

**b) Preparación de muestra**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

1. Agregado fino. La muestra de agregado fino se lava bien sobre un tamiz de 300mm (No. 50); se seca hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230 - 9^{\circ}\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se hace primero una separación aproximada, por medio de una serie de los tamices indicados. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para poder obtener 100 g, después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g). Las partículas de agregado fino que quedan encajadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 g, de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.
2. Agregado grueso. La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta peso constante, a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230 - 9 \text{ }^{\circ}\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 4.2, por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones, se pesa y se coloca, por separado, en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm ($3/4$ "), se cuenta también el número de partículas. Cuando son rocas deberán ser rotas en fragmentos uniformes, se pesaran 100 gr, de c/u. La muestra de ensayo pesará 5000 gr. $\pm 2\%$. La muestra será bien lavada y secada antes del ensayo.

c) Procedimiento

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

1. Inmersión de las muestras en la solución. Las muestras se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio, durante un periodo no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm por encima de la muestra. El recipiente se cubre para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución, se mantienen a una temperatura de $21 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($70 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{F}$), durante todo el tiempo de inmersión.
2. Secado de las muestras, posterior a la inmersión. Después de 6.1, la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se habrá regulado previamente a $110 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^{\circ}\text{F}$). Se secan las muestras



hasta peso constante a la temperatura indicada. Durante el periodo de secado se sacan las muestras del horno, enfriándolas a la temperatura ambiente, y se pesan a intervalos de tiempo no menores de 4 horas ni mayores de 18 horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante, cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, difieren menos de 0.1 g en el caso del agregado fino, o menos de 1.0 g en el caso del agregado grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se sumergen de nuevo las muestras en la solución.

3. Número de ciclos. El proceso de inmersión y secado de las muestras se prosigue, hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.

d) Cálculos

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

1. Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exenta de sulfato de sodio o de magnesio, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la reacción al contacto con cloruro bórico (BaCl_2)
Durante el lavado se debe evitar someter las partículas a impactos y frotamientos que puedan facilitar su fracturamiento o desgaste.
2. Después de eliminar todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta peso constante, a una temperatura de $110 - 5^\circ\text{C}$ ($230 - 9^\circ\text{F}$), y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño de las partículas.

Tabla 27: Tamices para ensayos en agregado grueso después de eliminar sulfatos

Tamaño del agregado	Tamiz normalizado usado para determinar la pérdida
63 mm (2 1/2") a 37,5 mm (1 1/2")	31,5 mm (1 1/4")
37,5 mm (1 1/2") a 19,0 mm (3/4")	16,0 mm (5/8")
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	8,0 mm (5/16")
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (Nº 4)	4,0 mm (Nº 5)



2.2.8. Ensayos para evaluar el comportamiento de mezclas asfálticas S.M.A.

2.2.8.1 Parámetros volumétricos de mezclas compactadas

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) un factor importante que debe ser considerado en el comportamiento de mezclas asfálticas son las relaciones volumétricas entre el ligante asfáltico y los agregados. Las propiedades volumétricas más importantes de una mezcla compactada de pavimento son: vacíos de aire (V_a), vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos llenos con asfalto (VFA), y contenido de asfalto efectivo (P_{be}), proporcionan un índice del probable comportamiento de la mezcla durante su vida de servicio.

Según (Minaya Gonzáles & Ordóñez Huaman, Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2003) cualquier método de diseño de mezclas asfálticas simula en el laboratorio la densidad de campo de las mezclas HMA luego de la densificación producida por el tráfico. Luego el comportamiento mecánico es evaluado mediante las propiedades volumétricas.

Es necesario entender las definiciones y procedimientos analíticos de la evaluación de las relaciones peso-volumen, para seleccionar la mezcla adecuada. Estas definiciones se aplican tanto a especímenes compactados en laboratorio como a muestras no disturbadas que fueron extraídas en el campo.

2.2.8.1.1 Gravedad Específica Bulk de la combinación de agregados (G o G_{sb})

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) cuando el agregado total consiste de fracciones separadas de agregados grueso, fino y filler, todos tienen diferentes gravedades específicas, la gravedad específica bulk de la combinación de agregados se calcula usando:

$$G \text{ o } G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

- G: Gravedad específica promedio
G₁, G₂,..., G_n: Valores de gravedad específica por fracción 1, 2,..., n
P₁, P₂,..., G_n: Porcentaje en pesos de la fracción 1, 2,..., n

La gravedad específica bulk del filler mineral es difícil determinarlo actualmente. Sin embargo, si se sustituye por la gravedad específica aparente del filler, el error es mínimo.

2.2.9.1.2 Gravedad Específica Teórica Máxima Rice (Gmm)

(Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman, "Manual de Laboratorio Ensayos para Pavimentos" Volumen I, 2001)

$$\text{Gravedad Específica Teórica Máxima} = \frac{\text{Peso del agregado mas peso del asfalto}}{\text{Volumen del agregado mas vacíos permeables no llenados con asfalto mas asfalto total}}$$

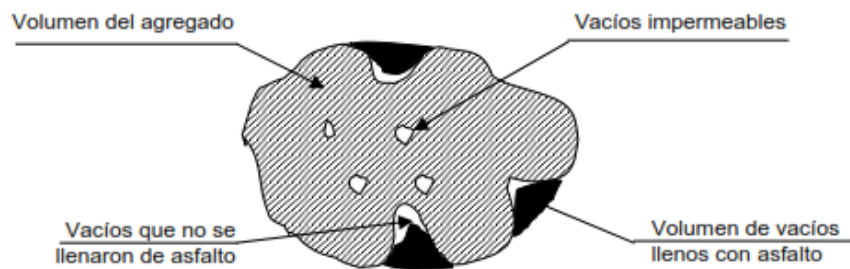


Figura 22: Vacíos en agregado recubierto de asfalto

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) La gravedad específica Rice en las mezclas asfálticas en caliente (Gmm) se calculan de acuerdo a la norma AASHTO T209, su valor se emplea en el cálculo de los vacíos. Si la mezcla contiene agregados absorbentes se recomienda colocarla en el horno (manteniéndola a la temperatura de mezcla) por cuatro horas de tal manera que el cemento asfáltico sea absorbido completamente por el agregado antes del ensayo. Mantener la mezcla en un recipiente tapado mientras se encuentra en el horno. Si el ensayo se hace por triplicado en la mezcla que contiene un porcentaje cerca al óptimo contenido de asfalto, promediar los tres resultados; calcule la gravedad específica efectiva de los agregados.

Si se realiza el cálculo de la gravedad específica Rice en cada una de las muestras a diferentes contenidos de asfalto, calcular la gravedad específica efectiva de agregados en cada caso. Calcule el promedio de las gravedades específicas efectivas y el promedio de las gravedades específicas Rice.

En ausencia de datos proporcionados por el Método Rice, la gravedad específica puede calcularse con una relación matemática que considera las gravedades específicas bulk y aparente de los componentes de la mezcla:

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{\% \text{ asfalto}}{G_{sa} \text{ asfalto}} + \frac{\% \text{ grueso}}{A} + \frac{\% \text{ fino}}{B} + \frac{\% \text{ filler}}{C}}$$

Siendo:

$$A = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}, \text{ Para el agregado grueso.}$$

$$B = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}, \text{ Para el agregado fino.}$$

$$C = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2}, \text{ Para el filler.}$$

Donde

G_{sb} : Gravedad Específica Bulk

G_{sa} : Gravedad Específica Aparente

2.2.8.1.3 Gravedad Específica Bulk De Mezclas Compactadas (G_{mb})

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) Determine la gravedad específica bulk de cada espécimen tan pronto como las probetas compactadas se han enfriado a la temperatura ambiente, según AASHTO T166. Se determina calculando la relación entre su peso al aire y su volumen.

- Pesar el espécimen al aire.
- Sumerja la muestra en agua por unos minutos, pesar la muestra en su condición saturada superficialmente seca (SSD) en el agua.
- Sacar la muestra del agua, secar el exceso de agua y pesar en su condición SSD en el aire.
- Calcular el volumen restando el peso del espécimen SSD en el aire y el peso del espécimen SSD sumergida. La fórmula empleada será:

$$G_{mb} = \frac{W_D}{W_{SSD} - W_{sub}}$$

Donde:

G_{mb} : Gravedad Específica Bulk de la muestra compactada

- W_D : Peso del espécimen al aire
 W_{SSD} : Peso del espécimen en su condición SSD en el aire
 W_{sub} : Peso del espécimen sumergido

2.2.8.1.4 Vacíos en el Agregado Grueso en la condición Seco-Rodillado (VCA_{DRC})

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) Los vacíos de agregado grueso obtenido por el peso unitario seco rodillado, VCA_{DRC} , se define como el porcentaje de vacíos de aire dentro de una muestra de agregado grueso compactado.

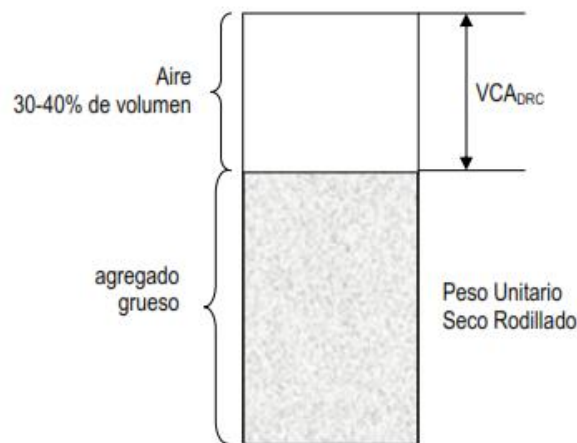


Figura 23: Vacíos en Agregado Grueso, VCA_{DRC}

Para determinar los vacíos en el agregado grueso se propusieron diferentes métodos, pero el más popular es el Unit Weight and Voids in Aggregate normalizado por AASHTO T19. Cuando se calcula la densidad seco-rodillado de la fracción de agregado grueso, el VCA_{DRC} de la fracción se determina usando la siguiente ecuación:

$$VCA_{DRC} = \left(\frac{G_{ca} \gamma_w - \gamma_s}{G_{ca} \gamma_w} \right) 100$$

Donde:

- VCA_{DRC} : Vacíos en el agregado grueso en la condición seco-rodillado
 γ_s : Peso Unitario de la fracción de agregado grueso en la condición seco-rodillado (Kg/m^3)
 γ_w : Peso Unitario del agua ($998 Kg/m^3$)
 G_{ca} : Gravedad Específica Bulk del agregado grueso

2.2.8.1.5 Vacíos de Agregado Grueso en Mezcla (VCAmezcla)

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) los vacíos de agregado grueso en mezcla, VCA_{mezcla} , se definen como el porcentaje de vacíos de aire más el contenido de asfalto efectivo y el agregado fino. El asfalto absorbido se considera como parte del volumen ocupado por el agregado grueso.



Figura 24: Vacíos del Agregado Grueso en Mezcla, VCA_{mezcla}

$$VCA_{mezcla} = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{ca}} \right) * P_{CA}$$

Donde:

VCA_{mezcla} : Vacíos de Agregado Grueso en Mezcla.

G_{ca} : Gravedad Especifica Bulk del Agregado Grueso.

G_{mb} : Gravedad Especifica Bulk de la mezcla.

P_{CA} : Porcentaje en peso de agregado grueso en mezcla.

2.2.8.1.6 Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) los vacíos en el agregado mineral o VMA, es el volumen de vacíos entre los agregados (gruesos y finos) de una mezcla compactada que incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado en porcentaje del volumen total de la mezcla.

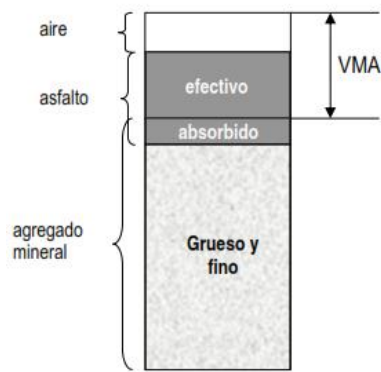


Figura 25: Vacíos en el Agregado Mineral, VMA

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right) * P_s$$

Donde:

VMA: Vacíos en el agregado mineral.

G_{mb} : Gravedad Especifica Bulk de la mezcla.

G_{sb} : Gravedad Especifica Bulk de la combinación de Agregados.

P_s : Porcentaje de Agregado en la mezcla.

2.2.8.1.7 Porcentaje de Vacíos de aire en Mezclas Compactadas (V_a)

Según (Minaya Gonzáles & Ordóñez Huaman, Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2003) los vacíos de aire, V_a , en el total de la mezcla compactada consiste de los pequeños espacios de aire entre las partículas de agregados recubiertos. El porcentaje de vacíos de aire en la mezcla compactada puede determinarse usando:

$$V_a = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) * 100$$

Donde:

V_a : Porcentaje de Vacíos de aire en Mezclas Compactadas.

G_{mm} : Gravedad Especifica Teórica Máxima de la mezcla.

G_{mb} : Gravedad Especifica Bulk de la mezcla.

2.2.8.2 Ensayo De Escurrimiento

Según (Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) el ensayo de escurrimiento se realiza en mezclas propensas al escurrimiento como las mezclas S.M.A., debido al alto porcentaje de filler en su distribución

granulométrica. Con este método es posible la cantidad de material escurrido de una muestra de mezcla asfáltica no compactada a elevadas temperaturas, comparables a aquellas usadas durante la producción, almacenamiento, transporte y colocación. Según la norma AASHTO T305 el escurrimiento de la mezcla es aquella porción del material que se separa de la muestra y se deposita fuera de la cesta durante el ensayo. El ensayo consiste en colocar cierta cantidad de mezcla asfáltica (1200 ± 200 gr) en una cesta puesta sobre una bandeja. El conjunto se lleva al horno por una hora a diferentes temperaturas.

La sensibilidad al escurrimiento es más importante en mezclas S.M.A. que en mezclas convencionales de gradación densa. La prueba desarrollada para este propósito NCAT está destinada a simular condiciones donde la mezcla se encuentre durante la producción, almacenaje, transporte y colocación. El escurrimiento es la porción de la mezcla (finos y cemento asfáltico) que se separa y fluye hacia abajo a través de la mezcla como principal fuente tendremos a la norma (NAPA - National Asphalt Pavement Association, 2002) .

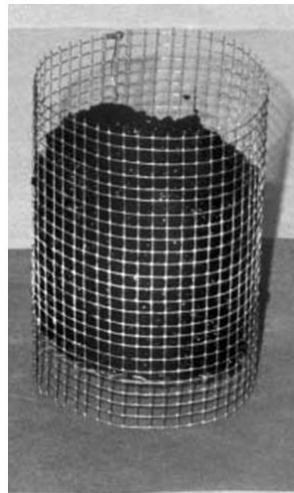


Figura 26: Aparato para ensayo de Escurrimiento

Según (NAPA - National Asphalt Pavement Association, 2002) las normas AASHTO T305, “Determination of draindown characteristics in uncompacted asphalt mixtures”, o ASTM D6390 que han sido adaptadas a partir del procedimiento NCAT, deben ser usadas.

Los aspectos esenciales del ensayo consisten en colocar una muestra de la mezcla en una cesta, colocar la cesta sobre una placa que se coloca en un horno durante una hora y medir la masa del material que pasa a través de la cesta y se junta en el plato. Esta masa se expresa entonces como un porcentaje de la muestra inicial. La prueba debe realizarse a dos temperaturas. Una de las temperaturas debe ser la temperatura de producción prevista de la planta de asfalto y la



segunda temperatura debe ser 15°C por encima de la primera temperatura. Las muestras duplicadas deben realizarse por lo tanto requiriendo así un mínimo de 4 muestras. La evaluación del escurrimiento a temperaturas altas (+15°C) proporciona información sobre la sensibilidad de la mezcla S.M.A. a las fluctuaciones de temperatura de la planta.

a) Muestra

(ASTM International, 2012)

1. Numero de muestras. Para cada muestra ensayada las características de escurrimiento deberán ser determinadas a dos diferentes temperaturas. Las dos temperaturas deberán ser las previstas por la planta de producción, así como 10°C por encima. Para cada temperatura, dos muestras deben ser ensayadas. Por lo que, para una mezcla asfáltica, se tiene un mínimo de cuatro muestras para ser ensayadas.
2. Secar el agregado a peso constante y tamizar hasta obtener la cantidad apropiada para la preparación de especímenes asfálticos usando método Marshall.
3. Determine la temperatura de la planta de producción para la mezcla a ensayar, dependiendo de las especificaciones, el diseño de mezcla, o las recomendaciones del proveedor de asfalto.
4. Coloque la cantidad de cada fracción requerida para producir muestras completas de la mezcla con un peso de 1200 ±200 g. en diferentes bandejas. Las fracciones de agregado deben combinarse hasta llegar a la gradación requerida. Colocar el agregado en un horno a una temperatura que no exceda la temperatura establecida en el punto 1.
5. Calentar el asfalto a la temperatura establecida en el punto 1.
6. Colocar el agregado calentado en la bandeja, agregar el agente estabilizador (algunos tipos de agentes estabilizantes como las fibras o algunos polímeros son colocados directamente al agregado antes de mezclarlo con el asfalto). Vigorosamente mezclar los agregados secos. Formar un cráter en el medio de la mezcla del agregado y coloque la cantidad de asfalto requerido según el diseño de mezcla. A este punto, la temperatura del agregado y el asfalto debe ser la temperatura determinada en el punto 1. Mezclar el agregado (y agente estabilizante) y asfalto rápido hasta que el agregado este completamente revestido.

b) Procedimiento

(ASTM International, 2012)

1. Pesar la cesta vacía (PESO A), colocar la muestra de mezcla asfáltica sin compactar lo más rápido posible. Colocar la muestra completa en la cesta. No compactar o modificar la muestra después de colocar a la cesta. Determine el peso de la cesta más la muestra con una aproximación de 0.1 g. (PESO B).
2. Determine y anote el peso de un plato u otro recipiente con una aproximación de 0.1 g. a temperatura ambiente (PESO C). Coloque la cesta sobre el contenedor y coloque el conjunto dentro del horno a la temperatura determinada en el punto 1.

