

INTRODUCCION

La macro textura y micro textura son características superficiales de la mezcla asfáltica que al ser evaluadas en cuanto a su textura; pueden definir propiedades y comportamientos y estabilidad del esqueleto mineral de una mezcla asfáltica, la micro textura influye en la fricción y la macro textura en la capacidad de evacuar el agua el cual pueden garantizar o no una buena mezcla asfáltica.

Estudios que se realizaron en diferentes países sobre la evaluación de la macro textura y micro textura han demostrado la incidencia que tiene en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica .pudiendo identificar la textura más favorable para la capa de rodadura y con los resultados establecer una textura para ser adaptados en diferentes partes del país dependiendo con las características de macro y micro textura de los agregados que se tenga en una región determinada

En la presente investigación se hará la evaluación de las propiedades de la mezcla asfáltica donde se ara la elaboración de macro texturas y micros texturas con granulometría variada y combinaremos la macrotextura y la microtextura para así poder obtener mezclas asfálticas con diferentes texturas. Con la finalidad de someterlas a evaluación para verificar el efecto que tendrán en las propiedades de la mezcla asfáltica, mediante el ensayo de MARSHALL. Pudiendo así llegar a una evaluación de cómo influye la microtextura y la macro textura en las propiedades de la mezcla asfáltica.

En tal sentido la presente investigación sobre el estudio de la estimación de la influencia de macro textura y micro textura en las propiedades de la mezcla asfáltica cooperara con la construcción en carreteras a construirse tanto en nuestra ciudad como en nuestro país. Y de esta manera fortalecer y mejorar la calidad de vida de las personas principalmente dotándoles seguridad y confort en las carreteras y de esta manera

garantizando un libre tránsito de moviidades y fácil acceso a las ciudades y de esta manera facilitando el comercio de productos, y el flujo turístico que es una fuente de ingreso de dinero muy importante para las ciudades.

1.1 Justificación

El estudio de las macro texturas y micro texturas en las propiedades de la mezcla asfáltica. Deja ver la importancia de lograr propiedades adecuadas en la carpeta asfáltica terminada. Ya que de esto depende en gran medida la superficie y el desempeño de la capa de rodadura durante toda su vida de servicio de la carretera. De ahí la trascendencia de estudiar en los laboratorios de forma correcta como se verá afectadas las propiedades de una mezcla asfáltica bajo la utilización de materiales que tengan diferentes macro texturas y micro texturas y de esta manera llegar a resultados con respaldo en las pruebas realizadas en el laboratorio que permitan dosificar mezclas que exhiban un mejor comportamiento en las propiedades y textura dela capa de rodadura del pavimento y si garantizar la calidad del mismo.

La presente investigación trata de brindar una alternativa que permita adoptar cambios en la elaboración de la capa de rodadura de un pavimento y de esta forma proveer una superficie impermeable una resistencia al deslizamiento incluso si estas se encuentra húmeda y reducir las tenciones verticales que se presentan en una carreta. Para un lugar adecuado, con características propias, pudiendo así beneficiar a la sociedad optimizando el tiempo y nuestros recursos y de esta manera pudiendo garantizar la calidad, durabilidad seguridad y confort de los usuarios de una carretera.

Con este trabajo de investigación busca analizar el desempeño de la mezcla asfáltica para ello la propuesta de estimar la influencia de la macro textura y micro textura en las propiedades de la mezcla asfálticas, y así contar con mesclas asfálticas de calidad y de esta manera reducir costos de mantenimiento en las una carreteras y prolongar la vida útil.

Además empresas privadas y públicas dedicadas a la producción de mezcla asfáltica podrán conocer los resultados de la influencia de la macro textura y micro textura en

las propiedades de la mezcla asfáltica y así evaluar la mezcla asfáltica con mejores características en sus propiedades antes de su implementación.

1.2 Planteamiento del problema

Situación problemática

En los últimos años el tránsito que circula por las carreteras de Tarija han cambiado en los tipos de volúmenes de tránsito respecta. Por lo que se ha originado una solicitud más agresiva en los pavimentos las cuales están sujetas a la acción continua del tráfico que tienen un contacto íntimo entre el neumático y la carpeta asfáltica de forma tal que dan origen a que la mezcla asfáltica tenga un rápido deterioro y deformación aunque los diseños de las mezclas han tenido en cuenta esta situación se han construido con mayores espesores en las capas mayor exigencia en el proceso constructivo, los daños prematuros son permanentes lo que nos origina una disminución paulatina en los niveles de seguridad y confort del tráfico por lo que se llega a la conclusión que a pesar de las medidas tomadas los requerimientos en las propiedades asfálticas siguen siendo insuficientes.

El problema que actualmente existe en las vías construidas con mezclas asfálticas en caliente. Es caracterizado por el poco control que se le da a la macro textura y micro textura al momento de la elaboración de la mezcla asfáltica. Y al poco estudios que existen sobre los efectos causados de la macro textura y micro textura en las propiedades de las mezclas asfálticas

Este es el gran inconveniente y lo que se debe evitar el deterioro de la capa de rodadura durante los años y en la mayoría de los trabajos que se han hecho en base a mezclas asfálticas no se tomaron en cuenta la influencia que puede tener la macro textura y micro textura en las propiedades de las mezcla asfáltica.

Debido a estas razones es importante profundizar en el conocimiento de la influencia que tendrán la macro textura y micro textura en las propiedades de la mezcla asfálticas

Problema

¿Cuál es la influencia de la utilización de materiales con diferentes macro textura y micro textura en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la macro textura y micro textura en las mezclas asfálticas utilizando diferentes porcentajes de agregado grueso y fino en las granulometrías de los agregados de tal manera que se pueda determinar el comportamiento de las propiedades de las mezclas asfálticas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Establecer los criterios para determinar los tipos de granulometría a utilizar en las mezclas de concreto asfáltico.
- Definir los diseños de las mezclas asfálticas en caliente que se estudiara durante el proceso de investigación.
- Ensayar la muestra mediante MARSHALL para obtener los valor de las propiedades de las mezclas asfálticas y medir la macrotextura y microtextura década una de las mezclas asfálticas elaboradas.
- Determinar la relación de la macrotextura y microtextura con los diferentes tipos de granulometría relacionadas con la norma.
- Desarrollar el análisis de la influencia que tendrán las macro texturas y micro texturas en las propiedades de la mescla asfáltica.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones relacionadas con el trabajo.

