

ANEXO I

CARACTERIZACIÓN DE LOS

AGREGADOS PÉTREOS

Esta etapa abarca únicamente la caracterización de los agregados pétreos. Los ensayos realizados en esta etapa se encuentran establecidos en normas que son usadas en nuestro medio tales como la ASTM y la AASTHO descritas en el Manual de carreteras volumen IV de hormigones, donde se describe el procedimiento de cada uno de estos ensayos los parámetros en los cuales se basan, rangos establecidos, requisitos que son necesarios cumplir.

Como primer paso realizado fue obtener el agregado pétreo mediante una solicitud enviada a las oficinas de la alcaldía al Ing. Marcelo Zenteno director de obras públicas del gobierno autónomo municipal de cercado.

Figura A.1.1. Acopio de agregados en la alcaldía



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza el desarrollo de cada uno de los ensayos necesarios para realizar la caracterización de los mismos.

Ensayo de granulometría de los agregados pétreos (AASHTO T27); (ASTM C 136)

La granulometría se define como la distribución porcentual en masa de los distintos tamaños de partículas que constituyen un agregado pétreo. Para determinar esto se requiere realizar el análisis mediante tamices definidos según la banda de trabajo a evaluar. Se registran los datos de la granulometría en función de los pesos retenidos, porcentajes retenidos, porcentajes acumulados retenidos y porcentajes acumulados que pasan por cada tamiz.

Descripción del ensayo

Tiene por objetivo obtener el porcentaje de material que pasa a cada tamiz de la serie de tamices estándar y graficar su respectiva curva granulométrica para establecer la distribución de tamaños de los agregados, los cuales deben estar dentro de las especificaciones establecidas.

Equipo.-

- 1.- Balanza sensible a los 0,1 gramos.
- 2.- Juego de tamices.
- 3.- Horno de temperatura constante (105°C).
- 4.- Herramientas y accesorios (trapos, cuchara, brochas, recipientes, etc.).

Figura A.1.2. Materiales del ensayo de granulometría



Fuente: Elaboración propia.

Este método permite, mediante tamizado, determinar la distribución por tamaños de las partículas mayores que 0,075 mm, de una muestra.

Preparación de la muestra.-

La muestra debe ser representativa la cual se obtiene por cuarteo.

El peso de la muestra de agregado grueso necesario para el ensayo deberá estar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla A.1.1. Peso de la muestra de agregado grueso

| Tamaño máximo nominal de las partículas en pulgadas | Peso mínimo de la muestra en gramos |
|---|-------------------------------------|
| 3/8 | 1000 |
| 1/2 | 2500 |
| 3/4 | 5000 |
| 1 | 10000 |
| 1 1/2 | 15000 |
| 2 | 20000 |
| 2 1/2 | 25000 |
| 3 | 30000 |
| 3 1/2 | 35000 |

Fuente: Manual de ensayos para hormigones UAJMS.

Procedimiento.-

a) Análisis sin lavado.-

Se puso a secar la muestra en el horno a 105 °C, durante 12 horas. Se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesó la cantidad requerida para hacer la prueba.

Se colocó el juego de tamices desde el tamaño correspondiente al tamaño máximo hasta el tamiz Nº 200 y al final la base.

Se agito todo el juego de mallas, horizontalmente con movimientos de rotación y verticalmente con golpes de vez en cuando. El tiempo de agitado fue de 15 minutos.

Se quito la tapa y se separa la malla, vaciando la fracción de agregado que haya sido retenida en ella sobre la bandeja, a las partículas que han quedado trancadas entre los hilos de la malla no hay que forzarlos a pasar a través de ella; se invierte el tamiz y con ayuda de un cepillo de alambre desprendemos y agregamos a las depositadas sobre la bandeja.

Se pesó cuidadosamente la fracción de la muestra obtenida anteriormente.

Se hacen las pesadas de las fracciones retenidas en cada malla y en la base del fondo, procediendo en la forma indicada. Todos los pesos retenidos se anotan en el registro.

Figura A.1.3. Ensayo de la granulometría de los agregados



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

Realizar los respectivos cálculos:

- 1.- Calcular el peso acumulado de los pesos retenidos.
- 2.- Calcular el porcentaje retenido tomando como referencia el peso retenido acumulado dividido por su peso de la muestra multiplicado por 100.

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso retenido acumulado}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

- 3.- Luego invertir los porcentajes retenidos y transformarlos en porcentajes pasantes, para esto se debe restar al 100% cada porcentaje retenido acumulado.

$$\% \text{Que pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado}$$

- 4.- Dibujar la curva granulométrica a escala logarítmica donde las abscisas corresponden al tamaño de las partículas y las ordenadas a los porcentajes que pasan.

Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados gruesos (AASHTO T-85); (ASTM C-127)

Este ensayo tiene por objetivo determinar el peso específico a “granel”, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado pétreo cuando se sumerge en agua durante un periodo de 24 horas.

Equipo.-

- 1.- Balanza con capacidad de 5 kg o más y sensibilidad de 0,5 gr.
- 2.- Cesto cilíndrico de tela metálica.
- 3.- Pesas de 3 kg y 1 kg.
- 3.- Dispositivos de suspensión.
- 4.- Herramientas y accesorios (horno, bandejas, cuchara, etc.).

Figura A.1.4. Materiales del ensayo de peso específico y absorción de agua



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

La cantidad mínima de muestra para el ensayo está en función del tamaño máximo nominal del árido como se muestra:

Tabla A.1.2. Cantidad mínima de muestra

| Tamaño máximo nominal (mm) | Cantidad mínima de muestra (gr) |
|-------------------------------|------------------------------------|
| 12,5 (1/2") | 2000 |
| 19,0 (3/4") | 3000 |
| 25,0 (1") | 4000 |
| 37,5 (1 1/2") | 5000 |
| 50,0 (2") | 8000 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de hormigones.

Se lavó la muestra de material a fin de remover el polvo o cualquier impureza que cubra la superficie de las partículas y se colocó dentro de un recipiente lleno de agua por un periodo de 24 horas.

Procedimiento.-

Pesada de agregado saturado superficialmente seco

Se sacó la muestra del agua y se secan superficialmente las partículas con trapos haciéndolas rodar hasta que la película de agua haya desaparecido de la superficie. Se debe evitar la evaporación durante la operación.

Se obtuvo después el peso de la muestra con sus partículas saturadas. Se registra ese dato como B.

Pesada sumergida

Después de pesar, se colocará la muestra saturada con superficie seca en el cesto cilíndrico, y se sumerge en agua a 20 ± 3 °C y se sacude para eliminar el aire atrapado, en donde se determinará su peso sumergido. Se registra ese dato como C.

Pesada del agregado seco

Se retiró la muestra del cesto cilíndrico teniendo cuidado de no dejar partículas atrapadas.

Se secó la muestra en un horno a temperatura constante de 110 ± 5 °C y luego se deja enfriar a temperatura ambiente y se pesa. Se registra este dato como A.

Figura A.1.5. Ensayo de peso específico del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

Los cálculos a realizar serán los siguientes:

Peso específico seco de la muestra

$$\text{Peso específico a granel} = \frac{A}{B - C}$$

Peso específico saturado con superficie seca

$$\text{Peso específico en condición saturada superficialmente seca} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (%)

$$\% \text{ de absorción} = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A = Peso seco del agregado, en gr.

B = Peso del agregado saturado superficialmente seca, en gr.

C = Peso del agregado saturado, en gr.

Ensayo de peso unitario de los agregados (AASHTO T-19); (ASTM C-29)

Este método de ensayo cubre la determinación del peso unitario suelto y compactado de los agregados pétreos. Es aplicable a los agregados que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas. También se puede usar para determinar la relación masa/volumen para conversiones en acuerdos de compra y venta de agregados.

El peso unitario de los agregados considera el volumen macizo de las partículas de un agregado más el volumen de los poros y el volumen de vacíos entre las partículas.

Equipo. -

- 1.- Balanza sensible al 0,5 % del peso de la muestra.
- 2.- Una varilla de 5/8'' de diámetro y unos 60 cm de largo.
- 3.- Un juego de recipientes cilíndricos.
- 4.- Herramientas y accesorios (cinta métrica, cuchara, vernier, etc.).

Figura A.1.6. Materiales del ensayo de peso unitario



Fuente: Elaboración propia.

Calibración de los moldes.-

Los moldes deben ser calibrados con exactitud, determinando sus dimensiones de altura y diámetro de los moldes. El volumen de cada molde se lo determina mediante la fórmula de volumen de un cilindro que viene definido por:

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

Preparación de la muestra.-

Se usa una muestra representativa del agregado a la humedad ambiente. Por ningún motivo debe secarse dicha muestra en el horno.

Procedimiento.-

a) Determinación de la densidad aparente suelta

Procedimiento por simple vaciado.

Se aplicó a los agregados de tamaño máximo nominal igual o inferior que 100 mm.

Se registró el peso de los moldes vacíos en la balanza y anotamos este valor.

Se llenó el molde con la cuchara, descargándola desde una altura de aproximadamente 5 cm sobre el borde superior del molde.

A medida que se llenó el molde con los agregados esta debe tener una distribución uniforme.

Se eliminó el exceso de agregados empleando una varilla como regla de enrase, sin presionar.

Por último, se registró el peso del molde junto al agregado en la balanza, para posteriormente poder determinar la densidad aparente suelta.

b) Determinación de la densidad aparente compactada

Procedimiento por apisonado.

Se aplica a agregados de tamaño nominal igual o menor que 50 mm (2").

Se llenó el molde hasta una tercera parte de su capacidad, se niveló el agregado con las manos. Luego por medio de la varilla se apisona uniformemente esta capa 25 veces. No se debe golpear el fondo del molde.

Se repite el procedimiento anterior dos veces hasta llenar el molde. Las partículas de la superficie se deben enrasar con la varilla, sin presionar, teniendo como guía el borde del molde.

Por último, se registró el peso del molde junto al agregado en la balanza y anotamos este valor, para posteriormente poder determinar la densidad aparente compactada.

Figura A.1.7. Ensayo de peso unitario de los agregados gruesos



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

El peso neto del agregado o de la mezcla dentro del molde se obtiene restando el peso del molde a la muestra compactada y el peso del molde. El peso por unidad de volumen de la muestra se obtiene dividiendo el peso entre el volumen del recipiente.

$$P.U. = \frac{(A - B)}{V}$$

Donde:

A= Peso del recipiente más el agregado, en kg.

B= Peso del recipiente, en kg.

V= Volumen del recipiente, en m³.

Ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados (NTL 354)

Esta norma se aplica a agregados de origen natural o artificial. El ensayo para determinar el índice de aplanamiento no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3 mm ($\frac{1}{4}$ ") o mayores de 63 mm (2 $\frac{1}{2}$ "); mientras que la prueba para hallar el índice de alargamiento no aplica a los tamaños de partículas menores de 6.3mm ($\frac{1}{4}$ ") o mayores de 50 mm (2").

La forma de las partículas de los agregados es importante en la construcción de carreteras, porque las partículas de forma defectuosa suelen generar inconvenientes.

Equipo.-

- 1.- Calibradores metálicos.
- 2.- Tamices.
- 3.- Balanza, con una precisión de 0,1% el peso de la muestra.
- 4.- Herramientas y accesorios (trapos, cuchara, bandejas, etc.).

Figura A.1.8. Materiales del ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

Se separa por cuarteo una muestra representativa, con cantidad suficiente para la realización del ensayo.

Se procede a determinar su análisis granulométrico, usando los tamices indicados en la Tabla A.1.3. El porcentaje del peso retenido entre cada dos tamices sucesivos de la serie se denomina R_i , siendo i el tamiz de abertura menor.

Se pesa cada una de las fracciones retenidas entre tamices (R_i) y se coloca en una bandeja separada, debidamente marcada.

Si algunas de las fracciones del agregado cuyo porcentaje sea inferior al 5% de la muestra no se ensayan.

Tabla A.1.3. Dimensiones de los calibradores para espesor y longitud

| Tamices | | | | Dimensiones del calibrador, (mm) | |
|---------|----------|---------|----------|--------------------------------------|--|
| Pasa | | Retiene | | Aplanamiento (Abertura de ranura) | Alargamiento (Separación de las barras) |
| mm | (pulg) | mm | (pulg) | | |
| 63 | (2 1/2") | 50 | (2") | 33,9 | - |
| 50 | (2") | 37,5 | (1 1/2") | 26,3 | 78,8 |
| 37,5 | (1 1/2") | 25 | (1") | 18,8 | 56,3 |
| 25 | (1") | 19 | (3/4") | 13,2 | 39,6 |
| 19 | (3/4") | 12,5 | (1/2") | 9,5 | 28,4 |
| 12,5 | (1/2") | 9,5 | (3/8") | 6,6 | 19,8 |
| 9,5 | (3/8") | 6,3 | (1/4") | 4,7 | 14,2 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de hormigones.

Procedimiento.-

Para separar el material de forma aplanada de cada una de las fracciones de ensayo se hace pasar cada partícula en el calibrador de aplanamiento por la ranura cuya abertura corresponda a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla A.1.3.

La cantidad total de partículas de cada fracción que pasa por la ranura correspondiente, se pesa (P_{li}) con precisión del 0,1% del peso total de la muestra en ensayo.

Para separar el material con forma alargada de cada una de las fracciones de ensayo se hace pasar cada partícula en el calibrador de alargamiento por la separación entre barras correspondiente a la fracción que se ensaya, de acuerdo con la Tabla A.1.3.

La cantidad total de partículas de cada fracción retenida entre las dos barras correspondientes, se pesa (Pai) con precisión del 0,1% de la masa total de la muestra de ensayo.

Figura A.1.9. Ensayo de índice de aplanamiento y alargamiento de los agregados



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

El índice de aplanamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{li}, que pasa a través de la correspondiente ranura y el peso inicial, P_i, de dicha fracción.

$$\text{Índice de aplanamiento de la fracción } (I_{li}) = \frac{P_{li}}{P_i} * 100$$

El índice de alargamiento de cada fracción de ensayo se calcula en tanto por ciento, mediante la relación entre el peso de las partículas, P_{ai}, retenidas entre las correspondientes barras y el peso inicial, P_i, de dicha fracción:

$$\text{Índice de alargamiento de la fracción } (I_{ai}) = \frac{P_{ai}}{P_i} * 100$$

$$\text{Índice de aplanamiento} = \frac{\sum(I_{li} * R_i)}{\sum R_i} \quad ; \quad \text{Índice de alargamiento} = \frac{\sum(I_{ai} * R_i)}{\sum R_i}$$

**Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los Ángeles (AASTHO T-96);
(ASTM C-131)**

Este método establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de los agregados mayores a 2,5 mm, mediante la máquina de los Ángeles.

Este ensayo se ha usado ampliamente como un indicador de la calidad relativa o la competencia de diferentes fuentes de agregados pétreos de similares composiciones mineralógicas. Los resultados nos brindan automáticamente comparaciones validas entre fuentes marcadamente diferentes en origen, composición o estructura.

Equipo.-

- 1.- Máquina de desgaste de los ángeles.
- 2.- Balanza de 5 kg, de capacidad y sensible de 0,1 gr.
- 3.- Esferas (carga abrasiva).
- 4.- Un juego de tamices.
- 5.- Herramientas y accesorios (bandejas, cuchara, horno, trapos, etc.).

Figura A.1.10. Materiales del ensayo de desgaste de los Ángeles



Fuente: Elaboración propia.

La carga de desgaste que debe llevar la máquina de los ángeles consistirá de bolas o esferas de acero de 17/8" de diámetro y cuyo peso puede variar entre 390 y 445 gr.

El número de bolas de acero que se usará depende de la gradación de la muestra de ensayo y será como sigue:

Tabla A.1.4. Gradación de la muestra de ensayo

| Gradación | Nº de esferas | Peso de la carga |
|-----------|---------------|------------------|
| A | 12 | 5000+25 |
| B | 11 | 4584+25 |
| C | 8 | 3330+20 |
| D | 6 | 2500+15 |
| E | 12 | 5000+25 |
| F | 12 | 5000+25 |
| G | 12 | 5000+25 |

Fuente: Manual de ensayos para hormigones UAJMS.

Preparación de la muestra.-

La muestra de ensayo consiste de agregado limpio que ha sido secado en un horno a 105°C hasta peso constante y tendrá una de las gradaciones que indica en la Tabla A.1.5. siguiente. La gradación que se usa será la que más se aproxima a la del agregado bajo ensayo.

Tabla A.1.5. Gradación y peso de la muestra de ensayo

| Tamaño del tamiz | | Gradación y peso de la muestra de ensayo (grs) | | | | | | |
|------------------|----------------|--|------|------|------|------|------|------|
| Pasa | Retenido sobre | A | B | C | D | E | F | G |
| 3" | 2 1/2" | — | — | — | — | 2500 | — | — |
| 2 1/2" | 2" | — | — | — | — | 2500 | — | — |
| 2" | 1 1/2" | — | — | — | — | 5000 | 5000 | — |
| 1 1/2" | 1" | 1250 | — | — | — | — | 5000 | — |
| 1" | 3/4" | 1250 | — | — | — | — | — | — |
| 3/4" | 1/2" | 1250 | 2500 | — | — | — | — | 5000 |
| 1/2" | 3/8" | 1250 | 2500 | — | — | — | — | 5000 |
| 3/8" | 1/4" | — | — | 2500 | — | — | — | — |
| 1/4" | Nº4 | — | — | 2500 | — | — | — | — |
| Nº4 | Nº8 | — | — | — | 5000 | — | — | — |

Fuente: Manual de ensayos para hormigones UAJMS.

Se obtuvo para la grava una gradación “B” donde la muestra sería de 5000 gramos y para la gravilla una gradación “C” donde la muestra sería de 5000 gramos.

Figura A.1.11. Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los ángeles



Fuente: Elaboración propia.

Procedimiento.-

Se colocó la muestra de ensayo y la carga en la máquina de desgaste de los ángeles y se puso en funcionamiento la máquina a una velocidad de 30 a 33 revoluciones por minuto. Para las gradaciones A, B, C la máquina se hará girar durante 500 revoluciones, para las gradaciones E, F y G se hará girar durante 1000 revoluciones. Al final del ensayo el material será descargado de la máquina y se hará una separación preliminar por el tamiz N° 12.

El material que queda retenido en el tamiz N° 12 debe lavarse, secarse en un horno a una temperatura constante de 105°C a 110°C. Por último, pesamos y registramos este valor.

Cálculos.-

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose como la diferencia entre el peso inicial y final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial.

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{\text{Peso}_{\text{inicial}} - \text{Peso}_{\text{final}}}{\text{Peso}_{\text{inicial}}} * 100$$

Ensayo de caras fracturadas de los agregados (ASTM D-5821); (NTL-358)

Este método describe el procedimiento para determinar el porcentaje, en peso, del material que presente una o más caras fracturadas de las muestras de agregados. Uno de los propósitos de este requisito es maximizar la resistencia al corte, incrementando la fricción entre partículas en mezclas de agregados, ligadas o no. Otro propósito, es dar estabilidad

a los agregados usados en tratamientos superficiales y proporcionar mayor fricción y textura a los agregados usados en la construcción de capas de rodadura.

Equipo.-

- 1.- Balanza, de 5000 gr de capacidad y precisión de 1 gr.
- 2.- Tamices, de 37,5, 25,0, 19,0, 12,5 y 9,5 mm ($1\frac{1}{2}$ ", 1", $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}$ ").
- 3.- Espátula, para separar los áridos.
- 4.- Agitador mecánico (Rop Tap).
- 5.- Herramientas y accesorios (cuarteador, cuchara, recipientes, trapos, etc.).

Figura A.1.12. Materiales del ensayo de caras fracturadas de los agregados



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

La muestra para el ensayo deberá ser representativa de la granulometría promedio del agregado, y se obtendrá mediante un cuidadoso cuarteo del total de la muestra recibida. Separamos por tamizado la fracción de la muestra comprendida entre los tamaños 37,5 mm y 9,5 mm ($1\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{8}"), descartando el resto.$

El peso total de la muestra dependerá del tamaño del agregado así:

Tabla A.1.6. Peso total de la muestra según el tamaño el agregado

| Tamaño del árido | Peso en gr |
|--|------------|
| 37,5 a 25,0 mm ($1\frac{1}{2}$ " a 1") | 2000 |
| 25,4 a 19,0 mm (1" a $\frac{3}{4}$ ") | 1500 |
| 19,0 a 12,5 mm ($\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ ") | 1200 |
| 12,5 a 9,5 mm ($\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ ") | 300 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de hormigones.

Al momento de realizar el tamizado del agregado se visualizó un tamaño máximo nominal de la partícula de $\frac{3}{4}$ ", entonces se tomó como muestra un peso de 1500 gr para cada ensayo.

Procedimiento.-

Una vez ya obtenida la muestra se lo introduce en el juego de tamices y se procede a tamizar en el agitador mecánico (Rop Tap), durante un tiempo de 15 min.

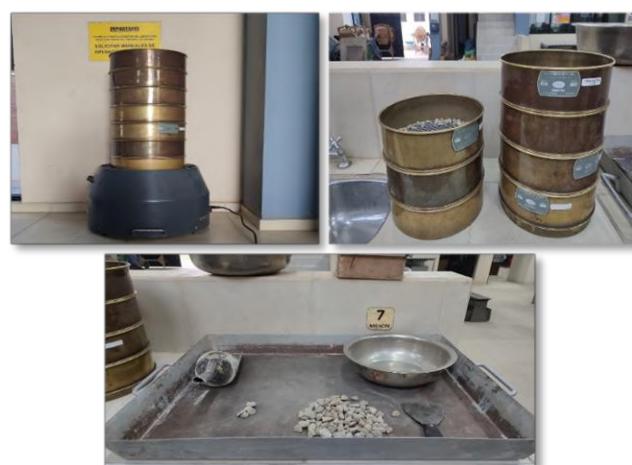
Posterior a ello pesamos en la balanza las muestras retenidas en las mallas de los tamices y anotamos este valor.

Se esparció la muestra de cada tamiz por separado en un área suficientemente grande, para inspeccionar cada partícula. Si es necesario se lava el agregado sucio. Esto facilitara la inspección y detección de las partículas fracturadas.

Se separó con el borde de la espátula, las partículas que tengan una o más caras fracturadas. Si una partícula de agregado redondeada presenta una fractura muy pequeña, no se clasificará como "partícula fracturada". Una partícula se considerará como fracturada cuando un 25% o más del área de la superficie aparece fracturada. Las fracturas deben ser únicamente las recientes, aquellas que no han sido producidas por la naturaleza, sino por procedimientos mecánicos.

Por último, pesamos las partículas fracturadas de cada tamiz y anotamos este valor.

Figura A.1.13. Ensayo del porcentaje de caras fracturadas de los agregados



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

El porcentaje de caras fracturadas se calcula así:

$$\text{Porcentaje de caras fracturadas} = \frac{B}{A} * 100$$

Donde:

A= Muestra retenida en gr.

B= Material triturado en gr.

Ensayo de durabilidad por el método de los sulfatos para determinar la desintegración (AASHTO T-104); (ASTM C-88)

Este método abarca el procedimiento a seguir en el ensayo de agregados para determinar su resistencia a la desintegración en soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio.

Proporciona una información útil para juzgar la solidez de los agregados sujetos a la acción de la meteorización particularmente cuando no se dispone de una información adecuada de los datos de servicio del material expuesto a las condiciones de meteorización existentes.

Equipo.-

- 1.- Balanza, de 5000 gr. de capacidad y precisión de 1 gr.
- 2.- Tamices.
- 3.- Horno.
- 4.- Reactivos.
- 5.- Herramientas y accesorios (cuchara, recipientes, trapos, etc.).

Figura A.1.14. Materiales del ensayo de durabilidad



Fuente: Elaboración propia.

Solución requerida.-

a) Solución de sulfato de sodio.- La solución de sulfato de sodio se prepara disolviendo sal anhídrida o cristalina en agua limpia a una temperatura de 25 a 30 °C. Se agrega suficiente sal para asegurar no solamente la saturación sino también la presencia de cristales en exceso cuando la solución esté lista para su empleo en sus ensayos. La mezcla se agita vigorosamente durante la adición de sal y la solución se agita con frecuencia hasta el momento de su empleo

Para preparar la solución saturada suficiente 215 gr de sal anhídrida por litro de agua. Sin embargo, desde que estas sales no son completamente estables y es deseable que haya un exceso de cristales, se recomienda emplear no menos de 350 gr.