Después de que la mezcla este en el horno por $1h \pm 5$ min retire la cesta y el recipiente del horno y deje enfriar a temperatura ambiente. Determine y anote el peso del recipiente más el material escurrido con una aproximación de 0.1 g (PESO D) Fuente: (ASTM International, 2012)

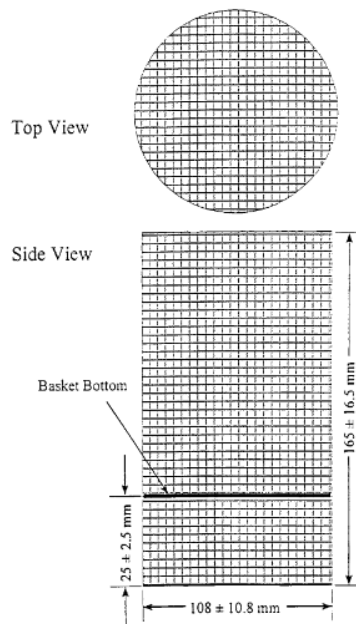


Figura 27: Montaje de la cesta de alambre (sin escala)

c) Cálculos

(ASTM International, 2012)

1. Calcular el porcentaje de mezcla que escurrió con una aproximación del 0.1% como indica:

$$\text{Escurrimiento (\%)} = \frac{D - C}{B - A} \times 100$$



Donde:

A: Peso de la cesta de alambre vacía.

B: Peso de la cesta de alambre y muestra.

C: Peso del recipiente vacío.

D: Peso del recipiente más material escurrido.

2.2.8.3 Ensayo De Estabilidad Y Flujo Marshall

Según (MTC E 504 - Manual de Ensayo de Materiales, 2016):

a) Muestras

Preparación de especímenes mezclados y compactados en laboratorio

b) Procedimiento

1. Se ensayarán un mínimo de 03 especímenes que tendrán el mismo tipo de agregado, calidad y gradación, el mismo tipo y cantidad de filler, y la misma fuente de ligante, grado y cantidad. Además, tendrán la misma preparación: temperatura, compactación y enfriamiento.
2. Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento serán colocados sobre una superficie suave y plana. Se determinará el peso específico bulk de cada espécimen por el método D2726. Los pesos específicos bulk de los especímenes para cada contenido de ligante estarán dentro de $\pm 0,020$ del promedio tal como se indica en D 6926.
3. Medir el espesor de los especímenes de acuerdo a MTC E 507.
4. Los especímenes podrán acondicionarse para su ensayo tan pronto alcancen la temperatura ambiente. Los ensayos se completarán dentro de las 24 h de haberse compactado los especímenes. Llevar los especímenes a la temperatura especificada por inmersión en agua de 30 a 40 min. O colocarlos en horno de 120 a 130 min.
5. Mantener el baño u horno a 60 ± 1 °C para cemento asfáltico, 49 ± 1 °C para alquitrán con caucho y 38 ± 1 °C para alquitrán.
6. Llevar los especímenes preparados con asfalto líquido a temperatura colocándolos en el baño de aire por 120 a 130 min. Mantener el baño de aire a 25 ± 1 °C.
7. Limpiar completamente las líneas guías y el interior de las superficies del cabezal antes de ejecutar el ensayo. Lubricar las líneas guías de tal manera que el segmento superior del cabezal se deslice libremente sobre ellas. El cabezal deberá estar a temperatura de 20 a 40°C.

Si se emplea el baño de agua, limpiar el exceso de agua del interior de los segmentos del cabezal.

8. Remover un espécimen del agua, horno o baño de aire (en caso del baño de agua remover el exceso con una toalla) y colocarlo en el segmento inferior del cabezal. Colocar el segmento superior sobre el espécimen y colocar el conjunto completo en la máquina de carga. Si se usa, colocar el fluxómetro en posición sobre una de las líneas guías y ajustarlo acero mientras se sostiene firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se está ejecutando.
9. El tiempo desde la remoción del espécimen del baño a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 segundos. Aplicar la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50 mm/min. Hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de carga.

Registrar la máxima carga indicada en la máquina de carga o convertirla de la lectura máxima del dial micrómetro como estabilidad Marshall. Liberar el fluxómetro o anotar la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. El valor del flujo normalmente se da en unidades de 0,25 mm. Este procedimiento pueda que requiera de dos personas para concluir el ensayo y registrar los datos fuente de la siguiente figura es de Fuente: (Minaya Gonzáles & Ordoñez Huaman, 2001)



Figura 28: Máquina de estabilidad Marshall con anillo de carga

2.2.8.4 Ensayo de resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad

(Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Segunda Edición, 2006) Inicialmente pensado para evaluar la resistencia a la tracción de especímenes de

concreto cemento bajo cargas estáticas, es un ensayo de rotura donde al espécimen en posición horizontal se le aplica una carga progresiva, con una velocidad de deformación de 0.8 ± 0.1 mm/s.

El ensayo fue adaptado por el investigador Schmidt da Chevron, California, para mezclas asfálticas con carga repetida. Se aplica carga diametral en especímenes Marshall, induciendo un estado de compresión relativamente uniforme a lo largo del plano diametral vertical. Este tipo de carga origina esfuerzos de tensión perpendiculares a la dirección de la carga aplicada (a lo largo del eje diametral vertical) que al final causa la falla en el espécimen.

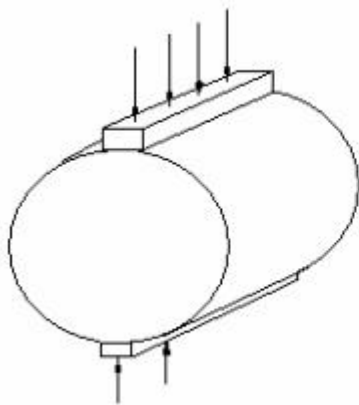


Figura 29: Ensayo de tracción indirecta durante carga (Huang, 1996) (izq.), espécimen de prueba para ensayo de compresión diametral (der.)

Según (MTC E 522 - Manual de Ensayo de Materiales, 2016):

Preparación de Especímenes Mezclados y Compactados en Laboratorio

a) Muestra

Preparación de Especímenes Mezclados y Compactados en Laboratorio

1. Hacer al menos seis especímenes para cada ensayo, la mitad para que sea ensayado en seco y la otra mitad para que sea ensayado después de su saturación parcial y acondicionamiento húmedo con un ciclo de congelamiento – deshielo.
2. Especímenes de 100 mm de diámetro por $63,5 \pm 2,5$ mm de espesor o 150 mm de diámetro por 95 ± 5 mm de espesor deben ser empleados si se presentan en la mezcla agregados mayores a 25 mm.
3. Preparar mezclas en bachadas lo suficientemente grandes para fabricar al menos tres especímenes o alternativamente preparar una bachada lo suficientemente grande como para



hacer un espécimen a la vez. Si se prepara una bachada para varios especímenes, separarla en cantidades de un solo espécimen antes de colocarlas en el horno.

- Después de mezclar, la mezcla será colocada en un recipiente con un área superficial de 48,400 a 129,000 mm² en su base y una profundidad aproximada de 25 mm y será enfriada a temperatura ambiente por $2 \pm 0,5$ horas. Luego la mezcla será colocada en un horno a $60 \pm 3^\circ \text{C}$ por un espacio de 16 ± 1 horas para su curado. Los recipientes serán colocados en las repisas del horno para permitir la circulación de aire bajo el recipiente si es que las repisas no son perforadas.
- Después del curado, colocar la mezcla en un horno por 2 horas ± 10 minutos a la temperatura de compactación $\pm 3^\circ \text{C}$ antes de la compactación. Compactar los especímenes de acuerdo al método MTC E 504. La mezcla será compactada a $7,0 \pm 0,5\%$ vacío de aire. Este nivel de vacíos puede ser obtenido al ajustar el número de golpes de MTC E 504; regulando la presión de pie, el número de golpes, el nivel de carga o alguna combinación dada en MTC E 504. El procedimiento exacto debe ser determinado experimentalmente para cada mezcla antes de compactar el espécimen para cada grupo (ver Nota 2).

Nota 2. Debido al elevado contenido de vacíos y a la inestabilidad de los especímenes, asegúrese de que cada espécimen esté adecuadamente enfriado y estable antes de removerlo de su molde.

- Después de remover de los moldes, el espécimen debe ser almacenado por 24 ± 3 horas a la temperatura ambiente.

b) Pre acondicionamiento de especímenes

- Un subgrupo será ensayado en seco, y el otro se saturará parcialmente al vacío, sometido a congelamiento y embebido en agua tibia antes de su ensayo.
- El subgrupo seco será almacenado a temperatura ambiente 24 ± 3 hrs.

Al final del periodo de curado los especímenes serán cubiertos con plástico o colocados dentro de bolsas plásticas gruesas a prueba de goteo. Los especímenes luego serán colocados en un baño de agua $25 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 2 horas ± 10 minutos con un mínimo de 25 mm de agua por encima de su superficie. Luego, ensayar los especímenes como se indicará.

- Colocar el espécimen en el contenedor de vacío soportado un mínimo de 25 mm por encima de la base del contenedor por medio de un espaciador perforado. Llenar el contenedor con agua potable a la temperatura ambiente de tal forma que los especímenes tengan al menos 25 mm de agua encima de su superficie.



Dejar el espécimen sumergido en agua por corto tiempo (aproximadamente entre 5 a 10 minutos).

4. Cubrir cada uno de los especímenes saturados con una cubierta plástica. Colocar cada espécimen envuelto en una bolsa plástica conteniendo $10 \pm 0,5$ ml de agua, y sellar la bolsa. Colocar las bolsas plásticas conteniendo los especímenes en la congeladora a una temperatura de $-18^\circ \pm 3^\circ$ C por un mínimo de 16 horas. Remover los especímenes de la congeladora.
5. Colocar los especímenes en un baño con agua potable a $60 \pm 1^\circ$ C por 24 ± 1 horas. Los especímenes deben tener un mínimo de 25 mm de agua encima de su superficie. Tan pronto como sea posible después de su colocado en el baño de agua, remover la película plástica y las bolsas de cada espécimen.
6. Después de 24 ± 1 horas en el baño de agua de $60 \pm 1^\circ$ C, remover los especímenes y colocarlos luego en un baño de agua a 25 ± 0.5 °C por 2 horas \pm 10 minutos. Los especímenes deben tener un mínimo de 25 mm de agua por encima de su superficie. Puede ser necesario adicionar hielo al baño de agua para prevenir que la temperatura de esta se eleve por encima de los 25°C. No más de 15 minutos serán requeridos para que el agua del baño alcance los 25 ± 0.5 °C. Remover los especímenes del baño de agua, y ensayarlos como se describirá en breve.

c) Procedimiento

1. Determinar el esfuerzo de tensión indirecta de los especímenes secos y acondicionados a 25 ± 0.5 °C.
2. Remover los especímenes del baño de agua de 25 ± 0.5 °C y determinar su espesor (t') por MTC E 507. Colocarlo entre las cintas de carga de acero y luego colocar el conjunto entre las dos placas de apoyo de la máquina de ensayo. Se debe tomar cuidado de tal forma que la carga sea aplicada a lo largo del diámetro del espécimen. Aplicar la carga a los especímenes por medio de una razón constante de movimiento del cabezal de la máquina de ensayo, a 50mm (2 pulg) por minuto.
3. Registrar el esfuerzo a compresión máximo obtenido en la máquina de ensayo y continuar cargando hasta que aparezca una fisura vertical. Remover el espécimen de la máquina y abrirlo por la fisura. Inspeccionar su interior para evidenciar si hay agregados figurados o fracturados, visualmente estimar el grado aproximado del daño por la humedad en una escala del 0 al 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento).

**d) Cálculos**

Calcular el esfuerzo a tensión como sigue:

Según (AASHTO, s.f.)

Unidades SI:

$$S_t = \frac{2000 P}{\pi * t * D}$$

Donde:

S_t : Esfuerzo a la tensión, KPa.

P: Carga máxima, N.

t: Espesor del espécimen, mm.

D: Diámetro del espécimen, mm.

$$\text{Razon del Esfuerzo a Tensión (TSR)} = \frac{S_2}{S_1}$$

Donde:

S_1 : Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo seco, KPa.

S_2 : Promedio del esfuerzo a la tensión del subgrupo condicionado, Kpa

2.3. Hipótesis**2.3.1. Hipótesis General**

Las propiedades físico – mecánicas de una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra de celulosa comercial, con respecto a una mezcla asfáltica S.M.A. con celulosa de fibra natural de bagaso de caña de azúcar, serán similares.

2.3.2. Sub hipótesis

Sub Hipotesis N°1: Los parámetros volumétricos de una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra natural de caña de azúcar, es similar a una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra de celulosa comercial.



Sub Hipotesis N°2: La sensibilidad a la humedad de una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra natural de caña de azúcar es similar a una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra de celulosa comercial.

Sub Hipotesis N°3: La estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra natural de caña de azúcar es similar a una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra de celulosa comercial.

Sub Hipotesis N°4: El escurrimiento de asfalto de una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra natural de caña de azúcar es similar a una mezcla asfáltica S.M.A. con fibra de celulosa comercial.

2.4. Definición de Variables

2.4.1. Variables Independientes

X : Mezcla Asfáltica S.M.A con fibra.

X1 : Fibra Celulosa Comercial

Diseño de mezcla asfáltica conformada por agregados, asfalto, filler y fibra de celulosa comercial en pellets (CELULOSE CELUCAU CAJ-91) .

X2 : Fibra de Celulosa Elaborada con Fibra Natural de Caña de Azúcar.

Diseño de mezcla asfáltica conformada por agregados, asfalto, filler y fibra de celulosa natural elaborado a partir de moliendo de bagaso de caña de azúcar.

2.4.1.1. Indicadores de Variables Independientes

X1 : Fibra Celulosa Comercial

- Porcentaje en peso de fibra de celulosa comercial

Porcentaje (%)

X2 : Fibra de Celulosa Elaborada con Fibra Natural de Caña de Azúcar.

- Porcentaje en peso de fibra de celulosa natural elaborados con bagaso de caña de azúcar.

Porcentaje (%)



2.4.2. Variables Dependientes

Y : Propiedades Fisico-Mecanicas

Y1: Parametros Volumetricos

Viene hacer las relaciones volumétricas entre el ligante asfáltico y los agregados, que nos proporcionan un índice de probable comportamiento de la mezcla durante su vida útil del firme.

Y2 : Sensibilidad a la Humedad

Se da mediante el ensayo de tracción indirecta, para su susceptibilidad al humedecimiento se mide la resistencia a la tracción antes y después de saturar el espécimen, se calcula la resistencia a la tracción retenida como un porcentaje de la resistencia a la tracción original. El escurrimiento es la sensibilidad de drenado de la mezcla asfáltica.

Y3 : Estabilidad y Flujo Marshall

La estabilidad se define como la capacidad de la mezcla para resistir los desplazamientos y deformación. El valor del flujo es la deformación vertical total del espécimen sometido a la máxima carga, punto en el cual la carga empieza a decrecer.

Y4 : Escurrimiento

Es la sensibilidad de drenado de la mezcla asfáltica.

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

Y 1 : Parametros Volumetricos

- Valores de Densidad
Porcentaje (%)

Y 2 : Sensibilidad a la Humedad

- Valores de Traccion Indirecta
Kpa(kilo Pascales)

Y 3 : Estabilidad y Flujo Marshall

- Estabilidad (kg)
Flujo (0.01 pulg.)

Y 4 : Escurrimiento

- Porcentaje de Escurrimiento

2.4.3. Cuadro de operacionalizacion de variables

CUADRO DE OPERALIZACION DE VARIABLES						
TESIS: "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018.						
TIPO	VARIABLES	DESCRIPCION	NIVEL	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
VARIABLE DEPENDIENTE	(1) Propiedades Físico – Mecánicas.	Propiedades de caracterización definidos para la evaluación de los tipos de mezclas, S.M.A (Patron) y S.M.A (Modificada)	Caracterización de los tipos de mezclas, S.M.A (Patron) y S.M.A (Modificada).	Parámetros Volumétricos.	Kg(kilogramos) / M3 (metro cubico).	Formato 01 : Ensayo de Densidad.
				Sensibilidad a la Humedad (TSR).	Kpa(kilopascales).	Formato 02: Ensayo de Mezclas Asfálticas Compactadas al daño Inducido por Humedad(TSR).
				Estabilidad y Flujo Marshall.	Estabilidad (Kg) / Flujo (0.01pulg.)	Formato 03 : Ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall.
				Escurrimiento de Asfalto.	Porcentaje (%).	Formato 04 : Ensayo de Escurrimiento.
VARIABLE INDEPENDIENTE	(2) Mezcla Asfáltica (S.M.A) con fibra Celulosa comercial "Patrón".	Diseño de Mezcla asfáltica conformada por Ag.Caycay, cemento asfáltico PEN 85/100 y fibra de celulosa (Comercial).	Caracterización de la mezcla S.M.A patrón	-A.G. y F. de Caycay.	-kg.	- instrumentos para control de calidad.
				-asfalto convencional PEN 85/100	Gln.	
				fibra de celulosa (CELULOSE CELUCAU CAJ-91)	kg.	
	(3) Mezcla Asfáltica (S.M.A.) con fibra Natural de Caña de Azucar "Modificada"	Diseño de Mezcla asfáltica conformada por Ag. Caycay, cemento asfáltico PEN 85/100 y fibra de celulosa (Natural de Caña de Azucar).	Caracterización de la mezcla S.M.A modificada.	A.G. y A.F. Caycay.	-kg.	Instrumentos para cuantificación la magnitud de las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla de tipo S.M.A(Modificado) y la mezcla de tipo S.M.A.(patron)
				-asfalto convencional PEN 85/100	Gln.	
				- fibra de celulosa (Natural de Caña de Azucar)	-kg.	



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Metodología de la Investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

Según (Monje Álvarez, 2011), La investigación científica, desde el punto de vista cuantitativo, es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos.

Planear una investigación consiste en proyectar el trabajo de acuerdo con una estructura lógica de decisiones y con una estrategia que oriente la obtención de respuestas adecuadas a los problemas de indagación propuestos. Pese a tratarse de un proceso metódico y sistemático, no existe un esquema completo, de validez universal, aplicable mecánicamente a todo tipo de investigación. No obstante, si es posible identificar una serie de elementos comunes, lógicamente estructurados, que proporcionan dirección y guía en el momento de realizar una investigación, los cuales se pueden organizar en fases y etapas.

Según (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010), Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

De esta manera el enfoque de esta investigación es **cuantitativo** ya que en este trabajo de investigación se siguen los siguientes pasos, Según (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010).