1.4 Hipótesis

Si analizamos la macrotextura y microtextura de las mezclas asfálticas propuesta, haciendo variar los porcentajes de agregados gruesos y finos, cumpliendo especificaciones de diseño Marshall entonces se podrá estimar su influencia en las propiedades de la mezcla asfáltica.

Variable independiente

- Macro textura (X1)
- Micro textura (X2)

Variable dependiente

- Propiedades de la Mezcla Asfáltica (Y1)

1.5 Diseño metodológico

Unidades de estudio y decisión maestra:

Unidad de estudio

- Mezclas asfálticas.

Población

- Mezclas asfálticas con diferentes agregados y cemento asfáltico.

Muestra

- Mezcla asfáltica con granulometría de agregados con diferente macro y micro textura.

Muestreo

La técnica de muestreo que utilizaremos será:

Muestreo Aleatorio Simple: Es un procedimiento de toma de muestra, en el que todas las muestras tienen igual probabilidad de ser seleccionadas, empleando algún

procedimiento del azar: sorteo, extracción al azar, números aleatorios, etc. para formar parte de la muestra.

Para muestra de investigación tomamos muestras de agregado pétreo y arena de la planta de Erika (Guadalquivir) y san Mateo (planta de la alcaldía) por estar a menor distancia de la ciudad de Tarija.

1.6 Métodos y técnicas empleadas

Métodos de la investigación

El tipo de investigación a realizar será una investigación descriptiva – experimental, mediante el cual se realizará el estudio de propiedades de la mezcla asfáltica

Por lo tanto, dicha investigación se dará de forma directa, donde estaremos de lleno en la investigación partiremos de lo particular siendo sus características, sus propiedades su composición, su comportamiento, etc. del asfalto, Hasta llegar a lo general la mezcla asfáltica, en este caso la mezcla asfáltica evaluando sus propiedades de dicha mezcla. Donde podamos observar la influencia de los agregados con diferente macro y micro textura

Técnicas de la investigación

Para el presente estudio se comenzará por recolectar el material necesario para poder empezar a su caracterización, para lo cual se hará uso de los quipos de laboratorio de Universidad Juan Misael Saracho se dosificara las mezclas asfálticas.

Siendo la técnica aplicada en esta investigación la evaluativa, que nos permitirá evaluar el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfálticas con diferente macro textura y micro textura, basándonos en la bibliografía necesaria

Utilización de medios en la investigación

Para realizar el presente trabajo experimental se utilizará el equipo Marshall para la elaboración de las probetas y posterior análisis de las propiedades de las mezclas asfálticas. Para la medición de la macrotextura utilizaremos el círculo de arena y el Péndulo de Fricción TRRL. Se utilizan para medir la microtextura la cual nos da medidas puntuales.

Instrumentos para realizar el trabajo de investigación

A. Para la recolección del agregado

- **Previamente:** Se visitara el lugar para realizar una previa inspección y ubicar los puntos de donde se obtendrá las muestras
- **Pala y picota:** Para la facilidad de extraer el material de los puntos previamente ubicados.
- **Bolsas:** Para el colocado del material seleccionado y así facilitar su transporte de asta los laboratorios del SEDECA donde se realizaran los ensayos.

B. Para la caracterización de los agregados

- **Horno eléctrico:** El horno eléctrico se utiliza para el secado de los agregados de aportación, y debe contar con una temperatura contante de 100 a 110 °C
- **Balanza:** La balanza es usada para obtener los distintos pesos que se requiera, con una sensibilidad de 0.1 gr.
- **Juego de tamices:** El juego de tamices debe seguir la norma ASTM E-11, lo cual contiene los tamices 3" , 2 1/2" , 2" , 1 1/2" , 1" , 3/4" , 1/2" , 3/8" , N°.4 , N°.10 , N°.40 , N°.200,tapa y fondo.

C. Para la caracterización del betún

- **Penetrometro de asfalto:** Que sirve para determinar la penetración del betún en estudio.

- **Viscosímetro del Asphalt Institute y el baño de viscosímetro:** Con los cuales se determina la viscosidad del betún en estudio.
- **Aparatos para la determinación del punto de inflamación cleveland de copa abierta:** Con el cual se determina el punto de ignición o punto de llama del betún en estudio.
- **Ductilímetro:** Con el cual se determina la ductilidad del betún, a una temperatura estándar de 25°C.
- **Peso específico.-** Que sirve para determinar la densidad del cemento asfáltico.

D. Para la dosificación y diseño de briquetas

- **Moldes de compactación para asfaltos:** En estos moldes se vaciara la mezcla bituminosa.
- **Compactador para moldes para asfaltos:** Este compactador sirve para compactar las briquetas según especificaciones técnicas.

E. Circulo de Arena

- **Extendido de arena:** Consiste en extender sobre la superficie del pavimento un volumen conocido de arena fina (que pase la malla 50 y la retenga la 100). Luego se extiende la arena formando un círculo.
- **Medición de la macrotextura:** Medimos el diámetro el cual permite determinar el área del círculo y al dividirlo entre el volumen se obtiene la profundidad promedio de las depresiones, como se muestra en la siguiente fórmula:

F. Péndulo de fricción TRRL

- **Limpieza:** Se debe limpiar la superficie de ensayo, con ayuda de un cepillo, asegurándose que queda libre de partículas sueltas.
- **Temperatura:** La temperatura Posteriormente se humedece la superficie del pavimento a ensayar y la zapata, Se procede entonces a realizar las medidas, liberando el péndulo y la aguja de su posición horizontal.