Tamaño de la muestra de ensayo.-

Agregado grueso

Se preparó la muestra con el material retenido en el tamiz de 4,75mm (No 4) para hormigón y 2,36 mm (No 8) para asfalto; debe tener un tamaño tal que permita obtener las fracciones de muestra especificadas en la Tabla A.1.7.

No ensayar las fracciones que tengan un porcentaje retenido menor que 5%.

Tabla A.1.7. Tamaño de la muestra para el agregado grueso

| Fracción | Tamaño de partículas (mm) | Masa de la subfracción (gr) | Masa de fracción (gr) |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | 50 - 63 | 3000 ± 300 | 5000 ± 5 |
| | 37,5 - 50 | 2000 ± 200 | |
| 2 | 25 - 37,5 | 1000 ± 50 | 1500 ± 5 |
| | 19 - 25 | 500 ± 30 | |
| 3 | 12,5 - 19 | 670 ± 10 | 1000 ± 5 |
| | 9,5 - 12,5 | 330 ± 5 | |
| 4 | 4,75 9,5 | 300 ± 5 | 300 ± 5 |
| 5 | 2,36 - 4,75 | 100 ± 5 | 100 ± 5 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de hormigones.

La muestra de agregado grueso se lava completamente, se seca hasta un peso constante a 105° C y se separa por cibrado en los diferentes tamaños indicados anteriormente. El peso adecuado de la muestra para cada fracción se pesa y se coloca en recipientes separados

para el ensayo. En el caso de fracciones de tamaño superior al tamiz $\frac{3}{4}$ " se cuenta el número de partículas.

Procedimiento.-

Las muestras deben sumergirse en la solución preparada de sulfato de sodio no menos de 16 y no más de 18 horas de tal modo que la solución las cubra hasta una profundidad de $\frac{1}{2}$ " aproximadamente. Los recipientes deben taparse para reducir la evaporación e impedir la adición accidental de sustancias extrañas; las muestras sumergidas en la solución se mantienen a una temperatura de 21 ± 1 °C durante el periodo de inmersión.

Después del periodo de inmersión la muestra de agregado se retira de la solución, se permite que drene y luego se coloca en el horno de secada. Deben evitarse las pérdidas de partículas de agregados. La temperatura del horno debe estar entre 105 a 110 °C las muestras se secan hasta un peso constante a la temperatura especificada. Después de secar la muestra esta se dejan enfriar a la temperatura ambiente y luego se sumergen de nuevo en la solución preparada tal como se indica en párrafos anteriores.

El proceso de inmersión y secado alternados se repite 5 veces.

Al finalizar el último ciclo y después de la muestra enfriada, este se lava del sulfato de sodio.

Después de remover la solución de sulfato de sodio, cada fracción de la muestra se seca hasta peso constante, se pesa y se tamiza sobre el mismo tamiz en el que se fue retenido antes del ensayo. Se pesan las partículas retenidas sobre el tamiz y el peso se anota.

Figura A.1.15. Ensayo de durabilidad



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos.-

El porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra es de acuerdo con la formula siguiente:

$$P_N(\%) = \frac{m_i - m_f}{m_i} * ppr$$

Donde:

P_N = Porcentaje ponderado de pérdida de masa de cada fracción de muestra (%).

m_i = Masa inicial de la fracción (gr).

m_f = Masa final de la fracción (gr).

ppr = Porcentaje parcial retenido correspondiente a la fracción según el análisis granulométrico (%).

ANEXO II

CARACTERIZACIÓN DE LOS

LIGANTES ASFÁLTICOS

Esta etapa abarca únicamente la caracterización de los ligantes asfálticos que son el asfalto convencional y el asfalto modificado con polvo de neumático, estos materiales se utilizan como ligante en la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial.

Los ensayos realizados en esta segunda etapa se encuentran establecidos en normas que son usadas en nuestro medio tales como la ASTM y la AASTHO, descritas en el Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC, donde se describe el procedimiento de cada uno de estos ensayos los parámetros en los cuales se basan, rangos establecidos, requisitos que son necesarios cumplir.

Caracterización del asfalto convencional 85-100

El asfalto convencional fue obtenido mediante una solicitud enviada a las oficinas de la alcaldía al Ing. Marcelo Zenteno director de obras públicas del gobierno autónomo municipal de cercado.

Para la caracterización del asfalto convencional se procedió a realizar los siguientes ensayos descritos a continuación; en el laboratorio de asfaltos de la universidad Juan Misael Saracho.

Ensayo de penetración (AASHTO T49-97); (ASTM D-5)

Este método describe el procedimiento para determinar la dureza, mediante penetración, de materiales bituminosos sólidos y semisólidos.

El ensayo de penetración se usa como una medida de consistencia; valores altos de penetración indican consistencias más blandas.

Equipo.-

- 1.- Penetrómetro.
- 2.- Aguja de penetración.
- 3.- Cápsulas.
- 4.- Baño de agua.
- 5.- Herramientas y accesorios (cronómetro, bandejas, gasolina, trapos, etc.).

Figura A.2.1. Materiales del ensayo de penetración



Fuente: Elaboración propia.

Condiciones del ensayo.-

Cuando no se especifiquen las condiciones de ensayo, considere la temperatura, carga y tiempo, en 25°C, 100 gr y 5 seg, respectivamente.

Preparación de la muestra.-

Se calentó el cemento asfáltico cuidadosamente, homogéneamente para prevenir sobrecalentamientos locales hasta que este lo suficientemente fluida para vaciar. Se cuidó que la temperatura no debe elevarse más allá de 90 °C sobre el punto de ablandamiento para el caso de los asfaltos.

Se llenaron las cápsulas, teniendo en cuenta que la profundidad de la muestra sea por lo menos 10 mm mayor que la profundidad a la cual se espera que la aguja penetre.

Se dejaron enfriar las cápsulas a temperatura ambiente hasta alcanzar una temperatura entre 15° y 30° C durante un periodo de media hora, cubiertos para protegerlos del polvo.

Se puso las cápsulas en un baño de agua a una temperatura de 25 °C manteniendo esta temperatura constante durante un periodo de tiempo similar al anterior.

Procedimiento.-

Se montó el equipo de penetración y se verificó que el vástago esté completamente limpio y seco, y que se deslice en forma suave y sin rozamiento sobre la guía. La aguja de penetración se limpió con gasolina y se secó con un trozo de papel higiénico, se la fijó firmemente en su soporte como también la carga de 50 gr.

Se retiró la cápsula del baño de agua y se la ubicó en el penetrómetro.

Se tiene que descender la aguja hasta que haga contacto con la superficie de la muestra, sin que penetre.

Se verificó que el penetrómetro se encuentre en cero, y se soltó la aguja, iniciando en el mismo instante el cronómetro para medir un tiempo de 5 segundos.

Finalmente, se leyó y anotó la distancia expresada en decimas de milímetro.

Se realizó tres penetraciones en la superficie de la muestra. Las penetraciones tienen que estar distanciadas un mínimo de 10 mm de la pared y uno respecto del otro.

Se debe retornar la cápsula al baño de agua entre determinaciones.

Figura A.2.2. Ensayo de penetración



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de punto de inflamación (AASTHO T79-96); (ASTM D1310-01)

El método define la determinación del punto de inflamación por medio de la copa abierta de Cleveland, para productos del petróleo y otros líquidos, excepto aceites combustibles y materiales que tienen un punto de inflamación por debajo de 79°C determinado por medio de este método de ensayo.

El punto de inflamación da una indicación de la posible presencia de sustancias altamente volátiles e inflamables en un producto relativamente no volátil o no inflamable. También sirve como prueba de seguridad en la operación de las plantas productoras de mezcla asfáltica en caliente.

Equipo.-

- 1.- Copa Abierta de Cleveland.
- 2.- Termómetro.
- 3.- Hornilla eléctrica.
- 4.- Herramientas y accesorios (brocha, bandejas, gasolina, trapos, etc.).

Figura A.2.3. Materiales del ensayo de punto de inflamación



Fuente: Elaboración propia.

Preparación del aparato.-

Se montó el equipo sobre un mesón nivelado y se cerraron momentáneamente las ventanas y puertas para eliminar corrientes de aire.

Se lavó la copa de ensayo con gasolina para remover cualquier aceite o residuos remanentes de un ensayo anterior.

Se puso el termómetro en posición vertical con el bulbo a una distancia de 6,5 mm del fondo de la copa y localizado en un punto medio entre el centro y la pared de la misma.

Procedimiento.-

Se comenzó llenando la copa con el cemento asfáltico, previamente calentado y teniendo cuidando que la temperatura no excediera de 100°C por encima de lo esperado para el punto de ablandamiento. Se llenó hasta el punto en el que la parte superior del menisco quede en la línea de llenado.

La copa se llenó lejos del equipo montado, se debe tener en cuenta que no debe existir material adherido a la parte exterior de la copa ni burbujas de aire sobre la superficie de la muestra.

Se colocó la copa en posición en la hornilla eléctrica, cuidando el espacio entre el extremo inferior del termómetro y el fondo de la copa.

Se comenzó a aplicar calor de modo que la temperatura de la muestra suba a una velocidad entre 14 y 17°C por minuto. Cuando la temperatura se aproxime a los 55°C por debajo del punto de inflamación esperado, se disminuyó el calor de modo que la velocidad de la temperatura para 28°C antes del punto de inflamación, sea de 5 a 6°C por min.

Cuando la temperatura se aproximó a los 210°C, se aplicó la llama de ensayo, una vez por cada aumento de 2°C leídos en el termómetro, con un tiempo de barrido a través de la copa de aproximadamente 1 segundo.

Al momento de llegar a temperaturas mayores a los 230°C, se tuvo la precaución de no aproximarse bruscamente y no respirar cerca de la copa puesto que cualquier movimiento de aire dispersa los gases que se acumulan en la parte superior.

Se registró como punto de inflamación, la lectura de temperatura del termómetro en el instante en que la llama del ensayo produce un destello sobre la superficie de la muestra.

Figura A.2.4. Ensayo de punto de inflamación



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de punto de ablandamiento (AASTHO T53-96); (ASTM D-36)

Este método describe el procedimiento para determinar el punto de ablandamiento de materiales asfálticos, cuyo valor se encuentre en el rango de 30 a 200°C, por medio del aparato de anillo y bola.

Los productos bituminosos son materiales visco-elásticos y no cambian del estado sólido al estado líquido a una temperatura definida, sino que se tornan gradualmente más blandos y menos viscosos a medida que se eleva la temperatura. Por esta razón, el punto de ablandamiento se debe determinar por medio de un método arbitrario pero muy definido, que produzca resultados reproducibles y comparables.

Equipo.-

- 1.- Equipo de punto de ablandamiento.
- 2.- Termómetro.
- 3.- Hornilla eléctrica.
- 4.- Agua destilada.
- 5.- Talco y glicerina.
- 6.- Herramientas y accesorios (brocha, espátula, gasolina, hielo, etc.).

Figura A.2.5. Materiales del ensayo de punto de ablandamiento



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

Se calentó la muestra, agitándola continuamente para prevenir un sobrecalentamiento local, hasta que esté suficientemente fluida para verterla. Se cuidó que la temperatura de la muestra no debe exceder de 110°C por sobre el punto de ablandamiento.

Se vertió la muestra caliente dentro de los dos anillos hasta que esté presente un exceso. Mientras se llenan los anillos se apoyó sobre una placa de vidrio, previamente recubierta con una mezcla de glicerina y talco, para prevenir que el asfalto se adhiera a la placa de vidrio y se las deja enfriar a temperatura ambiente durante un tiempo de 30 minutos.

Después del enfriado, se corta el exceso de asfalto con una espátula caliente.

Procedimiento.-

Se comenzó llenando el vaso precipitado con agua destilada donde fue ensamblando el aparato con los anillos, el termómetro y la guía para centrar las bolas en posición. También se incorporó las bolas para que tengan la misma temperatura del baño.

Se realizó un baño de agua y hielo para que la temperatura en el vaso precipitado sea de 5°C. Una vez llegado a esta temperatura mantener durante un tiempo de 15 minutos.

Al momento de pasar el tiempo se retira el vaso precipitado y se coloca las bolas en cada una de las guías de centraje, el vaso precipitado se la lleva donde una bandeja con agua que esta sobre una hornilla electica.

Se aplicó calor de tal manera que la temperatura del agua aumente con una velocidad uniforme de 5°C por minuto, se debe evitar las corrientes de aire.

Se registró la temperatura indicada por el termómetro, en el instante que la muestra que rodea la bola, toque la placa inferior. Se tomó en cuenta que la diferencia de temperatura entre las dos muestras no excediera los 1°C.

Figura A.2.6. Ensayo de punto de ablandamiento



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de ductilidad (AASTHO T51-00); (ASTM D-113)

La ductilidad de un material bituminoso es la longitud, medida en cm., a la cual se alarga (elonga) antes de romperse por los dos extremos de una briqueta, confeccionada con una

muestra y de la forma descrita más adelante se traccionan a la velocidad y temperatura especificadas. A menos que otra condición se especifique, el ensayo se efectúa a una temperatura de $25 \pm 0,5$ °C y a una velocidad de 5 cm/min $\pm 5\%$.

El ensayo brinda una medida de las propiedades a tensión de los materiales bituminosos y se usa para establecer si el producto que se ensaya cumple la especificación correspondiente. Generalmente, se considera que un asfalto de baja ductilidad presentará pobres propiedades adhesivas y un deficiente comportamiento en servicio.

Equipo.-

- 1.- Moldes.
- 2.- Baño de agua.
- 3.- Ductilímetro.
- 4.- Termómetro.
- 5.- Talco y glicerina.
- 6.- Herramientas y accesorios (espátula, brocha, gasolina, bandejas, etc.).

Figura A.2.7. Materiales del ensayo de ductilidad



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

Se armó el molde sobre una placa base, previamente recubiertas con una mezcla de glicerina y talco, para prevenir que el asfalto se adhiera a la placa y de los lados del molde.

Se calentó la muestra, previniendo calentamientos locales, hasta que este lo suficientemente fluida. Se cuidó que la temperatura de la muestra no excediera de 80°C a 110°C por sobre el punto de ablandamiento.

Se vertió el asfalto dentro del molde, hasta que quede por sobre el nivel de llenado y dejamos enfriar a temperatura ambiente por un periodo de tiempo de 30 minutos. Pasado

el tiempo se colocó las muestras en un baño de agua a una temperatura de 25°C por 30 minutos.

Se recortó el exceso de asfalto con una espátula caliente, de modo que el molde se ajuste al nivel de llenado.

Procedimiento.-

Se colocó la placa y el molde en el ductilímetro en un baño de agua por un periodo de tiempo de 90 minutos a una temperatura de 25 °C. Luego se quita la placa de base y llevamos al molde en posición de ensayo. Luego se quita las partes de los lados del molde, todo esto en el mismo baño de agua.

El material asfáltico es estirado por el equipo del ductilímetro a una velocidad uniforme de 5 cm/min \pm 5%, hasta formar un hilo produciendo la ruptura.

Por último, se registró las distancias en centímetros entre los clips traccionados en el momento de producirse la ruptura.

Figura A.2.8. Ensayo de ductilidad



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de peso específico (AASHTO T229-97); (ASTM D71-94)

Este método establece el procedimiento para determinar la densidad de los asfaltos, mediante el uso de picnómetro a la temperatura requerida. Los valores de densidad se usan para realizar conversiones de unidades de volumen a masa y para realizar correcciones en

las medidas de volumen, cuando la temperatura de ejecución del ensayo difiere de la temperatura usada como referencia.

Equipo.-

- 1.- Picnómetro.
- 2.- Balanza analítica.
- 3.- Baño termostático.
- 4.- Termómetro.
- 5.- Herramientas y accesorios (agua destilada, gasolina, trapos, etc.).

Figura A.2.9. Materiales del ensayo de peso específico



Fuente: Elaboración propia.

Calibración del picnómetro

Se determinó la masa del picnómetro limpio y seco.

Se llenó el picnómetro con agua destilada hasta su capacidad y se lo coloco en un baño de agua de forma que el agua del baño quede al mismo nivel del agua destilada del picnómetro. Se lo mantiene en el baño de agua por un periodo de tiempo de 30 minutos a una temperatura de 25°C.

Se retiró el picnómetro del baño de agua y se secó cuidadosamente toda la humedad superficial, para poder registrar este valor.

Procedimiento. –

Se calentó una pequeña cantidad de asfalto hasta que este fluida. Una vez que la muestra este suficientemente fluida se la vierte dentro del picnómetro, limpio y seco, hasta aproximadamente la mitad. Es conveniente calentar ligeramente el picnómetro con una secadora antes de vaciar el asfalto.

Evitar que el asfalto toque las paredes del picnómetro por encima de su nivel final, y evitar la inclusión de burbujas de aire, aplicando ligeramente una llama de un mechero a la superficie del picnómetro y del asfalto.

Se dejó enfriar el picnómetro y su contenido a temperatura ambiente y se registró la masa.

Se terminó de llenar con agua destilada y se lo coloco en el baño de agua, a una temperatura de 25°C por un periodo de tiempo de 30 minutos. Pasado el tiempo se retiró el picnómetro y lo secamos con papel higiénico.

Por último, se pesó y se registró esta masa.

Figura A.2.10. Ensayo de peso específico



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de viscosidad (AASTHO T201-01); (ASTM D-2170)

Este método abarca el procedimiento para determinar la viscosidad cinemática de asfaltos líquidos, aceites de caminos y residuos destilados de asfaltos líquidos, todos a 60°C, y de asfaltos convencionales a 135°C, en el rango de 30 a 100.000 cSt.

Equipo.-

- 1.- Equipo de viscosímetro Saybolt - Furol.
- 2.- Vasos precipitados de 50 ml.
- 3.- Vibrador automático.
- 4.- Termómetro.
- 5.- Herramientas y accesorios (cronómetro, espátula, brocha, gasolina, etc.).

Figura A.2.11. Materiales del ensayo de viscosidad



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de la muestra.-

Se calentó una muestra, previniendo sobrecalentamientos locales hasta que llegue a estar suficientemente fluida para vaciarla; ocasionalmente agitar la muestra para ayudar a la transferencia de calor y asegurar uniformidad. La muestra de 20 ml se calentó hasta que llegue a una temperatura de 135 ± 5 °C, teniendo cuidado que no entre aire al interior de la muestra.

Procedimiento.-

Se montó el equipo del viscosímetro Saybolt, tomando en cuenta de que esté limpio y seco, que, de un tiempo de flujo mayor a 60 segundos, y precalentada a la temperatura de ensayo.

En el precalentamiento del viscosímetro nos ayudamos de un vibrador automático hasta alcanzar la temperatura de ensayo de 135 °C.

Se insertó un tapón de corcho en el agujero inferior del viscosímetro, con la finalidad de mantener el asfalto dentro hasta que alcance la temperatura adecuada.

Se dejó que el viscosímetro cargado permanezca en el baño el tiempo suficiente para alcanzar la temperatura de ensayo.

Se verificó que el vaso precipitado se encuentre en la posición adecuada; se retiró el corcho de la parte inferior del viscosímetro y en el mismo instante se puso a funcionar el cronómetro. Se detuvo en el instante en el que ya no se visualizó la línea de flujo del asfalto convencional 85-100.

Se registró el tiempo del flujo en segundos.

Figura A.2.12. Ensayo de viscosidad



Fuente: Elaboración propia.

Caracterización del asfalto modificado con polvo de neumático

El asfalto modificado con polvo de neumático fue elaborado y obtenido en el laboratorio de asfaltos tomando en cuenta el Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas y la guía para fabricación de betunes con polvo de neumático.

Según el Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC de Bolivia se especifica que se debe realizar estos dos ensayos para asfaltos modificados.

Ensayo de recuperación elástica (AASTHO T301-99); (ASTM D 6084-06)

Este ensayo se utiliza en los asfaltos modificados, que comprenden los cementos y emulsiones asfálticas modificadas. El ensayo se efectúa a una temperatura de $25 \pm 0,5$ °C y a una velocidad de 5 cm/min $\pm 5\%$. Para materiales bituminosos elastoméricos se considera una elongación inicial de 20 cm. para la muestra.

Equipo.-

- 1.- Moldes.
- 2.- Baño de agua.
- 3.- Ductilímetro.
- 4.- Termómetro.
- 5.- Desmoldante.
- 6.- Herramientas y accesorios (espátula, regla, gasolina, bandejas, etc.).

Figura A.2.13. Materiales del ensayo de recuperación elástica



Fuente: Elaboración propia.

Descripción del ensayo

Para realizar este ensayo se utiliza el ductilímetro, los mismos materiales que son necesarios en el ensayo de ductilidad, el procedimiento de este ensayo tiene similitud con el de ductilidad, la diferencia que existe es que a una distancia de 20 cm se procede a detener el motor del ductilímetro y cortar el material asfáltico para obtener la recuperación elástica del mismo, para lo cual se espera una hora y se mide la distancia de retracción.

La fórmula que se utiliza para determinar la recuperación elástica del asfalto la siguiente:

$$Re (\%) = \frac{Lf}{Li} * 100$$

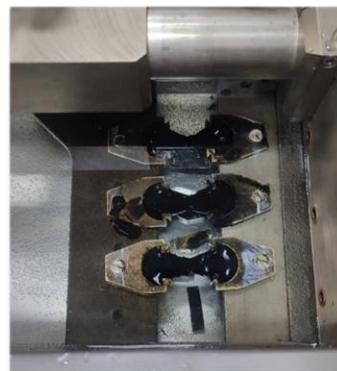
Donde:

Re (%)= Porcentaje de recuperación elástica.

Lf= 20 cm definido por las especificaciones del ensayo.

Li= Longitud de retracción de la muestra (cm), con una aproximación a un decimal.

Figura A.2.14. Ensayo de recuperación elástica



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo del índice de penetración (UNE 104-281)

Este método describe el procedimiento a seguir para la determinación del índice de penetración, IP, de los ligantes asfálticos modificados.

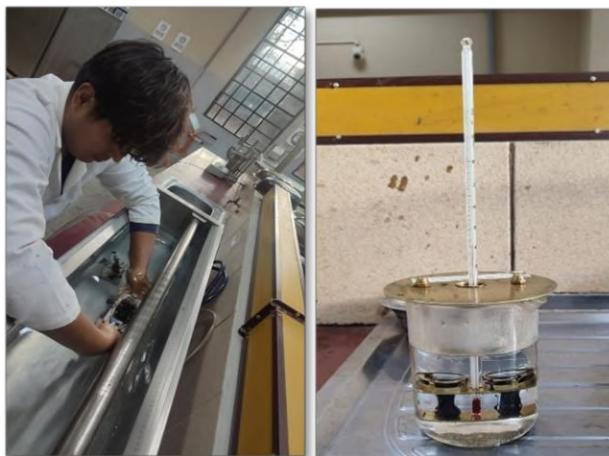
Este índice se calcula a partir de los valores de la penetración y del punto de ablandamiento anillo y bola, y proporciona un criterio de medida de la susceptibilidad de estos materiales a los cambios de temperatura y de su comportamiento reológico.

Descripción del ensayo

El IP. Se basa, por una parte, en admitir que, a la temperatura del punto de ablandamiento anillo y bola, la penetración de un ligante asfáltico es de 800 y: por otra parte, que, si se elige en ordenadas una escala logarítmica para la penetración, los valores de esta en función de la temperatura se representan por una línea recta.

El IP. Se obtiene mediante el nomograma siguiente, se basa en los siguientes parámetros que son temperatura del punto del ablandamiento, temperatura a la que se efectúa la penetración y la penetración de la temperatura en decimas de mm.