El investigador realiza los siguientes pasos:

- a) Plantea un problema de estudio delimitado y concreto. Sus preguntas de investigación versan sobre cuestiones específicas.
- b) Una vez planteado el problema de estudio revisa lo que se ha investigado anteriormente. A esta actividad se le conoce como la revisión de la literatura.
- c) Sobre la base de la revisión de la literatura construye un marco teórico (la teoría que habrá de guiar su estudio).
- d) De esta teoría deriva hipótesis (cuestiones que va a probar si son ciertas o no).
- e) Somete a prueba las hipótesis mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran la hipótesis o son congruentes con estas se aporta evidencia en su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis.
- f) Para obtener tales resultados el investigador recolecta datos numéricos de los objetos, fenómenos o participantes, que estudia y analiza mediante procedimientos estadísticos.



3.1.2. Nivel o alcance de la investigación

Nivel Descriptivo

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, miden, evalúan o recolectan datos sobre diversos conceptos (variables), aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno a investigar. En un estudio descriptivo se selecciona una serie de cuestiones y se mide o recolecta información sobre cada una de ellas, para así (valga la redundancia) describir lo que se investiga. (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006).

Nivel correlacional

La investigación correlacional tiene como propósito mostrar o examinar la relación entre variables o resultados de variables. De acuerdo con este autor, uno de los puntos importantes respecto a la investigación correlacional es examinar relaciones entre variables o sus resultados, pero en ningún momento explica que una sea la causa de la otra. En otras palabras, la correlación examina asociaciones, pero no relaciones causales, donde un cambio en un factor influye directamente en un cambio en otro. (Bernal Torres, 2010).

La presente investigación es DESCRIPTIVA con connotaciones CORRELACIONALES debido a que se pretende medir o recoger información de manera sobre las variables, con el fin de indicar como se relacionan las variables medidas presentes en la investigación de una nueva tecnología que usa materiales que se pueden aplicar a nuestra realidad, pero que se tiene poco conocimiento de este.

3.1.3 Método de investigación

Consiste en un procedimiento que parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca refutar o falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones que deben confrontarse con los hechos (Bernal Torres, 2010)

El procedimiento que se sigue es hipotético-deductivo el cual inicia con la formulación de las hipótesis derivadas de la teoría, continúa con la operacionalización de las variables, la recolección, el procesamiento de los datos y la interpretación. Los datos empíricos constituyen la base para la prueba de las hipótesis y los modelos teóricos formulados por el investigador. (Monje Álvarez, 2011).



En la presente investigación se usa el método HIPOTÉTICO DEDUCTIVO porque partimos de una hipótesis la cual vamos a demostrar mediante una serie de pasos los cuales nos permite deducir relaciones entre las variables que permiten demostrar la hipótesis.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño Metodológico

Diseño experimental

Según (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010) Se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

El diseño de la presente tesis es EXPERIMENTAL debido a que se tiene grupo de estudio patrón que estará conformado por mezclas asfálticas S.M.A. con fibra de celulosa comercial y un grupo de estudio experimental que estará conformado por mezclas asfálticas S.M.A. elaboradas con fibra natural de caña de azúcar.

3.2.2. Diseño De Ingeniería

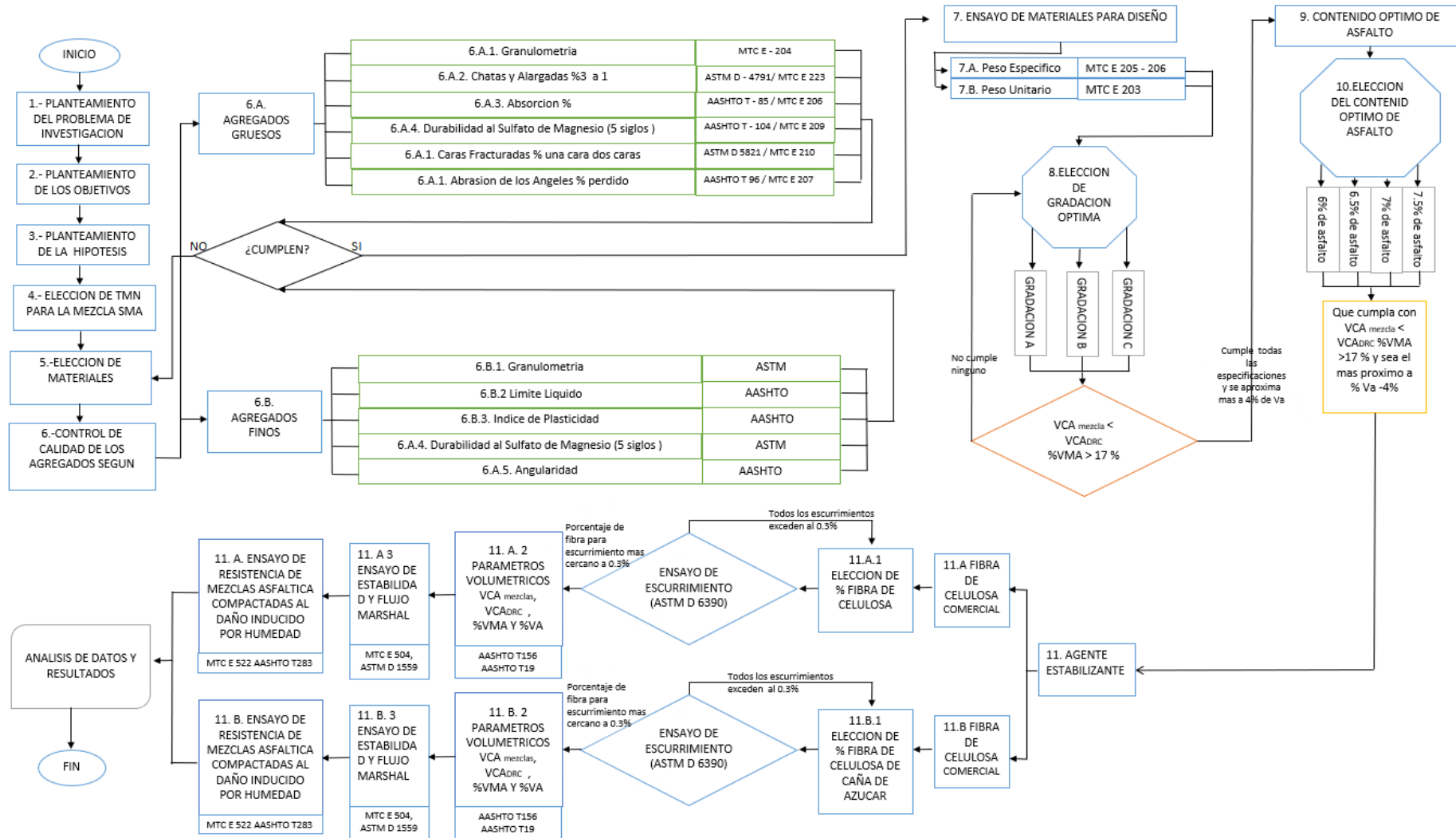


Figura 30: Diseño de Ingeniería



3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

3.3.1.1. Descripción de la población

Según (Monje Álvarez, 2011) la población o universo es el conjunto de objetos, sujetos o unidades que comparten la característica que se estudia y a la que se pueden generalizar los hallazgos encontrados en la muestra (aquellos elementos del universo seleccionados) para ser sometidos a la observación. La definición de la población para un proyecto de investigación responde a la necesidad de especificar el grupo al cual son aplicables los resultados del estudio. La población está conformada por especímenes de mezcla asfáltica (sueltas y compactadas), sin adición de fibra y adicionados con fibra de celulosa Comercial y Fibra natural de caña de azúcar elaborada de bagazo de caña de azúcar.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

Se considera a la población igual a la muestra por lo que la población consta de 102 especímenes asfálticos 66 muestras compactadas y de 36 mezclas no compactadas.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

Según (Monje Álvarez, 2011) Cuando el universo está compuesto por un número relativamente alto de unidades resulta imposible o innecesario examinar cada una de las unidades que lo componen. En tal caso se procede a extraer una muestra, o sea, un conjunto de unidades, una porción del total que represente la conducta del universo total. Al emplear una muestra se busca lograr que, observando una porción relativamente reducida de unidades, se puedan obtener conclusiones semejantes a las que se lograría se estudiara el universo total. Cuando la muestra refleja en sus unidades lo que ocurre en el universo, se llama muestra representativa.

La muestra está conformada por especímenes asfálticos, representados por, especímenes compactados y especímenes sueltos, siendo estos especímenes sin adición de fibra, con adición de fibra de celulosa Comercial y con adición de fibra natural de caña de azúcar. Los especímenes serán elaborados con agregados, tanto grueso como fino, de la cantera de Caicay sector Paucartambo, cemento portland Tipo IP (YURA) como filler, cemento asfáltico Pen 85/100 (TDM), fibra de celulosa comercial (CAJ-91) y fibra natural de caña de azúcar. .

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

La cuantificación de la muestra se considera 38 especímenes asfálticos compactados sin agente estabilizante, para la determinación de la gradación y porcentaje de asfalto óptimo, 4 especímenes asfálticos sueltos sin agente estabilizante, para la determinación del escurrimiento, 32 especímenes asfálticos sueltos con agente estabilizante (0.3%, 0.35%, 0.4% y 0.45%, respecto al peso total de la mezcla), para la determinación del escurrimiento, 6 especímenes asfálticos compactados con agente estabilizante para la determinación de sus parámetros volumétricos, 10 especímenes asfálticos compactados con agente estabilizante para determinar la estabilidad y el flujo Marshall, y 12 especímenes asfálticos compactados con agente estabilizante para la determinación de Susceptibilidad a la Humedad.

Tabla 28: Cantidad de muestras de mezclas asfálticas S.M.A. a realizar

CANTIDAD DE MUESTRAS A REALIZAR DE MEZCLAS ASFÁLTICAS SMA								
ENSAYO	NORMA	DESCRIPCION	NRO DE MUESTRAS SEGÚN NORMA		NRO DE MUESTRAS SIN FIBRA			
PARAMETROS VOLUMETRICOS	AASHTO T166 AASHTO T19	GRADACION	COMPACTADAS		COMPACTADAS		TOTAL 102 MUESTRAS	
		A	3		6			
		B	3		6			
		C	3		6			
		% DE ASFALTO	COMPACTADAS		COMPACTADAS			
		6.00%	3		5			
		6.50%	3		5			
		7.00%	3		5			
		7.50%	3		5			
			NO COMPACTADAS		NO COMPACTADAS			
ESCURRIMIENTO	ASTM D6390 AASHTO T 305		165 °C	175 °C	165 °C	175 °C		
		Sin Estabilizante	-	-	2	2		
ENSAYO	NORMA	DESCRIPCION	NRO DE MUESTRAS SEGÚN NORMA		NRO DE MUESTRAS CON FIBRA DE CELULOSA COMERCIAL		NRO DE MUESTRAS CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR	
			NO COMPACTADAS		NO COMPACTADAS		NO COMPACTADAS	
ESCURRIMIENTO	ASTM D6390 AASHTO T 305	% DE ESTABILIZANTE	165 °C	175 °C	165 °C	175 °C	165 °C	175 °C
		0.30%	2	2	2	2	2	2
		0.35%	2	2	2	2	2	2
		0.40%	2	2	2	2	2	2
		0.45%	2	2	2	2	2	2
			COMPACTADAS		COMPACTADAS		COMPACTADAS	
PARAMETROS VOLUMETRICOS	AASHTO T166 AASHTO T19		3		3		3	
		MARSHALL						
ESTABILIDAD Y FLUJO	MTC E504 ASTM D1553	Estabilidad y flujo	3		5		5	
SENSIBILIDAD A LA HUMEDAD	MTC E522 AASHTO T283	Secas	3		3		3	
		Humedas	3		3		3	
COMPACTADAS	66							
NO COMPACTADA	36							

3.3.2.3 Método de muestreo

En las muestras No Probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o de quien hace la muestra. Aquí el procedimiento no es mecánico, ni con base en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de una persona o de un grupo de personas y,



desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. Elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende de los objetivos del estudio, del esquema de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella. (Hernandez Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2006)

Por lo expuesto anteriormente el método de muestreo es dirigido, intencional o no probabilístico, no se efectúa mediante normas probabilísticas de selección, por lo tanto, en sus procesos intervienen opiniones y criterios personales del investigador, la obtención de las muestras de especímenes asfálticos se dio tomando como referencia las normas MTC, AASHTO, ASTM y NAPA.

3.3.2.4 Criterios de evaluación de la muestra

- Especímenes asfálticos elaborados mediante criterios de diseño SMA. Este diseño de mezclas se rige por las normas: AASHTO MP 8-05 “Specification for Designing Stone Matrix Asphalt” AASHTO PP 41-02(2004) “Practice for Designing Stone Matrix Asphalt (SMA)” detallado en (Sanchez Sabogal, 2009).
- La confección de las probetas para mezclas Stone Mastic Asphalt (S.M.A.), se rigen por lo indicado en el método Marshall descrito en la norma de Ensayo MTC E 504.
- Especímenes asfálticos compactados S.M.A., mediante compactación por 50 Golpes en cada cara.
- Especímenes asfálticos compactados S.M.A. sin agente estabilizante para obtención de gradación óptima y porcentaje de asfalto óptimo.
- Especímenes asfálticos sueltos S.M.A. sin fibra, con fibra de celulosa Comercial y fibra natural de caña de azúcar para determinación del escurrimiento.
- Especímenes asfálticos compactados S.M.A. con agente estabilizante para determinación de: Parámetros Volumétricos, Estabilidad y Flujo Marshall y Sensibilidad a la humedad.
- Especímenes asfálticos compactados S.M.A. que no presenten grandes irregularidades en alguna de sus caras
- Se realizan y evalúan las mezclas mediante normas MTC, AASHTO Y ASTM.

3.3.3. Criterios de inclusión

- La fibra de celulosa empleada en las mezclas asfálticas se denomina “Fibra Celulosa Comercial” obtenida a través de la Empresa Mineração Vale do Juquiá - Brasil.



- El agente estabilizante elaborado en esta investigación se denomina “Fibra natural de caña de azúcar” y se obtendrá mediante un proceso de molienda mecánica.
- El cemento asfáltico se eligió por recomendación de la planta de asfalto de la municipalidad del Cusco siendo este el PEN 85/100 plus y provisto por la empresa TDM Asfaltos.
- El cemento asfáltico para mezclas S.M.A. es como mínimo 6%, por lo cual para la determinación del contenido de asfalto óptimo se consideran incrementos porcentuales de asfalto del 0.5%, realizando el diseño con 4 diferentes porcentajes (6%, 6.5%, 7%, 7.5%).
- Los agregados (gruesos y finos) se eligieron por la calidad que presentan, siendo extraído de la cantera de Caicay – Sector Paucartambo y siendo facilitados por la empresa CONCRETOS PRIMAVERA.
- El filler que se eligió para la presente tesis, es el Cemento Portland Tipo IP de la empresa Yura.
- El Tamaño Máximo Nominal para el diseño es de $\frac{3}{4}$ ” (19 mm).
- Se hacen 3 gradaciones en base al TMN verificando que estén dentro de los límites de la curva granulométrica.
- La mezcla asfáltica es en Caliente.
- Las probetas cilíndricas de asfalto son de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro aproximadamente.
- La aplicación del agente estabilizante se realiza durante el proceso de mezclado, posterior a la mezcla de los agregados con el asfalto.
- El agente estabilizante se coloca en seco.
- El agente estabilizante debe ser como mínimo 0.3% por recomendación de normativa.
- El agente estabilizante (fibra de celulosa Comercial) se coloca en diferentes porcentajes (0.3%, 0.35%, 0.4%, 0.45%, respecto al peso total de la mezcla) y el agente estabilizante (Fibra natural de caña de azúcar elaborada de bagazo de caña de azúcar) se coloca en un porcentaje base (0.3% respecto al peso total de la mezcla) para luego determinar diferentes porcentajes en base al resultado obtenido con el porcentaje base (0.3%).
- El agente estabilizante tiene que esparcirse por toda la mezcla de manera homogénea.
- La temperatura mínima de mezclado será 135°C.
- Los agregados y el agente estabilizante deberán ser calentados a temperatura similar previa al proceso de mezclado con el asfalto.



- Las mezclas asfálticas compactadas SMA, deben cumplir con $\%Va \sim 4$, $VCA_{mezcla} < VCA_{DRC}$, $\%VMA \geq 17\%$.
- Se fabricaron canastillas de acuerdo a la normativa ASTM D6390, con malla de abertura de 6.3mm ($\frac{1}{4}$ ").
- Las temperaturas tomadas para el ensayo de escurrimiento son 165°C y 175°C tomando como referencia la temperatura de la planta de asfalto del Gobierno Regional del Cusco(COPESCO).
- Para el ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall se utilizó la Maquina de Estabilidad Marshall y el molde lottman con mordazas especiales para el ensayo.
- Para el ensayo de Tracción Indirecta, parte del ensayo de susceptibilidad a la humedad, se utilizó la Maquina de Estabilidad Marshall y el molde lottman con acoples especiales para el ensayo de Tracción Indirecta.