1.7 Procedimiento de aplicación

A. Extracción de las muestras (agregados y betún)

- Para el agregado se procederá a visitar el lugar para realizar una previa inspección y ubicar los puntos de donde se obtendrá las muestras.
- Una vez determinado los puntos exactos de donde se va extraer las muestras, se hace uso de la pala y picota para sacar la muestras en bloques o trozos.
- Para el betún se procederá a visitar las instalaciones de la alcaldía para poder tener la obtención del mismo.
- Después de obtener todas las muestras, las mismas se llevaran al laboratorio de asfaltos del servicio departamental de caminos.

B. Caracterización del agregado

- Para la caracterizar los agregados se deben someter al horno el secado y luego someterlo a la serie de tamices, con trillado constante en el RopTap por unos quince minutos aproximadamente, luego de este tipo se procederá al pesaje del material que contiene cada tamiz.

Con estos valores obtener las curvas granulométricas para los agregados.

C. Selección del agregado según macrotextura y microtextura

- Para proceder a seleccionar los agregados se hará de la siguiente manera:

Variaremos la cantidad de los áridos tanto para el grueso como para el fino y de esta manera obtendremos macrotexturas y microtexturas diferentes.

Para la codificación de los agregados se usara la siguiente serie:

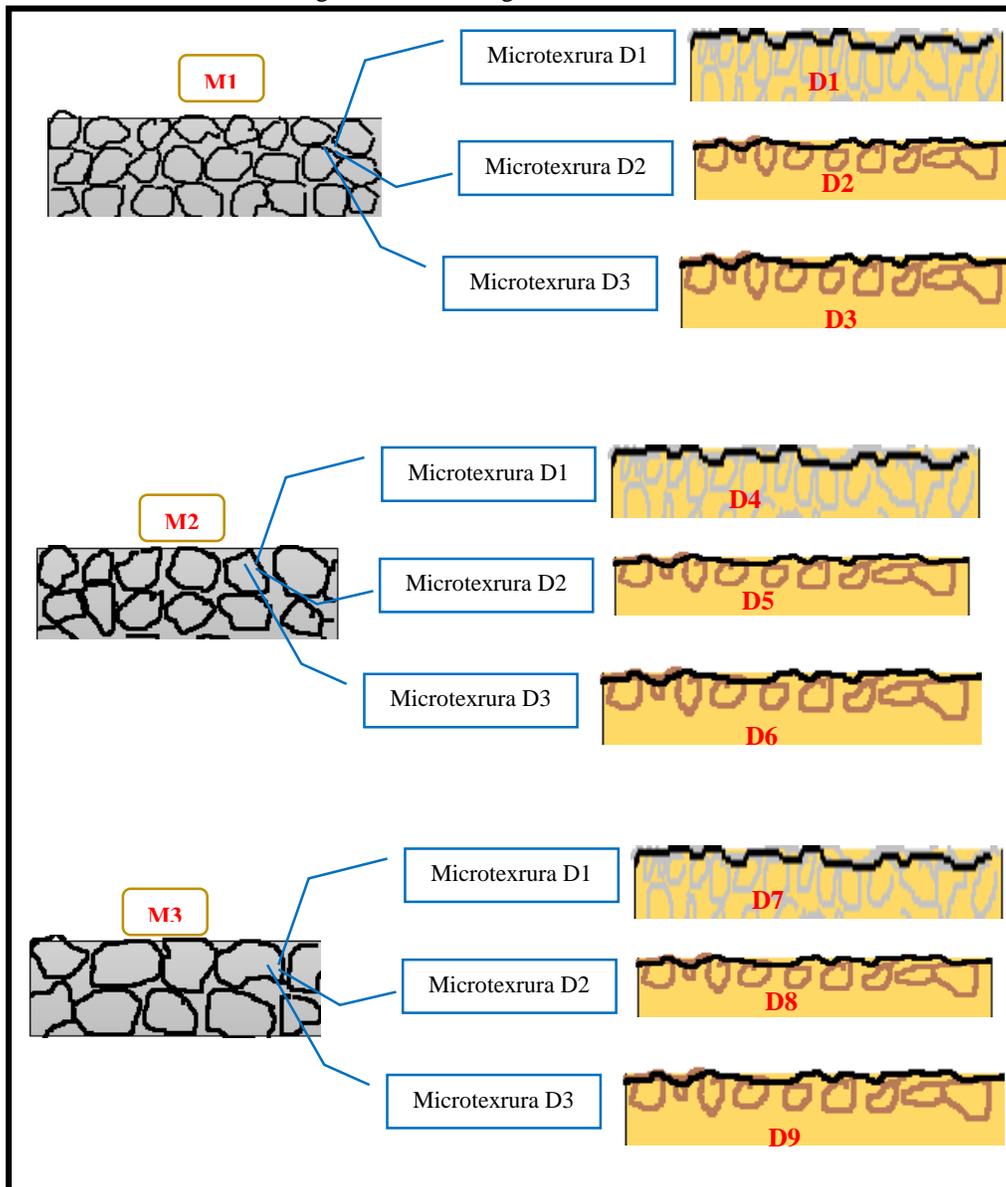
- **Agregado grueso**

Límite inferior (M1)	}	Franja granulométrica
Medio (M2)		
Límite superior (M3)		

- **Diseño granulométrico**

Para la realización de los diseños granulométricos usaremos cada una de las cantidades de agregado grueso y combinaremos cada una con 3 cantidades de agregado fino de esta manera tendremos 9 diseños como se puede ver en el siguiente esquema

Figura 1. 1 Diseños granulométricos



Fuente: Elaboración propia

D. Caracterización de betún

En este proyecto la caracterización del betún se basa en la determinación de la viscosidad, penetración, punto de inflamación y ductilidad ya que se considera que son los parámetros más importantes para el presente estudio. Estos parámetros deben cumplir con los rangos especificados por normas, caso contrario no sería viable para realizar mezclas asfálticas y se buscaría otra procedencia del betún.