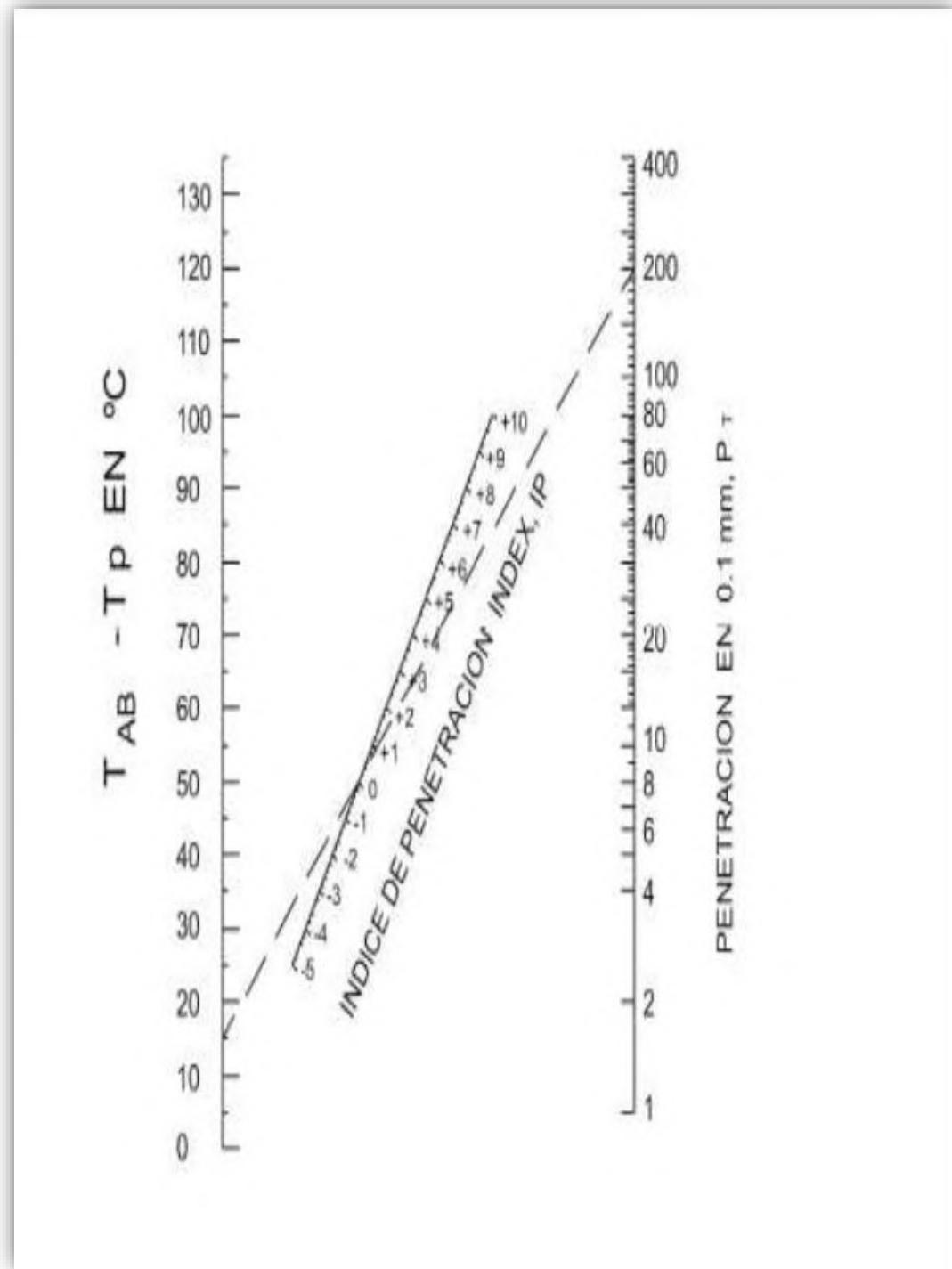
Figura A.2.15. Ensayo de penetración y punto de ablandamiento



Fuente: Elaboración propia.

Los asfaltos con $IP > + 2$ presentan poca susceptibilidad a la temperatura y cierta elasticidad.

Figura A.2.16. Nomograma de hukelo bitumen test date Charl



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO III

ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS

DE TRATAMIENTO DOBLE Y DEL

ENSAYO DE VIALIT

Aparato de Marshall aplicado a la mezcla asfáltica para un al tratamiento superficial

En este proyecto de investigación, se emplean los moldes de Marshall de diámetro de 104,6 mm para dosificar la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial, tanto para el asfalto convencional y modificado con polvo de neumático. Se evalúa el comportamiento de las propiedades de estabilidad y fluencia para determinar la resistencia y deformación de las briquetas a través del aparato de Marshall.

La construcción de las briquetas se lleva a cabo de manera distinta al procedimiento del ensayo del Marshall. La principal diferencia radica en la dosificación, la cual se basa en el método de la dimensión mínima promedio. El Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC establece los rangos específicos para la dosificación del asfalto en cada capa, siguiendo el procedimiento de un tratamiento superficial.

Debido a que se trata de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial para tráfico ligero (bajo), se define una compactación con una energía de 50 golpes para lograr la compactación adecuada de las briquetas.

Dosificación de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial

Para la dosificación de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial se llevó a cabo siguiendo el método de la dimensión mínima promedio desarrollado en el Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC. Esto permitió determinar la cantidad necesaria de agregado pétreo y ligante asfáltico para la elaboración de cada briqueta.

Figura A.3.1. Compactación de las briquetas de tratamiento doble



Fuente: Elaboración propia.

Cálculo de la cantidad de materiales de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial

En la presente sección se desarrolla el cálculo de las dosificaciones de agregado pétreo y ligante asfáltico del tratamiento superficial doble, aplicando el método de dimensión mínima promedio, cuyo procedimiento fue expuesto en la sección 2.8.3.

Cálculo de dosificaciones

Inicialmente se determinan las características del agregado pétreo y del ligante asfáltico, cuyos valores representativos de sus cualidades son empleados en el cálculo de las dosificaciones.

Paso A. Características del agregado pétreo y del ligante asfáltico

Agregado pétreo: A través de los ensayos de densidad real seca, densidad aparente suelta y índice de lajas (índice de aplanamiento), se determinaron los valores representativos de las características del agregado pétreo, los resultados son resumidos en la Tabla A.3.1.

Tabla A.3.1. Características de los agregados pétreos

| Características | Unidad | Capa | |
|---------------------------------------|--------------------|------------|---------------|
| | | 1ra | 2da |
| | | Grava 3/4" | Gravilla 3/8" |
| Densidad Real Seca (D_{RS}) | gr/cm ³ | 2,59 | 2,61 |
| Densidad Aparente Suelta (D_{AS}) | gr/cm ³ | 1,52 | 1,49 |
| Índice de lajas | % | 20,55 | 11,67 |

Fuente: Elaboración propia.

Ligante asfáltico: Se utiliza como ligante el asfalto convencional 85-100 y el asfalto modificado con polvo de neumático.

Según el Manual de especificaciones técnicas generales de construcción de la ABC, los agregados pétreos deben representar una gradación uniforme que se ajuste a algunas de las franjas granulométricas de la Tabla A.3.2.

Tabla A.3.2. Requisitos de gradación de agregados para tratamientos superficiales bituminosos

| Tamiz | Porcentaje, en peso, que pasa por los tamices de malla cuadrada-método AASHTO T-27 | | | | | |
|---------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Gradación A | Gradación B | Gradación C | Gradación D | Gradación E | Gradación F |
| 1 1/2" | 100 | - | - | - | - | - |
| 1" | 90 - 100 | 100 | - | - | - | - |
| 3/4" | 20 - 55 | 90 - 100 | 100 | - | - | - |
| 1/2" | 0 - 10 | 20 - 55 | 90 - 100 | 100 | - | - |
| 3/8" | 0 - 5 | 0 - 15 | 40 - 70 | 85 - 100 | 100 | 100 |
| Nº. 4 | - | 0 - 5 | 0 - 15 | 10 - 3 | 85 - 100 | 85 - 100 |
| Nº. 8 | - | - | 0 - 5 | 0 - 10 | 10 - 4 | 60 - 100 |
| Nº. 100 | - | - | - | - | - | 0 - 10 |

Fuente: Manual de especificaciones técnicas generales de construcción de la ABC.

Las granulometrías de los agregados son comparadas con las gradaciones de la Tabla A.3.2. en base a dicho contraste, se determinó que la distribución de tamaños de la grava 3/4" y gravilla 3/8", se ajustan a las gradaciones B y D, tal y como se aprecia en la Tabla A.3.3.

Tabla A.3.3. Granulometría de los agregados pétreos

| Tamiz | % Que pasa | | | |
|---------|------------|-------------|---------------|-------------|
| | 1ra capa | | 2da capa | |
| | Grava 3/4" | Gradación B | Gravilla 3/8" | Gradación D |
| 1 1/2" | - | - | - | - |
| 1" | 100 | 100 | - | - |
| 3/4" | 91,19 | 90 - 100 | - | - |
| 1/2" | 35,50 | 20 - 55 | 100 | 100 |
| 3/8" | 12,84 | 0 - 15 | 99,23 | 85 - 100 |
| Nº. 4 | 0,26 | 0 - 5 | 21,51 | 10 - 30 |
| Nº. 8 | - | - | 0,66 | 0 - 10 |
| Nº. 100 | - | - | - | - |

Fuente: Elaboración propia.

Paso B. Cálculo de dosificaciones de agregado pétreo y ligante asfáltico

Tomando en cuenta los valores representativos de las características de los materiales y mediante la aplicación de las Ec. 2.1 y Ec. 2.4, se determinan las dosificaciones del agregado pétreo y ligante asfáltico respectivamente.

Dosificación de agregado pétreo para la 1ra capa

Aplicando la Ec. 2.1:

$$C = M * (1 - 0,4V) * H * D_{RS} * E$$

Donde:

C= Dosificación de agregado pétreo (kg/m²).

M= Factor de evaluación relacionado al clima, tránsito (und).

V= Espacios vacíos entre el agregado suelto (decimal), Ec. 2.2.

H= Dimensión mínima promedio (mm), Ec. 2.3.

D_{RS}= Densidad real seca del agregado (gr/cm³).

E= Factor de desperdicio (und), Tabla 2.11.

(M) Factor de evaluación: Debe ser evaluado por la experiencia del diseñador en base al clima y tránsito. Su valor normal es M = 1.

(V) Espacios vacíos entre el agregado suelto: Los espacios vacíos entre el agregado expresado como un decimal, se determinan a partir de la Ec. 2.2.

$$V = 1 - \frac{D_{AS}}{D_{RS}}$$

$$V = 1 - \frac{1,52}{2,59} = 0,41$$

Los valores de densidad aparente suelta del agregado (D_{AS}) y densidad real seca del agregado (D_{RS}), son extraídos de la Tabla A.3.1.

(H) Dimensión mínima promedio: Se determina a partir del tamaño medio de la partícula y el índice de lajas (índice de aplanamiento), mediante la Ec. 2.3.

$$H = \frac{TM}{1,09 + (0,0118 * IL)}$$

$$H = \frac{14,10}{1,09 + (0,0118 * 20,55)} = 10,58 \text{ mm}$$

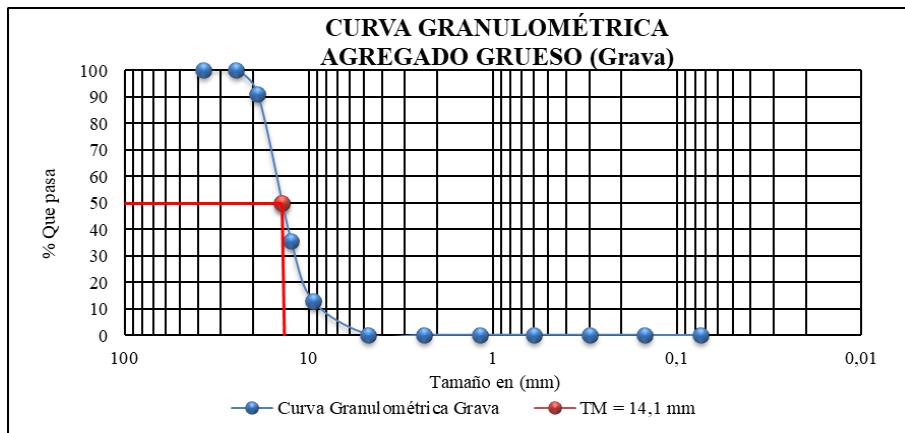
El tamaño medio de la partícula (TM), se obtiene a partir de la lectura de la abertura del tamiz (mm) por el cual pasa el 50% del agregado en la curva granulométrica. Para el presente caso, la abertura del tamiz corresponde a 14,10 mm.

$$\frac{91,19 - 35,50}{\log(19,00) - \log(12,5)} = \frac{91,19 - 50,00}{\log(19,00) - \log(x)}$$

$$X = 14,10 \text{ mm}$$

La gráfica de la curva granulométrica, junto con la determinación del tamaño medio de la partícula se encuentra en la Figura A.3.2. el porcentaje del índice de lajas (índice de aplanamiento) es de 20,55 %, extraído de la Tabla A.3.1.

Figura A.3.2. Tamaño medio de la partícula de la grava



Fuente: Elaboración propia.

(E) Factor de desperdicio: Considerando la Tabla 2.11. para $H(\text{mm}) > 9,5$ considerar un factor de desperdicio del 2%, $E = 1,02$.

Reemplazando los valores recientemente determinados, en la Ec. 2.1, se obtiene la dosificación de agregado pétreo para la 1ra capa:

$$C = 1 * (1 - 0,4 * 0,41) * 10,58 * 2,59 * 1,02 = 23,37 \text{ kg/m}^2$$

La dosificación de grava de 3/4" para la primera capa será de 23,37 kg/m².

Dosificación del ligante asfáltico para la 1ra capa

Aplicando la Ec. 2.4:

$$D = \frac{K * (0,4 * V * H * T + S + A)}{R}$$

Donde:

D= Dosificación de ligante asfáltico (l/m²).

K= Factor de evaluación relacionado al clima (und).

V= Espacios vacíos existentes entre el agregado suelto (decimal).

H= Dimensión mínima promedio (mm), espesor esperado de la capa de tratamiento.

T= Factor de tránsito (und), Tabla 2.12.

S= Corrección por textura superficial (l/m²), Tabla 2.13.

A= Corrección por absorción del agregado (l/m²).

R= Residuo asfáltico del ligante (decimal).

(K) Factor de evaluación: Debe ser evaluado en base al clima por la experiencia del diseñador. Su valor normal es K = 1.

Los factores **(V)** y **(H)** fueron determinados en el apartado de dosificación del agregado.

(T) Factor de tránsito: Debido a que el tránsito a circular es considerado como tráfico ligero (bajo), se empleará la menor cantidad de vehículos por día presentada en la Tabla 2.12. según esta tabla, para un volumen de tránsito menor a 100 vehículos por día se debe emplear un factor de tránsito T = 0,85.

(S) Corrección por textura superficial: La condición de la superficie corresponde a una superficie de textura cerrada. De acuerdo a la Tabla 2.13., para este tipo de condiciones de superficie es necesario aplicar un factor de corrección por textura superficial de S = 0,00 L/m².

(A) Corrección por absorción del agregado: Por las características de los materiales utilizados en nuestro país, normalmente este factor se desprecia A = 0,00 L/m².

(R) Residuo asfáltico del ligante bituminoso: Es el porcentaje de asfalto residual, para asfaltos convencionales según Seal Coat and Surface Treatment Manual es igual a R = 1.

Reemplazando los valores recientemente determinados, en la Ec. 2.4, se obtiene la **dosificación a priori** del ligante asfáltico para la 1ra capa:

$$D = \frac{1,00 * (0,4 * 0,41 * 10,58 * 0,85 + 0,00 + 0,00)}{1,00} = 1,47 \text{ L/m}^2$$

Dosificación a priori del ligante convencional para la primera capa será de 1,47 L/m².

$$D = \frac{1,00 * (0,4 * 0,41 * 10,58 * 0,85 + 0,00 + 0,00)}{1,00} = 1,47 \text{ L/m}^2$$

Dosificación a priori del ligante modificado con polvo de neumático para la primera capa será de 1,47 L/m².

Dosificación de agregado pétreo para la 2da capa

Aplicando el mismo procedimiento de la 1ra capa, se determina la dosificación del agregado pétreo para la 2da capa, mediante la aplicación de la Ec. 2.1.

(M) Factor de evaluación: M = 1.

(V) Los valores de densidad aparente suelta del agregado (DAS) y densidad real seca del agregado (DRS), son extraídos de la Tabla A.3.1.

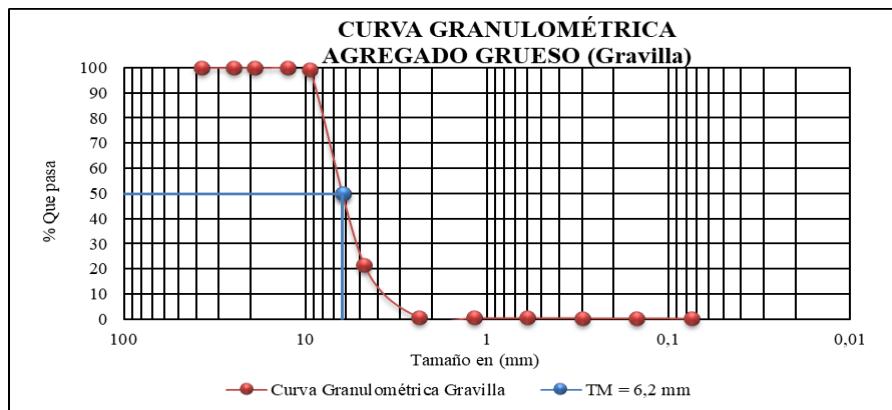
$$V = 1 - \frac{1,49}{2,61} = 0,43$$

H) Dimensión mínima promedio: Para el presente caso, la abertura del tamiz por el cual pasa el 50% del material, corresponde a una abertura de 6,20 mm, dicho cálculo se adjunta en la Figura A.3.3. el porcentaje del Índice de Lajas (índice de aplanamiento) es extraído de la Tabla A.3.1., para el presente caso es 11,67 %.

$$\frac{99,23 - 21,51}{\log(9,50) - \log(4,75)} = \frac{99,23 - 50,00}{\log(9,50) - \log(x)}$$

$$X = 6,20 \text{ mm}$$

Figura A.3.3. Tamaño medio de la partícula de la gravilla



Fuente: Elaboración propia.

$$H = \frac{6,20}{1,09 + (0,0118 * 11,67)} = 5,05 \text{ mm}$$

(E) Factor de desperdicio: Considerando la Tabla 2.11. para H (mm) < 6,5 considerar un factor de desperdicio del 5%, E = 1,05.

Reemplazando los valores recientemente determinados, en la Ec. 2.1, se obtiene la dosificación de agregado pétreo para la 2da capa:

$$C = 1 * (1 - 0,4 * 0,43) * 5,05 * 2,61 * 1,05 = 11,46 \text{ kg/m}^2$$

La dosificación de la gravilla de 3/8" para la segunda capa será de 11,46 kg/m².

Dosificación del ligante asfáltico para la 2da capa

Aplicando el mismo procedimiento de la 1ra capa, se determina la dosificación del ligante asfáltico para la segunda, mediante la aplicación de la Ec. 2.4.

(K) Factor de evaluación: Debe ser evaluado en base al clima por la experiencia del diseñador. Su valor normal es K = 1.

Los factores **(V)** y **(H)** fueron determinados en el apartado de dosificación del agregado.

(T) Factor de tránsito: Debido a que el tránsito a circular es considerado como tráfico ligero (bajo), se empleará la menor cantidad de vehículos por día presentada en la Tabla 2.12. según esta tabla, para un volumen de tránsito menor a 100 vehículos por día se debe emplear un factor de tránsito T = 0,85.

(S) Corrección por textura superficial: Para este caso no existe corrección por textura superficial, puesto que, el segundo riego de ligante asfáltico no entra en contacto con la superficie de la capa a tratar. Por lo tanto, S = 0,00 L/m².

(A) Corrección por absorción del agregado: Por las características de los materiales utilizados en nuestro país, normalmente este factor se desprecia A = 0,00 L/m².

(R) Residuo asfáltico del ligante bituminoso: Es el porcentaje de asfalto residual, para asfaltos convencionales según Seal Coat and Surface Treatment Manual es igual a R = 1.

Reemplazando los valores recientemente determinados, en la Ec. 2.4., se obtiene la dosificación a priori del ligante asfáltico para la 2da capa:

$$D = \frac{1,00 * (0,4 * 0,43 * 5,05 * 0,85 + 0,00 + 0,00)}{1,00} = 0,74 \text{ L/m}^2$$

Dosificación a priori del ligante convencional para la segunda capa será de 0,74 L/m².

$$D = \frac{1,00 * (0,4 * 0,43 * 5,05 * 0,85 + 0,00 + 0,00)}{1,00} = 0,74 \text{ L/m}^2$$

Dosificación a priori del ligante modificado con polvo de neumático para la segunda capa será de 0,74 L/m².

Dosificaciones reales

Determinando las dosificaciones reales, en base a las dosificaciones a priori de cada una de las capas y con las proporciones establecidos en la Tabla A.3.4.

Tabla A.3.4. Distribución de dosis total del ligante, en capas individuales

| Capa | Tratamiento | |
|-------------|--------------------|----------|
| | Doble % | Triple % |
| 1a | 40 - 45 | 30 |
| 2a | 60 - 55 | 40 |
| 3a | - | 30 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC.

La cantidad de asfalto se distribuye según lo establecido en la Tabla A.3.4., para la primera capa 40 a 45 % del total para la segunda de un 55 a 60 % del total, el espesor del tratamiento superficial debe ser menor a 25 mm (1 pulgada), de acuerdo con las normas establecidas.

Tabla A.3.5. Cálculo de dosificaciones reales del asfalto convencional 85-100 para la 1ra y 2da capa

| Capa | Dosificación a priori L/m² | Dosificación total L/m² | Dosificación real L/m² |
|-------------|--|---|--|
| 1ra | A = 1,47 | A+B = DT | 45% x 2,21 = 0,99 |
| 2da | B = 0,74 | | 55% x 2,21 = 1,22 |

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de materiales de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial

Para el asfalto convencional 85-100

Cantidades determinadas con el método empleado:

| | | | |
|----------------|----------|-------|-------------------|
| 1ra aplicación | asfalto | 0,99 | L/m ² |
| | agregado | 23,37 | Kg/m ² |
| 2da aplicación | asfalto | 1,22 | L/m ² |
| | agregado | 11,46 | Kg/m ² |

Las cantidades determinadas de agregado pétreo y ligante asfáltico se relacionan con el área del molde de Marshall para determinar la dosificación con la que se elaborará la briqueta.

| | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------|
| 1ra aplicación | asfalto | 8,55 | gr/m ² |
| | agregado | 200,82 | gr/m ² |
| 2da aplicación | asfalto | 10,44 | gr/m ² |
| | agregado | 98,48 | gr/m ² |

Se emplea el mismo procedimiento que se describió anteriormente para determinar las cantidades de los materiales a utilizar, basándose en los porcentajes de ligante mencionados en la Tabla A.3.4.

Tabla A.3.6. Dosificación de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional

| Capas | Material | Cantidad |
|----------------|-------------------------------|----------|
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 40% del total | 7,60 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 55% del total | 10,44 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 41% del total | 7,79 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 56% del total | 10,63 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 42% del total | 7,98 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 57% del total | 10,82 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 43% del total | 8,17 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 58% del total | 11,01 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 44% del total | 8,36 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 59% del total | 11,20 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 45% del total | 8,55 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 60% del total | 11,39 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |

Fuente: Elaboración propia.

Para asfalto modificado con polvo de neumático

Para la dosificación de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático se sigue el procedimiento previamente descrito para determinar las cantidades de materiales necesarias para dicho tratamiento.

Tabla A.3.7. Cálculo de dosificaciones reales del asfalto modificado para la 1ra y 2da capa

| Capa | Dosificación a priori L/m ² | Dosificación total L/m ² | Dosificación real L/m ² |
|------|---|--|---------------------------------------|
| 1ra | A = 0,99 | A+B = DT 0,99+1,22 = 2,21 | 40% x 2,21 = 0,88 |
| 2da | B = 1,22 | | 60% x 2,21 = 1,33 |

Fuente: Elaboración propia.

