4	16 cm

Diametro Promedio:	16.38 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:48:00
MUETRA	10.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	14.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	20.71%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	78.79%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	684 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2600 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15 cm
D2	15.2 cm
D3	14.5 cm
D4	15 cm

Diametro Promedio:	14.93 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:50:00
MUETRA	11.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	15.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	21.43%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	78.07%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	707 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2576 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	18 cm
D2	16.5 cm
D3	17.8 cm
D4	18 cm

Diametro Promedio:	17.58 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:52:00
MUETRA	12.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	15.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	22.14%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	77.36%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	731 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2553 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	22.20 cm
D2	22.00 cm
D3	22.00 cm
D4	21.00 cm

Diametro Promedio:	21.80 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	09:54:00
MUETRA	13.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 1

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	16.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	22.86%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	76.64%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	754 gr.
FILLER	17 gr.
AGREGADO	2529 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	20.60 cm
D2	19.50 cm
D3	19.70 cm
D4	19.20 cm

Diametro Promedio:	19.75 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:00:00
MUETRA	1.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	7.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	10.71%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	88.79%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.80 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	407 gr.
FILLER	19.00 gr.
AGREGADO	3374 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	8.5 cm
D2	9.5 cm
D3	9.4 cm
D4	10.1 cm

Diametro Promedio:	9.38 cm
--------------------	---------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:02:00
MUETRA	2.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	8.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	11.43%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	88.07%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.80 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	434 gr.
FILLER	19.00 gr.
AGREGADO	3347 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	10.5 cm
D2	10.4 cm
D3	10 cm
D4	10.6 cm

Diametro Promedio:	10.38 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:04:00
MUETRA	3.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	8.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	12.14%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	87.36%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	461 gr.
FILLER	19.00 gr.
AGREGADO	3320 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	12 cm
D2	12.5 cm
D3	12 cm
D4	12.8 cm

Diametro Promedio:	12.33 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:06:00
MUETRA	4.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	9.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	12.86%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	86.64%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	489 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3292 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	11.4 cm
D2	13.4 cm
D3	12 cm
D4	12.2 cm

Diametro Promedio:	12.25 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:08:00
MUETRA	5.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	9.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	13.57%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	85.93%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	516 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3265 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	10.20 cm
D2	10.10 cm
D3	10.20 cm
D4	10.60 cm

Diametro Promedio:	10.28 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:10:00
MUETRA	6.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	10.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	14.29%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	85.21%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	543 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3238 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	11.90 cm
D2	11.95 cm
D3	12.50 cm
D4	12.40 cm

Diametro Promedio:	12.19 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:12:00
MUETRA	7.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	10.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	15.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	84.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	570.00 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3211.00 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	13.60 cm
D2	13.80 cm
D3	14.80 cm
D4	14.20 cm

Diametro Promedio:	14.10 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:14:00
MUETRA	8.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	11.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	15.71%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	83.79%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	597 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3184 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

N°	Medición
D1	16.8 cm
D2	16.85 cm
D3	16.82 cm
D4	16.74 cm

Diametro Promedio:	16.80 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:16:00
MUETRA	9.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	11.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	16.43%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	83.07%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	624 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3157 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	16.3 cm
D2	15.5 cm
D3	15.2 cm
D4	16.5 cm

Diametro Promedio:	15.88 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:18:00
MUETRA	10.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	12.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	17.14%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	82.36%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	651 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3130 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	12.60 cm
D2	13.80 cm
D3	12.00 cm
D4	13.40 cm

Diametro Promedio:	12.95 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:20:00
MUETRA	11.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	12.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	17.86%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	81.64%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	679 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3102 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	13.30 cm
D2	14.40 cm
D3	14.80 cm
D4	15.50 cm

Diametro Promedio:	14.50 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:22:00
MUETRA	12.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	13.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	18.57%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	80.93%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	706 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3075 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	13.50 cm
D2	13.50 cm
D3	12.80 cm
D4	13.40 cm

Diametro Promedio:	13.30 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:24:00
MUETRA	13.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 2

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	13.50%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	19.29%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	80.21%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	3.8 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	733 gr.
FILLER	19 gr.
AGREGADO	3048 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	13.50 cm
D2	12.80 cm
D3	13.20 cm
D4	12.80 cm