3.4. Instrumentos

3.4.1. Instrumentos Metodológicos

3.4.1.4. Formato N° 01 – Ensayo De Análisis Granulométrico De Agregados

Tabla 29: Formato de ensayo de análisis granulométrico de agregados

tamiz		Abertura en mm	pesos retenido (gr)	% retenido	Retenido Acumulado (gr)	% Retenido Acumulado	%pasa	Limite Inferior	Limite Superior
1"		25						100	100
3/4"		19						90	100
1/2"		12.5						50	74
3/8"		9.5						25	60
4		4.75						20	28
8		2.36						16	24
16		1.18						13	21
30		0.6						12	18
50		0.3						12	15
200		0.075						8	10
FONDO								0	0

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO

3.4.1.5. Formato N° 02 – Ensayo De Abrasión Los Ángeles

Tabla 30: Formato de ensayo de abrasión los ángeles

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS : “ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018.”							
ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES							
NORMA MTC E207							
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:		
		Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
QUE PASA		RETENIDO		GRADACION (gr)			
pulg.	mm.	pulg.	mm.	A	B	C	D
1 1/2"	37.5	1"	25	1250.00			
1"	25	3/4"	19	1250.00			
3/4"	19	1/2"	12.5	1250.00	2500.00		
1/2"	12.5	3/8"	9.5	1250.00	2500.00		
3/8"	9.5	1/4"	6.3			2500.00	
1/4"	6.3	#4	4.75			2500.00	
#4	4.75	#8	2.36				5000.00
PESO TOTAL				5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Nro de Esferas				12	11	8	6
Nro de Revoluciones				500	500	500	500
Tiempo de Rotacion por min				15	15	15	15
Peso inicial (gr)							
Peso Final (gr)							
% de ABRASION							

3.4.1.6. Formato N° 03 – Ensayo De Partículas Chatas Y Alargadas En Agregados

Tabla 31: Formato de Ensayo de Partículas Chatas y Alargadas

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS : “ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018.”							
ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS							
NORMA MTC E 223							
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:		
		Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS							
RELACION:		1:3					
PARTICULAS CHATAS							
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	NUMERO DE PIEZAS	PORCENTAJE RETENIDO (gr)	PARTICULAS CHATAS		
PASA	RETIENE				PESO (gr)	PORCENTAJE (%)	
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
TOTAL							
PARTICULAS ALARGADAS							
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	NUMERO DE PIEZAS	PORCENTAJE RETENIDO (gr)	PARTICULAS ALARGADAS		
PASA	RETIENE				PESO (gr)	PORCENTAJE (%)	
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
TOTAL		0		0	SUMA		

3.4.1.7. Formato N° 04 Ensayo Para La Determinación Del Porcentaje De Partículas Fracturadas En El Agregado Grueso

Tabla 32: Formato de ensayo para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."							
ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS							
NORMA MTC E210							
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde				FECHA:	
		Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS 1/2"							
CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DE AGREGADO		A	B	C=B/A*100	D=A/ΣA		
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	PESO CON CARAS FRACTURAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	% RETENIDO GRADACION	% CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS	
PASA	RETIENE						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
TOTAL		0			0.00		
CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DE AGREGADO		A	B	C=B/A*100	D=A/ΣA		
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	PESO CON CARAS FRACTURADAS	% CARAS FRACTURADAS	% RETENIDO GRADACION	% CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS	
PASA	RETIENE						
3/4"	1/2"						
1/2"	3/8"						
TOTAL		0			0.00		



3.4.1.8 Formato N° 05 Ensayo De Durabilidad Al Sulfato De Magnesio Para Agregados
Grosos

Tabla 33: Formato de Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio para Agregados Grosos

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."									
ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS GRUESOS									
NORMA MTC E 209									
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde							
		Rafer Josue Flores Collantes							
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL							
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO							
DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS GRUESOS									
Tamices Utilizados:		3/4"; 1/2"; 3/8"; #4							
TAMAÑO DE AGREGADO				1	2	3=(1-2)		4(3/1)*100	6=(4*5)/100
TAMIZ		PESO		PESO	PESO FINAL	PERDIDAS		GRADACION	PERDIDAS
PASA	RETIENE	RETENIDO (gr)	CODIGO	INICIAL (gr)	(gr)	gr	%	ORIGINAL %	CORREGIDAS %
3/4"	1/2"								
1/2"	3/8"								
3/8"	# 4								
				0.00		PERDIDA TOTAL			0.00
% DE DURABILIDAD:		0.00							

3.4.1.9 Formato N° 06 Ensayo De Limites De Consistencia

Tabla 34: Formato de Ensayo de Limites de Consistencia

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."								
ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA								
NORMA MTC E 110								
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:			
		Rafer Josue Flores Collantes						
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL						
MATERIAL:		AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO						
LIMITES DE CONSISTENCIA PARA FINOS								
		LIMITE LIQUIDO (gr)					LIMITE PLASTICO	
Numero de Tara		1	2	3	4	5		6
Peso tara + Muestra Humeda (A)								
Peso tara + Muestra Seca (B)								
Peso tara (C)								
Peso de la Muestra Seca (Pms=B-C)								
Peso del Agua (Pa=A-B)								
Contenido de Humedad (Pa/Pms)								
Numero de Golpes								

3.4.1.10 Formato N° 07 – Ensayo De Angularidad Del Agregado Fino

Tabla 35: Formato de ensayo de Angularidad del agregado fino

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																												
TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”																																																																																													
ENSAYO DE ANGULARIDAD DEL AGRADADO FINO																																																																																													
NORMA MTC E 202																																																																																													
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA:																																																																																											
	Rafer Josue Flores Collantes																																																																																												
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL																																																																																												
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO																																																																																												
ANGULARIDAD DEL AGRADADO FINO																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="4">Tamices Utilizados: #8 y #200</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="background-color: #FFD700;">CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO</td> <td colspan="3" style="background-color: #FFD700;">PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">CILINDRO (cm)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">PESOS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H1</td> <td style="text-align: center;">H2</td> <td style="text-align: center;">Dm1</td> <td style="text-align: center;">Dm2</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> <td colspan="3" style="background-color: #00B0F0; text-align: center;">ARENA + CILINDRO (PW) (gr)</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">PROMEDIO H</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">PROMEDIO Dm</td> <td colspan="3" style="background-color: #00B0F0; text-align: center;">ARENA (W)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">VOLUMEN (V) cm3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">PESO (P) gr</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">PROMEDIO DE ARENA (W) gr</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center; background-color: #FFD700;">GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">Gsb(gr/cm3)</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center; background-color: #FFD700;">ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%)</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"> $A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$ </td> <td colspan="3" style="background-color: #FFFF00;"></td> </tr> </table>			Tamices Utilizados: #8 y #200							CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO				PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA			CILINDRO (cm)				PESOS			H1	H2	Dm1	Dm2	1	2	3					ARENA + CILINDRO (PW) (gr)			PROMEDIO H		PROMEDIO Dm		ARENA (W)										VOLUMEN (V) cm3		PESO (P) gr		PROMEDIO DE ARENA (W) gr										GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA							Gsb(gr/cm3)							ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%)							$A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$						
Tamices Utilizados: #8 y #200																																																																																													
CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO				PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA																																																																																									
CILINDRO (cm)				PESOS																																																																																									
H1	H2	Dm1	Dm2	1	2	3																																																																																							
				ARENA + CILINDRO (PW) (gr)																																																																																									
PROMEDIO H		PROMEDIO Dm		ARENA (W)																																																																																									
VOLUMEN (V) cm3		PESO (P) gr		PROMEDIO DE ARENA (W) gr																																																																																									
GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA																																																																																													
Gsb(gr/cm3)																																																																																													
ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%)																																																																																													
$A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$																																																																																													


3.4.1.11 Formato N° 08 – Ensayo De Durabilidad Al Sulfato De Magnesio Para Agregados Finos

Tabla 36: Formato de Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio para Agregados Finos

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 											
<p>TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”</p>											
<p>ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS FINOS</p>											
<p>NORMA MTC E 209</p>											
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA:									
	Rafer Josue Flores Collantes										
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL										
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO										
<p>DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS FINOS</p>											
<p>Tamices Utilizados:</p>		<p>3/8"; #4; #8; #16; #30; #50</p>									
<p>TAMAÑO DE AGREGADO</p>		<p>1</p>		<p>2</p>		<p>3=(1-2)</p>		<p>4(3/1)*100</p>		<p>6=(4*5)/100</p>	
<p>TAMIZ</p>		<p>PESO</p>		<p>PESO FINAL</p>		<p>PERDIDAS</p>		<p>GRADACIÓN</p>		<p>PERDIDAS</p>	
<p>PASA</p>	<p>RETIENE</p>	<p>RETENIDO (gr)</p>	<p>CÓDIGO</p>	<p>INICIAL (gr)</p>	<p>(gr)</p>	<p>gr</p>	<p>%</p>	<p>ORIGINAL %</p>	<p>CORREGIDAS %</p>		
<p>3/8"</p>	<p># 4</p>										
<p># 4</p>	<p># 8</p>										
<p># 8</p>	<p># 16</p>										
<p># 16</p>	<p># 30</p>										
<p># 30</p>	<p># 50</p>										
								<p>PERDIDA TOTAL</p>			
<p>% DE DURABILIDAD:</p>		<p>. %</p>									

3.4.1.12 Formato N° 09 – Ensayo De Peso Específico Y Absorción Del Agregado Grueso

Tabla 37: formato de ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”						
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO						
NORMA MTC E 206						
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde		FECHA:		
		Rafer Josue Flores Collantes				
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL				
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO				
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO						
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
	Peso del agregado seco al horno + recipiente	gr				
	Peso del recipiente	gr				
A	Peso en el aire del agregado seco al horno	gr				
B	Peso en el aire del agregado saturado	gr				
C	Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua	gr				
Pea=Gsa	Pe seco aparente (A/(A-C))	gr/cm ³				
Pesss=Gsssb	Pe de masa saturada con superficie seca (B/(B-C))	gr/cm ³				
Pem=Gsb	Pe seco bulk (A/(B-C))	gr/cm ³				
Abs	Absorción ((B-A)*100/A)	%				

3.4.1.13 Formato N° 10 – Ensayo De Peso Específico Y Absorción Del Agregado Fino

Tabla 38: Formato de ensayo de Peso Específico y Absorción del agregado fino

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”						
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
NORMA MTC E 205						
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde		FECHA:		
		Rafer Josue Flores Collantes				
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL				
MATERIAL:		AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO				
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO						
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
	Peso del agregado seco al horno + recipiente	gr				
	Peso del recipiente	gr				
A	Peso en el aire del agregado seco al horno	gr				
B	Peso del picnómetro + agua	gr				
C	Peso del picnómetro + Agregado + agua hasta la marca	gr				
D	Peso del material saturado superficialmente seco	gr				
Pea=Gsa	Pe seco aparente $(A/(B+A-C))$	gr/cm3				
Pesss=Gsssb	Pe de masa saturada con superficie seca $(D/(B+D-C))$	gr/cm3				
Pem=Gsb	Pe seco bulk $(A/(B+D-C))$	gr/cm3				
Abs	Absorción $((D-A)*100/A)$	%				



3.4.1.14 Formato N° 11 – Ensayo De Peso Unitario De Los Agregados



Tabla 39: Formato de ensayo de Peso Unitario de los agregados

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p> 				
<p>TESIS : “ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018.”</p>				
<p>ENSAYO DE PESO UNITARIO NORMA MTC E 203</p>				
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA:		
	Rafer Josue Flores Collantes			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL			
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO			
PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO GRADACION 01				
MOLDE				
MEDIDAS	1	2	3	PROMEDIO (cm)
Longitud (cm)				
Diametro (cm)				
Volumen del Molde (Vm)				
PESO DEL MOLDE (Pm) Kg				
PESO DEL AGREGADO SUELTO + RECIPIENTE (as+Pm)				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)				
PESO DEL AGREGADO COMPACTADO+RECIPIENTE (ac+Pm)				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)				
PESO DE LOS AGREGADOS (Pa)				
PESO DEL AGREGADO GRUESO SUELTO (Pas)				
PESO DEL AGREGADO GRUESO COMPACTADO (Pac)				
CALCULO DE PESOS UNITARIOS				
PESO UNITARIO SUELTO (PUs=Pas/Vm)				
PESO UNITARIO COMPACTADO (PUc=Pac/Vm)				





3.4.1.15 Formato N° 12 – Ensayo De Gravedad Especifica Bulk Para Mezclas Asfálticas Compactadas

Tabla 40: formato de ensayo de Gravedad Especifica Bulk para mezclas asfálticas compactadas

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."					
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK DE MEZCLAS ASFALTICAS S.M.A. - GRADACION OPTIMA					
NORMA AASHTO T 166					
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde		FECHA:	
		Rafer Josue Flores Collantes			
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL			
MATERIAL:		Mezclas Asfálticas S.M.A.			
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK PROMEDIO DE LAS PROBETAS COMPACTADAS					
MUESTRAS	WD	WSUB	WSSD	Gmb	
	Peso al aire (gr)	Peso sumergido (gr)	Peso en su condicion SSD en el aire (gr)	Gravedad Especifica Bulk del especimen	
PROMEDIO					
PROMEDIO					
PROMEDIO					

3.4.1.16 Formato N° 13 – Ensayo De Esgurrimento

Tabla 41: Formato de ensayo de Esgurrimento

		<p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>					
<p>TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."</p>							
<p>ENSAYO DE ESGURRIMIENTO</p>							
<p>NORMA ASTM D 6390</p>							
<p>TESISTAS: Bladimir Alessander Farfan Valverde Rafer Josue Flores Collantes</p>					<p>FECHA:</p>		
<p>LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL</p>							
<p>MATERIAL: Mezclas Asfálticas S.M.A. con fibra de celulosa</p>							
<p>ESGURRIMIENTO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS S.M.A. CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR</p>							
<p>TEMPERATURA DE 165 °C</p>							
MUESTRAS	% FIBRA	A	B	C	100 - ((C-A)/(B-A)) * 100		
		PESO (gr)			ESGURRIMIENTO		
		CESTA VACÍA (gr)	CESTA + MUESTRA (gr)	CESTA + MUESTRA DESPUÉS DEL HORNO (gr)	%	% PROMEDIO	% MAX
	0.00						0.30
	0.3 %						
	0.35 %						
	0.4 %						
	0.45 %						





3.4.1.17 Formato N° 14 – Ensayo De Estabilidad Y Flujo Marshall

Tabla 42: Formato de ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA							
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL									
ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL									
NORMA MTC E 504									
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde				FECHA:			
		Rafer Josue Flores Collantes							
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL							
MATERIAL:		Mezclas Asfálticas S.M.A. Con Fibra Natural de Caña de Azúcar (CFNCA)							
ESTABILIDAD Y FLUJO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS S.M.A. CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR									
ESTABILIDAD MARSHALL									
MUESTRAS	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	DIÁMETRO DEL ESPÉCIMEN				ALTURA DEL ESPÉCIMEN			
	N	1	2	3	4	1	2	3	4
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
FLUJO MARSHALL									
MUESTRA		FLUJO							
		0.01 pulg (0.25 mm)							

3.4.1.18 Formato N° 15 – Ensayo De Resistencia De Mezclas Asfálticas Compactadas Al Daño Inducido Por Humedad

Tabla 43: Formato de ensayo de resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”										
ENSAYO DE RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD										
NORMA MTC E 522										
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde				FECHA:				
		Rafer Josue Flores Collantes								
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL								
MATERIAL:		Mezclas Asfálticas S.M.A. Con Fibra de Celulosa Comercial (CFCC)								
ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS S.M.A CON FIBRA DE CELULOSA COMERCIAL										
CONDICIÓN DE LAS MUESTRAS		CARGA MÁXIMA Kg	DIÁMETRO DEL ESPÉCIMEN				ALTURA DEL ESPÉCIMEN			
			1	2	3	4	1	2	3	4
			cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	

3.4.2. Instrumentos De Ingeniería

3.4.2.1. Instrumentos De Ingeniería Para Ensayos De Agregados Gruesos

Tabla 44: Instrumentos de ingeniería para ensayos de agregados gruesos

INSTRUMENTOS DE INGENIERIA PARA ENSAYOS DE AGREGADOS GRUESOS			
Granulometria de Agregados Gruesos Ensayo de Abrasion Los Angeles Ensayo de Particulas Chatas y Alargadas en Agregados Ensayo para la determinacion del porcentaje de Particulas Fracturadas Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio Ensayo de Peso Especifico y Absorcion Ensayo de Peso Unitario y Vacios			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
BALANZA	BALANZAS DE PRECISIÓN	BANDEJAS	BAÑO MARÍA
BOWLS	CALIBRADOR DE ESPESORES	CANASTILLA METÁLICA	CUCHARONES METÁLICOS
EQUIPO DE FLOTACIÓN	ESFERAS DE ACERO PARA ABRASIÓN	ESPÁTULAS	FRANELAS
HORNO ELÉCTRICO	HORNO MUFLA	MAQUINA ABRASIÓN LOS ANGELES	PIPETAS Y TUBOS DE ENSAYO
PROBETA	MOLDE PROCTOR Y VARILLA 3/8"	SERIE DE TAMICES PARA GRUESOS	TAMIZ N°10
TAMIZADOR ELÉCTRICO	TERMÓMETRO	VASO DE PRECIPITADOS	VERNIER

3.4.2.2, Instrumentos De Ingeniería Para Ensayos De Agregados Finos

Tabla 45: Instrumentos de ingeniería para ensayos de agregados finos

INSTRUMENTOS DE INGENIERIA PARA ENSAYOS DE AGREGADOS FINOS			
Granulometria de Agregados Finos Ensayo de Limites de Consistencia Ensayo de Angularidad Ensayo de Durabilidad al Sulfato de Magnesio Ensayo de Peso Especifico y Absorcion			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
BALANZAS DE PRECISIÓN	BAÑO MARÍA	BOMBA DE VACÍOS	BOWLS
CONO Y APISONADOR METÁLICO	COPA DE CASAGRANDE Y RANURADOR	CUCHARONES METÁLICOS	EMBUDO
ESPATULAS	ESTUFA	FIOLA 500 ml	HORNO ELÉCTRICO
HORNO MUFLA	PISETA	PIPETAS Y TUBOS DE ENSAYO	PROBETA
RECIPIENTE Y APISONADOR	REGLA METÁLICA	SERIE DE TAMICES PARA FINOS	TAMIZ N°200 DE LAVADO
TAMIZ N°40	TAMIZADOR ELÉCTRICO	TARAS	TERMÓMETRO
VASO DE PRECIPITADOS	VERNIER	VIDRIO ESMERILADO	

3.4.2.3 Instrumentos De Ingeniería Para Preparación De Mezclas Asfálticas

Tabla 46: instrumentos de ingeniería para preparación de mezclas asfálticas

INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			
Mezclas Asfálticas para Gradación Optima Mezclas Asfálticas para % Asfalto Optimo Mezclas Asfálticas para Parámetros Volumétricos Mezclas Asfálticas para Estabilidad y Flujo Marshall Mezclas Asfálticas para Tracción Indirecta			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
ALICATE	BALANZAS DE PRECISIÓN	BASE, COLLAR Y BRIQUETAS MARSHALL	BOWLS
COMPACTADOR DE MEZCLAS ASFÁLT.	ESPATULAS Y CUCHILLO	ESTUFA	EYECTOR DE MUESTRAS
GUANTES	HORNO ELÉCTRICO	LENTES DE PROTECCIÓN	MARTILLO COMPACTADOR
MASCARAS ANTIGASES	TARAS	TERMÓMETRO	

3.4.2.4 Instrumentos de Ingeniería para Parámetros Volumétricos De Mezclas Asfálticas

Tabla 47: instrumentos de ingeniería para parámetros volumétricos de mezclas asfálticas

INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS			
Parámetros Volumétricos para Gradación Optima Parámetros Volumétricos para % Asfalto Optima Determinación de Parámetros Volumétricos Mezclas S.M.A. con Agente Estabilizante Parámetros Volumétricos para Ensayo de Susceptibilidad a la Humedad			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
BALANZA	CANASTILLA	EQUIPO DE FLOTACIÓN	FRANELAS

3.4.2.5 Instrumentos De Ingeniería Para Ensayo De Escurrimiento

Tabla 48: instrumentos de ingeniería para ensayo de escurrimiento

INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA PARA ENSAYOS DE ESCURRIMIENTO			
Ensayo de Escurrimiento			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
ALICATE	BALANZAS DE PRECISIÓN	BOWLS	CANASTILLAS DE ESCURRIMIENTO
ESPATULAS Y CUCHILLO	ESTUFA	GUANTES	HORNO ELÉCTRICO
LENTES DE PROTECCIÓN	MASCARAS ANTIGASES	TARAS	TERMÓMETRO

3.4.2.6 Instrumentos De Ingeniería Para Ensayo De Estabilidad Y Flujo Marshall

Tabla 49: Instrumentos de ingeniería para el ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall

INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA PARA ENSAYOS DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL			
Ensayo de Estabilidad y Flujo Marshall			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
BAÑO MARÍA	DÍAL DE CARGA	DÍAL DE DEFORMACIÓN	GUANTES
LOTTMAN Y MORDAZAS	MAQUINA MARSHALL	TERMÓMETRO	VERNIER

3.4.2.7 Instrumentos De Ingeniería Para Ensayo De Susceptibilidad A La Humedad

Tabla 50: instrumentos de ingeniería para el ensayo de susceptibilidad a la humedad

INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA PARA ENSAYOS DE SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD			
Ensayo de Susceptibilidad a la Humedad			
EQUIPOS E INSTRUMENTOS UTILIZADOS			
BALANZA	BALANZAS DE PRECISIÓN	BAÑO MARÍA	BASE, COLLAR Y BRIQUETAS MARSHALL
BOWLS	CANASTILLA	COMPACTADOR DE MEZCLAS ASFÁLT.	DÍAL DE CARGA
EQUIPO DE FLOTACIÓN	ESPATULAS Y CUCHILLOS	EYECTOR DE MUESTRAS	FRANELAS
HORNO ELÉCTRICO	LOTTMAN Y ACOPLÉ DE TRACCIÓN IND.	MAQUINA MARSHALL	MARTILLO
PROBETA	REFRIGERADORA	REGLA METÁLICA Y VERNIER	TERMÓMETRO

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1. Recolección de datos de la cantera de agregados grueso y fino “Cantera de Caicay”

3.5.1.1 Consideraciones generales

La visita realizada a la Provincia de Paucartambo, Distrito de Caicay, cantera Carmen Bonita lugar de donde se extrae los agregados para la realización del trabajo de investigación; la visita se dio con el fin de determinar la procedencia de los materiales extraídos, además de obtener conocimiento técnico de la producción, equipos, tecnología, en la extracción de agregados, así mismo dicha cantera principal proveedor de Concretos Primavera.



Provincia de Paucartambo, Distrito de Caicay Cantera Carmen Bonita



Figura 31: Visita a la Cantera Carmen Bonita-Caicay (Concretos Primavera)

3.5.2. Recolección de Datos TDM Asfaltos S.A.C.

a) Condiciones Generales

La empresa TDM Asfaltos S.A.C principal productor y distribuidor de asfaltos, innova en la oferta de soluciones asfálticas de alto desempeño, con productos de calidad, desarrollados a la medida de las necesidades de cada proyecto, tanto en Peru como en Bolivia. Se hizo el contacto con el Ing. Jorge Escalante Gerente General TDM Asfaltos a quien se le consulto respecto de los tipos de asfaltos, producción y comportamiento así como también nos brindo asesoría técnica de los mismos, posteriormente se solicito Asfalto BETUTEC IB (PEN 85/100) que fueron conferidos por TDM Asfaltos.



TDM ASFALTOS
S.A.C.



Figura 32: recolección de cemento asfáltico PEN 85/100.

3.5.3. Recolección de datos de la fibra comercial

La fibra de celulosa comercial que se empleo en la presente tesis de investigación es de origen brasilero, empresa Juquia se suministran puras o dispersas, cortas, medias, largas o micronizadas en forma de polvo, esta fibra fue solicitado por los tesistas a la empresa brasilera **Mineracao Vale do Juquia LTDA**. En coordinación de los ingenieros: Ing. Post-Doctor Mario Collantes C. y Ing. Ivan Collantes, la fibra de celulosa comercial (CELULOSE CELUCAU

CAJ-91) sin peletizar y peletizada, proveniente de Brasil de la empresa Mineracao Vale do Juquia LTDA. Dichas fibras se aprovechara en la siguiente tesis de investigación.



Figura 33: Recoleccion de fibra de celulosa comercial en pellet y polvo

3.5.4. Recoleccion de datos de el cemento

El filler que se empleara en la presente tesis de investigación es el Cemento Puzolanico Yura IP, que presenta alta durabilidad que cumple con las condiciones minimas para ser considerado como filler, además dentro de ser fabricado a base de Clinker de alta calidad entre otros, esto nos permite ma resistencia e impermeabilidad asi como también resistir la acción del intemperismo, se obtuvo cemento puzolanico yura IP en los distribuidores de la ciudad del Cusco.



Figura 34: Recoleccion de cemento puzolanico Yura IP

3.5.5. Recoleccion de datos de fibra natural de caña de azúcar

a) generalidades obtención de fibra natural de caña de azúcar

Se realizo el acopio de caña de azucar posteriormente solo se aprovecho el bagaso como agente estabilizante utilizado en las mezclas asfálticas S.M.A; siendo el bagazo de caña de azúcar un subproducto en la industria azucarera, encontrándose un alto porcentaje de celulosa en la fibra de caña según la bibliografía consultada



Figura 35: Recoleccion de bagaso de caña de azucar

b) Procedimiento de obtención de fibra natural de caña de azúcar

1. Obtención de las muestras de bagazo de caña de azúcar y selección de las muestras de caña de azúcar utilizadas que no presenten contaminación de partículas extrañas, sucias o mezcladas con otros materiales
2. Secado al horno a temperatura media de 60 °C por 2 horas o hasta que las fibras de caña de azúcar se quiebren fácilmente.
3. Enfriado del material
4. Cortado en partes más pequeñas del bagazo de caña de azúcar.
5. Colocado del bagazo de caña de azúcar en partes pequeñas en el molidor mecánico.
6. Molienda mecánica de las fibras de caña de azúcar.
7. La fibra de caña de azúcar caerá del molidor mecánico en un recipiente limpio y seco. Posteriormente Utilización de juego de tamices para determinar el tamaño de la fibra natural de caña de azúcar.

8. Tamizado de la fibra de caña de azúcar, separación de la fibra natural de caña de azúcar según el tamiz retenido
9. Almacenamiento de la fibra de caña de azúcar en bolsas herméticas para evitar la absorción de humedad.



Figura 36: procedimiento de obtención de celulosa natural de caña de azúcar

3.5.6. Pruebas de Laboratorio y Procedimientos

3.5.6.1. Ensayo de Granulometría (MTC E204)

a) Materiales y Equipos

- Balanza de precisión.
- Cucharon metálico.
- Serie de tamices para agregados grueso: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", n°4, n°8 y fondo.
- Serie de tamices para agregados finos: n°4, n°8, n°16, n°30, n°50, n°200 y fondo.
- Tamizador eléctrico.



b) Preparación de la muestra

Se debe obtener una muestra y reducirla mediante el proceso de cuarteo manual, la muestra para el ensayo deberá ser como mínimo para:

- Agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " (TMN $\frac{3}{4}$ ") 5 Kg antes del cuarteo.
- Agregado grueso de $\frac{3}{8}$ " (TMN $\frac{1}{2}$ ") 2 Kg antes del cuarteo.
- Agregado fino como mínimo 300gr.
- Filler, se consideró como un agregado fino por lo cual se tendrá un mínimo de 300 gr.

c) Procedimiento de ensayo

- Posterior al lavado y secado del material, se seleccionó la serie de tamices de tamaños adecuados según las especificaciones del diseño de mezclas SMA para un TMN de 19mm ($\frac{3}{4}$ ").
- Se pesó cada tamiz de la serie seleccionada.
- Se colocó el material en la serie de tamices para luego realizar el tamizado mediante un tamizador mecánico durante un periodo de tiempo adecuado.



Figura 37: Cuarteo y colocación de material en serie de tamices y tamizado mecánico.

- Posterior al tamizado se pesó el material retenido en cada tamiz por medio de una balanza de precisión.



Figura 38: Pesado del material retenido en cada tamiz

d) Toma de datos

Tabla 51: Recolección de datos del ensayo de granulometría del agregado grueso

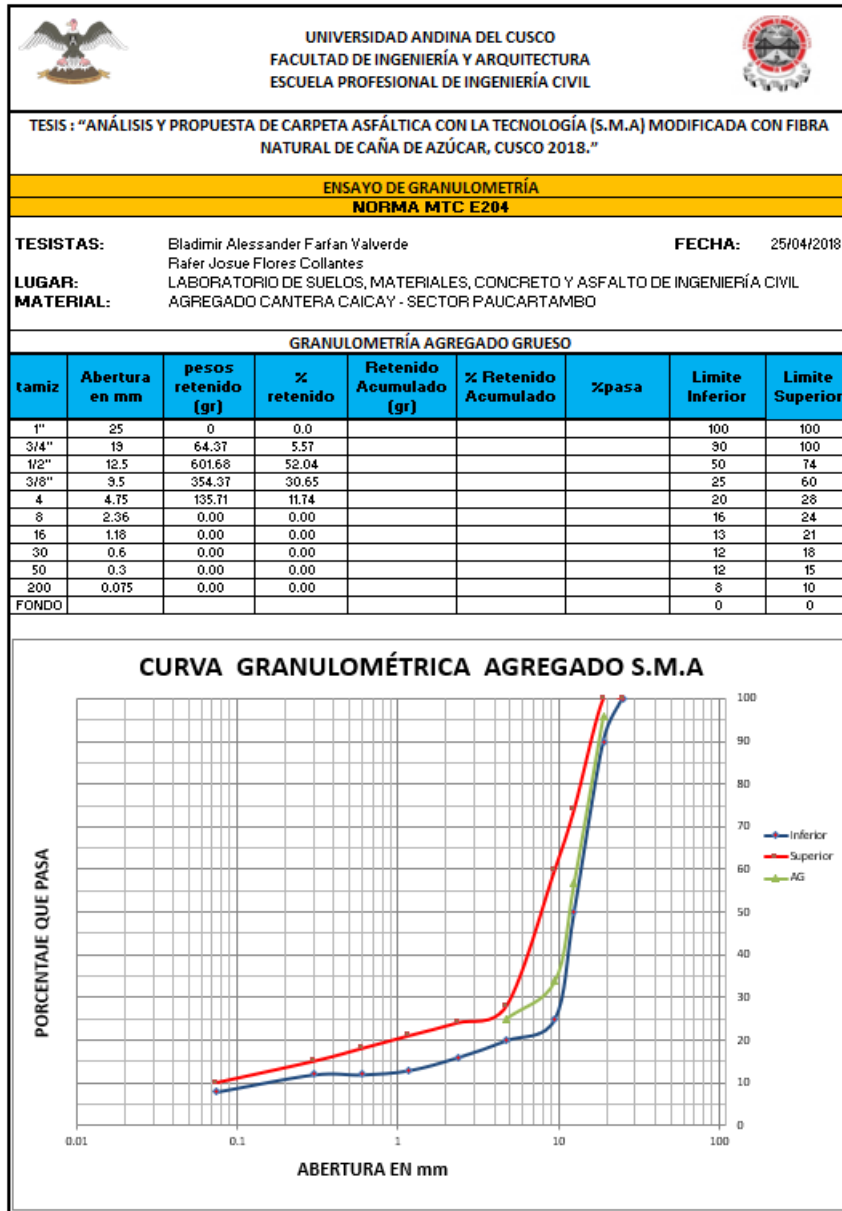
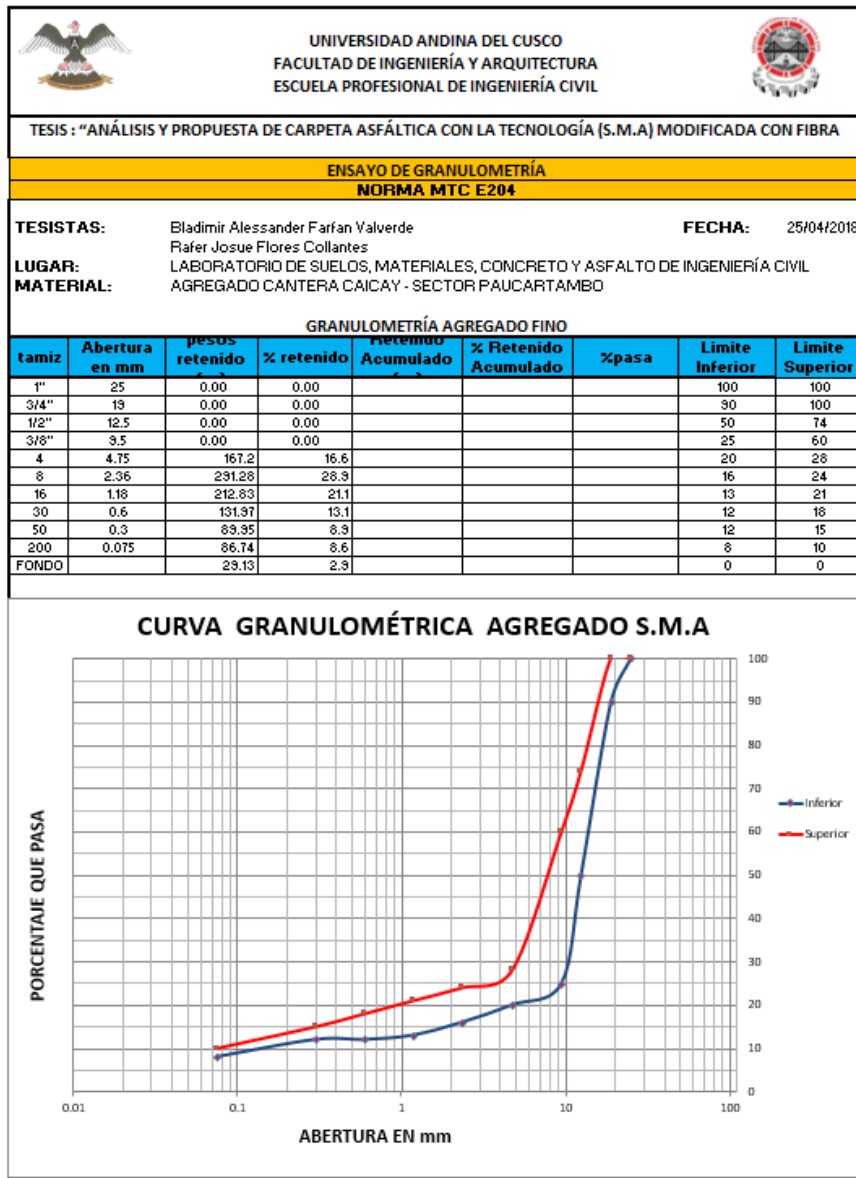


Tabla 52: Recolección de datos del ensayo de granulometría del agregado fino



3.5.6.2. Ensayo de abrasión los ángeles (MTC E207)

a) Materiales y equipos

- Maquina Los Ángeles.
- Esferas de acero.
- Tamiz n°10.
- Serie de Tamices: 3/4", 1/2", 3/8", n°4.
- Balanza de precisión.
- Horno eléctrico.

b) Preparación de la muestra

- Posterior al lavado y secado del material, separar el material según cada tamiz correspondiente y recombinar a la gradación, según el método B: 2500 ± 10 gr para $\frac{1}{2}$ " y 2500 ± 10 gr para $\frac{3}{8}$ ".



Figura 39: Tamizado, selección y separación de muestra.

c) Procedimiento de ensayo

- Colocar la muestra de ensayo y la carga (11 esferas según método B) en la máquina de Los Ángeles y hacerla rotar entre 30 a 33 rpm, por 500 revoluciones (15 min)
- Posterior a las revoluciones descargar el material de la máquina.



Figura 40: colocado de muestra y esferas, rotación de maquina y descargado de material

- Separar el material mediante el tamiz n°10 por tamizado y lavado, para eliminar la porción más fina de este.
- Secar al horno a 110 ± 5 °C hasta llegar a peso constante.
- Determinar el peso del material seco.



Figura 41: Secado y pesado de material

d) Toma de datos

Tabla 53: Recolección de datos del ensayo de abrasión los ángeles

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL			
<p>TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."</p>							
ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES							
NORMA MTC E207							
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:	02/05/2018		
	Rafer Josue Flores Collantes						
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL						
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO						
QUE PASA		RETENIDO		GRADACION (gr)			
pulg.	mm.	pulg.	mm.	A	B	C	D
1 1/2"	37.5	1"	25	1250.00			
1"	25	3/4"	19	1250.00			
3/4"	19	1/2"	12.5	1250.00	2500.00		
1/2"	12.5	3/8"	9.5	1250.00	2500.00		
3/8"	9.5	1/4"	6.3			2500.00	
1/4"	6.3	#4	4.75			2500.00	
#4	4.75	#8	2.36				5000.00
PESO TOTAL				5000.00	5000.00	5000.00	5000.00
Nro de Esferas				12	11	8	6
Nro de Revoluciones				500	500	500	500
Tiempo de Rotacion por min				15	15	15	15
Peso inicial (gr)					5006		
Peso Final (gr)					3940		

3.5.6.3. Ensayo de partículas chatas y alargadas en agregados gruesos (MTC E223)

a) Materiales y equipos

- Dispositivo calibrador proporcional (calibrador de espesores)
- Balanza de precisión.

- Serie de Tamices: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", n°4.

b) Preparación de la muestra

- Se toma los mínimos requeridos según el TMN del agregado:
 - Agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " (TMN $\frac{3}{4}$ ") 5 Kg, antes del tamizado y cuarteo.
 - Agregado grueso de $\frac{3}{8}$ " (TMN $\frac{1}{2}$ ") 2 KG, antes del tamizado y cuarteo.