Cantidades determinadas con el método empleado:

| | | | |
|----------------|----------|-------|-------------------|
| 1ra aplicación | asfalto | 0,88 | L/m ² |
| | agregado | 23,37 | Kg/m ² |
| 2da aplicación | asfalto | 1,33 | L/m ² |
| | agregado | 11,46 | Kg/m ² |

Las cantidades determinadas de agregado pétreo y ligante asfáltico se relacionan con el área de los moldes de Marshall para determinar la dosificación con la que se elaborará la briqueta.

| | | | |
|----------------|----------|--------|-------------------|
| 1ra aplicación | asfalto | 7,60 | gr/m ² |
| | agregado | 200,82 | gr/m ² |
| 2da aplicación | asfalto | 11,39 | gr/m ² |
| | agregado | 98,48 | gr/m ² |

Se emplea el mismo procedimiento que se describió anteriormente para determinar las cantidades de los materiales a utilizar, basándose en los porcentajes de ligante mencionados en la Tabla A.3.4.

En la Tabla A.3.8., se presentan las diversas dosificaciones de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial en relación con los distintos porcentajes de ligante utilizados.

Tabla A.3.8. Dosificación de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado

| Capas | Material | Cantidad |
|----------------|-------------------------------|----------|
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 40% del total | 7,60 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 55% del total | 10,44 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 41% del total | 7,79 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 56% del total | 10,63 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 42% del total | 7,98 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 57% del total | 10,82 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 43% del total | 8,17 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 58% del total | 11,01 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 44% del total | 8,36 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 59% del total | 11,20 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |
| 1ra aplicación | asfalto (gr/) a 45% del total | 8,55 |
| | agregado (gr/m ²) | 200,82 |
| 2da aplicación | asfalto (gr/) a 60% del total | 11,39 |
| | agregado (gr/m ²) | 98,48 |

Fuente: Elaboración propia.

Justificación del porcentaje de incorporación del polvo de neumático en el asfalto

Se evalúa el comportamiento de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial con asfalto modificado con polvo de neumático al 8, 10 y 12%; tratándose de un betún mejorado con caucho (BM) según el “Manual de empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas”, las planillas se muestran a continuación:

Tabla A.3.9. Planilla de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado al 8%

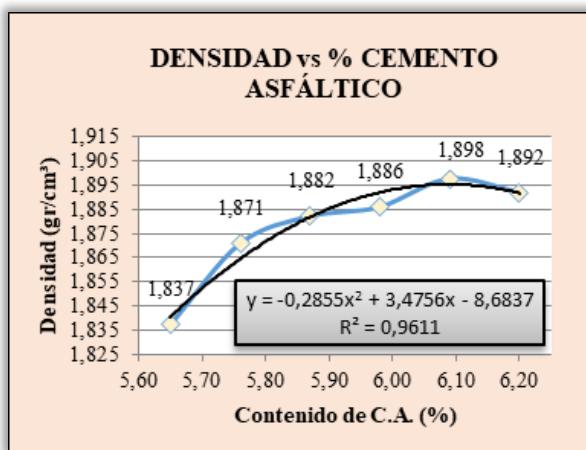
PLANILLA PARA LA ESTABILIDAD Y LA FLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE MODIFICADO AL 8%

| Tipo de cemento asfáltico: | | Convencional 85-100 | |
|----------------------------|--|---------------------|--|
| Número de golpes | | 50 | |
| Radio del molde (cm) | | 5,230 | |

| Nº de briqueta | Denominación | % de los Materiales | | Altura de briqueta | Peso Briquesta P. seco | Volumen probeta | Densidad Briquesta densidad | Densidad promedio | Estabilidad Marshall | | | Fluencia | |
|----------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------|-------------------|----------------------|-------------|----------------------|------------------------|-------------------|
| | | Ligante asfáltico | Agregado total | | | | | | lectura del dial | Estabilidad | Estabilidad promedio | lectura dial del flujo | Fluencia promedio |
| | | % | % | | | | | | cm | grs | cm³ | grs/cm³ | grs/cm³ |
| 1 | 1A | 5,65 | 94,35 | 2,11 | 336,4 | 181,3 | 1,855 | 1,837 | 478 | 1268,937 | 1243,80 | 10 | 10,00 |
| 2 | 1B | | | 2,14 | 337,7 | 183,9 | 1,836 | | 466 | 1236,624 | | 9 | |
| 3 | 1C | | | 2,13 | 333,2 | 183,0 | 1,820 | | 462 | 1225,852 | | 11 | |
| 1 | 2A | 5,76 | 94,24 | 2,09 | 337,4 | 179,6 | 1,879 | 1,871 | 461 | 1223,160 | 1268,94 | 9 | 10,33 |
| 2 | 2B | | | 2,12 | 338,7 | 182,2 | 1,859 | | 488 | 1295,865 | | 12 | |
| 3 | 2C | | | 2,08 | 335,1 | 178,7 | 1,875 | | 485 | 1287,787 | | 10 | |
| 1 | 3A | 5,87 | 94,13 | 2,09 | 336,9 | 179,6 | 1,876 | 1,882 | 471 | 1250,088 | 1276,12 | 12 | 10,67 |
| 2 | 3B | | | 2,06 | 339,1 | 177,0 | 1,916 | | 493 | 1309,329 | | 10 | |
| 3 | 3C | | | 2,10 | 334,7 | 180,5 | 1,855 | | 478 | 1268,937 | | 10 | |
| 1 | 4A | 5,98 | 94,02 | 2,10 | 336,9 | 180,5 | 1,867 | 1,886 | 468 | 1242,009 | 1287,79 | 9 | 11,33 |
| 2 | 4B | | | 2,06 | 336,0 | 177,0 | 1,898 | | 496 | 1317,408 | | 13 | |
| 3 | 4C | | | 2,08 | 338,3 | 178,7 | 1,893 | | 491 | 1303,944 | | 12 | |
| 1 | 5A | 6,09 | 93,91 | 2,06 | 340,0 | 177,0 | 1,921 | 1,898 | 477 | 1266,244 | 1279,71 | 13 | 11,67 |
| 2 | 5B | | | 2,09 | 340,8 | 179,6 | 1,898 | | 491 | 1303,944 | | 10 | |
| 3 | 5C | | | 2,11 | 339,9 | 181,3 | 1,875 | | 478 | 1268,937 | | 12 | |
| 1 | 6A | 6,20 | 93,80 | 2,07 | 340,2 | 177,9 | 1,913 | 1,892 | 476 | 1263,552 | 1268,94 | 14 | 13,00 |
| 2 | 6B | | | 2,08 | 339,1 | 178,7 | 1,897 | | 483 | 1282,401 | | 12 | |
| 3 | 6C | | | 2,11 | 338,4 | 181,3 | 1,866 | | 475 | 1260,859 | | 13 | |

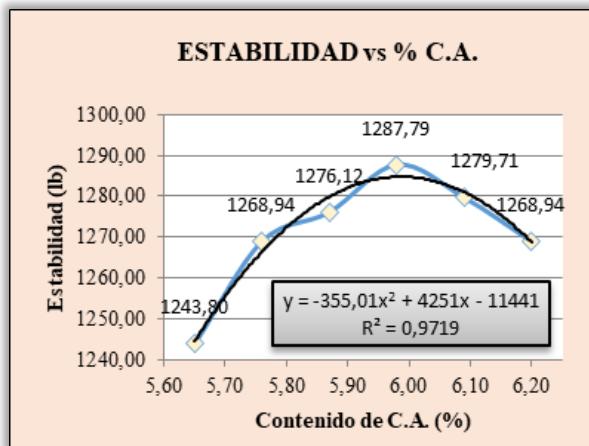
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.4. Densidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



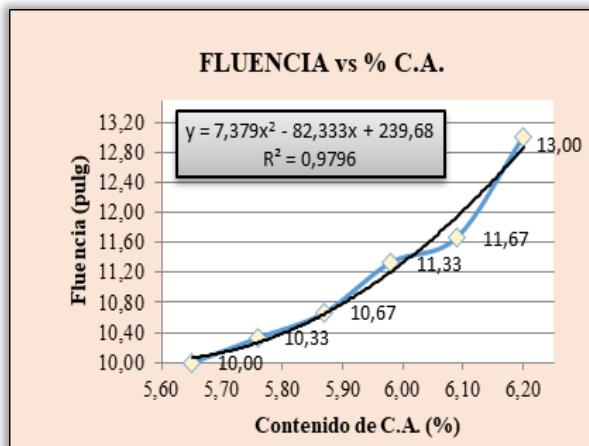
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.5. Estabilidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.6. Fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

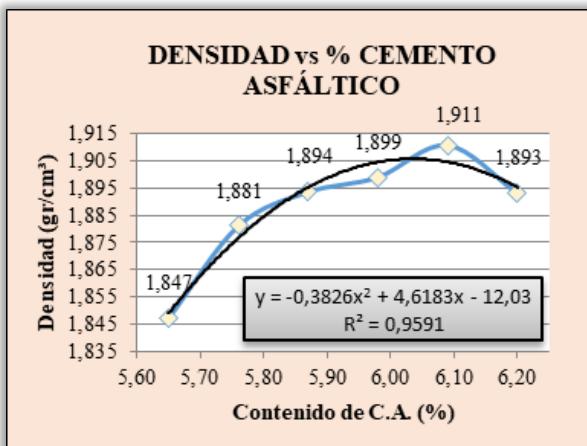
Tabla A.3.10. Planilla de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado al 10%

PLANILLA PARA LA ESTABILIDAD Y LA FLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE MODIFICADO AL 10%

| | | Tipo de cemento asfáltico: | | Convencional 85-100 | | | | | | | |
|----------------|--------------|----------------------------|--------------------|---------------------|---------|-------------------|----------------------|------------------|-------------|------------------------|-------------------|
| Nº de briqueta | Denominación | % de los Materiales | Altura de briqueta | Peso Briqueta | Volumen | Densidad Briqueta | Estabilidad Marshall | | | Fluencia | |
| | | Ligante asfáltico | Agregado total | P. seco | probeña | densidad | Densidad promedio | Lectura del dial | Estabilidad | Lectura dial del flujo | Fluencia promedio |
| 1 | 1A | 5,65 | 94,35 | 2,12 | 337,9 | 182,2 | 1,855 | 478 | 1268,937 | 9 | 9,67 |
| 2 | 1B | | | 2,13 | 336,0 | 183,0 | 1,836 | | 482 | 1279,708 | |
| 3 | 1C | | | 2,11 | 335,7 | 181,3 | 1,851 | | 475 | 1260,859 | |
| 1 | 2A | 5,76 | 94,24 | 2,11 | 339,4 | 181,3 | 1,872 | 486 | 1290,480 | 10 | 10,00 |
| 2 | 2B | | | 2,10 | 340,8 | 180,5 | 1,889 | | 491 | 1303,944 | |
| 3 | 2C | | | 2,09 | 338,2 | 179,6 | 1,883 | | 484 | 1285,094 | |
| 1 | 3A | 5,87 | 94,13 | 2,07 | 339,9 | 177,9 | 1,911 | 486 | 1290,480 | 12 | 10,33 |
| 2 | 3B | | | 2,12 | 341,0 | 182,2 | 1,872 | | 495 | 1314,715 | |
| 3 | 3C | | | 2,09 | 340,9 | 179,6 | 1,898 | | 489 | 1298,558 | |
| 1 | 4A | 5,98 | 94,02 | 2,07 | 341,2 | 177,9 | 1,918 | 490 | 1301,251 | 11 | 11,00 |
| 2 | 4B | | | 2,11 | 341,0 | 181,3 | 1,881 | | 498 | 1322,793 | |
| 3 | 4C | | | 2,08 | 339,3 | 178,7 | 1,898 | | 493 | 1309,329 | |
| 1 | 5A | 6,09 | 93,91 | 2,08 | 341,9 | 178,7 | 1,913 | 493 | 1309,329 | 11 | 11,33 |
| 2 | 5B | | | 2,09 | 341,8 | 179,6 | 1,903 | | 489 | 1298,558 | |
| 3 | 5C | | | 2,07 | 340,9 | 177,9 | 1,916 | | 491 | 1303,944 | |
| 1 | 6A | 6,20 | 93,80 | 2,10 | 340,2 | 180,5 | 1,885 | 486 | 1290,480 | 12 | 12,33 |
| 2 | 6B | | | 2,08 | 340,9 | 178,7 | 1,907 | | 483 | 1282,401 | |
| 3 | 6C | | | 2,09 | 339,0 | 179,6 | 1,888 | | 491 | 1303,944 | |

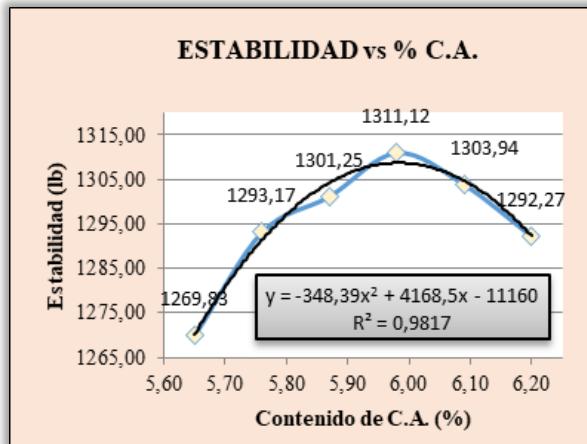
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.7. Densidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



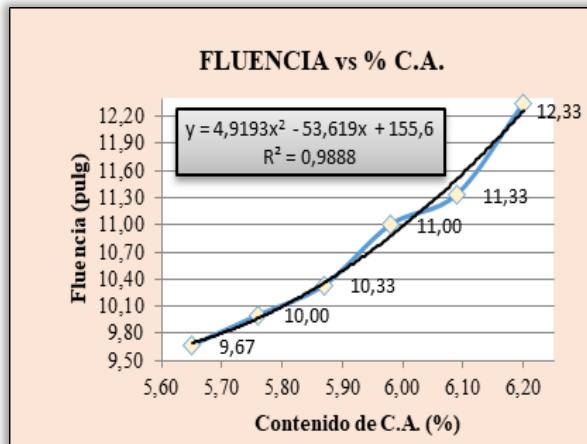
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.8. Estabilidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.9. Fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3.11. Planilla de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado al 12%

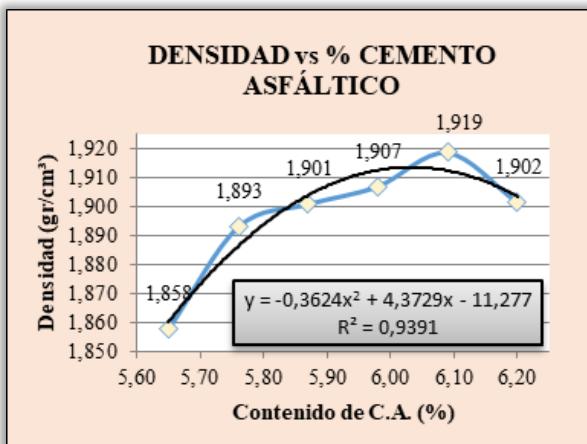
| PLANILLA PARA LA ESTABILIDAD Y LA FLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE MODIFICADO AL 12% | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

| Tipo de cemento asfáltico: | | Convencional 85-100 | |
|----------------------------|--|---------------------|--|
| Número de golpes | | 50 | |
| Radio del molde (cm) | | 5,230 | |

| Nº de briqueta | Denominación | % de los Materiales | | Altura de briqueta | Peso Briquesta | Volumen probeta | Densidad Briquesta | Estabilidad Mars hall | | | Fluencia | |
|----------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|----------------|-----------------|--------------------|-----------------------|----------|-------------------|--------------|---------------|
| | | Ligante asfáltico | Agregado total | | | | | P. seco | densidad | Densidad promedio | lectura dial | Estatabilidad |
| | | % | % | | cm | grs | cm³ | grs | cm³ | grs/cm³ | mm | libras |
| 1 | 1A | 5,65 | 94,35 | 2,13 | 340,4 | 183,0 | 1,860 | 1,858 | 481 | 1277,016 | 10 | 9,33 |
| 2 | 1B | | | 2,14 | 340,5 | 183,9 | 1,852 | | 485 | 1287,787 | | |
| 3 | 1C | | | 2,12 | 339,2 | 182,2 | 1,862 | | 478 | 1268,937 | | |
| 1 | 2A | 5,76 | 94,24 | 2,10 | 342,3 | 180,5 | 1,897 | 1,893 | 496 | 1317,408 | 11 | 9,67 |
| 2 | 2B | | | 2,08 | 341,1 | 178,7 | 1,908 | | 487 | 1293,172 | | |
| 3 | 2C | | | 2,11 | 339,7 | 181,3 | 1,874 | | 486 | 1290,480 | | |
| 1 | 3A | 5,87 | 94,13 | 2,09 | 340,2 | 179,6 | 1,894 | 1,901 | 500 | 1328,179 | 10 | 10,33 |
| 2 | 3B | | | 2,08 | 341,9 | 178,7 | 1,913 | | 488 | 1295,865 | | |
| 3 | 3C | | | 2,10 | 342,0 | 180,5 | 1,895 | | 490 | 1301,251 | | |
| 1 | 4A | 5,98 | 94,02 | 2,08 | 340,8 | 178,7 | 1,907 | 1,907 | 501 | 1330,872 | 11 | 10,67 |
| 2 | 4B | | | 2,07 | 341,3 | 177,9 | 1,919 | | 499 | 1325,486 | | |
| 3 | 4C | | | 2,10 | 342,0 | 180,5 | 1,895 | | 487 | 1293,172 | | |
| 1 | 5A | 6,09 | 93,91 | 2,06 | 341,9 | 177,0 | 1,931 | 1,919 | 503 | 1336,257 | 13 | 11,00 |
| 2 | 5B | | | 2,09 | 342,3 | 179,6 | 1,906 | | 485 | 1287,787 | | |
| 3 | 5C | | | 2,07 | 341,2 | 177,9 | 1,918 | | 492 | 1306,636 | | |
| 1 | 6A | 6,20 | 93,80 | 2,08 | 341,3 | 178,7 | 1,910 | 1,902 | 492 | 1306,636 | 12 | 12,00 |
| 2 | 6B | | | 2,07 | 340,7 | 177,9 | 1,915 | | 501 | 1330,872 | | |
| 3 | 6C | | | 2,10 | 339,2 | 180,5 | 1,880 | | 482 | 1279,708 | | |

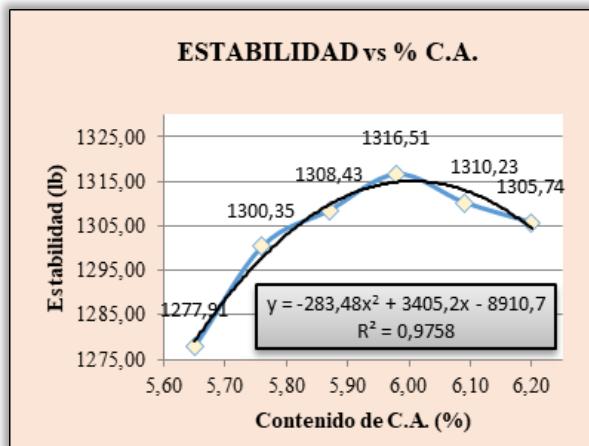
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.10. Densidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



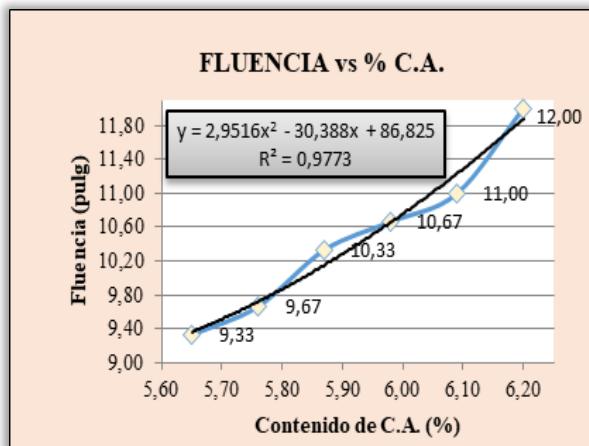
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.11. Estabilidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.12. Fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



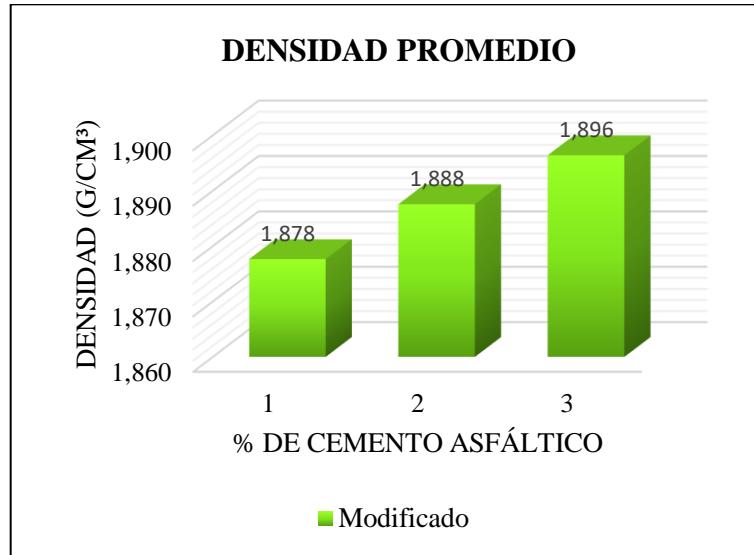
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3.12. Resumen de las propiedades promediadas a diferentes porcentajes de polvo de neumático

| % de caucho | Densidad promedio (gr/cm ³) | Estabilidad promedio (lb) | Fluencia promedio (pulg) |
|-------------|---|---------------------------|--------------------------|
| 8 | 1,878 | 1270,88 | 11,17 |
| 10 | 1,888 | 1295,27 | 10,78 |
| 12 | 1,896 | 1303,20 | 10,50 |

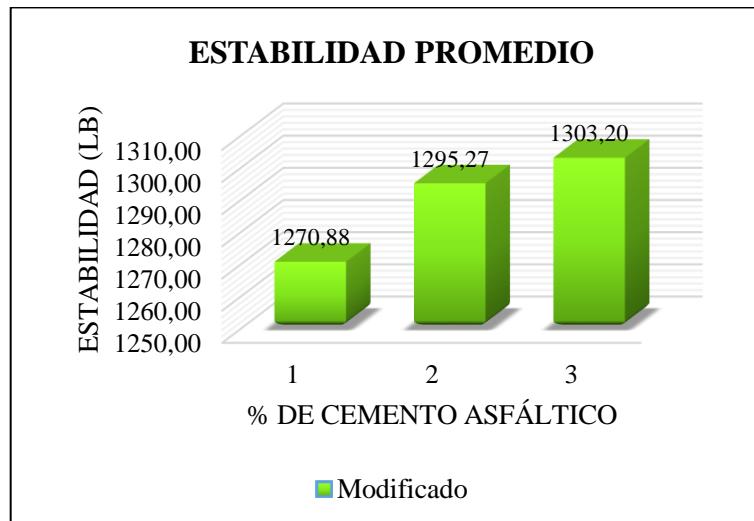
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.13. Diagrama comparativo de la densidad promedio a diferentes porcentajes de polvo de neumático



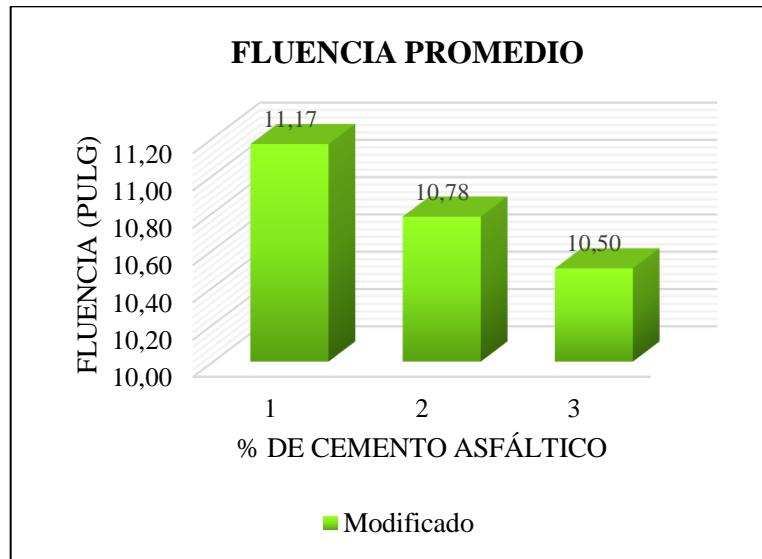
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.14. Diagrama comparativo de la estabilidad promedio a diferentes porcentajes de polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.15. Diagrama comparativo de la fluencia promedio a diferentes porcentajes de polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Como criterio de partida el asfalto base debe ser más blando que el que se pretende obtener.