E. Dosificación y diseño de las briquetas

Para la dosificación de las briquetas se debe considerar la granulometría con diferente macro textura y micro textura. Como se determinó anterior mente. a este agregado se le incluirá el betún. De tal manera se obtendrá briquetas con diferente macro textura y micro textura, para luego someterlos a pruebas para la determinar las propiedades de la mezcla asfáltica.

Es necesario resaltar que para el diseño de briquetas se seguirá el método Marshall.

F. Ensayos

Para los ensayos, se deben tener listas las briquetas, con su respectiva enumeración, para luego someterlas a las pruebas de densidad, estabilidad y fluencia según el método Marshall.

G. Medición de macrotextura

Este ensayo se procede a hacerlo con el círculo de arena se realiza en cada uno de los diseños, mencionados anteriormente para así obtener la medición de las macrotexturas de cada uno de estos diseños.

H. Medición de microtextura

Una vez medida la macrotexturas se procede a medir la microtextura con el péndulo TRRL se tomara 5 medidas por diseño excluyendo las dos más alejadas y se procederá a trabajar con los datos seleccionados.

1.8 procedimiento para el análisis y la interpretación de la información

Análisis e Interpretación

El procesamiento de datos será desarrollado a medida que se obtengan los resultados de las propiedades de la mezcla asfáltica

Se realizarán gráficas exponenciales, polinómicas, logarítmica, o potencial para la obtención de curvas.

Se evitarán las gráficas lineales que podrían darse en caso de una depuración masiva de los datos, en caso de darse, se realizarán nuevamente las pruebas comprometidas ante la duda de la veracidad de los datos. Para esto es esencial cumplir con el cronograma, realizando el respectivo análisis a medida que se obtengan los datos para tener el tiempo suficiente de repetir pruebas cumpliendo el cronograma de ejecución.

Procesamiento de datos

Los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio serán procesados por medio informático (computador) que con la ayuda de softwares se elaboraran las tablas y graficas pertinentes que muestren los resultados necesarios para un posterior análisis de las mezclas.

Interpretación de resultados

Luego de que los datos estén procesados y organizados se procederá a realizar la interpretación de los resultados obtenidos en los ensayos y demás; comparando estos valores para así determinar las variaciones en las propiedades que se presentan entre las distintas muestras ensayadas.

Tratamiento de los datos

Para los datos obtenidos se hará empleo de la estadística descriptiva la cual se la puede definir como: la ciencia que estudia la técnica o método que se sigue para recoger, organizar, resumir, representar, analizar, generalizar y predecir resultados de las observaciones de fenómenos aleatorios.

El tipo de variable que usaremos en este estudio es la variable cuantitativa de carácter contunio.

Para el tratamiento de los datos usaremos los siguientes tipos de medidas características

1.9 Alcance de la investigación

El alcance de la investigación comprende:

Como primera parte pretende resolver la incertidumbre de un fenómeno que nace de una pregunta fundamentada por una hipótesis y variables operacionales.

Para luego Plasmar la teoría básica y seleccionada de las propiedades de la mezcla asfálticas y la macro textura y micro textura delos agregados antecedentes de investigación y aplicación.

Una vez de recabar la información necesaria realizar el relevamiento de información de lugares seleccionados a criterio del autor para su posterior caracterización. Para posteriormente realizar los ensayos para determinar las propiedades de la mezcla asfáltica y graficarlas donde podremos interpretar la influencia que tendrá las propiedades de la mezcla asfálticas para los diferentes macro texturas y micro texturas. Y de esta manera llegar a las conclusiones y recomendaciones necesarias de la investigación.

CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

2.1 Mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un cemento asfáltico (ligante hidrocarbonato) de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua de este. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan (Kraemer et al., 2004.)

Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de cemento asfáltico. Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto. El ligante asfáltico y el polvo mineral son los dos elementos que más influyen tanto en la calidad de la mezcla asfáltica como en su costo total. La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas y previamente especificadas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades y características de la mezcla. Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío, siendo más comunes las primeras ¹

2.1.2 Clasificación de mezclas asfálticas

Se consideran varios parámetros de clasificación para establecer las diferencias entre distintas mezclas, debido a lo cual las clasificaciones son:

A. Clasificación de las mezclas según la temperatura de puesta en obra.

De acuerdo con este parámetro se clasifican en:

- **Mezclas asfálticas en caliente.:** Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy

¹ (Asociación de Productores y Pavimentadores de Colombia)

superiores a la ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

- **Mezclas asfálticas en frío:** El ligante suele ser una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente

B. Clases de mezclas según fracciones de agregado pétreo empleado.

Por sus fracciones de agregado pétreo se dividen en:

- **Masilla asfáltica:** Es la combinación homogénea de polvo mineral más ligante.
- **Mortero asfáltico:** Es la mezcla de agregado fino más masilla.
- **Concreto asfáltico:** Corresponde a la mezcla de agregado grueso más mortero.
- **Macadam asfáltico:** Es la combinación de agregado grueso más ligante asfáltico.

C. Clasificación según la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica.

La compacidad o la proporción de huecos que presente las mezclas asfálticas influye de forma determinante en las características mecánicas, reológicas e impermeables por lo que es conveniente conocer las diferentes tipologías existentes en los usos recomendados.

- **Mezclas densas (D):** También denominado cerrados, su pequeño porcentaje de huecos (entre el 3 y 6 %) Hace que su impermeabilidad sea muy alta por lo que resguardan eficazmente del agua a las capas subyacentes. No suelen emplearse dada la alta cantidad de betún que requieren, dada la gran superficie que poseen por su alto contenido de filler
- **Mezclas semi densas (S):** Son similares a las anteriores solo que el porcentaje de huecos es algo menor (6 a 10 %). Al tener un menor contenido en finos permiten una menor dosificación del ligante con el consiguiente ahorro económico. Son las más empleadas en las capas de rodadura de carreteras y pavimentación urbana.
- **Mezclas gruesas (G):** La curva granulométrica de los áridos que forman este tipo de mezclas se aleja de la máxima compacidad, empleando menores

Cantidades de filler, lo que conlleva una menor cantidad de ligante. Su carencia de impermeabilidad hace que este tipo de mezcla sea idóneas para su empleo.