Figura 42: Tamizado de muestra para ensayo de chatas y alargadas

c) Procedimiento de ensayo

- Tamizar la muestra mediante la serie de tamices elegida y separar según el material retenido en cada tamiz.
- Reducir cada fracción del material por medio de cuarteo manual en un 10% o más de su peso original, hasta obtener 100 partículas aproximadamente.



Figura 43: Reducción de la muestra hasta cantidad de partículas deseada

- Ensayar cada partícula y colocarlas en grupos: Chatas, Alargadas y ni chatas ni alargadas.
- Para esto se utilizará el calibrador de espesores en la relación 1 a 3:

- Para chatas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste al ancho de las partículas, la partícula será chata si su espesor pasa por la abertura menor.
- Para alargadas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste a la longitud de la partícula, la partícula será alargada si su ancho pasa por la abertura menor.



Figura 44 Medición de las partículas con el calibrador de espesores de partículas chatas y alargadas

- Luego de clasificar las partículas en los grupos determinar el peso de las partículas por cada grupo.

d) Toma de datos

Tabla 54: Recolección de datos del ensayo de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso de 1/2”

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”							
ENSAYO DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS							
NORMA MTC E 223							
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:		05/05/2018
Rafer Josue Flores Collantes							
LUGAR: LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL							
MATERIAL: AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO							
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS							
RELACIÓN:		1:3					
PARTÍCULAS CHATAS							
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	NUMERO DE PIEZAS	PORCENTAJE RETENIDO	PARTÍCULAS CHATAS		
PASA	RETIENE				PESO (gr)	PORCENTAJE (%)	
3/4"	1/2"	577.33	101	5.63			
1/2"	3/8"	219.04	101	10.78			
TOTAL		796.37			SUMA		
PARTÍCULAS ALARGADAS							
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	NUMERO DE PIEZAS	PORCENTAJE RETENIDO	PARTÍCULAS ALARGADAS		
PASA	RETIENE				PESO (gr)	PORCENTAJE (%)	
3/4"	1/2"	577.33	101	100			
1/2"	3/8"	219.04	101				
TOTAL		796.37		100	SUMA		

3.5.6.4. Ensayo para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E210)

a) Materiales y equipos

- Balanza de precisión.
- Serie de Tamices. $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", n°4.
- Espátula

b) Preparación de la muestra

- Se determina durante el procedimiento.

c) Procedimiento de ensayo

- Posterior al lavado y secado del material, se procedió a realizar cuarteo de material, hasta obtener una cantidad mínima como se describe a continuación.
- La cantidad de muestra como mínimo posterior al cuarteo para el ensayo será la siguiente:
 - Agregado Grueso de $\frac{1}{2}$ " (TMN $\frac{3}{4}$ "): 1500 gr.
 - Agregado Grueso de $\frac{3}{8}$ " (TMN $\frac{1}{2}$ "): 500 gr.



Figura 45: Cuarteo de muestra hasta obtención de cantidad mínima

- Se realizará el tamizado de cada agregado para separar cada fracción de las partículas retenidas en los tamices.
- Pesar el material retenido en cada tamiz.
- Colocar la muestra de ensayo sobre una superficie larga, plana y limpia que permita realizar una inspección visual a cada partícula. Para considerar una partícula con cara fracturada, una cara de la partícula debe ser al menos 1/4 de la máxima sección transversal de la partícula para ser considerada como tal.
- Usando una espátula separar en grupos: ninguna cara fracturada, una o más caras fracturadas y dos o más caras fracturadas (el grupo de dos o más caras fracturadas estará incluido en el grupo de una o más caras fracturadas).
- Determinar el peso de las partículas para cada grupo.

d) Toma de datos

Tabla 55: Recolección de datos del ensayo de caras fracturadas en el agregado grueso

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."							
ENSAYO DE PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS NORMA MTC E210							
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA:		10/05/2018
		Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS 1/2"							
CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DE AGREGADO		A	B	C=B/A*100	D=A/ΣA		
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	PESO CON CARAS FRACTURAS (gr)	% CARAS FRACTURADAS	% RETENIDO GRADACION	% CON UNA O MAS CARAS FRACTURADAS	
PASA	RETIENE						
3/4"	1/2"	1507.00	1507				
1/2"	3/8"	504.00	504				
TOTAL		2011					
CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DE AGREGADO		A	B	C=B/A*100	D=A/ΣA		
TAMIZ		PESO INICIAL (gr)	PESO CON CARAS FRACTURADAS	% CARAS FRACTURADAS	% RETENIDO GRADACION	% CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS	
PASA	RETIENE						
3/4"	1/2"	1507.00	1507				
1/2"	3/8"	504.00	504				
TOTAL		2011					



3.5.6.5. Ensayo de durabilidad del agregado grueso al sulfato de magnesio

a) Materiales y equipos

- Serie de tamices: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ " y n°4.
- Recipientes o embaces.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado.
- Termómetro.
- Baño María.
- Probetas y vasos de precipitados.
- Cernidores.
- Agua destilada.
- Pipeta.
- Reactivos:
 - Solución de Sulfato de Magnesio Heptahidratado.
 - Cloruro de Bario.

b) Preparación de la muestra

- Solución:
 - Debido a que la sal anhidra o heptahidratada no son completamente estables, siendo la sal heptahidratada la más estable de las dos y es deseable que se cuente con un exceso de cristales se recomienda usar la sal heptahidratada de 1400gr por litro de agua como mínimo.
 - Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio, disolviendo el químico en agua a temperatura de 25°C a 30°C hasta que este se disuelva en su totalidad. Se enfría la solución a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48hrs como mínimo antes de su uso.



Figura 46: Preparación de solución se sulfato de magnesio heptahidratada - agregado grueso

- Agregado Grueso:

- Se lava y seca la muestra hasta peso constante.
- Al tener un TMN de $\frac{3}{4}$ " (19 mm) el agregado grueso para el ensayo se tamiza, obteniendo 300 ± 5 gr que consista de $\frac{3}{8}$ " a n°4 y 1000 ± 10 gr que consista de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ ".

Tamiz	Peso Gr.
$\frac{1}{2}$ "	670 +/- 10
$\frac{3}{8}$ "	330 +/- 5
#4	300 +/- 5

(Minaya Gonzales & Ordóñez Huamán, 2006)

- Cada material ya tamizado se colocará en embaces individuales para el ensayo.



Figura 47: Tamizado y separado de material – agregado grueso

c) Procedimiento de ensayo

- Se colocarán las muestras en la solución de sulfato de magnesio entre 16hrs y 18hrs procurando que la solución cubra el material por lo menos 1.5cm por encima. Se tapan los

envases para disminuir la evaporación y evitar la adición accidental de sustancias extrañas. Las muestras se mantendrán a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el periodo de inmersión.



Figura 48: Muestras en solución y colocado en baño maría – agregado grueso

- Después de haber sumergido la muestra se retira el agregado de la solución y se deja escurrir durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$, con cuidado de no perder ninguna partícula de los agregados.



Figura 49: Lavado y cernido del material – agregado grueso

- Luego colocar las muestras al horno a temperatura de $110 \pm 10^\circ\text{C}$ hasta pesar a peso constante.
- Dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente y volver a sumergir en el sulfato de magnesio.



Figura 50: Muestras al horno, enfriado y vertido de sulfato de magnesio – agregado grueso

- Realizar el procedimiento hasta completar 5 ciclos cumpliendo con los pasos mencionados anteriormente, una vez completado el ciclo final (5to ciclo) se realiza el lavado de las muestras por separado, siendo los últimos lavados con agua destilada, a través de cernidores o tamices para no perder el material, con el fin de eliminar la presencia de sulfato de magnesio de las muestras.
- Para comprobar que el agua de lavado esté libre de sulfatos se verifica a través de tres tubos de ensayo.
 - 1er tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de agua destilada.
 - 2do tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de Sulfato de Magnesio.
 - 3er tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de agua destilada del lavado.
- Este procedimiento se realizó con el fin de comprobar que el tercer tubo de ensayo con agua destilada del lavado sea idéntico al 1er tubo de ensayo con agua destilada y así verificar que estaba libre de sulfatos.
- Se realizó esta comprobación para cada lavado de muestra.



Figura 51: Lavado de material con agua destilada y comprobación con cloruro de bario – agregado grueso

- Una vez que esté libre las muestras del sulfato de magnesio se llevó al horno a temperatura de 110°C hasta secar a peso constante.

- Finalmente se realiza el tamizado de las muestras según su malla correspondiente, para así verificar la pérdida en peso del material por la presencia de los sulfatos, el tamizado del agregado grueso se realiza a mano asegurándose que el material de menor medida pase la malla mediante una agitación leve.



Figura 52: Pesado de material después del 5to ciclo agregado grueso

d) Toma de datos

Tabla 56: Recolección de datos del ensayo de durabilidad de agregados gruesos al sulfato de magnesio

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."									
ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS GRUESOS									
NORMA MTC E 209									
TESISTAS:		Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA: 04/06/2018				
		Rafer Josue Flores Collantes							
LUGAR:		LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL							
MATERIAL:		AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO							
DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS GRUESOS									
Tamices Utilizados:		3/4"; 1/2"; 3/8"; #4							
TAMAÑO DE AGREGADO				1	2	3=(1-2)		4(3/1)*100	6=(4*5)/100
TAMIZ		PESO		PESO	PESO FINAL	PERDIDAS		GRADACION	PERDIDAS
PASA	RETIENE	RETENIDO (gr)	CODIGO	INICIAL (gr)	(gr)	gr	%	ORIGINAL %	CORREGIDAS %
3/4"	1/2"	670±10	AG-01	674.44	668.98				
1/2"	3/8"	330±5	AG-02	330.73	323.96				
3/8"	# 4	300±5	AG-03	300.38	294.46				
				1305.55			PERDIDA TOTAL		

3.5.6.6. Ensayo de peso específico y absorción de agregados gruesos

a) Materiales y equipos

- Balanza de precisión.
- Cesta con malla de alambre o canastilla metálica.
- Depósito de agua.
- Tamiz n°4.
- Horno.
- Equipo de flotación.

b) Preparación de la muestra

- Tamizar el material y descartar todo aquel material que pase el tamiz n°4.
- Lavar el material para remover impurezas.
- Secar el material al horno hasta peso constante.
- Realizar el cuarteo del material hasta obtener como mínimo:
 - Agregado grueso de 1/2" (TMN 3/4"): 3 Kg.
 - Agregado grueso de 3/8" (TMN 1/2"): 2 Kg.



Figura 53: Cuarteo de material para obtención de muestra y pesaje de muestra

c) Procedimiento de ensayo

- Con el material ya seco se toman los pesos mínimos para cada agregado.
- Sumergir el agregado en agua por un periodo de 24 ± 4 hrs.
- Una vez transcurrido el periodo echar el agua del recipiente donde se encontraba el agregado.

- Colocar el agregado sobre un paño grande y absorbente, secar las partículas del agregado hasta obtener la condición de saturado superficialmente seco (SSS) y determinar el peso.
- Después de pesar se coloca la muestra saturada superficialmente seca en la canastilla metálica y se determina su peso.



Figura 54: Secado de material húmedo, pesaje al aire y pesaje sumergido

- Colocar la mezcla en el horno y secar hasta peso constante, luego de este periodo se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 hrs y se pesa.



Figura 55: Secado y pesaje de material

d) Toma de datos

Tabla 57: Recolección de datos del ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."						
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO						
NORMA MTC E 206						
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA: 11/06/2018		
	Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO						
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
	Peso del agregado seco al horno + recipiente	gr	4489.7	3487.3	4488.3	
	Peso del recipiente	gr	650.4	489.60	650.90	
A	Peso en el aire del agregado seco al horno	gr	3839.30	2997.70	3837.40	
B	Peso en el aire del agregado saturado	gr	3893.30	3040.80	3890.50	
C	Peso del agregado saturado superficialmente seco sumergido en agua	gr	2436.20	1886.70	2428.40	

3.5.6.7. Ensayo de peso unitario de los agregados gruesos

a) Materiales y equipos

- Balanza.
- Recipiente de medida, metálico, cilíndrico (altura aproximadamente igual al diámetro, altura no menor de 80% ni menor al 150% del diámetro).
- Varilla de 3/8".
- Serie de tamices: 3/4", 1/2", 3/8", n°4, n°8, fondo.
- Vernier.
- Regla Metálica.
- Cucharon Metálico.

b) Preparación de la muestra

- La muestra debe ser aproximadamente 125% a 200% de la cantidad requerida para llenar el recipiente.
- El material lavado y secado, deberá ser separado mediante tamices hasta obtener la cantidad necesaria para cada tamiz según la distribución granulométrica de las combinaciones de agregados según las gradaciones del diseño:

- Gradación 01:
- Gradación 02:
- Gradación 03:

c) Procedimiento de ensayo

- Tomar las medidas del recipiente tanto diámetro como altura y tomar el peso del recipiente.



Figura 56: Medición de molde para ensayo

- Peso Unitario Suelto:
 - Realizar el cuarteo del material e ir colocando con el cucharon metálico hasta que rebose el recipiente.
 - Eliminar el material sobrante con una regla o con la varilla hasta enrasar el material con el recipiente.
 - Determinar el peso del recipiente más el contenido.



Figura 57: Proceso para peso unitario suelo

- **Peso Unitario Compactado:**
 - Realizar el cuarteo del material e ir colocando con el cucharon metálico hasta llenar la tercera parte del recipiente metálico, emparejar la superficie y apisonar con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, usando el extremo semiesférico de la varilla. Volver a realizar el cuarteo y llenar con el material las 2/3 partes del recipiente volviendo a emparejar la superficie y apisonar como ya se describió. Finalmente cuartear el material y llenar el recipiente hasta que rebose, apisonar como ya se describió.
 - Al apisonar cada capa evitar que la varilla atraviese las capas.
 - Una vez colmado el recipiente enrasar la superficie con la varilla y determinar el peso del recipiente con el material.



Figura 58: Pesaje de material en molde de ensayo

d) Toma de datos

Tabla 58: Recolección de datos del ensayo de peso unitario de los agregados gruesos para gradación 01

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
<p>TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."</p>					
ENSAYO DE PESO UNITARIO					
NORMA MTC E 203					
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA: 15/08/2018	
	Rafer Josue Flores Collantes				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL				
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO				
PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO GRADACIÓN 01					
MOLDE					
MEDIDAS	1	2	3	PROMEDIO (cm)	
Longitud (cm)	22.90	22.85	22.90		
Diámetro (cm)	15.20	15.20	15.25		
Volumen del Molde (Vm)				4161.48 cm ³	
				0.00416 m ³	
PESO DEL MOLDE (Pm) Kg				9.490 Kg	
PESO DEL AGREGADO SUELTO + RECIPIENTE (as+Pm)					
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO	
PESO (Kg)	15.24	15.1	15.30		
PESO DEL AGREGADO COMPACTADO+RECIPIENTE (ac+Pm)					
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO	
PESO (Kg)	15.84	15.76	15.85		

Tabla 59: Recolección de datos del ensayo de peso unitario de los agregados gruesos para gradación 02

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 				
<p>TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."</p>				
<p>ENSAYO DE PESO UNITARIO NORMA MTC E 203</p>				
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA: 15/08/2018		
	Rafer Josue Flores Collantes			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL			
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO			
<p>PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO GRADACIÓN 02</p>				
<p>MOLDE</p>				
MEDIDAS	1	2	3	PROMEDIO (cm)
Longitud (cm)	22.90	22.85	22.90	
Diámetro (cm)	15.20	15.20	15.25	
Volumen del Molde (Vm)			4161.48 cm ³	
			0.00416 m ³	
PESO DEL MOLDE (Pm) Kg			9.490 Kg	
<p>PESO DEL AGREGADO SUELTO + RECIPIENTE (as+Pm)</p>				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)	15.38	15.36	15.31	
<p>PESO DEL AGREGADO COMPACTADO+RECIPIENTE (ac+Pm)</p>				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)	15.8	15.83	15.85	

Tabla 60: Recolección de datos del ensayo de peso unitario de los agregados gruesos para gradación 03

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 				
<p>TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA</p>				
<p>ENSAYO DE PESO UNITARIO NORMA MTC E 203</p>				
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA: 15/08/2018		
	Rafer Josue Flores Collantes			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL			
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO			
<p>PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO GRADACIÓN 03</p>				
<p>MOLDE</p>				
MEDIDAS	1	2	3	PROMEDIO (cm)
Longitud (cm)	22.75	22.75	22.80	
Diámetro (cm)	15.20	15.25	15.20	
Volumen del Molde (Vm)			4140.27 cm ³	
			0.00414 m ³	
PESO DEL MOLDE (Pm) Kg			8.520 Kg	
<p>PESO DEL AGREGADO SUELTO + RECIPIENTE (as+Pm)</p>				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)	14.245	14.31	14.27	
<p>PESO DEL AGREGADO COMPACTADO+RECIPIENTE (ac+Pm)</p>				
MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
PESO (Kg)	14.945	14.835	14.98	

3.5.6.8. Ensayo de Límites de consistencia

a) Materiales y equipos

- Vasija y apisonador de porcelana.
- Copa de casa grande.
- Acanalador.
- Taras.
- Balanza de precisión.
- Horno.
- Espátula.
- Vidrio esmerilado.
- Tamiz n°40.
- Agua destilada.
- Piseta.

b) Preparación de la muestra

- Se obtendrá una muestra del agregado fino a partir del material pasante del tamiz °40. La muestra total debe ser lo suficiente para proporcionar 150 a 200 gramos de material.



Figura 59: Materiales para obtención de muestra

c) Procedimiento de ensayo

- Para límite líquido.
 - Calibrar la copa de Casagrande de tal forma que al girar la manija de este tenga una altura de caída al contacto con la base de 10mm.
 - Verificar los pesos de los recipientes (taras) e identificarlos.

- Colocar una porción del material ya tamizado en la vasija de porcelana e ir agregando cierta cantidad de agua destilada con ayuda de una piseta y finalmente mezclar la muestra.
- Colocar una porción del material en la cuchara de casa grande y esparcirla de manera uniforme formando una superficie aproximadamente horizontal.
- Utilizando el acanalador dividir la muestra contenida en la copa de Casagrande haciendo una ranura por el medio de la muestra dividiéndola en 2.