Por ser un país subdesarrollado los proyectos apuntan a un gasto menor, en el presente caso se propone usar el menor rango por vía húmeda de la Tabla 2.8. (8 – 12%) tratándose de un betún mejorado con caucho (BM); además que Bolivia carece experiencia respecto a este tema.

Mediante el diagrama comparativo de estabilidad y fluencia promediados a diferentes porcentajes de caucho se puede evidenciar una mejora en cuanto a la estabilidad y una reducción en cuanto a la fluencia a medida que el porcentaje de caucho se incrementa.

Por ende, desde el punto de vista técnico - económico se opta por tomar el valor promedio de la Tabla 2.8. (8 – 12%) tratándose de un betún mejorado con caucho (BM) donde el porcentaje de incorporación llegaría ser del 10%.

Se verificó que el asfalto modificado con polvo de neumático al 10% cumpla con las especificaciones para un Betún mejorado con caucho (BM).

Figura A.3.16. Elaboración del asfalto modificado por vía húmeda



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.17. Molde de Marshall



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.18. Briquetas de tratamiento doble con asfalto convencional y asfalto modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.19. Determinación de la altura de las briquetas de tratamiento doble



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.20. Determinación del peso en seco de las briquetas de tratamiento doble



Fuente: Elaboración propia.

Propiedades de estabilidad y fluencia

La estabilidad y fluencia se lleva a cabo para evaluar el comportamiento de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial constituido con asfalto modificado con polvo de neumático, evaluando principalmente la estabilidad y la fluencia de las briquetas en comparación con la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial con asfalto convencional.

Figura A.3.21. Colocado de las briquetas en la mordaza de la prensa de Marshall.



Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar una carga específica sobre la briqueta, se determina su estabilidad y fluidez. La carga aplicada a la briqueta es a una velocidad constante de $51 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm/min}$, hasta que se produzca la falla, la cual se define como la carga máxima que la briqueta pueda resistir.

Figura A.3.22. Rompimiento de las briquetas del Marshall



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.23. Briquetas sometidas a la carga de rotura



Fuente: Elaboración propia.

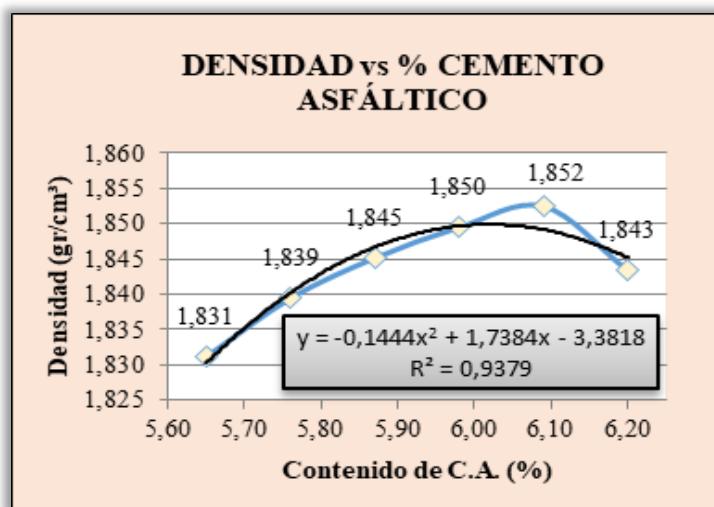
Se muestran a continuación los resultados determinados de la estabilidad y fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional y modificado que presentan las siguientes gráficas.

Tabla A.3.13. Resultados de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional

| Contenido de cemento asfáltico | Contenido de agregado pétreo | Densidad promedio (gr/cm ³) | Estabilidad (libra) | Fluencia (pulg) |
|--------------------------------|------------------------------|---|---------------------|-----------------|
| 5,65 | 94,35 | 1,831 | 988,35 | 10,40 |
| 5,76 | 94,24 | 1,839 | 1016,89 | 10,60 |
| 5,87 | 94,13 | 1,845 | 1021,74 | 11,00 |
| 5,98 | 94,02 | 1,850 | 1029,82 | 11,40 |
| 6,09 | 93,91 | 1,852 | 1029,28 | 12,20 |
| 6,20 | 93,80 | 1,843 | 1021,74 | 14,00 |

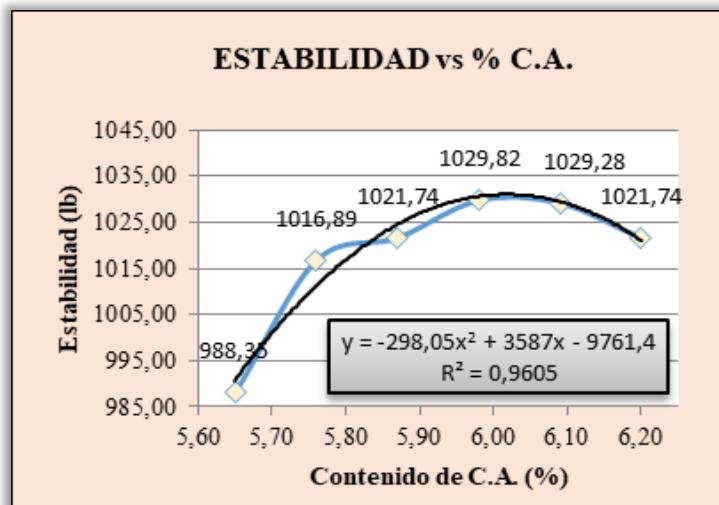
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.24. Densidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional



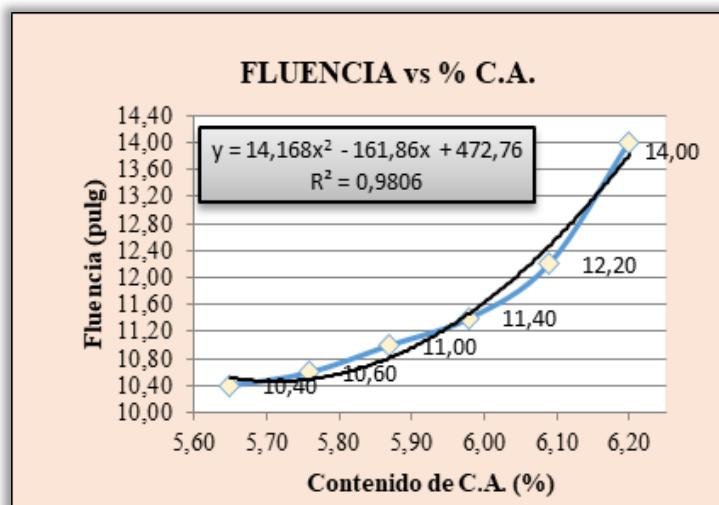
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.25. Estabilidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.26. Fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial convencional



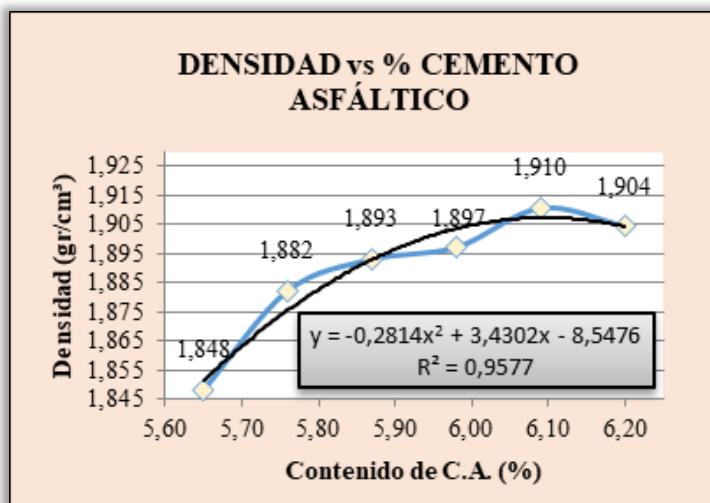
Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3.14. Resultados de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático

| Contenido de cemento asfáltico | Contenido de agregado pétreo | Densidad promedio (gr/cm ³) | Estabilidad (libra) | Fluencia (pulg) |
|--------------------------------|------------------------------|---|---------------------|-----------------|
| 5,65 | 94,35 | 1,848 | 1271,63 | 9,80 |
| 5,76 | 94,24 | 1,882 | 1295,87 | 10,20 |
| 5,87 | 94,13 | 1,893 | 1303,40 | 10,60 |
| 5,98 | 94,02 | 1,897 | 1313,64 | 11,20 |
| 6,09 | 93,91 | 1,910 | 1305,56 | 11,40 |
| 6,20 | 93,80 | 1,904 | 1294,25 | 12,60 |

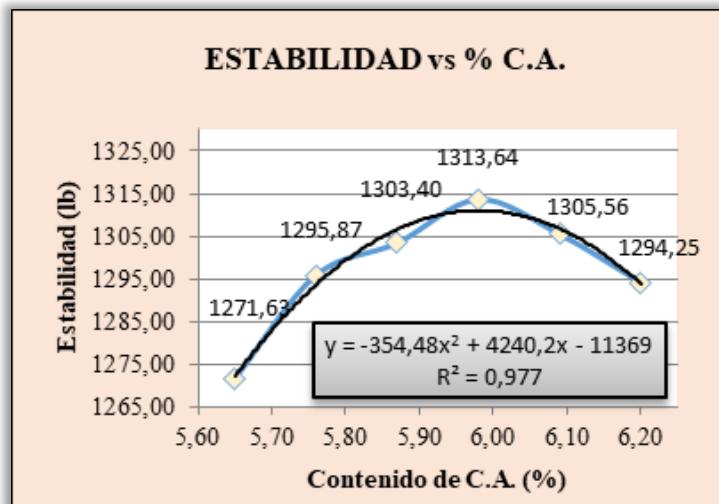
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.27. Densidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



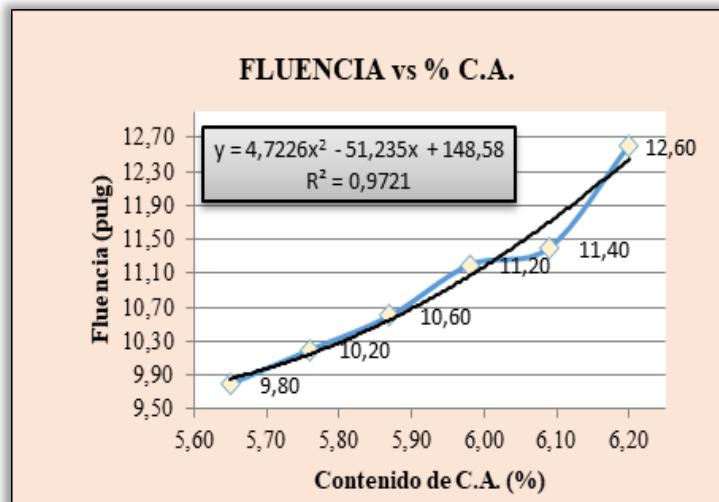
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.28. Estabilidad de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.29. Fluencia de la mezcla asfáltica para un tratamiento superficial modificado con polvo de neumático



Fuente: Elaboración propia.

Ensayo para medir el desempeño del tratamiento superficial doble

Ensayo del Vialit

Este ensayo se llevó a cabo con el fin de evaluar la adherencia entre el agregado pétreo y los dos tipos de asfaltos analizados en el presente proyecto. El procedimiento empleado en este ensayo está conforme a los lineamientos establecidos por el Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC.

El procedimiento se aplica fundamentalmente a los materiales empleados en tratamientos superficiales.

Equipos e instrumentos utilizados

Dispositivo de Vialit

Este equipo está compuesto por una placa de madera con soportes horizontales, sobre la cual se colocará la placa metálica con el ligante y los agregados incrustados. Además, incluye un brazo vertical con un canal en el extremo para facilitar el desplazamiento de la esfera de acero.

Figura A.3.30. Esquema del dispositivo de Vialit



Fuente: Elaboración propia.

Placa o bandeja metálica

Se empleará una placa o bandeja metálica de dimensiones conocidas para distribuir el asfalto y los agregados seleccionados en el tratamiento superficial.

Figura A.3.31. Placa o bandeja metálica



Fuente: Elaboración propia.

Esfera de acero

La esfera será de acero con un diámetro de aproximadamente 50 mm y un peso de 500 gramos. La esfera será soltada desde una altura de aproximadamente 50 cm sobre la placa metálica o bandeja, tres veces durante un tiempo de 10 segundos.

Figura A.3.32. Esfera de acero



Fuente: Elaboración propia.

Tamices

Tamices de: 4 mm (N° 5); 6,3 mm (1/4"); 9,5 mm (3/8"); 14 mm de luz de malla.

Figura A.3.33. Tamices



Fuente: Elaboración propia.

Balanza

Una balanza con capacidad mínima de 1 kg y precisión de 0,01 gr.

Figura A.3.34. Balanza



Fuente: Elaboración propia.

Preparación de las muestras

Para evaluar la adherencia de los agregados pétreos utilizados en el tratamiento superficial doble, se crearon especímenes para cada capa.

Según la granulometría de los agregados pétreos, se tamizan para obtener las fracciones de ensayo; en los tamices 4/6,3 mm; 6,3/9,5 mm y 9,5/14 mm.

De cada fracción por ensayar se elige grupos de 100 partículas de agregado, se reserva en un recipiente hasta el ensayo.

Se puede utilizar cualquier tipo de ligante que sea apropiado para los tratamientos superficiales con riego, como el cemento asfáltico, emulsiones y eventualmente otros materiales asfálticos. En la Tabla A.3.15. se indican los aportes de ligante en función del tamaño del agregado.

Tabla A.3.15. Cantidad de ligante (kg/m²)

| Tipo de Ligante | Agregado o Tamaño (mm) | | |
|-----------------------|------------------------|---------|--------|
| | 4/6,3 | 6,3/9,5 | 9,5/14 |
| Cemento Asfáltico | 1,0 | 1,1 | 1,3 |
| Alquitranes | 1,0 | 1,2 | 1,6 |
| Asfaltos Liquidos | 1,0 | 1,1 | 1,3 |
| Asfaltos Fluxados | 1,0 | 1,1 | 1,2 |
| Emulsiones Asfálticos | 0,8 | 1,0 | 1,2 |

Fuente: Manual de carreteras volumen IV de asfalto de la ABC.

Preparación de las placas de ensayo

El cálculo de la cantidad de agregado pétreo se realizó pesando las 100 partículas para cada una de las capas y el ligante de igual forma para cada capa, se llevó a cabo relacionando la dosificación proporcionada por la Tabla A.3.15. con el área de la bandeja metálica.

Área de la bandeja metálica utilizada:

Sus dimensiones son $a = 18 \text{ cm}$ $b = 28 \text{ cm}$, dando una superficie de $A = 504,00 \text{ cm}^2$.

Los resultados de la dosificación de agregado pétreo y ligante para las dos capas del tratamiento superficial con respecto al área de la bandeja metálica se presentan a continuación:

Tabla A.3.16. Dosificación del ensayo del Vialit con asfalto convencional

| Tratamiento superficial convencional | | Cantidad de agregado utilizado (100 partículas) según el tipo de granulometría | |
|--------------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Material | Asfalto (gr/m ²) | Agregado B (gr) | Agregado D (gr/m ²) |
| 1a aplicación | 65,52 | 433,50 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,20 |
| 1a aplicación | 65,52 | 438,60 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,00 |
| 1a aplicación | 65,52 | 435,80 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 31,60 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.3.17. Dosificación del ensayo del Vialit con asfalto modificado

| Tratamiento superficial modificado | | Cantidad de agregado utilizado (100 partículas) según el tipo de granulometría | |
|------------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Material | Asfalto (gr/m ²) | Agregado B (gr) | Agregado D (gr/m ²) |
| 1a aplicación | 65,52 | 436,00 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 28,50 |
| 1a aplicación | 65,52 | 443,00 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 31,10 |
| 1a aplicación | 65,52 | 434,70 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,40 |

Fuente: Elaboración propia.

Realización del ensayo

El ensayo se realiza normalmente a una temperatura ambiente no inferior a 10° C, dejando las bandejas en estas condiciones antes de ensayarlas durante un mínimo de media hora.

Se nivela el dispositivo para el ensayo y se coloca la bandeja en posición invertida, con los agregados hacia abajo, apoyada sobre las puntas de soporte.

El ensayo consiste en dejar caer la bola libremente, soltándola desde la canaleta inclinada hasta que golpea en el centro de la bandeja. La caída se repite tres veces en menos de 10 segundos.

Figura A.3.35. Dispositivo de Vialit fabricado



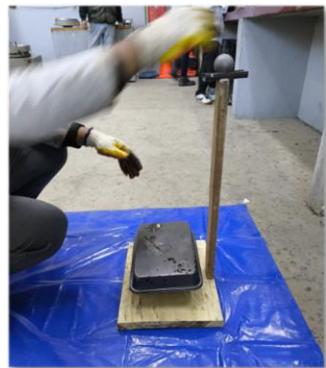
Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.36. Muestra del ensayo de Vialit



Fuente: Elaboración propia.

Figura A.3.37. Determinando las características adhesivas de los materiales del tratamiento superficial doble



Fuente: Elaboración propia.

El ensayo se realiza tanto para el tratamiento superficial doble con asfalto convencional y asfalto modificado con polvo de neumático (polímero).

ANEXO IV

ENSAYOS DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 14/06/2023 |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Porcentaje de caras fracturadas - ensayo N° 1

| Peso Total (gr.) = 1500 | | Muestra retenida | Material triturado | Material natural C (A - B) | Mat. con caras fracturadas D (%) | Material natural E (%) |
|-------------------------|------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Tamaño del agregado | Pasa tamiz | A (gr) | B (gr) | C (A - B) | D (%) | E (%) |
| 1 1/2 " | 1 " | - | - | - | - | - |
| 1 " | 3/4 " | 63,30 | 58,90 | 4,40 | 93,05 | 6,95 |
| 3/4 " | 1/2 " | 836,10 | 764,70 | 71,40 | 91,46 | 8,54 |
| 1/2 " | 3/8 " | 298,80 | 276,00 | 22,80 | 92,37 | 7,63 |
| Promedio | | | | 92,29 | 7,71 | |

Porcentaje de caras fracturadas - ensayo N° 2

| Peso Total (gr.) = 1500 | | Muestra retenida | Material triturado | Material natural C (A - B) | Mat. con caras fracturadas D (%) | Material natural E (%) |
|-------------------------|------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| Tamaño del agregado | Pasa tamiz | A (gr) | B (gr) | C (A - B) | D (%) | E (%) |
| 1 1/2 " | 1 " | - | - | - | - | - |
| 1 " | 3/4 " | 134,60 | 123,90 | 10,70 | 92,05 | 7,95 |
| 3/4 " | 1/2 " | 898,30 | 801,60 | 96,70 | 89,24 | 10,76 |
| 1/2 " | 3/8 " | 265,60 | 243,80 | 21,80 | 91,79 | 8,21 |
| Promedio | | | | 91,03 | 8,97 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Porcentaje de caras fracturadas - ensayo N° 3

| Peso Total (gr.) = 1500 | | Muestra retenida | Material triturado | Material natural | Mat. con caras fracturadas | Material natural |
|-------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| Tamaño del agregado | Retenido en tamiz | A (gr) | B (gr) | C (A - B) | D (%) | E (%) |
| 1 1/2 " | 1 " | - | - | - | - | - |
| 1" | 3/4 " | 197,20 | 177,10 | 20,10 | 89,81 | 10,19 |
| 3/4 " | 1/2 " | 657,40 | 610,60 | 46,80 | 92,88 | 7,12 |
| 1/2 " | 3/8 " | 354,30 | 323,70 | 30,60 | 91,36 | 8,64 |
| Promedio | | | | | 91,35 | 8,65 |

Porcentaje de caras fracturadas - promedio

| Nº de ensayo | Partículas fracturadas (D) (%) | Promedio de partículas fracturadas (D) (%) |
|--------------|--------------------------------------|---|
| 1 | 92,29 | 91,56 |
| 2 | 91,03 | |
| 3 | 91,35 | |

..... Chambi Paco Ruben Nelson

..... Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

DESGASTE DE LOS ÁNGELES - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarja) | Fecha: 16/06/2023 |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Desgaste de los ángeles ensayo Nº 1 - grava 3/4"

| Grava 3/4" | | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|---|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz Nº12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/4 " | 1/2 " | 2500,00 | B | 11 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 4058,10 |
| 1/2 " | 3/8 " | 2500,00 | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

Desgaste de los ángeles ensayo Nº 2 - grava 3/4"

| Grava 3/4" | | | | | |
|---------------------|-------------------|---------------|-------------------|---|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz Nº12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/4 " | 1/2 " | 2500,00 | B | 11 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 4031,90 |
| 1/2 " | 3/8 " | 2500,00 | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Desgaste de los ángeles ensayo N° 3 - grava 3/4"

| Grava 3/4" | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|---|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/4 " | 1/2 " | 2500,00 | B | 11 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 4042,60 |
| 1/2 " | 3/8 " | | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

Desgaste de los ángeles promedio - grava 3/4"

| Grava 3/4" | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|---|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/4 " | 1/2 " | 2500,00 | B | 11 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 4044,20 |
| 1/2 " | 3/8 " | | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

Chambi Paco Ruben Nelson
LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES
Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

DESGASTE DE LOS ÁNGELES - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarja) | Fecha: 16/06/2023 |
| Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Desgaste de los ángeles ensayo N° 1 - gravilla 3/8"

| Gravilla 3/8" | | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|--|-------------------------------|--------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) | Desgaste (%) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | | |
| 3/8 " | 1/4 " | 2500,00 | C | 8 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 3895,90 | 22,08 |
| 1/4 " | Nº 4 | 2500,00 | | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - | - |

Desgaste de los ángeles ensayo N° 2 - gravilla 3/8"

| Gravilla 3/8" | | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|--|-------------------------------|--------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) | Desgaste (%) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | | |
| 3/8 " | 1/4 " | 2500,00 | C | 8 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 3864,40 | 22,71 |
| 1/4 " | Nº 4 | 2500,00 | | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - | - |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Desgaste de los ángeles ensayo N° 3 - gravilla 3/8"

| Gravilla 3/8" | | | | | |
|----------------------|-------------------|----------------|-------------------|--|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/8 " | 1/4 " | 2500,00 | C | 8 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 3875,80 |
| 1/4 " | Nº 4 | 2500,00 | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

Desgaste de los ángeles promedio - gravilla 3/8"

| Gravilla 3/8" | | | | | |
|----------------------|-------------------|----------------|-------------------|--|-------------------------------|
| Tamaño del agregado | | Cantidad (gr) | Tipo de gradación | Número de esferas | Ret. tamiz N°12 (1,7 mm) (gr) |
| Pasa tamiz | Retenido en tamiz | | | | |
| 3/8 " | 1/4 " | 2500,00 | C | 8 esferas a 32,5 Rpm 500 revoluciones | 3878,70 |
| 1/4 " | Nº 4 | 2500,00 | | | |
| Peso total | | 5000,00 | - | - | - |

.....
 Chambi Paco Ruben Nelson
LABORATORISTA

.....
 Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo
RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES
Y RESISTENCIA DE MATERIALES

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" |  |
| ENSAYO DE DUCTILIDAD | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 11/07/23 | |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 85!100 | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|------------------------------------|--------|---------------|----------|----------|
| Ductilidad a 25°C AASHTO T51-00 | cm | 131 | 126 | 127 |
| Ductilidad promedio | | 128,00 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 100 | - |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