Diametro Promedio:	13.08 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:30:00
MUETRA	1.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	4.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	6.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	93.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.30 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	258.00 gr.
FILLER	21.50 gr.
AGREGADO	4020.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	9.40 cm
D2	9.80 cm
D3	10.20 cm
D4	9.20 cm

Diametro Promedio:	9.65 cm
--------------------	---------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:32:00
MUETRA	2.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	5.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	7.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	92.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	301 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3977.5 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.60 cm
D2	15.80 cm
D3	15.80 cm
D4	15.90 cm

Diametro Promedio:	15.78 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:34:00
MUETRA	3.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	6.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	9.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	90.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.30 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	387.00 gr.
FILLER	21.50 gr.
AGREGADO	3891.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

N°	Medición
D1	17.80 cm
D2	16.80 cm
D3	16.60 cm
D4	17.20 cm

Diametro Promedio:	17.10 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:36:00
MUETRA	4.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	7.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	10.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	89.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	430.00 gr.
FILLER	21.50 gr.
AGREGADO	3848.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	17.10 cm
D2	16.80 cm
D3	16.80 cm
D4	16.80 cm

Diametro Promedio:	16.88 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:38:00
MUETRA	5.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	8.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	11.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	88.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	473.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3805.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	16.40 cm
D2	16.80 cm
D3	17.00 cm
D4	16.40 cm

Diametro Promedio:	16.65 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:40:00
MUETRA	6.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	9.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	13.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	86.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.30 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	559.00 gr.
FILLER	21.50 gr.
AGREGADO	3719.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.90 cm
D2	16.30 cm
D3	16.40 cm
D4	15.90 cm

Diametro Promedio:	16.13 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:42:00
MUETRA	7.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	10.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	14.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	85.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	602.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3676.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	19.40 cm
D2	17.50 cm
D3	17.30 cm
D4	15.60 cm

Diametro Promedio:	17.45 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:44:00
MUETRA	8.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	11.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	16.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	83.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	688.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3590.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.60 cm
D2	15.40 cm
D3	15.50 cm
D4	16.20 cm

Diametro Promedio:	15.68 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:46:00
MUETRA	9.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	12.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	17.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	82.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	731.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3547.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	15.10 cm
D2	15.40 cm
D3	16.50 cm
D4	15.10 cm

Diametro Promedio:	15.53 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:48:00
MUETRA	10.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO -3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	13.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	19.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	80.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	817.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3461.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	14.40 cm
D2	16.00 cm
D3	16.40 cm
D4	14.60 cm

Diametro Promedio:	15.35 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:50:00
MUETRA	11.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	14.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	20.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	79.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	860.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3418.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	18.20 cm
D2	18.80 cm
D3	18.80 cm
D4	18.90 cm

Diametro Promedio:	18.68 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:52:00
MUETRA	12.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	15.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	21.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	78.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	903.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3375.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	22.40 cm
D2	22.20 cm
D3	21.80 cm
D4	24.00 cm

Diametro Promedio:	22.60 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

**FICHA DE RECOLECCION DE DATOS****DIAMETRO DE EXPARCIMIENTO EN LA TEXTURA SUPERFICIAL DEL SLURRY SEAL**

FECHA:	12/09/2018
HORA:	10:54:00
MUETRA	13.00
TIPO DE SLURRY SEAL	TIPO - 3

**PROPORCIÓN DE SLURRY SEAL PARA LA MUESTRA**

% DE PAVIMENTO EN EA	16.00%
% DE EMULSIÓN ASFÁLTICA (EA)	23.00%
% DE FILLER	0.50%
% DE AGREGADO	76.50%

**DOSIFICACION DE MUESTRA**

PESO DE MUESTRA	4.3 Kg.
EMULSIÓN ASFÁLTICA	989.00 gr.
FILLER	21.5 gr.
AGREGADO	3289.50 gr.

**MEDICIÓN DEL DIAMETRO PROMEDIO**

Nº	Medición
D1	26.00 cm
D2	25.00 cm
D3	25.00 cm
D4	25.00 cm

Diametro Promedio:	25.25 cm
--------------------	----------

**OBSERVACIONES**

## **ANEXO 03: GLOSARIO**

### **A. Organizaciones**

AIPCR: Asociación Internacional Permanente de Congresos de Carreteras, perteneciente a la Asociación Mundial de Carreteras, cuya sede se encuentra en París- Francia.