- **Mezclas abiertas (A):** Su elevado porcentaje de huecos y su práctica carencia de elementos finos hace que su índice de huecos sean muy altos (entre el 15 y el 20%) resistente más por el rozamiento interno de las partículas que por cohesión, presentan una baja impermeabilidad.
- **Mezclas porosas o drenantes (PA):** últimamente han adquirido una gran importancia en la pavimentación de firmes, ya que ofrecen una serie de propiedades muy ventajosas desde el punto de vista de evacuación de aguas- mayor adherencia y seguridad o la generación de ruido de rodadura.

D. clases de mezclas según su granulometría.

La distribución de tamaños en los áridos empleados condicionan las características de la mezcla bituminosa, estableciendo a su vez una división en dos grandes familias:

- **Mezclas continuas:** existe una distribución escalonada de tamaño de árido, de forma que las partículas más finas rellenan los huecos dejados entre las más gruesas. Este tipo de granulometrías es típica en las mezclas cerradas caracterizadas por un alto contenido de filler.
- **Mezclas discontinuas:** su granulometría es discontinua faltando áridos de tamaños comprendidos entre 2 y 8mm. son mezclas relativamente impermeables, aunque con peor comportamiento plástico y más caras.²

2.1.3 Propiedades de las mezclas asfálticas

Las propiedades fundamentales que deben tener las mezclas asfálticas son las siguientes:

Tabla 2. 1 Propiedades de una mezcla azfáltica

Durabilidad	Impermeabilidad	Flexibilidad
Estabilidad	Resistencia al deslizamiento	Resistencia ala Fariga

Fuente: Elaboración propia

² Ingeniería de Pavimentos - Ing. Menéndez Acurio, José Rafael-ICG

Durabilidad

La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos.

Generalmente, la durabilidad de una mezcla puede ser mejorada en tres formas. Estas son: usando la mayor cantidad posible de asfalto, usando una graduación densa de agregado resistente a la separación, y diseñando y compactando la mezcla para obtener la máxima impermeabilidad.

La mayor cantidad posible de asfalto aumenta la durabilidad porque las películas gruesas de asfalto no se envejecen o endurecen tan rápido como lo hacen las películas delgadas. En consecuencia, el asfalto retiene, por más tiempo, sus características originales.

Además el máximo contenido posible de asfalto sella eficazmente un gran porcentaje de vacíos interconectados en el pavimento, haciendo difícil la penetración del aire y del agua. Por supuesto, se debe dejar un cierto porcentaje de vacíos en el pavimento para permitir la expansión del asfalto en los tiempos cálidos.

Una graduación densa de agregado firme, duro, a la separación, contribuye, de tres maneras, a la durabilidad del pavimento. Una graduación densa proporciona un contacto más cercano entre las partículas del agregado, lo cual mejora la impermeabilidad de la mezcla. Un agregado firme y duro resiste la desintegración bajo las cargas del tránsito. Un agregado resistente a la separación resiste la acción del agua y el tránsito, las cuales tienden a separar la película de asfalto de las partículas de agregado, conduciendo a la desintegración del pavimento.

La resistencia de una mezcla a la separación puede ser mejorada, bajo ciertas condiciones, mediante el uso de compuestos adhesivos, o rellenos como la cal hidratada.

La intrusión del aire y agua en el pavimento puede minimizarse si se diseña y compacta la mezcla para darla al pavimento al máximo impermeabilidad posible. Existen muchas causas y efectos con una poca durabilidad del pavimento.

Tabla 2. 2 Causas y efectos de una poca durabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo Contenido de Asfalto	Endurecimiento rápido el asfalto y desintegración por perdida de agregado
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por grietas o desintegración
Agregados Susceptibles al agua (hidrofolicos)	Película delgada de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado o desintegrado

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Estabilidad

La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla. Los requisitos de estabilidad solo pueden establecerse después de un análisis completo del tránsito, debido a que las especificaciones de estabilidad para un pavimento dependen del tránsito esperado. Las especificaciones de estabilidad deben ser lo suficiente altas para acomodar adecuadamente el tránsito esperado, pero no más altas de lo que exijan las condiciones de tránsito.

Valores muy altos de estabilidad producen un pavimento demasiado rígido y, por lo tanto, menos durable que lo deseado. La estabilidad de una mezcla depende de la fricción y la cohesión interna.

La fricción interna en las partículas de agregado (fricción entre partículas) está relacionada con características del agregado tales como forma y textura superficial. la cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto. Un grado propio de fricción y cohesión interna, en la mezcla, previene que las partículas de agregado se desplacen unas respecto a otras debido a las fuerzas ejercidas por el tráfico.

Sobre las partículas de agregado, lo cual resulta en pérdida de fricción entre partículas. Existen muchas causas y efectos asociados con una estabilidad insuficiente en el pavimentos.

Tabla 2. 3 Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento

CAUSAS	EFECTOS
Exceso de Asfalto en la mezcla	Ondulaciones ahuellamiento y afloramiento o exudación
Exso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un cierto tiempo, dificultad para la compactación
Agregado redondeado sin o con pocas superficie trituradas	Ahuellamiento y canalización

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Flexibilidad

Flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las subrasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada de bajo contenido de asfalto. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos.

Resistencia a la fatiga

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a

la fatiga del pavimento. (El periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

Las características de resistencia y espesor de un pavimento, y la capacidad de soporte de la subrasante, tienen mucho que ver con la vida del pavimento y con la prevención del agrietamiento asociado con cargas de tránsito. Los pavimentos de gran espesor sobre subrasantes resistentes no se flexionan tanto, bajo las cargas, como los pavimentos delgados o aquellos que se encuentran sobre subrasantes débiles.

Tabla 2. 4 Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento

CAUSAS	EFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Arietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto. Seguido por agrietamiento por fatiga
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con impermeabilidad. Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es muy importante que su cantidad.

El grado de impermeabilidad está determinado por el tamaño de los vacíos, sin importar si están o no conectados, y por el acceso que tienen a la superficie del pavimento.