DURABILIDAD EN SOLUCIÓN DE SULFATOS - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 16/06/2023 |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Durabilidad en solución de sulfatos - grava 3/4"

| Granulometría | | | | Peso de materiales | | Pérdidas | |
|--------------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Tamiz Nº | Tamiz pasa | Tamiz ret. | Retenido original (%) | Antes ensayo (gr) | Después ensayo (gr) | Pérdidas parciales (%) | Pérdidas corregidas (%) |
| 1 " | 1" | 3/4 " | 8,81 | 500,00 | 495,60 | 0,88 | 0,08 |
| 3/4 " | 3/4 " | 1/2 " | 55,68 | 670,00 | 665,10 | 0,73 | 0,41 |
| 1/2 " | 1/2 " | 3/8 " | 22,66 | 330,00 | 322,00 | 2,42 | 0,55 |
| 3/8 " | 3/8 " | Nº 4 | 12,58 | 300,00 | 288,00 | 4,00 | 0,50 |
| Nº 4 | Nº 4 | Nº 8 | 0,10 | 100,00 | 95,30 | 4,70 | 0,00 |
| % Total de pérdida | | | | | | | 1,54 |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

DURABILIDAD EN SOLUCIÓN DE SULFATOS - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

| | |
|--|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 16/06/2023 |
| Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Durabilidad en solución de sulfatos - gravilla 3/8"

| Granulometría | | | | Peso de materiales | | Pérdidas | |
|--------------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|
| Tamiz Nº | Tamiz pasa | Tamiz ret. | Retenido original (%) | Antes ensayo (gr) | Después ensayo (gr) | Pérdidas parciales (%) | Pérdidas corregidas (%) |
| 1/2 " | 1/2 " | 3/8 " | 0,77 | 330,00 | 328,70 | 0,39 | 0,00 |
| 3/8 " | 3/8 " | Nº 4 | 77,72 | 300,00 | 296,20 | 1,27 | 0,98 |
| Nº 4 | Nº 4 | Nº 8 | 20,85 | 100,00 | 97,70 | 2,30 | 0,48 |
| % Total de pérdida | | | | | | | 1,46 |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

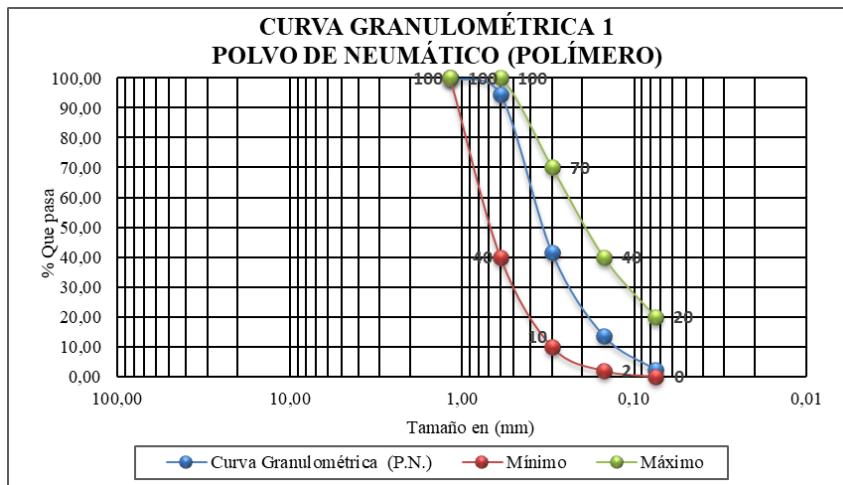


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

GRANULOMETRÍA 1 - POLVO DE NEUMÁTICO (POLÍMERO)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | Fecha: 27/06/2023 |
| Procedencia: Ingoqui (Cochabamba) | Identif. Muestra: Polvo de neumático |
| | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

| Peso Total (gr.) = | 100 | Tamizaje | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (gr.) | % Que pasa del total (%) |
|--------------------|-----|------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Tamices | (mm) | (gr.) | |
| | | 3/8 " | 9,50 | 0,00 | 0,00 |
| | | Nº 4 | 4,75 | 0,00 | 0,00 |
| | | Nº 8 | 2,36 | 0,00 | 0,00 |
| | | Nº 16 | 1,18 | 0,00 | 0,00 |
| | | Nº 30 | 0,60 | 5,60 | 5,60 |
| | | Nº 50 | 0,30 | 53,00 | 58,60 |
| | | Nº 100 | 0,15 | 27,80 | 86,40 |
| | | Nº 200 | 0,075 | 11,40 | 97,80 |
| | | Base | - | 1,80 | 99,60 |
| | | SUMA = | 99,60 | | |
| | | PÉRDIDAS = | 0,40 | TAMAÑO MAX: Nº 16 | |



Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

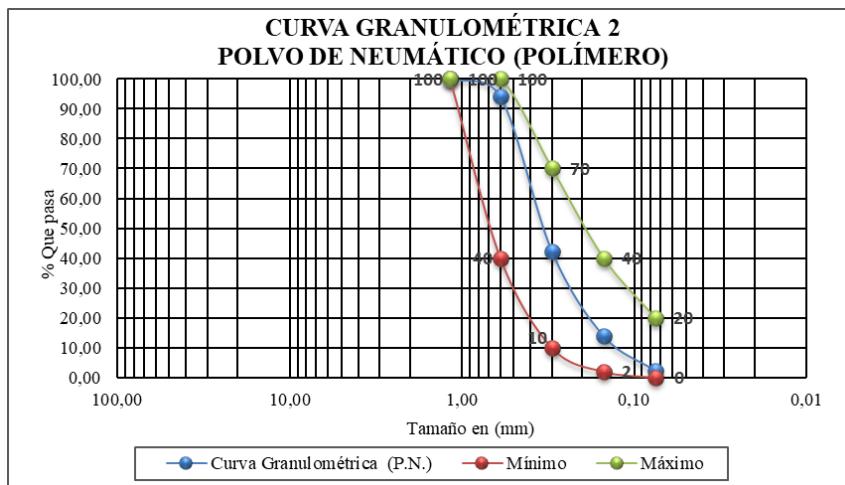
Y RESISTENCIA DE MATERIALES



GRANULOMETRÍA 2 - POLVO DE NEUMÁTICO (POLÍMERO)

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | |
| Procedencia: Ingoqui (Cochabamba) | Fecha: 27/06/2023 |
| Identif. Muestra: Polvo de neumático | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

| Peso Total (gr.) = | 100 | | | | % Que pasa del total |
|--------------------|-------------|-------------------|--------------------------|-------|----------------------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (gr.) | (%) | |
| 3/8 " | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 4 | 4,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 8 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 30 | 0,60 | 6,00 | 6,00 | 6,00 | 94,00 |
| Nº 50 | 0,30 | 51,90 | 57,90 | 57,90 | 42,10 |
| Nº 100 | 0,15 | 28,30 | 86,20 | 86,20 | 13,80 |
| Nº 200 | 0,075 | 11,60 | 97,80 | 97,80 | 2,20 |
| Base | - | 1,70 | 99,50 | 99,50 | 0,50 |
| SUMA = | 99,50 | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,50 | TAMAÑO MAX: Nº 16 | | | |



Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

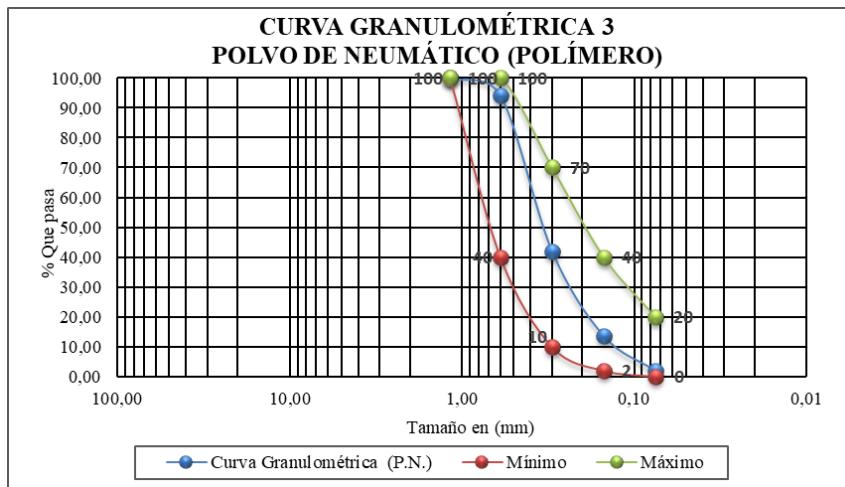
Y RESISTENCIA DE MATERIALES



GRANULOMETRÍA 3 - POLVO DE NEUMÁTICO (POLÍMERO)

| | |
|---|--------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | Fecha: 27/06/2023 |
| Procedencia: Ingoqui (Cochabamba) | Identif. Muestra: Polvo de neumático |
| | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

| Peso Total (gr.) = | 100 | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado | | % Que pasa del total |
|--------------------|-------|-------------|-----------------|--------------------|-------|----------------------|
| Tamices | (gr.) | | | (%) | (%) | |
| 3/8 " | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 4 | 4,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 8 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 30 | 0,60 | 5,80 | 5,80 | 5,80 | 5,80 | 94,20 |
| Nº 50 | 0,30 | 52,20 | 58,00 | 58,00 | 58,00 | 42,00 |
| Nº 100 | 0,15 | 28,50 | 86,50 | 86,50 | 86,50 | 13,50 |
| Nº 200 | 0,075 | 11,70 | 98,20 | 98,20 | 98,20 | 1,80 |
| Base | - | 1,60 | 99,80 | 99,80 | 99,80 | 0,20 |
| SUMA = | 99,80 | | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,20 | | | | | TAMAÑO MAX: Nº 16 |



Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

"Con Ética y Responsabilidad Social"

GRANULOMETRÍA PROMEDIO - POLVO DE NEUMÁTICO (POLÍMERO)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

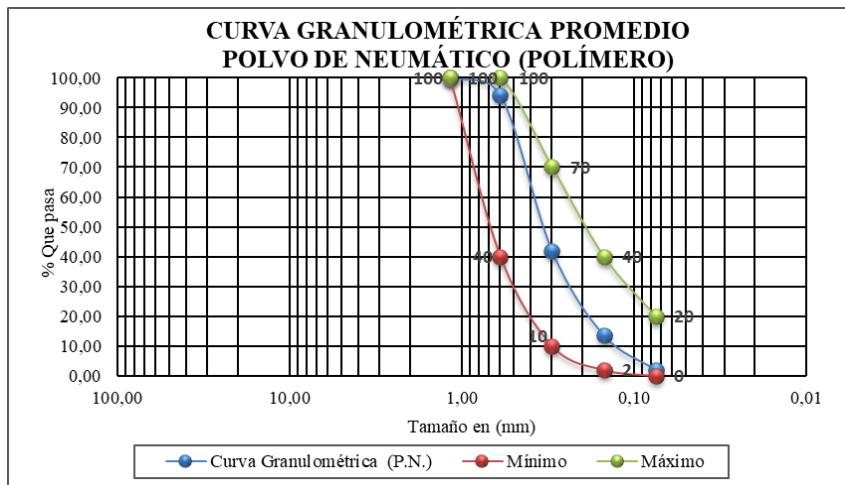
Procedencia: Ingoqui (Cochabamba)

Fecha: 27/06/2023

Identif. Muestra: Polvo de neumático

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 100 | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado | | % Que pasa del total |
|--------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------|-------------------------|
| Tamices | Tamaño (mm) | | (gr.) | (%) | |
| 3/8 " | 9,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 4 | 4,75 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 8 | 2,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| Nº 30 | 0,60 | 5,80 | 5,80 | 5,80 | 94,20 |
| Nº 50 | 0,30 | 52,37 | 58,17 | 58,17 | 41,83 |
| Nº 100 | 0,15 | 28,20 | 86,37 | 86,37 | 13,63 |
| Nº 200 | 0,075 | 11,57 | 97,93 | 97,93 | 2,07 |
| Base | - | 1,70 | 99,63 | 99,63 | 0,37 |
| SUMA = | 99,63 | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,37 | | | | TAMAÑO MAX = Nº16 |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 1 - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

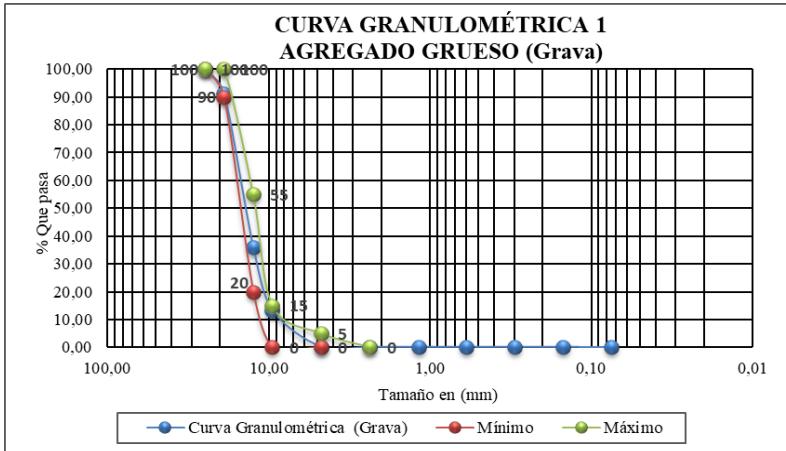
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Grava chancada 3/4"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 5000 | Tamiz | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (gr.) | % Que pasa del total (%) |
|--------------------|-------|------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Tamices | | | |
| | | | (mm) | (gr.) | (%) |
| 1 1/2 " | 37,50 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 " | 25,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3/4 " | 19,00 | | 443,30 | 443,30 | 8,87 |
| 1/2 " | 12,50 | | 2762,10 | 3205,40 | 64,11 |
| 3/8 " | 9,50 | | 1125,50 | 4330,90 | 86,62 |
| Nº 4 | 4,75 | | 655,30 | 4986,20 | 99,72 |
| Nº 8 | 2,36 | | 4,70 | 4990,90 | 99,82 |
| Nº 16 | 1,18 | | 0,30 | 4991,20 | 99,82 |
| Nº 30 | 0,60 | | 0,20 | 4991,40 | 99,83 |
| Nº 50 | 0,30 | | 0,40 | 4991,80 | 99,84 |
| Nº 100 | 0,15 | | 0,50 | 4992,30 | 99,85 |
| Nº 200 | 0,075 | | 3,10 | 4995,40 | 99,91 |
| Base | - | | 4,30 | 4999,70 | 99,99 |
| | | SUMA = | 4999,70 | | |
| | | PÉRDIDAS = | 0,30 | TAMAÑO MAX = 1 " | |



Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 2 - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

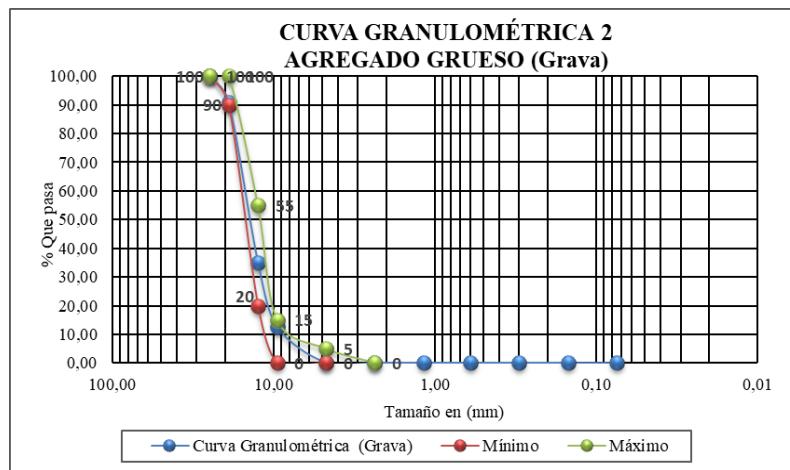
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Grava chancada 3/4"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 5000 | | | |
|--------------------|-------------|-----------------|------------------------|-------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (%) | |
| | | | (gr.) | (%) |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 " | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3/4 " | 19,00 | 448,50 | 448,50 | 8,97 |
| 1/2 " | 12,50 | 2802,60 | 3251,10 | 65,02 |
| 3/8 " | 9,50 | 1116,30 | 4367,40 | 87,35 |
| Nº 4 | 4,75 | 620,40 | 4987,80 | 99,76 |
| Nº 8 | 2,36 | 4,40 | 4992,20 | 99,84 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,20 | 4992,40 | 99,85 |
| Nº 30 | 0,60 | 0,20 | 4992,60 | 99,85 |
| Nº 50 | 0,30 | 0,30 | 4992,90 | 99,86 |
| Nº 100 | 0,15 | 0,50 | 4993,40 | 99,87 |
| Nº 200 | 0,075 | 2,20 | 4995,60 | 99,91 |
| Base | - | 3,95 | 4999,55 | 99,99 |
| SUMA = | | 4999,55 | | |
| PÉRDIDAS = | | 0,45 | TAMAÑO MAX = 1 " | |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 3 - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático

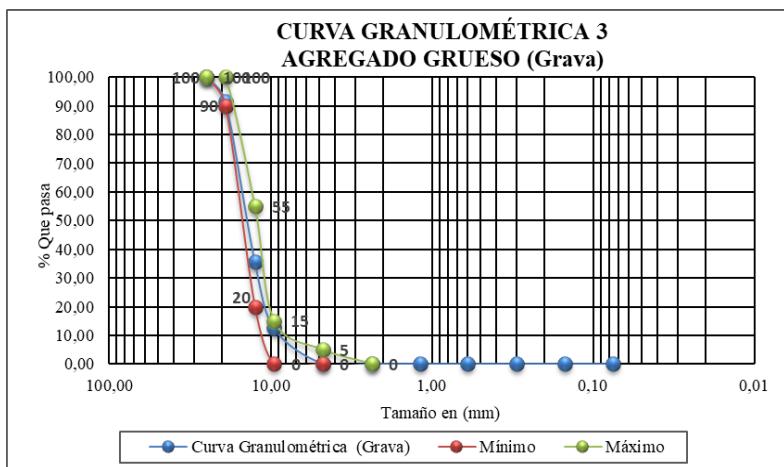
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Grava chancada 3/4"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | | 5000 | | | |
|--------------------|-------------|-----------------|--------------------------|------------------------|----------------------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (gr.) | Retenido Acumulado (%) | % Que pasa del total |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 " | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4 " | 19,00 | 430,20 | 430,20 | 8,60 | 91,40 |
| 1/2 " | 12,50 | 2787,75 | 3217,95 | 64,36 | 35,64 |
| 3/8 " | 9,50 | 1157,90 | 4375,85 | 87,52 | 12,48 |
| Nº 4 | 4,75 | 611,85 | 4987,70 | 99,75 | 0,25 |
| Nº 8 | 2,36 | 5,20 | 4992,90 | 99,86 | 0,14 |
| Nº 16 | 1,18 | 0,10 | 4993,00 | 99,86 | 0,14 |
| Nº 30 | 0,60 | 0,20 | 4993,20 | 99,86 | 0,14 |
| Nº 50 | 0,30 | 0,10 | 4993,30 | 99,87 | 0,13 |
| Nº 100 | 0,15 | 0,10 | 4993,40 | 99,87 | 0,13 |
| Nº 200 | 0,075 | 2,60 | 4996,00 | 99,92 | 0,08 |
| Base | - | 3,60 | 4999,60 | 99,99 | 0,01 |
| SUMA = | | 4999,60 | | | |
| PÉRDIDAS = | | 0,40 | | TAMAÑO MAX = 1 " | |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA PROMEDIO - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático

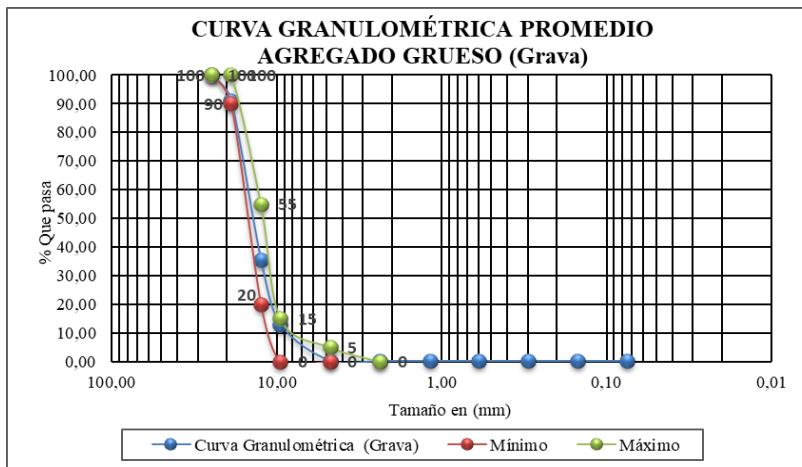
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Grava chancada 3/4"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 5000 | Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (gr.) | % Que pasa del total (%) |
|--------------------|---------|---------|-------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| | | | | | | |
| 1 1/2 " | 37,50 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1" | 25,00 | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4 " | 19,00 | | 440,67 | 440,67 | 8,81 | 91,19 |
| 1/2 " | 12,50 | | 2784,15 | 3224,82 | 64,50 | 35,50 |
| 3/8 " | 9,50 | | 1133,23 | 4358,05 | 87,16 | 12,84 |
| Nº 4 | 4,75 | | 629,18 | 4987,23 | 99,74 | 0,26 |
| Nº 8 | 2,36 | | 4,77 | 4992,00 | 99,84 | 0,16 |
| Nº 16 | 1,18 | | 0,20 | 4992,20 | 99,84 | 0,16 |
| Nº 30 | 0,60 | | 0,20 | 4992,40 | 99,85 | 0,15 |
| Nº 50 | 0,30 | | 0,27 | 4992,67 | 99,85 | 0,15 |
| Nº 100 | 0,15 | | 0,37 | 4993,03 | 99,86 | 0,14 |
| Nº 200 | 0,075 | | 2,63 | 4995,67 | 99,91 | 0,09 |
| Base | - | | 3,95 | 4999,62 | 99,99 | 0,01 |
| SUMA = | 4999,62 | | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,38 | | | | | TAMAÑO MAX = 1 " |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 1 - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático

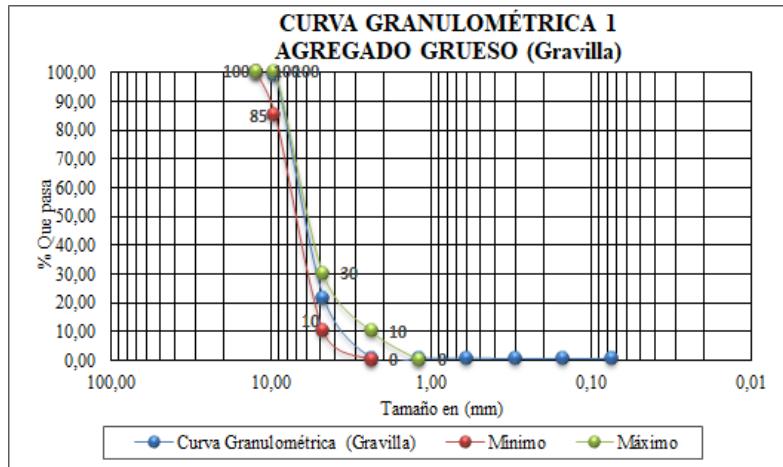
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 1000 | Retenido Acumulado | | | % Que pasa del total |
|--------------------|-------------|--------------------|--------|-------|----------------------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | (gr.) | (%) | |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1" | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4 " | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2 " | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8 " | 9,50 | 7,20 | 7,20 | 0,72 | 99,28 |
| Nº 4 | 4,75 | 777,40 | 784,60 | 78,46 | 21,54 |
| Nº 8 | 2,36 | 208,70 | 993,30 | 99,33 | 0,67 |
| Nº 16 | 1,18 | 1,40 | 994,70 | 99,47 | 0,53 |
| Nº 30 | 0,60 | 0,10 | 994,80 | 99,48 | 0,52 |
| Nº 50 | 0,30 | 0,10 | 994,90 | 99,49 | 0,51 |
| Nº 100 | 0,15 | 0,30 | 995,20 | 99,52 | 0,48 |
| Nº 200 | 0,075 | 1,00 | 996,20 | 99,62 | 0,38 |
| Base | - | 3,30 | 999,50 | 99,95 | 0,05 |
| SUMA = | 999,50 | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,50 | | | | TAMAÑO MAX = 1/2 " |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 2 - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