OCDE: Organización de países desarrollados

### **B. Términos de Textura**

PT: Profundidad de textura

MTD: Profundidad media de textura (Círculo de Arena)

Ha: Altura de la macrotextura (Marco Portátil de Textura)

La: Longitud de la mancha de arena (Marco Portátil de Textura)

RMS: Media cuadrática de textura (Perfilómetro)

### **C. Equipos para evaluar la textura**

Círculo de la Arena Marco Portátil de Textura

## ANEXO 04: DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LA MUESTRA

Nos ayuda a ahorrar material y generar optimización en el proceso de mezclado de nuestras respectivas muestras es por ello que primero se genera una muestra prueba la cual luego se determina su peso específico y con la cual se replanteara los cálculos para poder obtener las dosificaciones más exactas para un determinado volumen de nuestro molde.

Medrado			Volumen	Peso Especifico	Peso	Factor de Esponjamiento	Peso Requerido para la muestra
Largo	Ancho	Alto	cm3	gr/cm3	gr		
30	30	2.54	2286	1.11	2538.46	1.3	3300

Medrado			Volumen	Peso Especifico	Peso	Factor de Esponjamiento	Peso Requerido para la muestra
Largo	Ancho	Alto	cm3	gr/cm3	gr		
30	30	2.54	2286	1.28	2923.08	1.3	3800

Medrado			Volumen	Peso Especifico	Peso	Factor de Esponjamiento	Peso Requerido para la muestra
Largo	Ancho	Alto	cm3	gr/cm3	gr		
30	30	2.54	2286	1.45	3307.69	1.3	4300

## ANEXO 05: PANEL FOTOGRAFICO



Procesamiento del material Malla N° 200



Procesamiento del material Malla N° 100



Procesamiento del material Malla N° 50



Procesamiento del material Malla N° 30



Procesamiento del material Malla N° 16



Procesamiento del material Malla N° 8



Muestras procesadas para granulometrías tipo I, II y III



Vertido del material mezclado y pesado en las bandejas de mezcla



Material procesado tipo III



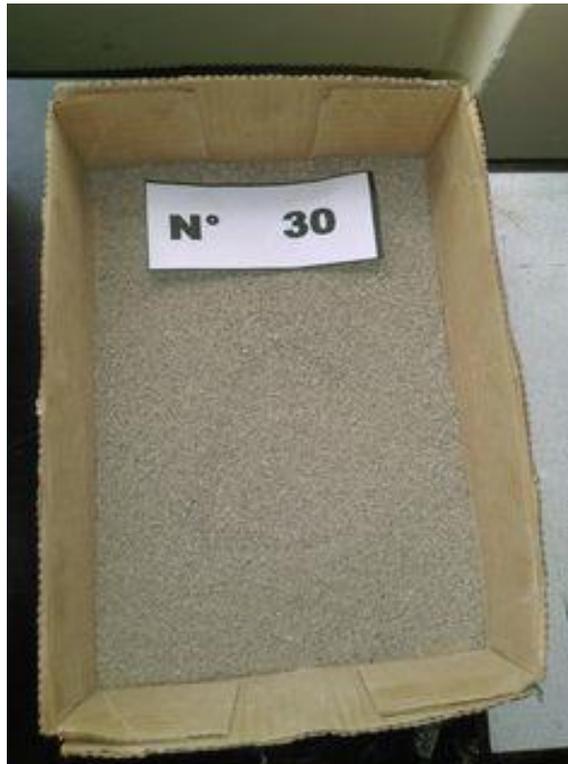
Material procesado tipo II



Material procesado tipo I



Trabajo de separación del agregado por tamaño de partícula



Vista de material malla N° 30



Vista de material malla N° 16



Vista de material malla N° 8



Vista del material para mezcla con la emulsión asfáltica



Vista de proceso de mezcla manual



Vista de proceso de mezcla manual



Vista de la mezcla manual del agregado con el asfalto en frio



Vista de la mezcla manual del agregado con el asfalto en frio



Vista de la mezcla manual del agregado con el asfalto en frio



Vista de la mezcla manual del agregado con el asfalto en frio



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



vista de la colocación del slurry seal en los moldes de 30cm x 30 cm



Vista del enrasado del slurry seal en el molde



Vista del molde tipo II para un % asfalto de 12.5%



Vista del molde tipo II para un % asfalto de 13.0%



Vista del molde tipo I para un % asfalto de 14.0%



Vista del molde tipo I para un % asfalto de 14.0%



Vista del enrasado del molde tipo 3 con 12% de asfalto en frio



Vista del molde de 30cm x 30cm de slurry seal seco



Vista del molde de 30cm x 30cm de slurry seal seco



Vista del molde de 30cm x 30cm de slurry seal seco



Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica.



Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica.



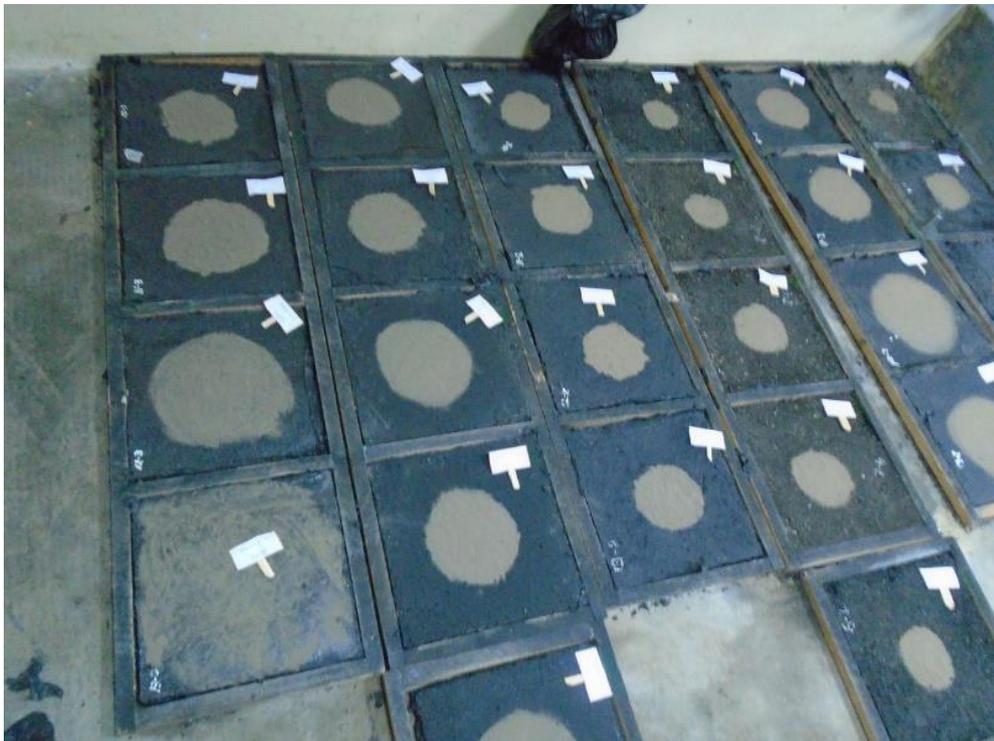
Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica.



Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica.



Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica ensayadas con el círculo de arena



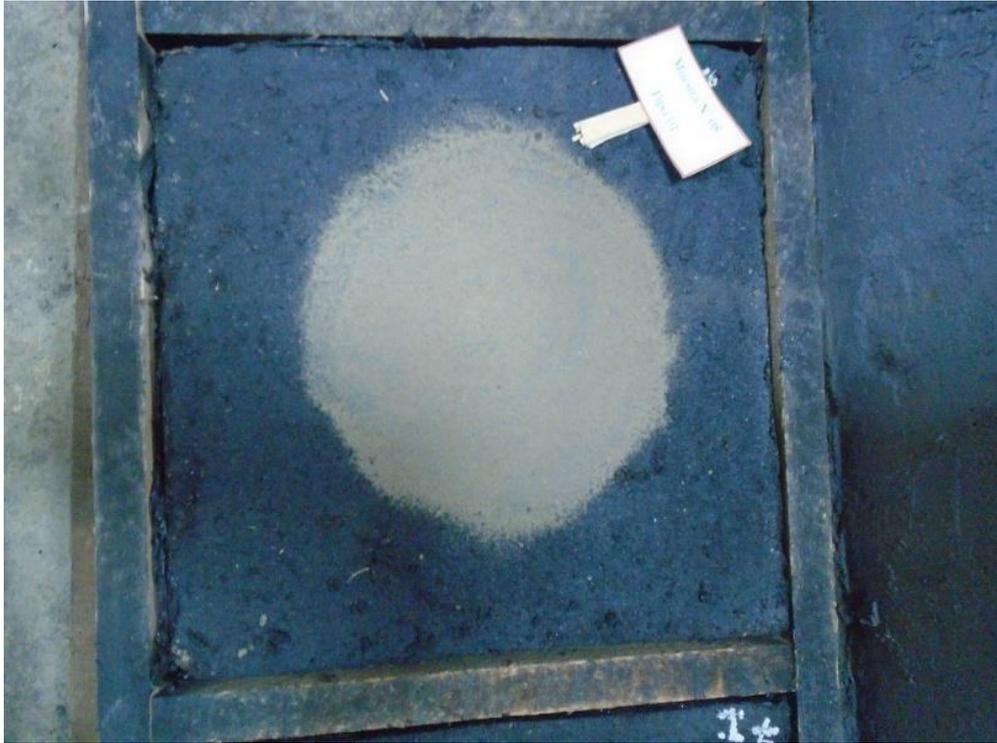
Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica ensayadas con el círculo de arena