Aunque la impermeabilidad es importante para la durabilidad de las mezclas compactadas, virtualmente todas las mezclas asfálticas usadas en la construcción de carreteras tienen cierto grado de permeabilidad. Esto es aceptable, siempre y cuando la permeabilidad esté dentro de los límites especificados.

Tabla 2. 5 Causas y efectos de la permeabilidad

CAUSAS	EFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causaran tempranamente un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento causando oxidación y desintegración de la mezcla
Compactación inadecuada	Resultará en vacíos altos en el pavimento lo cual conducirá a infiltración de agua y poca estabilidad.

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Resistencia al deslizamiento

Resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie este mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo).

La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 mi/hr).

Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una superficie lisa. La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un

agregado de textura áspera, en una mezcla de gradación abierta y con tamaño máximo de 9.5 mm (3/8 pulgadas) a 12.5 mm (1/2 pulgada). Además de tener una superficie áspera, los agregados debe resistir el pulimiento (alisamiento) bajo el tránsito.

Los agregados calcáreos son más susceptibles al pulimiento que los agregados silíceos. Las mezclas inestables que tienden a deformarse o a exudar (flujo de asfalto a la superficie) presentan problemas graves de resistencia al deslizamiento.

Tabla 2. 6 Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidropelaje
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Trabajabilidad

La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar.

La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

Las mezclas gruesas (mezclas que contienen un alto porcentaje de agregado grueso) tienen una tendencia a segregarse durante su manejo, y también pueden ser difíciles de compactar. A través de mezclas de prueba en el laboratorio puede ser posible adicionar agregado fino, y tal vez asfalto, a una mezcla gruesa, para volverla más trabajable. En tal caso se deberá tener cierto cuidado para garantizar que la mezcla modificada cumpla con los otros criterios de diseño, tales como contenido de vacíos y estabilidad.

Un contenido demasiado alto de relleno también puede afectar la trabajabilidad. Puede ocasionar que la mezcla se vuelva muy viscosa, haciendo difícil su compactación.

La trabajabilidad es especialmente importante en sitios donde se requiere colocar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillados, curvas pronunciadas y otros obstáculos similares. Es muy importante usar mezclas trabajables en dichos sitios.

Las mezclas que son fácilmente trabajables o deformables se conocen como mezclas tiernas. Las mezclas tiernas son demasiado inestables para ser colocadas y compactadas apropiadamente. Usualmente son el producto de una falta de relleno mineral, demasiada arena de tamaño mediano., partículas lisas y redondeadas de agregado, y/o demasiada humedad en la mezcla.

Aunque el asfalto no es la principal causa de los problemas de trabajabilidad, si tienen algún efecto sobre esta propiedad. Debido a que la temperatura de la mezcla afecta la viscosidad el asfalto, una temperatura demasiado baja hará que la mezcla sea poco trabajable, mientras que una temperatura demasiado alta podrá hacer que la mezcla se vuelva tierna. El grado y el porcentaje de asfalto también pueden afectar la trabajabilidad de la mezcla.

Tabla 2. 7 Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad

CAUSAS	EFFECTOS
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
Temperatura muy baja de Mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie aspera,difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna y blanda

Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

2.2 Asfaltos

Se define al asfalto como un material ligante de color marrón oscuro a negro, constituido, principalmente, por betunes que pueden ser naturales u obtenidos por

refinación del petróleo. El asfalto se presenta en proporciones variables en la mayoría de los petróleos crudos.³

El betún según ASTM, es una sustancia ligante (sólida, semisólida o viscosa) oscura o negra, natural o artificial, compuesta principalmente por hidrocarburos de alto peso molecular, como los asfaltos, alquitranes, breas y asfálticas.

El asfalto es un constituyente del petróleo, la mayoría de los petróleos crudos contienen algo de asfalto y a veces pueden ser en su totalidad de asfalto.

En base a la proporción de asfalto los petróleos se clasifican en:

- a) Petróleos crudos en base asfálticas
- b) Petróleos crudos en base parafina (son cristales obtenidos de aceites pesados pero no asfalto)
- c) Petróleos crudos en base mixta (contiene parafina y asfalto)

El petróleo crudo es extraído de los pozos y es separado en sus constituyentes o fracciones en una refinería. Principalmente esta separación es llevada a cabo por destilación.

Después de la separación los constituyentes son refinados más cuidadosamente o procesados en productos que cumplan requerimientos específicos, de esta manera es como el asfalto, parafina, aceites, lubricantes y otros productos útiles de alta calidad se obtienen en una refinería de petróleo, dependiendo de la naturaleza del crudo que se ha procesado.

Refinancio de petróleo

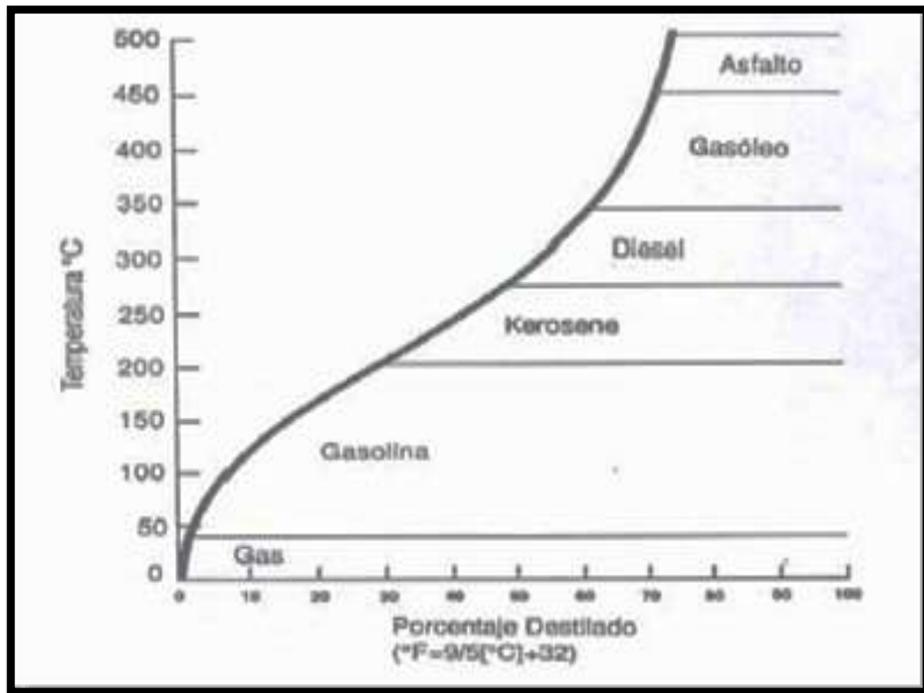
El crudo de petróleo es refinado por destilación este es un proceso en el cual las diferentes fracciones (productos) son separadas fuera del crudo por medio de un aumento en etapas de la temperatura.