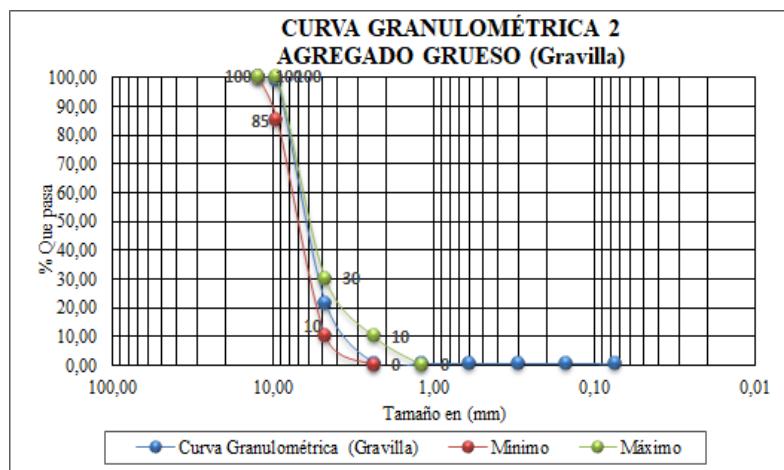
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 1000 | Retenido Acumulado | | | % Que pasa del total |
|--------------------|-------------|--------------------|-----------------|-------|----------------------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | (gr.) | (%) | |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1 " | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4 " | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2 " | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8 " | 9,50 | 7,80 | 7,80 | 0,78 | 99,22 |
| Nº 4 | 4,75 | 778,60 | 786,40 | 78,64 | 21,36 |
| Nº 8 | 2,36 | 207,20 | 993,60 | 99,36 | 0,64 |
| Nº 16 | 1,18 | 1,20 | 994,80 | 99,48 | 0,52 |
| Nº 30 | 0,60 | 0,20 | 995,00 | 99,50 | 0,50 |
| Nº 50 | 0,30 | 0,20 | 995,20 | 99,52 | 0,48 |
| Nº 100 | 0,15 | 0,20 | 995,40 | 99,54 | 0,46 |
| Nº 200 | 0,075 | 0,90 | 996,30 | 99,63 | 0,37 |
| Base | - | 3,40 | 999,70 | 99,97 | 0,03 |
| SUMA = | | 999,70 | PÉRDIDAS = 0,30 | | |
| | | | | | TAMAÑO MAX = 1/2 " |



Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA 3 - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

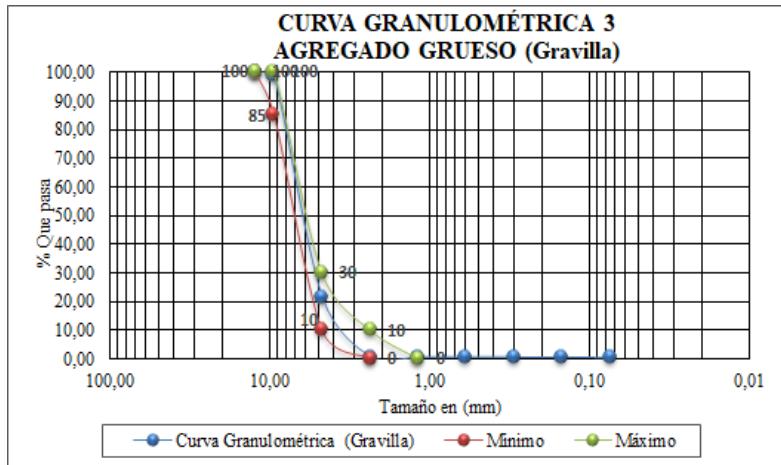
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 1000 | | | |
|--------------------|-------------|-----------------|------------------------|--------|
| Tamices | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado (%) | |
| | | | (gr.) | (%) |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1" | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/4 " | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 1/2 " | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 100,00 |
| 3/8 " | 9,50 | 8,10 | 8,10 | 99,19 |
| Nº 4 | 4,75 | 775,70 | 783,80 | 21,62 |
| Nº 8 | 2,36 | 209,60 | 993,40 | 0,66 |
| Nº 16 | 1,18 | 1,30 | 994,70 | 0,53 |
| Nº 30 | 0,60 | 0,10 | 994,80 | 0,52 |
| Nº 50 | 0,30 | 0,10 | 994,90 | 0,51 |
| Nº 100 | 0,15 | 0,40 | 995,30 | 0,47 |
| Nº 200 | 0,075 | 1,20 | 996,50 | 0,35 |
| Base | - | 3,10 | 999,60 | 0,04 |
| SUMA = | | 999,60 | | |
| PÉRDIDAS = | | 0,40 | TAMAÑO MAX = 1/2 " | |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRÍA PROMEDIO - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático

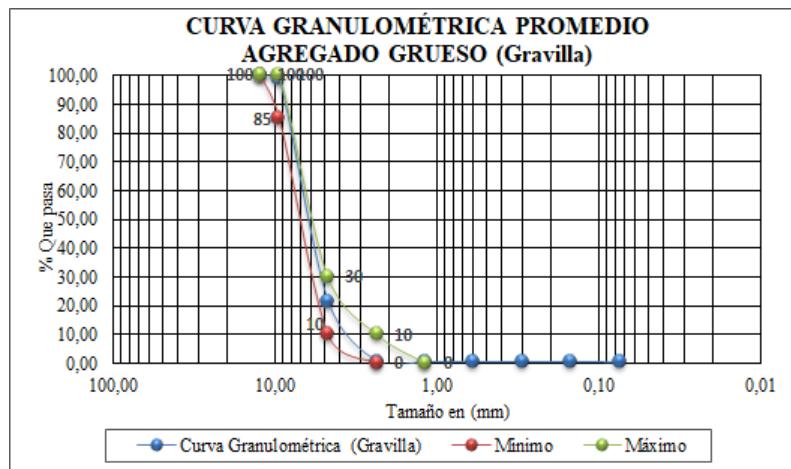
Procedencia: Posta Municipal (Tarija)

Fecha: Mayo de 2023

Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8"

Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco

| Peso Total (gr.) = | 1000 | Tamaño (mm) | Peso Ret. (gr.) | Retenido Acumulado | | % Que pasa del total |
|--------------------|--------|-------------|-----------------|--------------------|--------|----------------------|
| Tamices | (gr.) | | | (%) | | |
| 1 1/2 " | 37,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | |
| 1" | 25,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | |
| 3/4 " | 19,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | |
| 1/2 " | 12,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,00 | |
| 3/8 " | 9,50 | 7,70 | 7,70 | 0,77 | 99,23 | |
| Nº 4 | 4,75 | 777,23 | 784,93 | 78,49 | 21,51 | |
| Nº 8 | 2,36 | 208,50 | 993,43 | 99,34 | 0,66 | |
| Nº 16 | 1,18 | 1,30 | 994,73 | 99,47 | 0,53 | |
| Nº 30 | 0,60 | 0,13 | 994,87 | 99,49 | 0,51 | |
| Nº 50 | 0,30 | 0,13 | 995,00 | 99,50 | 0,50 | |
| Nº 100 | 0,15 | 0,30 | 995,30 | 99,53 | 0,47 | |
| Nº 200 | 0,075 | 1,03 | 996,33 | 99,63 | 0,37 | |
| Base | - | 3,27 | 999,60 | 99,96 | 0,04 | |
| SUMA = | 999,60 | | | | | |
| PÉRDIDAS = | 0,40 | | | | | TAMAÑO MAX = 1/2 " |



Chambi Paco Ruben Nelson

Ing. Arce Avendaño Jose Ricardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE SUELOS

Nota: El laboratorio de suelos de la carrera de Ingeniería Civil no se hace responsable por los resultados obtenidos en esta investigación, es enteramente responsabilidad del investigador.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

| | |
|--|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 28/06/2023 |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Índice de aplanamiento ensayo N° 1 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pl) (gr) | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Índice de aplanamiento total (Iii) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|--|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pl) (gr) | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Índice de aplanamiento total (Iii) (%) |
| 1" - 3/4" | 265,90 | 8,86 | | 265,90 | 54,70 | 20,57 |
| 3/4" - 1/2" | 1671,20 | 55,71 | | 1236,00 | 252,20 | 20,40 |
| 1/2" - 3/8" | 682,30 | 22,74 | | 456,60 | 98,70 | 21,62 |
| 3/8" - 1/4" | 321,10 | 10,70 | | 104,40 | 20,50 | 19,64 |
| | | | | | | |

Índice de aplanamiento ensayo N° 2 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pl) (gr) | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Índice de aplanamiento total (Iii) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|--|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pl) (gr) | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Índice de aplanamiento total (Iii) (%) |
| 1" - 3/4" | 271,20 | 9,04 | | 271,20 | 55,3 | 20,39 |
| 3/4" - 1/2" | 1682,60 | 56,09 | | 1228,80 | 245,60 | 19,99 |
| 1/2" - 3/8" | 671,20 | 22,37 | | 461,40 | 102,20 | 22,15 |
| 3/8" - 1/4" | 320,80 | 10,69 | | 98,70 | 17,30 | 17,53 |
| | | | | | | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

'Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Índice de aplanamiento ensayo N° 3 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | | | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Índice de aplanamiento total (Iii) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pli) (gr) | | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | - | - | - | |
| 1" - 3/4" | 254,30 | 8,48 | 255,10 | 52,8 | 20,70 | |
| 3/4" - 1/2" | 1662,90 | 55,43 | 1221,00 | 253,30 | 20,75 | |
| 1/2" - 3/8" | 694,10 | 23,14 | 467,80 | 103,50 | 22,12 | |
| 3/8" - 1/4" | 317,20 | 10,57 | 100,20 | 18,10 | 18,06 | |

Índice de aplanamiento - promedio

| Nº de ensayo | Índice de aplanamiento (Iii) (%) | Promedio |
|--------------|----------------------------------|--------------|
| 1 | 20,62 | |
| 2 | 20,25 | |
| 3 | 20,78 | 20,55 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Índice de alargamiento ensayo N° 1 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|--|--|---|---|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (R _i) | Peso de la cantidad de partículas (P _i) (gr) | Peso de partículas que pasan (P _{ai}) (gr) | Índice de alargamiento (I _{ai}) (%) | Índice de alargamiento total (I _{ai}) (%) | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | - | - | - | 21,94 | |
| 1" - 3/4" | 265,90 | 8,86 | 265,90 | 59,80 | 22,49 | | |
| 3/4" - 1/2" | 1671,20 | 55,71 | 1236,00 | 260,20 | 21,05 | | |
| 1/2" - 3/8" | 682,30 | 22,74 | 456,60 | 107,40 | 23,52 | | |
| 3/8" - 1/4" | 321,10 | 10,70 | 104,40 | 23,70 | 22,70 | | |

Índice de alargamiento ensayo N° 2 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|--|--|---|---|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (R _i) | Peso de la cantidad de partículas (P _i) (gr) | Peso de partículas que pasan (P _{ai}) (gr) | Índice de alargamiento (I _{ai}) (%) | Índice de alargamiento total (I _{ai}) (%) | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | - | - | - | 21,69 | |
| 1" - 3/4" | 271,20 | 9,04 | 271,20 | 59,3 | 21,87 | | |
| 3/4" - 1/2" | 1682,60 | 56,09 | 1228,80 | 252,40 | 20,54 | | |
| 1/2" - 3/8" | 671,20 | 22,37 | 461,40 | 115,20 | 24,97 | | |
| 3/8" - 1/4" | 320,80 | 10,69 | 98,70 | 20,40 | 20,67 | | |

Índice de alargamiento ensayo N° 3 - grava (3/4")

| Peso de muestra (gr.) = | | 3000 | | | | | |
|-------------------------|--------------------|------------------------------|--|--|---|---|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (R _i) | Peso de la cantidad de partículas (P _i) (gr) | Peso de partículas que pasan (P _{ai}) (gr) | Índice de alargamiento (I _{ai}) (%) | Índice de alargamiento total (I _{ai}) (%) | |
| 11/2" - 1" | - | 0,00 | - | - | - | 22,63 | |
| 1" - 3/4" | 254,30 | 8,48 | 255,10 | 55,7 | 21,83 | | |
| 3/4" - 1/2" | 1662,90 | 55,43 | 1221,00 | 270,90 | 22,19 | | |
| 1/2" - 3/8" | 694,10 | 23,14 | 467,80 | 112,80 | 24,11 | | |
| 3/8" - 1/4" | 317,20 | 10,57 | 100,20 | 22,40 | 22,36 | | |

Índice de alargamiento - promedio

| Nº de ensayo | Índice de alargamiento (I _{ai}) (%) | Promedio |
|--------------|---|----------|
| 1 | 21,94 | 22,08 |
| 2 | 21,69 | |
| 3 | 22,63 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

ÍNDICE DE APLANAMIENTO Y DE ALARGAMIENTO - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

| | | | | | | |
|---|--|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | | | | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | | | Fecha: 28/06/2023 | | | |
| Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8" | | | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco | | | |

Índice de aplanamiento ensayo N° 1 - grava (3/8")

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | | | | |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pli) (gr) | Índice de aplanamiento (Ili) (%) | Índice de aplanamiento total (Ili) (%) |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | 12,46 |
| 1/2" - 3/8" | 7,70 | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 462,00 | 46,20 | 127,60 | 15,90 | 12,46 | |

Índice de aplanamiento ensayo N° 2 - grava (3/8")

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | | | | |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pli) (gr) | Índice de aplanamiento (Ili) (%) | Índice de aplanamiento total (Ili) (%) |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | 10,60 |
| 1/2" - 3/8" | 7,10 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 468,70 | 46,87 | 135,80 | 14,40 | 10,60 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Índice de aplanamiento ensayo N° 3 - grava (3/8'')

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pl) (gr) | Índice de aplanamiento (Ili) (%) | Índice de aplanamiento total (Ili) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|--|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | |
| 1/2" - 3/8" | 7,60 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 451,50 | 45,15 | 139,10 | 16,60 | 11,93 | 11,93 |

Índice de aplanamiento - promedio

| Nº de ensayo | Índice de aplanamiento (Ili) (%) | Promedio |
|--------------|----------------------------------|----------|
| 1 | 12,46 | 11,67 |
| 2 | 10,60 | |
| 3 | 11,93 | |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

.....

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

Índice de alargamiento ensayo N° 1 - gravilla (3/8")

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pai) (gr) | Índice de alargamiento (Iai) (%) | Índice de alargamiento totales (Iai) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | |
| 1/2" - 3/8" | 7,70 | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 462,00 | 46,20 | 127,60 | 16,50 | 12,93 | 12,93 |

Índice de alargamiento ensayo N° 2 - gravilla (3/8")

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pai) (gr) | Índice de alargamiento (Iai) (%) | Índice de alargamiento totales (Iai) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | |
| 1/2" - 3/8" | 7,10 | 0,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 468,70 | 46,87 | 135,80 | 15,60 | 11,49 | 11,49 |

Índice de alargamiento ensayo N° 3 - gravilla (3/8")

| Peso de muestra (gr.) = | | 1000 | Peso de la cantidad de partículas (Pi) (gr) | Peso de partículas que pasan (Pai) (gr) | Índice de alargamiento (Iai) (%) | Índice de alargamiento totales (Iai) (%) |
|-------------------------|--------------------|-----------------|---|---|----------------------------------|--|
| Tamiz (pulg) | Peso retenido (gr) | % Retenido (Ri) | | | | |
| 3/4" - 1/2" | - | 0,00 | - | - | - | |
| 1/2" - 3/8" | 7,60 | 0,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| 3/8" - 1/4" | 451,50 | 45,15 | 139,10 | 17,2 | 12,33 | 12,33 |

Índice de alargamiento - promedio

| Nº de ensayo | Índice de aplastamiento (Iai) (%) | Promedio |
|--------------|-----------------------------------|----------|
| 1 | 12,93 | 12,25 |
| 2 | 11,49 | |
| 3 | 12,33 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES

| | | |
|---|---|--|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENsayo DE PENETRACIÓN | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) - Ingoqui (Cbba) | Fecha: 27/08/2024 | |
| Identif. Ligante: C.A. 85!100 modificado con P.N. | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---|--------------|--------------|----------|----------|
| Penetración a 25 °C, 100gr y 5seg AASHTO T49 -97 | Lectura N° 1 | 0,1 mm | 76 | 66 |
| | Lectura N° 2 | 0,1 mm | 70 | 64 |
| | Lectura N° 3 | 0,1 mm | 73 | 65 |
| | Promedio | 0,1 mm | 73,00 | 65,00 |
| Penetración promedio | 0,1 mm | 67,33 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|-------------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 50 | 70 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" |  |
| ENSAYO DE PENETRACIÓN | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 28/06/2023 | |
| Identif. Ligante: Cemento 5sfáltico 85!100 | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|--|--------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Penetración a 25 °C, 100gr y 5seg AASHTO T49 -97 | Lectura Nº 1 | 0,1 mm | 98 | 91 | 95 |
| | Lectura Nº 2 | 0,1 mm | 87 | 90 | 86 |
| | Lectura Nº 3 | 0,1 mm | 93 | 87 | 89 |
| | Promedio | 0,1 mm | 92,67 | 89,33 | 90,00 |
| Penetración promedio | | 0,1 mm | 90,67 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|-------------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 85 | 100 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | | | | | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | | | | Fecha: 19/06/2023 | | | |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | | | | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco | | | |

| Nº de ensayo | Peso muestra secada "A" (gr) | Peso muestra S.S.S. "B" (gr) | Peso muestra sumergida "C" (gr) | P.E. Granel (gr/cm³) | P.E. S.S.S. (gr/cm³) | P.E. Aparente (gr/cm³) | % de Absorción |
|--------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| 1,00 | 4940,40 | 5000,00 | 3095,00 | 2,593 | 2,625 | 2,677 | 1,206 |
| 2,00 | 4939,50 | 5000,00 | 3096,50 | 2,595 | 2,627 | 2,680 | 1,225 |
| 3,00 | 4944,70 | 5000,00 | 3094,50 | 2,595 | 2,624 | 2,673 | 1,118 |
| | | Promedio | | 2,59 | 2,63 | 2,68 | 1,18 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

.....

'Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
“Con Ética y Responsabilidad Social”

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | | | | | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | | | | Fecha: 19/06/2023 | | | |
| Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8" | | | | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco | | | |

| Nº de ensayo | Peso muestra secada "A" (gr) | Peso muestra S.S.S. "B" (gr) | Peso muestra sumergida "C" (gr) | P.E. Granel (gr/cm ³) | P.E. S.S.S. (gr/cm ³) | P.E. Aparente (gr/cm ³) | % de Absorción |
|--------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 1,00 | 2953,10 | 3000,00 | 1869,00 | 2,611 | 2,653 | 2,724 | 1,588 |
| 2,00 | 2952,90 | 3000,00 | 1868,50 | 2,610 | 2,651 | 2,723 | 1,595 |
| 3,00 | 2949,70 | 3000,00 | 1868,00 | 2,606 | 2,650 | 2,727 | 1,705 |
| | | Promedio | | 2,61 | 2,65 | 2,72 | 1,63 |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES
Y RESISTENCIA DE MATERIALES

| | | |
|---|--|---|
|  | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" |  |
| ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 12/07/23 | |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 85!100 | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|----------------------------------|--------|--------------|----------|----------|
| Peso picnómetro | gr | 34,9 | 35,7 | 33,6 |
| Peso picnómetro + agua (25 °C) | gr | 86,3 | 86,1 | 84,9 |
| Peso picnómetro + muestra | gr | 65,2 | 67,5 | 61,6 |
| Peso picnómetro + agua + muestra | gr | 87,1 | 86,7 | 85,4 |
| Peso específico | gr/cm³ | 1,024 | 1,016 | 1,015 |
| Promedio | gr/cm³ | 1,019 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 1 | 1,05 |

Chambi Paco Ruben Nelson
LABORATORISTA

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

PESO UNITARIO - POLVO DE NEUMÁTICO (POLÍMERO)

| | | | | | | | |
|---|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | | | | | | |
| Procedencia: Ingoqui (Cochabamba) | | | | Fecha: 28/06/2023 | | | |
| Identif. Muestra: Polvo de neumático | | | | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco | | | |

Peso unitario suelto

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra suelta (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario suelto (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3753,60 | 1153,60 | 0,385 |
| 2 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3750,60 | 1150,60 | 0,384 |
| 3 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3756,80 | 1156,80 | 0,386 |
| | | | | | | Promedio | 0,385 |

Peso unitario compactado

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra compactada (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario compactado (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3968,70 | 1368,70 | 0,457 |
| 2 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3971,40 | 1371,40 | 0,458 |
| 3 | 2600,00 | 16,50 | 15,20 | 2994,06 | 3965,60 | 1365,60 | 0,456 |
| | | | | | | Promedio | 0,457 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES

Y RESISTENCIA DE MATERIALES



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO (GRAVA)

| | |
|--|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 23/06/2023 |
| Identif. Muestra: Grava chancada 3/4" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Peso unitario suelto

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra suelta (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario suelto (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20960,00 | 15130,00 | 1,516 |
| 2 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20940,00 | 15110,00 | 1,514 |
| 3 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20950,00 | 15120,00 | 1,515 |
| | | | | | | Promedio | 1,52 |

Peso unitario compactado

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra compactada (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario compactado (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21525,00 | 15695,00 | 1,573 |
| 2 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21490,00 | 15660,00 | 1,570 |
| 3 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21585,00 | 15755,00 | 1,579 |
| | | | | | | Promedio | 1,57 |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

**RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES
Y RESISTENCIA DE MATERIALES**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE HORMIGONES Y RESISTENCIA DE LOS MATERIALES
"Con Ética y Responsabilidad Social"

PESO UNITARIO - AGREGADO GRUESO (GRAVILLA)

| | |
|--|-------------------------------------|
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adiconando polvo de neumático | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 23/06/2023 |
| Identif. Muestra: Gravilla chancada 3/8" | Laboratorista: Ruben N. Chambi Paco |

Peso unitario suelto

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra suelta (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario suelto (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20720,00 | 14890,00 | 1,492 |
| 2 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20720,00 | 14890,00 | 1,492 |
| 3 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 20700,00 | 14870,00 | 1,490 |
| | | | | | | Promedio | 1,49 |

Peso unitario compactado

| Ensayo N° | Peso del molde (gr) | Calibración | | | Peso molde + muestra compactada (gr) | Peso de muestra suelta (gr) | Peso unitario compactado (gr/cm³) |
|-----------|---------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| | | Altura del molde (cm) | Diámetro del molde (cm) | Volumen del molde (cm³) | | | |
| 1 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21350,00 | 15520,00 | 1,556 |
| 2 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21335,00 | 15505,00 | 1,554 |
| 3 | 5830,00 | 28,00 | 21,30 | 9977,16 | 21370,00 | 15540,00 | 1,558 |
| | | | | | | Promedio | 1,56 |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Díaz Ayarde Moisés Eduardo

**RESP. DEL LABORATORIO DE HORMIGONES
Y RESISTENCIA DE MATERIALES**

| | | |
|---|---|--|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) - Ingoqui (Cbba) | Fecha: 02/09/2024 | |
| Identif. Ligante: C.A. 85!100 modificado con P.N. | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---|--------|--------------|----------|----------|
| Punto de ablandamiento AASHTO T53-96 | °C | 54 | 55 | 52 |
| Ablandamiento promedio | | 53,67 | | |

| ESPECIFICACIONES |
|------------------|
| ≥ 53 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|--|---|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE PUNTO DE ABLANDAMIENTO | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 05/07/2023 | |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 851100 | | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---|--------|--------------|----------|----------|
| Punto de ablandamiento AASHTO T53-96 | °C | 47 | 48 | 45 |
| Ablandamiento promedio | | 46,67 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 43 | 53 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|--|--|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE PUNTO DE INFILAMACIÓN | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) - Ingoqui (Cbba) | Fecha: 29/08/2024 | |
| Identif. Ligante: C.A. 85!100 modificado con P.N. | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---------------------------------------|--------|---------------|----------|----------|
| Punto de inflamación AASHTO T79-96 | °C | 277 | 274 | 278 |
| Inflamación promedio | | 276,33 | | |

ESPECIFICACIONES

≥ 235

.....
Chambi Paco Ruben Nelson

.....
Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" |  |
| ENSAZO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 29/06/2023 | |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 85!100 | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco | |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---------------------------------------|--------|---------------|----------|----------|
| Punto de inflamación AASHTO T79-96 | °C | 287 | 281 | 284 |
| Inflamación promedio | | 284,00 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 232 | - |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAELE SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" |  |
| ENSAYO DE RECUPERACIÓN ELÁSTICA | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) - Ingoqui (Cbba) | | Fecha: 04/09/2024 |
| Identif. Ligante: C.A. 85!100 modificado con P.N. | | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|---|--------|--------------|----------|----------|
| Recuperación elástica AASHTO T301-99 | % | 40 | 47,5 | 42,5 |
| Recuperación elástica promedio | | 43,33 | | |