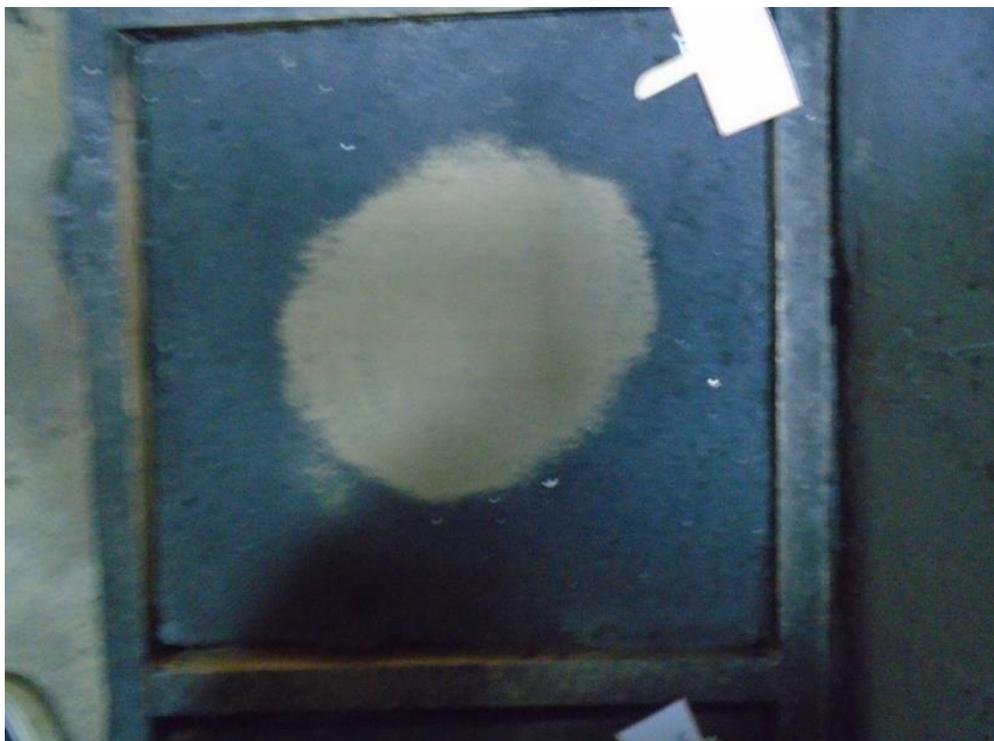
Vista de los moldes para diferentes tipos de agregado y diferente % de emulsión asfáltica ensayadas con el círculo de arena



Vista del molde ensayado para agregado TIPO I y % de asfalto 12% con Dprom 22.60 cm



Vista del molde ensayado para agregado TIPO I y % de asfalto 10% con  
Dprom 15.35 cm



Vista del molde ensayado para agregado TIPO I y % de asfalto 1% con  
Dprom 9.65 cm



Vista del molde ensayado para agergado TIPO 3 y % de asfalto 2% con Dprom 13.50 cm



Vista del molde ensayado para agergado TIPO 3 y % de asfalto 1% con Dprom 9.48 cm



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 1 y % de asfalto 5%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 1 y % de asfalto 4%