El asfalto puede ser producido usando destilación por vacíos a una temperatura aproximada de 480°C (900°F) esta temperatura puede variar un poco dependiendo del crudo de petróleo que se está refinando, o del grado de asfalto que se esté produciendo.

³ American Society for Testig and Materials (ASTM)

Una vez que el asfalto ha sido procesado procesados, estos pueden ser mazclados entre sí con ciertas proporciones, para producir grados intermedios de asfalto. Es así como un asfalto muy viscoso y uno menos viscoso puede ser combinado para producir un asfalto con características específicas.⁴

Figura 2. 1 Productos y temperatura típica de destilación



Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Clasificación del asfalto

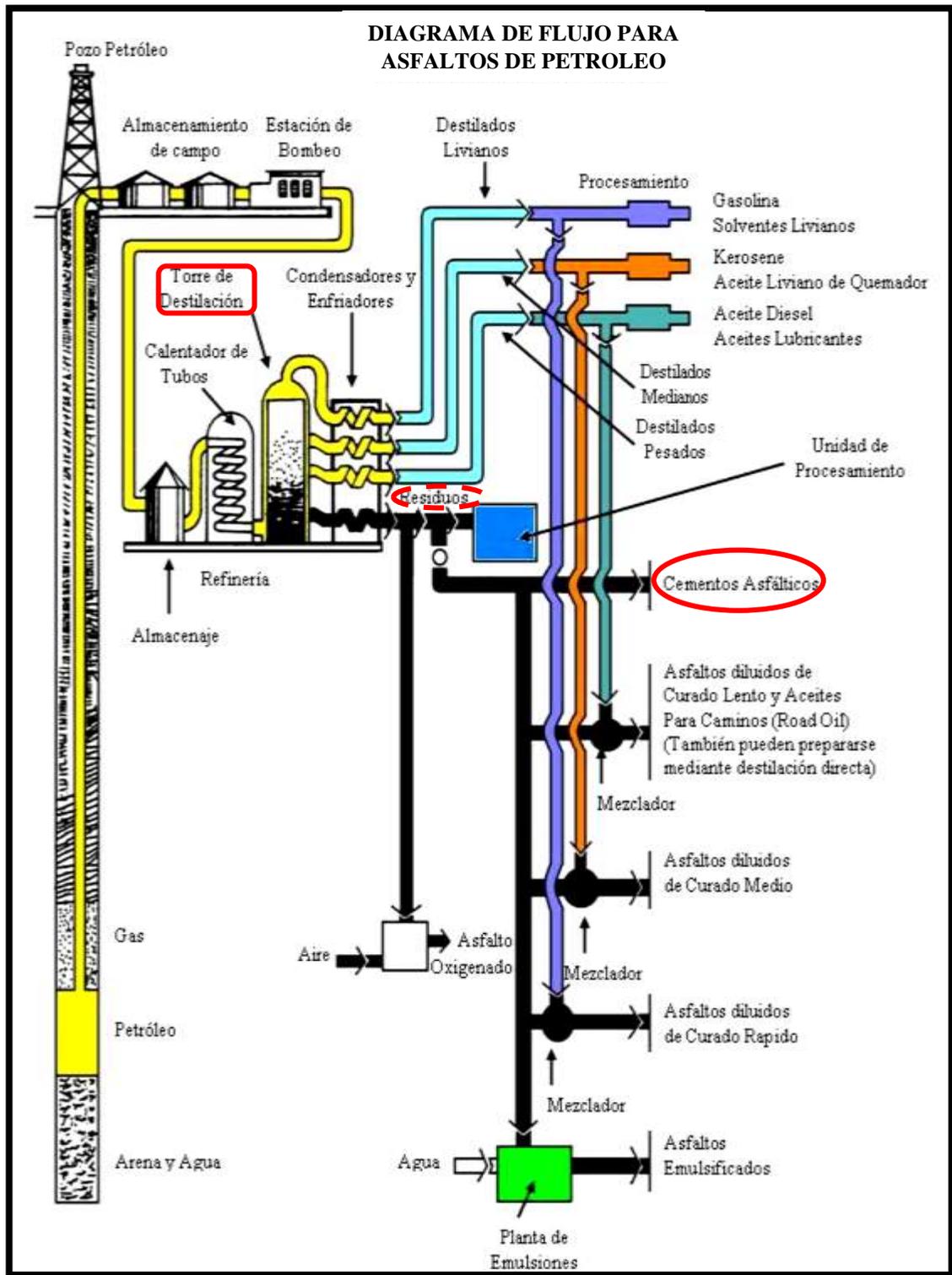
Los asfaltos de pavimentación pueden clasificarse bajo tres tipos generales:

- Cemento asfáltico
- Asfalto diluido o cortado
- Asfalto emulsificado

Los asfaltos diluidos y los emulsificados son usados casi por completo en mezclas en frío y riegos.

⁴ Principios de la Construcción de pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente N°22 (SM-22)

Figura 2.2 Diagrama de flujo para asfalto de petróleo



Fuente: Instituto de asfalto

2.2.1 Cementos asfálticos

Los Cementos Asfálticos son residuos de la destilación del petróleo y se caracterizan por permanecer en estado semisólido a temperatura ambiente.