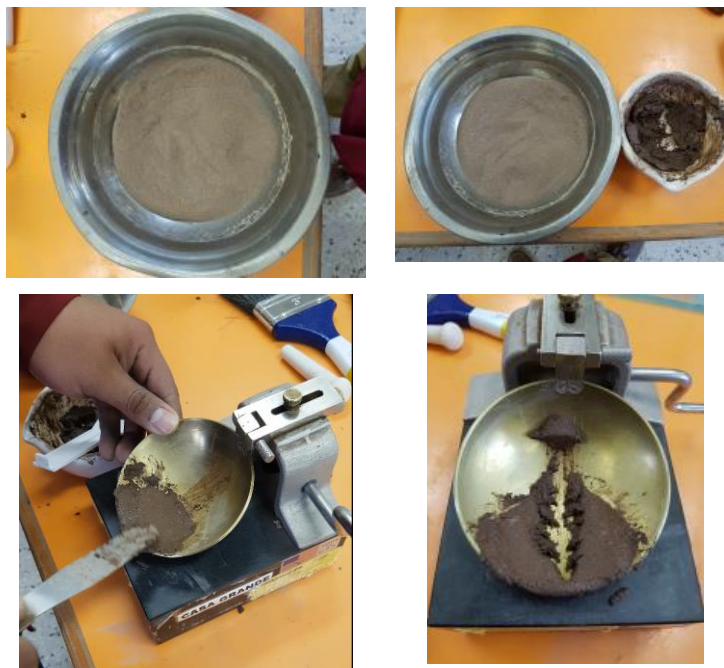


Figura 60: Mezclado de material con agua, puesta en copa casagrande y ranuración

- Levantar y soltar la copa de Casagrande girando el manubrio del equipo a una velocidad de dos golpes por segundo hasta que las dos mitades de la muestra estén en contacto en la base de la ranura.
- Registrar el número de golpes (N) necesario para cerrar la ranura. Tomar una parte de la muestra que se encuentra en la cuchara colocándola en una tara.
- Regresar la muestra sobrante de la copa. Lavar y secar la copa y fijarla nuevamente a su soporte para la siguiente prueba con la altura de caída requerida.
- Mezclar nuevamente la muestra en la vasija y añadirle agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

NOTA: Al estar libre el material de limos y arcillas (pasante malla n°200) no existía mucha cohesión entre las partículas de la muestra. Durante el desarrollo del ensayo se observó que al adicionar poca agua a la muestra y colocarla en la copa de Casagrande, la muestra no se adhería a las paredes de la misma, por lo cual al girar el manubrio de la copa las dos mitades se juntaban demasiado rápido. De igual manera al aumentar más agua a la muestra, colocarla en la copa, ranurar la muestra y girar el manubrio las dos mitades de la muestra se llegaban a juntar rápido, como en el proceso anterior, por lo cual el determinar la cantidad de golpes para un proceso multipunto no se podría efectuar, de esta manera se tomó la decisión de utilizar el procedimiento para un solo punto como indica la norma.



Figura 61: Ensayo de limite liquido con copa de casagrande

- Determinar el contenido de humedad de la muestra, anotando los pesos iniciales de las taras con la muestra, para posteriormente llevarlas al horno y esperar que sequen a peso constante para volver a pesar las muestras.
- Para Índice de Plasticidad.
NOTA: Luego de varias pruebas a contenidos de humedad, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa y el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25 en este caso 20, se registra que el Índice de Plasticidad no pudo determinarse, en este caso se reporta al suelo como No Plástico, sin realizar el ensayo de límite plástico (MTC E110).



Figura 62: Ensayo de índice de plasticidad (N.P.)

d) Toma de datos

Tabla 61: Recolección de datos del ensayo de límites de consistencia para finos

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p>																																																																							
<p>TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."</p>																																																																							
<p>ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA</p> <p>NORMA MTC E 110</p>																																																																							
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde																																																																						
	FECHA: 17/08/2018																																																																						
	Rafer Josue Flores Collantes																																																																						
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL																																																																						
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO																																																																						
<p>LIMITES DE CONSISTENCIA PARA FINOS</p>																																																																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Numero de Tara</th> <th colspan="6">LIMITE LIQUIDO (gr)</th> <th rowspan="2">LIMITE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso tara + Muestra Húmeda (A)</td> <td>27.36</td> <td>29.89</td> <td>29.43</td> <td>29.57</td> <td>28.31</td> <td>29.25</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso tara + Muestra Seca (B)</td> <td>25.09</td> <td>27.60</td> <td>27.17</td> <td>26.41</td> <td>26.20</td> <td>26.42</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso tara (C)</td> <td>15.81</td> <td>16.19</td> <td>15.53</td> <td>16.06</td> <td>15.46</td> <td>16.03</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso de la Muestra Seca (Pms=B-C)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Peso del Agua (Pa=A-B)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Contenido de Humedad (Pa/Pms)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Numero de Golpes</td> <td colspan="6" style="text-align: center;">20</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Numero de Tara	LIMITE LIQUIDO (gr)						LIMITE PLÁSTICO	1	2	3	4	5	6	Peso tara + Muestra Húmeda (A)	27.36	29.89	29.43	29.57	28.31	29.25	-	Peso tara + Muestra Seca (B)	25.09	27.60	27.17	26.41	26.20	26.42	-	Peso tara (C)	15.81	16.19	15.53	16.06	15.46	16.03	-	Peso de la Muestra Seca (Pms=B-C)							-	Peso del Agua (Pa=A-B)							-	Contenido de Humedad (Pa/Pms)							-	Numero de Golpes	20						
Numero de Tara	LIMITE LIQUIDO (gr)						LIMITE PLÁSTICO																																																																
	1	2	3	4	5	6																																																																	
Peso tara + Muestra Húmeda (A)	27.36	29.89	29.43	29.57	28.31	29.25	-																																																																
Peso tara + Muestra Seca (B)	25.09	27.60	27.17	26.41	26.20	26.42	-																																																																
Peso tara (C)	15.81	16.19	15.53	16.06	15.46	16.03	-																																																																
Peso de la Muestra Seca (Pms=B-C)							-																																																																
Peso del Agua (Pa=A-B)							-																																																																
Contenido de Humedad (Pa/Pms)							-																																																																
Numero de Golpes	20																																																																						

3.5.6.9. Ensayo De Angularidad De Finos

a) Materiales y equipos

- Tamices n°8 y n°200.
- Cilindro de volumen conocido.
- Embudo.
- Marco metálico.

- Vernier.
- Horno.

b) Preparación de la muestra

- La muestra será la misma de los agregados utilizados en la elaboración de la mezcla asfáltica, lo suficiente como para llenar y exceder el cilindro de volumen conocido.

c) Procedimiento de ensayo

- Identificar las medidas del cilindro: altura y diámetro.
- Verificar el peso del cilindro.



Figura 63: Medición y pesaje de cilindro

- Secar el material en el horno hasta llegar a peso constante.
- Realizar el tamizado del material entre los tamices n°8 y n°200 y separar el material retenido. Realizar el cuarteo del material.
- Se armó un marco metálico de forma que al dejar caer la muestra por el embudo este a una altura adecuada del cilindro.
- Se vierte el agregado por el embudo hasta que rebose el cilindro de volumen conocido.
- Se enrasa y se pesa el material retenido dentro del cilindro.



Figura 64: Proceso de ensayo de angularidad de finos.

d) Toma de datos

Tabla 62: Recolección de datos del ensayo de angularidad de finos.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																															
TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."																																															
ENSAYO DE ANGULARIDAD DEL AGRADADO FINO NORMA MTC E 202																																															
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde																																														
	Rafer Josue Flores Collantes																																														
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL																																														
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO																																														
ANGULARIDAD DEL AGRADADO FINO																																															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Tamices Utilizados: #8 y #200</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> CILINDRO (cm) </td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">H1</td> <td style="background-color: yellow;">H2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">Dm1</td> <td style="background-color: yellow;">Dm2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">11.50</td> <td style="background-color: yellow;">11.40</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">10.10</td> <td style="background-color: yellow;">10.05</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> PESOS </td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">1</td> <td style="background-color: yellow;">2</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">3</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> ARENA + CILINDRO (PW) (gr) </td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">5470.00</td> <td style="background-color: yellow;">5470.00</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">5470.00</td> <td style="background-color: yellow;">5470.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> ARENA (W) </td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">1305.00</td> <td style="background-color: yellow;">1305.00</td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">1305.00</td> <td style="background-color: yellow;">1305.00</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> PROMEDIO DE ARENA (W) gr </td> </tr> <tr> <td style="background-color: yellow;">4165</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA </td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%) </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: yellow;"> $A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$ </td> </tr> </table>		Tamices Utilizados: #8 y #200		CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO		PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA		CILINDRO (cm)		H1	H2	Dm1	Dm2	11.50	11.40	10.10	10.05	PESOS		1	2	3		ARENA + CILINDRO (PW) (gr)		5470.00	5470.00	5470.00	5470.00	ARENA (W)		1305.00	1305.00	1305.00	1305.00	PROMEDIO DE ARENA (W) gr		4165		GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA				ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%)		$A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$	
Tamices Utilizados: #8 y #200																																															
CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO																																															
PESOS DEL CILINDRO Y MUESTRA																																															
CILINDRO (cm)																																															
H1	H2																																														
Dm1	Dm2																																														
11.50	11.40																																														
10.10	10.05																																														
PESOS																																															
1	2																																														
3																																															
ARENA + CILINDRO (PW) (gr)																																															
5470.00	5470.00																																														
5470.00	5470.00																																														
ARENA (W)																																															
1305.00	1305.00																																														
1305.00	1305.00																																														
PROMEDIO DE ARENA (W) gr																																															
4165																																															
GRAVEDAD ESPECIFICA BRUTA																																															
ANGULARIDAD O % DE VACÍOS NO COMPACTADOS (A%)																																															
$A\% = \frac{V - \frac{W}{Gsb}}{V} \times 100 =$																																															

3.5.6.10. Ensayo de durabilidad del agregado fino al sulfato de magnesio

a) Materiales y equipos

- Serie de tamices: 3/8", n°4, n°8, n°16, n°30, n°50.
- Recipientes o embaces.
- Balanza de precisión.
- Horno de secado.
- Termómetro.
- Baño María.
- Probetas y vasos de precipitados.

- Cernidores.
- Agua destilada.
- Pipeta.
- Reactivos:
 - Solución de Sulfato de Magnesio Heptahidratado.
 - Cloruro de Bario.

b) Preparación de la muestra

- Solución:
 - Debido a que la sal anhidra o heptahidratada no son completamente estables, siendo la sal heptahidratada la más estable de las dos y es deseable que se cuente con un exceso de cristales se recomienda usar la sal heptahidratada de 1400gr por litro de agua como mínimo.
 - Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio, disolviendo el químico en agua a temperatura de 25°C a 30°C hasta que este se disuelva en su totalidad. Se enfría la solución a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48hrs como mínimo antes de su uso.



Figura 65: Preparación de solución de sulfato de magnesio heptahidratado - agregado fino

- Agregado Fino:
 - Se lava y seca la muestra hasta peso constante.
 - El agregado fino se pasará por un tamiz 3/8". La muestra será tamizada con el fin de obtener un peso de por lo menos 100 gr de material en una serie de tamices. El peso retenido será por lo menos 5% de la muestra tamizada.
NOTA: El material retenido en el tamiz n° 4 era menos del 5% de la muestra tamizada, por lo cual se descartó.

- Por lo tanto, se tendrá material retenido de: n°8 = 100 gr; n°16 = 100 gr; n°30 = 100 gr y n°50 = 100 gr.
- Cada material ya tamizado se colocará en embaces individuales para el ensayo.



Figura 66: Pesado y tamizado de material – agregado fino

c) Procedimiento de ensayo

- Se colocarán las muestras en la solución de sulfato de magnesio entre 16hrs y 18hrs procurando que la solución cubra el material por lo menos 1.5cm por encima. Se tapan los envases para disminuir la evaporación y evitar la adición accidental de sustancias extrañas. Las muestras se mantendrán a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el periodo de inmersión.



Figura 67: Colocado de muestras en solución sulfato de magnesio heptahidratado y mantenido en baño maría – agregado fino

- Después de haber sumergido la muestra se retira el agregado de la solución y se deja escurrir durante $15 \text{ min} \pm 5 \text{ min}$, con cuidado de no perder ninguna partícula de los agregados.



Figura 68: Lavado del material de Agregado fino

- Luego colocar las muestras al horno a temperatura de $110 \pm 10^{\circ}\text{C}$ hasta pesar a peso constante.
- Dejar enfriar las muestras a temperatura ambiente y volver a sumergir en el sulfato de magnesio.



Figura 69: Secado de muestras, enfriado y vertido de sulfato de magnesio – agregado fino

- Realizar el procedimiento hasta completar 5 ciclos cumpliendo con los pasos mencionados anteriormente, una vez completado el ciclo final (5to ciclo) se realiza el lavado de las muestras por separado, siendo los últimos lavados con agua destilada, a través de cernidores o tamices para no perder el material, con el fin de eliminar la presencia de sulfato de magnesio de las muestras.
- Para comprobar que el agua de lavado esté libre de sulfatos se verifica a través de tres tubos de ensayo.
 - 1er tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de agua destilada.
 - 2do tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de Sulfato de Magnesio.

- 3er tubo de ensayo 3 ml de Cloruro de Bario con 3 ml de agua destilada del lavado.
- Este procedimiento se realizó con el fin de comprobar que el tercer tubo de ensayo con agua destilada del lavado sea idéntico al 1er tubo de ensayo con agua destilada y así verificar que estaba libre de sulfatos.
- Se realizó esta comprobación para cada lavado de muestra.
- Una vez que esté libre las muestras del sulfato de magnesio se llevó al horno a temperatura de 110°C hasta secar a peso constante.
- Finalmente se realiza el tamizado de las muestras según su malla correspondiente, para así verificar la pérdida en peso del material por la presencia de los sulfatos, el tamizado del agregado fino se realiza a mano asegurándose que el material de menor medida pase la malla mediante una agitación leve.



Figura 70: Tamizado leve y pesado de material después del 5to ciclo agregado fino

d) Toma de datos

Tabla 63: Recolección de datos del ensayo de durabilidad de agregados finos al sulfato de magnesio

 <p>UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> 								
<p>TESIS : “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018.”</p>								
<p>ENSAYO DE DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS FINOS</p>								
<p>NORMA MTC E 209</p>								
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde	FECHA: 04/06/2018						
	Rafer Josue Flores Collantes							
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL							
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO DE 1/2" Y 3/8" CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO							
<p>DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DE AGREGADOS FINOS</p>								
Tamices Utilizados:	3/8"; #4; #8; #16; #30; #50							
TAMAÑO DE AGREGADO			1	2	3=(1-2)	4(3/1)*100	6=(4*5)/100	
TAMIZ	PESO		PESO	PESO FINAL	PERDIDAS		GRADACIÓN	PERDIDAS
PASA	RETIENE	RETENIDO (gr)	CÓDIGO	INICIAL (gr)	gr	%	ORIGINAL %	CORREGIDAS %
3/8"	# 4	100.00	AF-01	100.26	98.13			
# 4	# 8	100.00	AF-02	100.30	99.30			
# 8	# 16	100.00	AF-03	100.35	99.61			
# 16	# 30	100.00	AF-04	100.40	98.54			
# 30	# 50	100.00	AF-05	100.34	96.20			
				501.65	PERDIDA TOTAL			

3.5.6.11. Ensayo de peso específico y absorción de agregados finos

a) Materiales y equipos

- Balanza de precisión.
- Horno.
- Frasco Volumétrico o Fiola de 500 cm³ de capacidad.
- Molde cónico y apisonador metálico.
- Embudo.
- Bomba de vacíos.
- Piseta.
- Agua Destilada.
- Estufa.

b) Preparación de la muestra

- Con el material lavado y seco, reducir el agregado por cuarteo hasta obtener una muestra de 1 Kg aproximadamente.



Figura 71: Cuarteo hasta obtención de muestra

- Extender el agregado sobre una superficie plana expuesta a una corriente de aire tibia e ir removiendo para un secado uniforme, hasta que las partículas no se adhieran entre si.
- Se coloca el agregado en el molde cónico y se da unos cuantos golpes con el apisonador se repite esta operación tres veces debiendo sumar 25 el número de golpes para apisonar la muestra. Se hace rebalsar el molde cónico, se enrasa y se retira el cono:
 - Si se queda en forma tronco cónico tiene más humedad que la correspondiente al estado superficialmente seco.
 - Si se queda en forma cónica terminada en punta sin desmoronarse tiene la humedad correspondiente al estado superficialmente seco.
 - Si se desmorona tiene menos humedad que la correspondiente al estado superficialmente seco.
 -



Figura 72: Secado y prueba con el molde cónico

c) Procedimiento de ensayo

- Cuando el agregado se encuentra en el estado superficialmente seco se pesan 500 gr de material y se colocan en el frasco volumétrico con ayuda del embudo y se llena con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm³ del frasco. Se agita el frasco para eliminar burbujas de aire de forma manual.



Figura 73: Colocado de 500 gr de material en fiola llenado con agua hasta marca y agitado

- Otra muestra de 500 gr del material en estado superficialmente seco se pone en el horno a secar.
- Extraer las burbujas de aire del material en el frasco volumétrico mediante la bomba de vacíos.
- Después de eliminar las burbujas de aire llenar el frasco hasta la marca de 500 cm³ y determinar el peso total del frasco material y agua.



Figura 74: Eliminación de burbujas de aire con ayuda de bomba de vacíos

- Después del secado del material que fue colocado en el horno a peso constante, se determina el peso.



Figura 75: Colocado de material al horno, secado y pesado de material seco

d) Toma de datos

Tabla 64: Recolección de datos del ensayo de peso específico y absorción de agregados finos

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL						
TESIS : "ANALISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFALTICA CON LA TECNOLOGIA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZUCAR, CUSCO 2018."						
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO						
NORMA MTC E 205						
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde		FECHA: 19/06/2018			
	Rafer Josue Flores Collantes					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERIA CIVIL					
MATERIAL:	AGREGADO FINO CANTERA CAICAY - SECTOR PAUCARTAMBO					
PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO						
SIMBOLO	DESCRIPCION	UNIDAD	N° 1	N° 2	N° 3	PROMEDIO
	Peso del agregado seco al horno + recipiente	gr	560.1	643.1	560.2	
	Peso del recipiente	gr	66.8	149.30	66.80	
A	Peso en el aire del agregado seco al horno	gr	493.30	493.80	493.40	
B	Peso del picnometro + agua	gr	687.00	660.60	686.60	
C	Peso del picnometro + Agregado + agua hasta la marca	gr	998.30	971.20	996.10	
D	Peso del material saturado superficialmente seco	gr	500.00	500.00	500.00	

3.5.6.12. Preparación de especímenes asfálticos S.M.A. compactados

a) Materiales y equipos

- Alicates.
- Recipientes metálicos o bowls.
- Cuchillo y espátulas.
- Balanzas de precisión.
- Guantes.
- Lentes de protección.