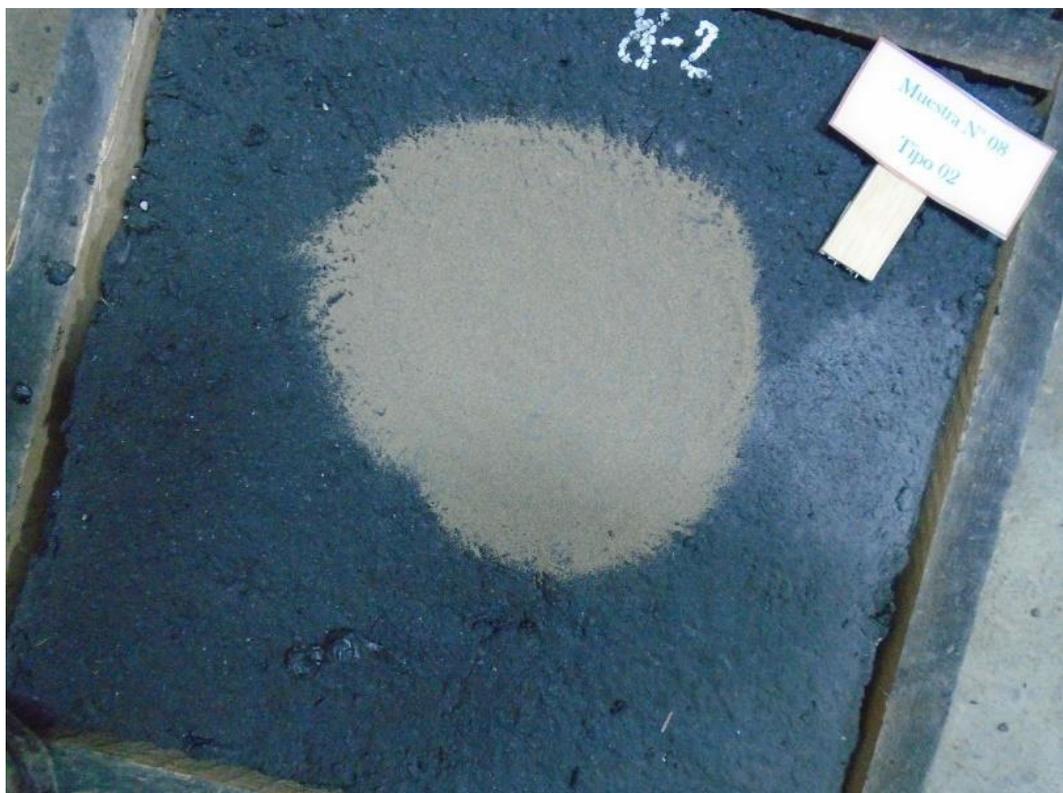
Vista del molde ensayado para agregado TIPO 1 y % de asfalto 14.5%



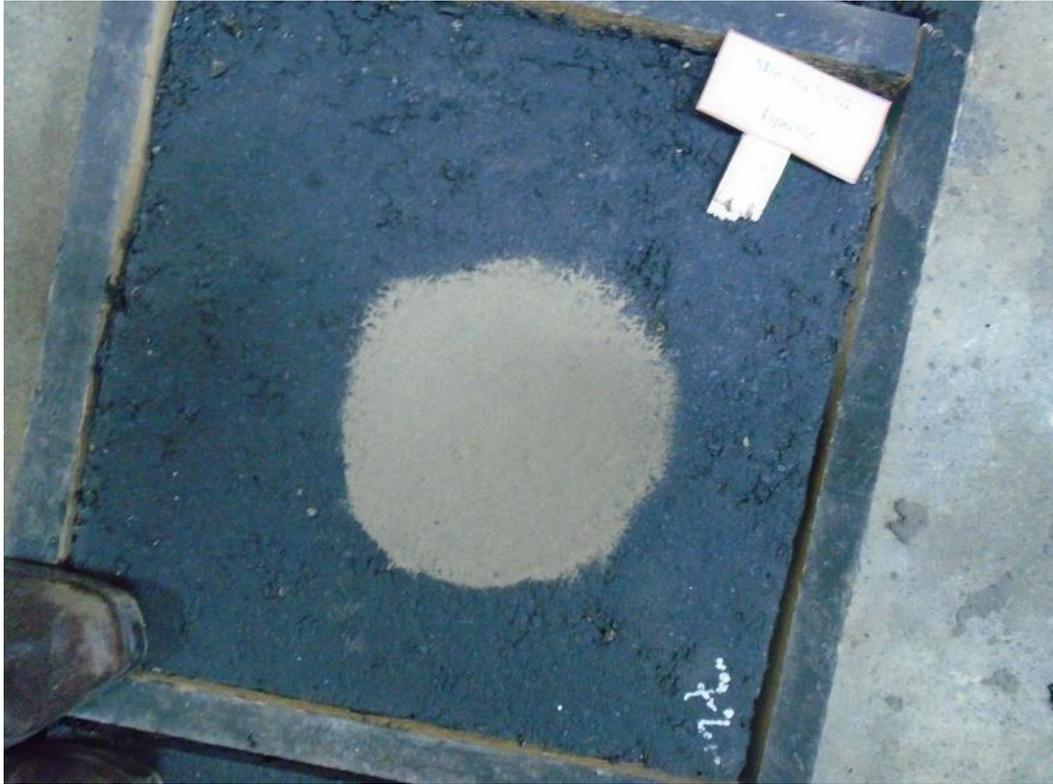
Vista del molde ensayado para agregado TIPO 1 y % de asfalto 15.0%