ESPECIFICACIONES

≥ 10

.....
Chambi Paco Ruben Nelson

.....
Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|--|---|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE VIALIT CON ASFALTO CONVENCIONAL | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | | Fecha: 08/10/2024 |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 85!100 | | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco |

Dosificación para el ensayo de Vialit cqp "ashanq" convencional

| Tratamiento superficial convencional | | Cantidad de agregado utilizado (100 partículas) según el tipo de granulometría | |
|--------------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Material | Asfalto (gr/m ²) | Agregado B (gr) | Agregado D (gr/m ²) |
| 1a aplicación | 65,52 | 433,50 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,20 |
| 1a aplicación | 65,52 | 438,60 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,00 |
| 1a aplicación | 65,52 | 435,80 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 31,60 |

| Nº de muestra | Porcentaje de desprendimiento del agregado | | | | |
|---------------|--|-------------|--------------|------|--------------|
| | Primer a capa | | Segunda capa | | Total |
| | gr | % | gr | % | % |
| 1 | 13,0 | 3,00 | 1,0 | 3,31 | 6,31 |
| 2 | 11,8 | 2,69 | 0,9 | 3,00 | 5,69 |
| 3 | 12,7 | 2,91 | 1,1 | 3,48 | 6,40 |
| Media | 12,50 | 2,87 | 1,00 | 3,26 | 6,13 |
| Total | % | 100 | | | 93,87 |
| | % | 6,13 | | | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|--|---|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISael SARACHo" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE VIALIT CON ASFALTO MODIFICADO | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) - Ingoqui (Cbba) | | Fecha: 11/10/2024 |
| Identif. Ligante: C.A. 85!100 modificado con P.N. | | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco |

Dosificación para el ensayo de Vialit cqp"ashanq"modificado

| Tratamiento superficial modificado | | Cantidad de agregado utilizado (100 partículas) según el tipo de granulometría | |
|------------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| Material | Asfalto (gr/m ²) | Agregado B (gr) | Agregado D (gr/m ²) |
| 1a aplicación | 65,52 | 436,00 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 28,50 |
| 1a aplicación | 65,52 | 443,00 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 31,10 |
| 1a aplicación | 65,52 | 434,70 | - |
| 2a aplicación | 50,40 | - | 30,40 |

| Nº de muestra | Porcentaje de desprendimiento del agregado | | | | % |
|---------------|--|------|--------------|------|-------|
| | Primera capa | | Segunda capa | | |
| | gr | % | gr | % | % |
| 1 | 10,9 | 2,50 | 0,7 | 2,46 | 4,96 |
| 2 | 10,4 | 2,35 | 0,0 | 0,00 | 2,35 |
| 3 | 11,2 | 2,58 | 0,4 | 1,32 | 3,89 |
| Media | 10,83 | 2,47 | 4,00 | 1,26 | 3,73 |
| Total | 100 | | | | 96,27 |
| | % | 3,73 | | | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|---|--|---|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS "Con Ética y Responsabilidad Social" | |
| ENSAYO DE VISCOSIDAD | | |
| Proyecto: Evaluación de una mezcla asfáltica para un tratamiento superficial de bajo tráfico adicionando polvo de neumático | | |
| Procedencia: Posta Municipal (Tarija) | Fecha: 13/07/23 | |
| Identif. Ligante: Cemento Asfáltico 85!100 | | Laboratorista: Ruben Nelson Chambi Paco |

| Descripción | Unidad | Ensayo 1 | Ensayo 2 | Ensayo 3 |
|--|--------|--------------|----------|----------|
| Viscosidad Saybolt-Furol a 135°C AASHTO T201-01 | seg | 97 | 93 | 102 |
| Viscosidad promedio | | 97,33 | | |

| ESPECIFICACIONES | |
|------------------|--------|
| Mínimo | Máximo |
| 85 | 400 |

.....

Chambi Paco Ruben Nelson

.....

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

LABORATORISTA

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|-----------|---|--|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS | |
| PROYECTO: | "EVALUACIÓN DE UNC'OG\ ENC'CUHf NTIEC'RRTC'WP 'TTCTCO KGP TQ" UWRGTHKECNF G'DCLQ'TTf HEQ'CF KEQP CP F Q'RQNXQ'F G'P GWO f THEQ" | |

**PLANILLA PARA LA ESTABILIDAD Y FLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA
UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CONVENCIONAL**

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Tipo de cemento asfáltico: | Convencional 85/100 |
| Número de golpes | 50 |
| Radio del molde (cm) | 5,230 |

| Nº de briqueta | Denominación | % de los Materiales | | Altura de briqueta | Peso Briqueta P.seco | Volumen probeta | Densidad real densidad promedio | Estabilidad Marshall | | Fluencia | |
|----------------|--------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|----------------------|-------------|---------------------------|-------------------|
| | | Ligante asfáltico | Agregado total | | | | | lectura del dial | Estabilidad | lectura dial del flujo | Fluencia promedio |
| | | % | % | | | | | mm | libras | 0,01 pulg | 0,01 pulg |
| 1 IA | 5,85 | 94,H5 | 2,18 | 335,0 | 187,3 | 1,788 | 1,831 | 392 | 1037,356 | 9 | 10,40 |
| 2 IB | | | 2,15 | 340,7 | 184,8 | 1,844 | | 320 | 843,475 | 12 | |
| 3 IC | | | 2,18 | 341,8 | 187,3 | 1,825 | | 366 | 967,344 | 10 | |
| 4 ID | | | 2,15 | 344,4 | 184,8 | 1,864 | | 403 | 1066,977 | 11 | |
| 5 IE | | | 2,14 | 337,4 | 183,9 | 1,835 | | 388 | 1026,585 | 10 | |
| 1 2A | 5,96 | 94,G4 | 2,16 | 346,6 | 185,6 | 1,867 | 1,839 | 369 | 975,422 | 11 | 10,60 |
| 2 2B | | | 2,20 | 344,2 | 189,0 | 1,821 | | 382 | 1010,428 | 10 | |
| 3 2C | | | 2,19 | 343,9 | 188,2 | 1,827 | | 408 | 1080,441 | 8 | |
| 4 2D | | | 2,14 | 341,0 | 183,9 | 1,854 | | 385 | 1018,507 | 12 | |
| 5 2E | | | 2,17 | 340,8 | 186,5 | 1,828 | | 378 | 999,657 | 12 | |
| 1 3A | 5,: 7 | 94,F3 | 2,18 | 342,6 | 187,3 | 1,829 | 1,845 | 387 | 1023,892 | 11 | 11,00 |
| 2 3B | | | 2,14 | 345,5 | 183,9 | 1,879 | | 371 | 980,808 | 10 | |
| 3 3C | | | 2,19 | 345,7 | 188,2 | 1,837 | | 445 | 1180,075 | 13 | |
| 4 3D | | | 2,16 | 342,6 | 185,6 | 1,846 | | 393 | 1040,049 | 12 | |
| 5 3E | | | 2,19 | 345,4 | 188,2 | 1,835 | | 335 | 883,867 | 9 | |
| 1 4A | 5,: 8 | 94,EG | 2,15 | 343,1 | 184,8 | 1,857 | 1,850 | 401 | 1061,592 | 12 | 11,40 |
| 2 4B | | | 2,14 | 344,7 | 183,9 | 1,874 | | 396 | 1048,128 | 10 | |
| 3 4C | | | 2,13 | 339,3 | 183,0 | 1,854 | | 411 | 1088,520 | 12 | |
| 4 4D | | | 2,12 | 335,2 | 182,2 | 1,840 | | 352 | 929,644 | 11 | |
| 5 4E | | | 2,17 | 339,8 | 186,5 | 1,822 | | 386 | 1021,200 | 12 | |
| 1 5A | 8,2; | 9HJF | 2,15 | 342,0 | 184,8 | 1,851 | 1,852 | 401 | 1061,592 | 12 | 12,20 |
| 2 5B | | | 2,16 | 343,7 | 185,6 | 1,852 | | 453 | 1201,617 | 12 | |
| 3 5C | | | 2,17 | 344,9 | 186,5 | 1,850 | | 399 | 1056,206 | 10 | |
| 4 5D | | | 2,17 | 344,8 | 186,5 | 1,849 | | 284 | 746,534 | 15 | |
| 5 5E | | | 2,16 | 345,4 | 185,6 | 1,861 | | 408 | 1080,441 | 12 | |
| 1 6A | 6,42 | 93,1 € | 2,18 | 345,8 | 187,3 | 1,846 | 1,843 | 366 | 967,344 | 12 | 14,00 |
| 2 6B | | | 2,13 | 338,3 | 183,0 | 1,848 | | 362 | 956,572 | 15 | |
| 3 6C | | | 2,20 | 343,8 | 189,0 | 1,819 | | 437 | 1158,532 | 16 | |
| 4 6D | | | 2,19 | 347,5 | 188,2 | 1,847 | | 417 | 1104,676 | 14 | |
| 5 6E | | | 2,15 | 343,2 | 184,8 | 1,858 | | 349 | 921,566 | 13 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

| | | |
|-----------|---|--|
| | UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO" FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE ASFALTOS | |
| PROYECTO: | “EVALUACIÓN DE UNC’OG\ ENC’CUHf NTIEC’RCTC’WP ‘TTCTCO KGP TQ” UWRGTHKECNF G'DCLQ'TTf HEQ'CF KEQP CP F Q'RQNXQ'F G'P GWO f THEQ” | |

**PLANILLA PARA LA ESTABILIDAD Y FLUENCIA DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA
UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE MODIFICADO**

| | |
|-----------------------------------|------------------------|
| Tipo de cemento asfáltico: | C.A. 85/100 Modificado |
| Número de golpes | 50 |
| Radio del molde (cm) | 5,230 |

| Nº de briqueta | Denominación | % de los materiales | | Altura de briqueta | Peso Brumeta P. seco | Volumen probeta | Densidad real densidad promedio | Estabilidad del dial | Estabilidad promedio | Estabilidad Marshall | | Fluencia | |
|----------------|--------------|----------------------|----------------|--------------------|-------------------------|--------------------|------------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------|
| | | Ligante asfáltico | Agregado total | | | | | | | lectura dial | lectura dial del flujo | lectura dial del flujo | Fluencia promedio |
| | | % | % | | | | | | | mm | libras | 0,01 pulg | 0,01 pulg |
| 1 1A | 5,85 | 94,15 | 94,15 | 2,12 | 333,1 | 182,2 | 1828 | 1,848 | 1271,63 | 483 | 1282,401 | 9 | 9,80 |
| 2 1B | | | | 2,12 | 338,2 | 182,2 | 1856 | | | 470 | 1247,395 | 11 | |
| 3 1C | | | | 2,13 | 337,2 | 183,0 | 1842 | | | 493 | 1309,329 | 8 | |
| 4 1D | | | | 2,13 | 337,4 | 183,0 | 1843 | | | 484 | 1285,094 | 10 | |
| 5 1E | | | | 2,12 | 340,7 | 182,2 | 1870 | | | 465 | 1233,931 | 11 | |
| 1 2A | 5,96 | 94,G4 | 94,G4 | 2,13 | 339,3 | 183,0 | 1854 | 1,882 | 1295,87 | 426 | 1128,912 | 13 | 10,20 |
| 2 2B | | | | 2,10 | 339,1 | 180,5 | 1879 | | | 502 | 1333,564 | 9 | |
| 3 2C | | | | 2,07 | 341,6 | 177,9 | 1920 | | | 498 | 1322,793 | 10 | |
| 4 2D | | | | 2,12 | 340,5 | 182,2 | 1869 | | | 525 | 1395,499 | 8 | |
| 5 2E | | | | 2,11 | 342,4 | 181,3 | 1888 | | | 489 | 1298,558 | 11 | |
| 1 3A | 5,: 7 | 94,F3 | 94,F3 | 2,11 | 344,7 | 181,3 | 1901 | 1,893 | 1303,40 | 465 | 1233,931 | 12 | 10,60 |
| 2 3B | | | | 2,10 | 341,2 | 180,5 | 1891 | | | 509 | 1352,414 | 10 | |
| 3 3C | | | | 2,08 | 337,9 | 178,7 | 1890 | | | 531 | 1411,656 | 9 | |
| 4 3D | | | | 2,06 | 339,5 | 177,0 | 1918 | | | 523 | 1390,113 | 9 | |
| 5 3E | | | | 2,12 | 339,7 | 182,2 | 1865 | | | 426 | 1128,912 | 13 | |
| 1 4A | 5,: 8 | 94,G2 | 94,G2 | 2,09 | 343,5 | 179,6 | 1913 | 1,897 | 1313,64 | 507 | 1347,028 | 11 | 11,20 |
| 2 4B | | | | 2,08 | 335,2 | 178,7 | 1875 | | | 524 | 1392,806 | 10 | |
| 3 4C | | | | 2,09 | 335,9 | 179,6 | 1870 | | | 458 | 1215,081 | 12 | |
| 4 4D | | | | 2,07 | 343,0 | 177,9 | 1928 | | | 469 | 1244,702 | 13 | |
| 5 4E | | | | 2,08 | 339,4 | 178,7 | 1899 | | | 515 | 1368,571 | 10 | |
| 1 5A | 8,2; | 9H,JF | 9H,JF | 2,08 | 343,3 | 178,7 | 1921 | 1,910 | 1305,56 | 501 | 1330,872 | 12 | 11,40 |
| 2 5B | | | | 2,09 | 343,8 | 179,6 | 1914 | | | 537 | 1427,812 | 9 | |
| 3 5C | | | | 2,06 | 338,7 | 177,0 | 1913 | | | 511 | 1357,800 | 11 | |
| 4 5D | | | | 2,08 | 341,5 | 178,7 | 1911 | | | 390 | 1031,971 | 15 | |
| 5 5E | | | | 2,10 | 341,7 | 180,5 | 1894 | | | 519 | 1379,342 | 10 | |
| 1 6A | 6,42 | 93,i € | 93,i € | 2,12 | 345,5 | 182,2 | 1897 | 1,904 | 1294,25 | 506 | 1344,336 | 11 | 12,60 |
| 2 6B | | | | 2,09 | 341,2 | 179,6 | 1900 | | | 471 | 1250,088 | 14 | |
| 3 6C | | | | 2,10 | 341,0 | 180,5 | 1890 | | | 482 | 1279,708 | 15 | |
| 4 6D | | | | 2,11 | 343,3 | 181,3 | 1893 | | | 516 | 1371,264 | 10 | |
| 5 6E | | | | 2,06 | 343,8 | 177,0 | 1942 | | | 462 | 1225,852 | 13 | |

Chambi Paco Ruben Nelson

LABORATORISTA

Ing. Avila Sandoval Seila Claudia

RESP. DEL LABORATORIO DE ASFALTOS

ANEXO V

CARTAS DE SOLICITUD

Tarija, 22 de septiembre de 2023

Señor

Ing. Marcelo Zenteno

**DIRECTOR DE OBRAS PÚBLICAS DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE
CERCADO**

**REF.: SOLICITUD DE PROVICIÓN DE MATERIAL DE CEMENTO
ASFALTICO Y AGREGADO**



De mi mayor consideración.

Mediante la presente, solicito muy encarecidamente a usted la provisión de cemento asfáltico 85/100, en una cantidad de 15 kilos y agregados pétreos (grava, gravilla y arena) en una cantidad de 80 kilos, material que será usado en mi proyecto de grado titulado: **“EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL ADICIONANDO POLVO DE NEUMÁTICOS EN TRAMOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO”**, prácticas de ensayo que serán realizados en el laboratorio de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho de Tarija.

Agradeciendo su comprensión y aceptación, saludo a usted con las consideraciones más distinguidas y de respecto.

Atentamente:

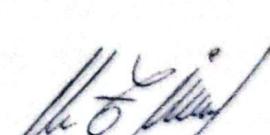


Univ: Chambi Paco Ruben Nelson

C.I.: 10631779 Tja.

Cel.: 73319555

V.B


M.Sc. Ing. Mario L. Tijerina C.
DIRECTOR
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA
Y VIAS DE COMUNICACION
CARRERA ING. CIVIL - U.A.J.M.S.

Tarija 12 de abril de 2023

Señor

Ing. Mostajo Rojas Victor Francisco

ENCARGADO DEL DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS DE LA U.A.J.M.S.

Señor

Ing. Diaz Ayarde Moises Eduardo

**ENCARGADO DEL LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL HORMIGON DE LA
U.A.J.M.S.**

Presente.-

**REF: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE EQUIPOS DEL
LABORATORIO**

Mediante la presente solicito pueda autorizarme el uso de los distintos equipos que serán necesarios para realizar ensayos y desarrollar el proyecto de grado titulado: “**EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL ADICIONANDO POLVO DE NEUMATICOS EN TRAMOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO**”.

ENSAYOS: GRANULOMETRIA DE AGREGADOS, DESGASTE MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ANGELES, PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS, PESO UNITARIO, EQUIVALENTE DE ARENA, PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS.

Esperando su autorización para llevar a cabo los ensayos correspondientes, me despido en espera de una pronta respuesta.



Univ: Chambi Paco Ruben Nelson

C.I.: 10631779 Tja.

RU: 97371



Docente Guia: Ing. Soto Salgado

Laura Karina

Tarija, 29 de junio de 2023

Señor

Ing. Mario Luis Ticona Copa

**DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VIAS DE
COMUNICACIÓN - U.A.J.M.S.**

Presente.-

**REF.: SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA EL USO DE EQUIPOS
DEL LABORATORIO DE ASFALTOS**

Señor Director:

Mediante la presente solicito pueda autorizarme el uso de los equipos del laboratorio de asfaltos, para realizar ensayos de mi proyecto de grado titulado: "**EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO SUPERFICIAL ADICIONANDO POLVO DE NEUMÁTICOS EN TRAMOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁFICO**".

Con este motivo, saludo a usted muy atentamente.



Univ: Ruben Nelson Chambi Paco

C.I.: 10631779 Tja.

RU: 97371

Trip, 29 de jun.º de 2023

Señores
Ing. Seilo C. Avilés S.
Coordinar actividades
de la solicitud adjunta
Atte.


M.Sc. Ing. Mario L. Ticona C.,
DIRECTOR
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA
Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA ING. CIVIL - U.A.J.M.S.

ANEXO VI

FICHA TÉCNICA DEL ASFALTO

85-100 Y POLVO DE NEUMÁTICO



ROBLEPATT

CONSULTORA - CONSTRUCCIÓN

Control de Calidad en Obras Civiles - Laboratorio de Suelos, Asfaltos y Hormigones

PROYECTO: ADQUISICIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO 85/100 CONSTRUCCIÓN ASFALTADO DE VÍAS DISTRITO 13 ZONA ALTA SUDOESTE , DISTRITO 8 ZONA NORESTE, DISTRITO 6 ZONA NOROESTE, DISTRITO 12 ZONA SUDOESTE, DISTRITO 7 ZONA NORTE, DISTRITO 10 ZONA SUD Y DISTRITO 9 ZONA ESTE

CUCE: 23-1601-00-1374670-1-1

ENsayos al cemento asfáltico (AASHTO M - 20)

| Operario Suelos y Materiales Form. CA-060 | Material Muestra N° Origen | Cemento Asfáltico 1 REPSOL | Destino Lote N° Cantidad (Ton.) | MUESTRA TIPO 50 | Nº Ensayo Fecha Realizado | 200 13/12/2023 J.C. ROBLEDO |
|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|--|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|

CLIENTE: GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE TARIJA

MUESTRA ORIGINAL

| ENSAYO AASHTO | ASTM | Unidad | Ensaya 1 | Ensaya 2 | Resultado Promedio | Especificaciones | |
|---|---------|--------|----------|----------|-----------------------|------------------|--------|
| | | | | | | Mínimo | Máximo |
| Punto de inflamación Vaso Abierto AASHTO T 48 | D 92 | °C. | 275,0 | 253,0 | 264,0 | 232,0 | |
| Ductilidad a 25°C. AASHTO T 51 | D - 113 | cm. | 110,0 | 111,0 | 110,5 | 100,0 | |
| Penetración a 25°, AASHTO T 49 | D-5 | mm. | 92,0 | 100,0 | 96,0 | 85,0 | 100 |
| Ensaya De La Mancha(Nata/ Xileno 20%)AASHTO T 102 | | | Negativo | | Negativo | | |
| Solubilidad AASHTO T 44 | D -2042 | % | 99,7 | 99,2 | 99,4 | 99,0 | |
| % de H2O AASHTO T 55 | | % | 0,0 | 0,0 | 0,0 | | 0,2 |
| Punto de Ablanamiento AASHTO T -53 | D - 36 | °C. | 51,0 | 53,0 | 52,0 | 43,0 | 53 |

ENsayo Película Delgada AASHTO T 179

| ENSAYO | D -70 | Unidad | Ensaya 1 | Ensaya 2 | Promedio | Especificaciones | |
|--|----------|---------|----------|----------|----------|------------------|--------|
| | | | | | | Mínimo | Máximo |
| Peso Específico AASHTO T 229 | | | | | | | |
| Peso Piconómetro | | Grs. | 50,82 | 57,42 | | | |
| Piconómetro+Agua(25°C) | | Grs. | 63,46 | 76,99 | | | |
| Piconómetro+Muestra | | Grs. | 69,16 | 76,81 | | | |
| Peso Piconómetro+Agua+Muestra | | cc. | 18,72 | 77,66 | | | |
| Peso Específico | | Grs/cm3 | 1,032 | 1,036 | 1,034 | 1,000 | 1,250 |
| Peso antes del ensayo | | grs. | 30,40 | 21,60 | | | |
| Peso después del ensayo | | grs. | 30,31 | 21,59 | | | |
| Peso Tara | | grs. | 19,00 | 18,00 | | | |
| Perdida de peso | | grs. | 0,09 | 0,01 | | | |
| Pérdida de masa AASHTO T-179 | D - 1765 | % | 0,76 | 0,24 | 0,50 | | 1,0 |
| Ductilidad a 25°C. AASHTO T 51 | D - 113 | cm. | 94 | 94 | | 75 | |
| Penetración. a 25°, (% Del Original) AASHTO T 49 | D-5 | mm. | 64 | 70 | 67,2 | 50% | |
| Viscosidad Saybolt 135° C. AASHTO T 72 | D - 88 | seg. | 109 | 104 | 107 | 85 | |
| Viscosidad Cinemática 135° C. mm²/s cst AASHTO T 201 | D - 4402 | seg. | 495,5 | 472,7 | 484 | 250,0 | |

Observaciones :

MUESTRA PROPORCIONADA POR ASOCIACIÓN ACCIDENTAL ASFALTOS DEL SUR

FECHA DE MUESTREO lunes, 11 de diciembre de 2023

Ing. Erick Daniel Robledo P.

JEFE DE CONTROL DE CALIDAD

Ing. Richard Gonzalo Veloz Tottuz
TÉCNICO UNIDAD ASFALTO Y HORMIGONES
ENTIDAD DE OBRAS PÚBLICAS MUNICIPALES

Erick D. Robledo Pattz
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 52.616
Sociedad de Ingenieros de Bolivia



FICHA TÉCNICA

PRODUCTO: POLVO DE NEUMÁTICO

Descripción del producto.-

Polvo fino de caucho libre de impurezas. Insumo de calidad para la fabricación de productos de goma y asfalto en carreteras.

Análisis del producto.-

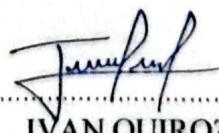
- Descripción.- Polvo de neumático.
- Densidad aparente.- 0,3 – 0,5 gr/cm³.
- Forma física.- Polvo de forma irregular.
- Rango de dimensión.- < 1mm.



Presentación.- Saquillo de 40 Kg.

Usos.-

- Aditivo para carreteras(asfalto).
- Pisos de goma.
- Productos valorizados de goma.
- Repuestos de goma para autos.



.....
IVAN QUIROZ
Gerente General



INGOQUI
Productos e insumos de caucho reciclado
Cel: 63348104 - 72204210