- Taras.
- Termómetro.
- Estufa.
- Horno.
- Máscaras antigases.
- Martillo compactador.
- Compactador de mezclas asfálticas.
- Eyector de muestras.
- Bases, collares y briquetas Marshall.
- Serie de tamices: $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", n°4, n°8, n°16, n°30, n°50, n°200 y fondo.

b) Preparación de la muestra

- Se trabaja con material lavado y seco.
- Se realiza el tamizado de los agregados gruesos y el agregado fino dividiéndolos en las mallas correspondientes al diseño de TMN de 19 mm ($\frac{3}{4}$ "") para mezclas asfálticas SMA, colocando el material retenido de cada tamiz en recipientes y bolsas por separado.



Figura 76: preparación de agregados gruesos



Figura 77: Tamizado de material por mallas según TMN 19

- Para la elaboración de un espécimen asfáltico se analizó el tipo de gradación y el porcentaje de asfalto (que contiene un espécimen) para determinar qué cantidad del material para un espécimen de 1200 ± 200 gr corresponde a cada malla de la granulometría, por lo cual se pesó la cantidad exacta por malla (ya sea para agregado grueso o agregado fino) y se separó en dos grupos de bolsas, un grupo de agregado grueso y otro grupo de agregado fino.
- Así como también se tubo una cosntante operación manual en retirar los pequeños fracmentos de yeso que el agregado contenia ya que suponemos en el momento de la extracción se pudo mezclar ya que las betas e donde se saca las rocas no son 100% uniformes caso como paso en nuestros agregados.

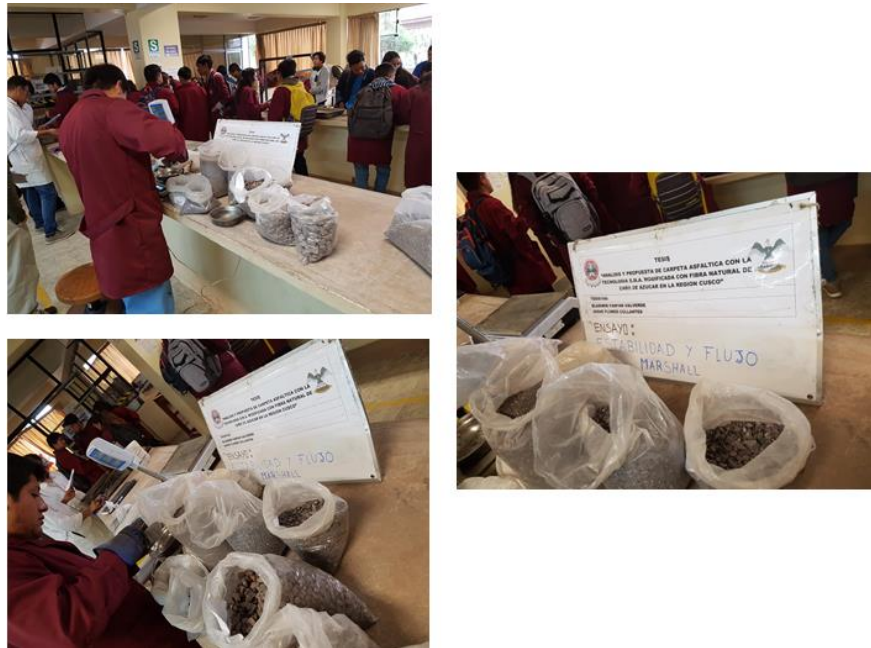


Figura 78: pesado de agregados para cada briqueta de 1200 gr. separada en bolsas plásticas.

c) Procedimiento de ensayo

- Para la elaboración de los siguientes especímenes se considerara:
 - Sin agente estabilizante: Especímenes asfálticos para gradación óptima y especímenes asfálticos para porcentaje de asfalto óptimo.
 - Con agente estabilizante: Especímenes asfálticos para los parámetros volumétricos y especímenes asfálticos para estabilidad y flujo.
 - seleccionado el material en bolsas se procede a colocar el material en recipientes separados para luego ser colocarlos en el horno a la temperatura de 135°C y facilitar el proceso de mezclado ya que la mezcla se comporta mucho mejor cuando los

agregados y briquetera Marshall (collarin, cuello de collarin, base de collarin) están calientes esto hace que mientras se realice el proceso de vaceado de mezcla asfáltica a la respectiva briqueta esta presente pérdida de temperatura.



Figura 79: calentado del agregados y limpieza de briqueta Marshall

- Se calienta el asfalto hasta que este en su estado líquido, al realizar el ensayo se tiene que hacer uso de la mascarilla para evitar inhalar los gases que salen al ser sometidos a temperaturas por encima de los 135°C , luego se realiza el posterior pesado en este caso el porcentaje óptimo de asfalto para los intereses de la presente tesis de investigación será de 6.5% de asfalto mezclado con el asfalto. De igual manera se colocará la base, collar y briqueta Marshall en el horno, con el fin de evitar que al momento de la compactación la mezcla asfáltica se enfríe
- Seguidamente se realiza el mezclado de los agregados (agregado grueso y agregado fino), filler con el cemento asfáltico estando recubiertos por completo de asfalto y presente un color uniforme, siendo el caso con fibra de celulosa o sin estabilizante de fibra de celulosa.
- Se debe verificar que la mezcla asfáltica se encuentre en todo el proceso que a una temperatura de 135°C . como temperatura mínima.

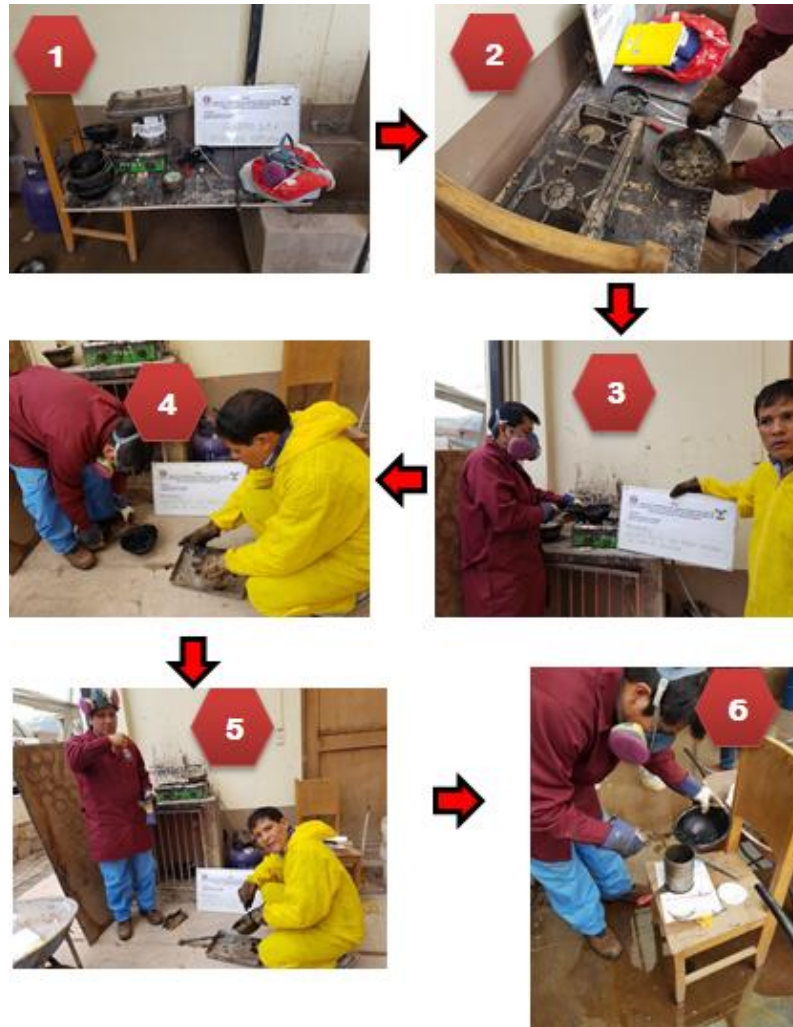


Figura 80: secuencia de la elaboración de una briqueta de asfalto

- se procede a chuceo 25 golpes a la mitad de briquetas y cuando este lleno de igual manera con el chuceo, seguidamente se pone el collarin a la briqueta estando previamente calentada además de colocar papel para evitar perdida de material asfaltico.
- Se coloca la briqueta y se progama en el compactador Marshall, además e colocar el martillo de compactación con la cadena encajada en el equipo, iniciamos la compatacion el numero de golpes en este caso para el diseño S.M.A. son los 50 golpes de una y otra cara de la briqueta.

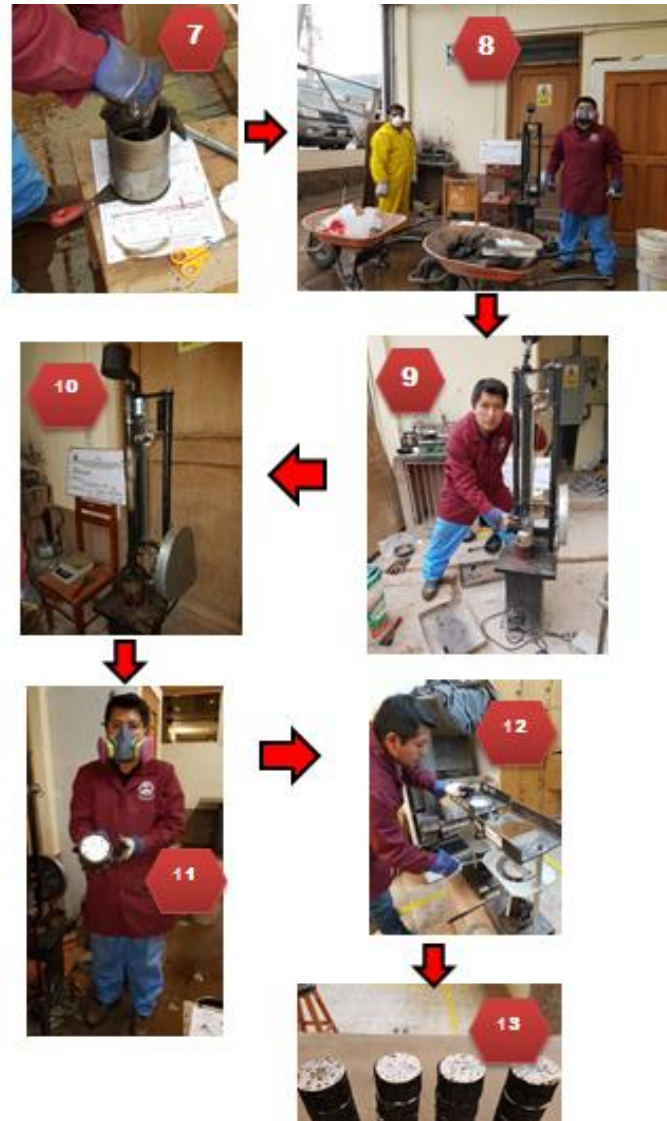


Figura 81: Procedimiento de la elaboración de obtención de una briqueta asfáltica

- Se retira el martillo del compactador juntamente con la cadena, para retirar la briqueta, se deja enfriar con el espécimen asfáltico hasta una temperatura adecuada para así poder realizar la extracción de la misma mediante el eyector de muestras.
- Se procede a identificar con un código cada briqueta, se almacena y se deja por 24 horas para someterlas a cualquier tipo de ensayo.

3.5.6.13. Ensayo de Gravedad Especifica Bulk Para Parámetros Volumetricos del Diseño S.M.A. (Gradacion Optima y % de Asfalto Optimo)

a) Materiales y Equipos

- Equipo de flotación con baño de agua.

- Balanza de flotación.
- Canastilla mecánica .

d) Preparacion de la muestra

- Especimenes asfalticos compactados según:
 - Gradacion Optima: Gradacion “A(G1) - B(G2) y C(G3)”.
 - Contenido Asfaltico Optimo: % de Asfalto



Figura 82: Porcentaje y gradación optimos

c) Procedimiento de ensayo

- Realizar el Procedimiento paso a paso para la preparacion de mezclas asfálticas compactadas con el porcentaje optimo de asfalto asi como también con la gradación optima.



Figura 83: Proceso de compactación con el porcentaje y gradación óptimos primera parte

- 1) Se calienta los agregados y asfalto, así como también se pone a calentar la briqueta Marshall (base, briqueta y collarín de briqueta).
- 2) Se procede hacer el mezclado con el agregado fino.
- 3) Se hace el mezclado con el cemento asfáltico en este caso PEN 85/100.
- 4) Se retira del horno las briqueteras y se alista todo para el vaciado de mezcla asfáltica.
- 5) Se procede hacer el vaciado de mezcla con mucho cuidado para evitar pérdidas.
- 6) Se realiza el chuceado exigido por norma.
- 7) Se coloca la briqueta en el equipo compactador Marshall, seguidamente del martillo y cadena del equipo se procede hacer la programación 50 golpes ambas caras.
- 8) Luego se deja enfriar la briqueta, para posterior extracción del espécimen de la briqueta.
- 9) La extracción se realizará a través del eyector mecánico.
- 10) Se procede hacer la codificación de las briquetas, y esperar 24 horas para ensayar las mismas.

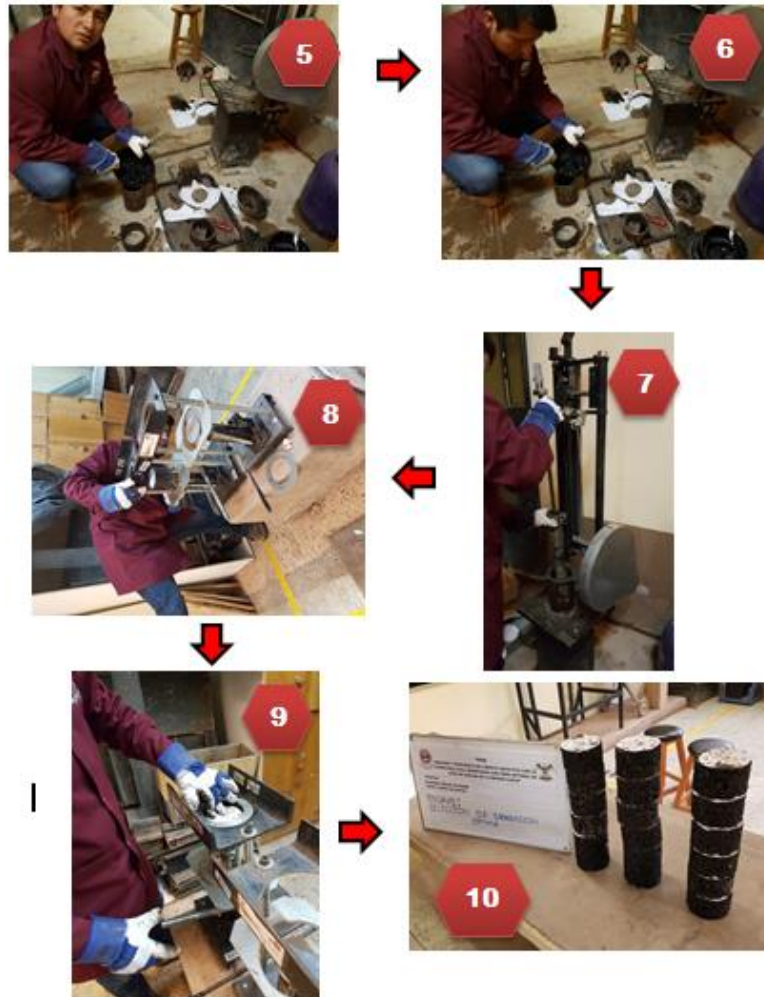


Figura 84: Proceso de compactación con el porcentaje y gradación óptima segunda parte

Procedimiento del ensayo gravedad Bulk para parámetros volumétricos

- Se procede a pesar la briqueta asfáltica se denomina (peso al aire o peso seco).
- Se sumerge las briquetas en agua entre unos (5 a 10 minutos) para el posterior pesado de las mismas en su condición saturada superficialmente seca.
- Se coloca la canastilla metálica para tararla, se realiza un ligero secado con franela el exceso de agua y se pesa en su condición saturada superficialmente seca en el aire.



Figura 85: primer proceso de ensayo Bulk



Figura 86: Segundo proceso de ensayo bulk

Tabla 65: Recoleccion de datos del ensayo Gravedad Especifica Bulk para Parametros Volumetricos del Diseño S.M.A.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS : "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE CARPETA ASFÁLTICA CON LA TECNOLOGÍA (S.M.A) MODIFICADA CON FIBRA NATURAL DE CAÑA DE AZÚCAR, CUSCO 2018."					
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK DE MEZCLAS ASFÁLTICAS S.M.A. - PARÁMETROS VOLUMÉTRICOS					
NORMA AASHTO T 166					
TESISTAS:	Bladimir Alessander Farfan Valverde			FECHA: 03/04/2019	
	Rafer Josue Flores Collantes				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS, MATERIALES, CONCRETO Y ASFALTO DE INGENIERÍA CIVIL				
MATERIAL:	Mezclas Asfálticas S.M.A. con agente estabilizante				
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK PROMEDIO DE LAS PROBETAS COMPACTADAS					
MUESTRAS	WD	WSUB	WSSD	Gmb	
	Peso al aire (gr)	Peso sumergido (gr)	Peso en su condición SSD en el aire (gr)	Gravedad Especifica Bulk del espécimen	
	1142.3	653.3	1148.2		
	1083.4	628.9	1090.30		
	1146.5	660.3	1152.4		
PROMEDIO					
	1212	697.8	1215.50		
	1186.80	677.2	1192.00		
	1153.5	662.9	1157.6		
PROMEDIO					

3.5.6.14 Ensayo de Ecurrimiento

a) Materiales y equipos

- Canastillas para escurrimiento de abertura de 6.3 mm (1/4").
- Alicates.
- Balanzas de precisión.
- Recipientes metálicos o bowls.
- Espátulas.
- Horno Electrico
- Estufa.
- Guantes.
- Lentes de protección.
- Máscaras antigases.