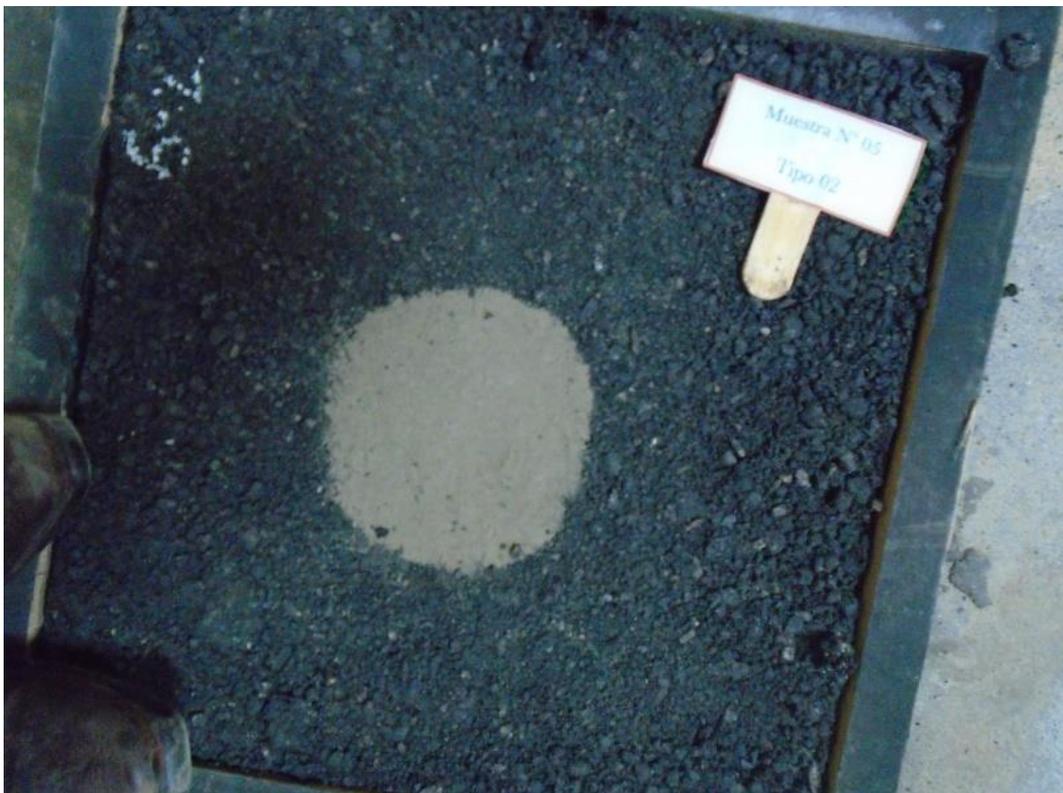
Vista del molde ensayado para agregado TIPO 2 y % de asfalto 11.50%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 2 y % de asfalto 11.00%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 2 y % de asfalto 7.00%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 2 y % de asfalto 7.00%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 1 y % de asfalto 4.00%



Vista del molde ensayado para agregado TIPO 2 y % de asfalto 8.50%