Los Cementos Asfálticos mezclados con agregados forman concreto asfáltico, empleado en pavimentos, en las capas de rodadura.⁵

El cemento asfáltico debe alcanzar altas temperaturas al igual que los agregados para hacer la mezcla asfáltica y de esta forma obtener una consistencia y calidad necesaria para su uso en pavimentos asfálticos.

Como el asfalto es un material altamente impermeable, adherente y cohesivo, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes, presenta las propiedades ideales para la construcción de pavimentos cumpliendo las siguientes funciones:

- Impermeabilizar la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de la precipitación pluvial.
- Proporciona una íntima unión y cohesión entre agregados, capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos. Igualmente mejora la capacidad portante de la estructura permitiendo disminuir su espesor.

2.2.2 Propiedades del asfalto.

Las propiedades del asfalto básicamente se dividen en dos

- Propiedades químicas
- Propiedades físicas

A) Propiedades Químicas: Básicamente, el asfalto está compuesto por varios hidrocarburos (combinaciones moleculares de hidrógeno y carbono) y algunas trazas

⁵ Jean Carlos Tómalá Magallanes. “Mantenimiento de la capa de Rodadura de Concreto Asfáltico en un Pavimento Flexible” Escuela Politécnica del Litoral

de azufre, nitrógeno y otros elementos. El asfalto cuando es disuelto en un solvente como el heptano puede separarse en dos partes principales asfaltenos y maltenos,

B) Propiedades físicas: las propiedades físicas del asfalto de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son:⁴

La durabilidad.

Durabilidad es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento. es una propiedad juzgada principalmente a través del comportamiento del pavimento, y por consiguiente es difícil de definir solamente en términos de las propiedades del asfalto. esto se debe a que el comportamiento del pavimento está afectado por el diseño de la mezcla, las características del agregado, la mano de obra en la construcción y otras variables que incluyen la misma durabilidad del asfalto.

Sin embargo existen pruebas rutinarias para evaluar la durabilidad del asfalto como la película delgada en horno (TFO) y la prueba de película delgada en Horno rotatorio (RTFO)

Adhesión y cohesión

Adhesión es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación. Cohesión es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; más bien, examina una propiedad del asfalto considerada por alguna como relacionada con la adhesión y cohesión. En consecuencia, es del tipo “clasifica no clasifica”, y solo puede indicar si la muestra es o no, lo suficiente dúctil para cumplir con los requisitos mínimos.

Susceptibilidad a la temperatura

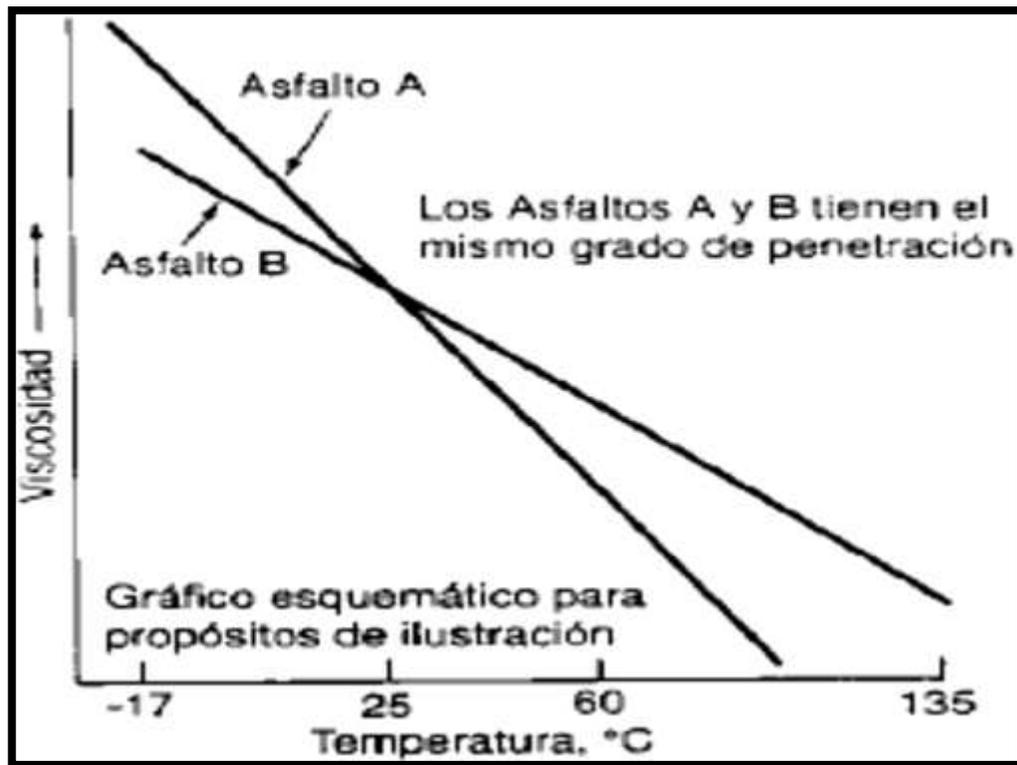
Todos los asfaltos son termoplásticos, se vuelven más duros (mas viscosos) a medida que su temperatura disminuye y más blandos (menos viscosos) a medida que su

⁴ Principios de la Construcción de pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente N°22 (SM-22)

temperatura aumenta. A esta característica se la conoce como susceptibilidad a la temperatura y es una de las propiedades más valiosas en un asfalto. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente orígenes y aun así los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

En la figura 2.3 muestra la susceptibilidad a la temperatura de dos asfaltos (asfalto A y asfalto B) que tienen el mismo grado de penetración pero que provienen de crudos de diferente origen. Obsérvese que a 25°C la viscosidad de los dos asfaltos es la misma. Sin embargo a cualquier otra temperatura las viscosidades son diferentes. Esto se debe a que los dos asfaltos tienen diferente susceptibilidad a la temperatura.

Figura 2.3 Variación de la viscosidad con temperatura de dos asfaltos graduados por penetración

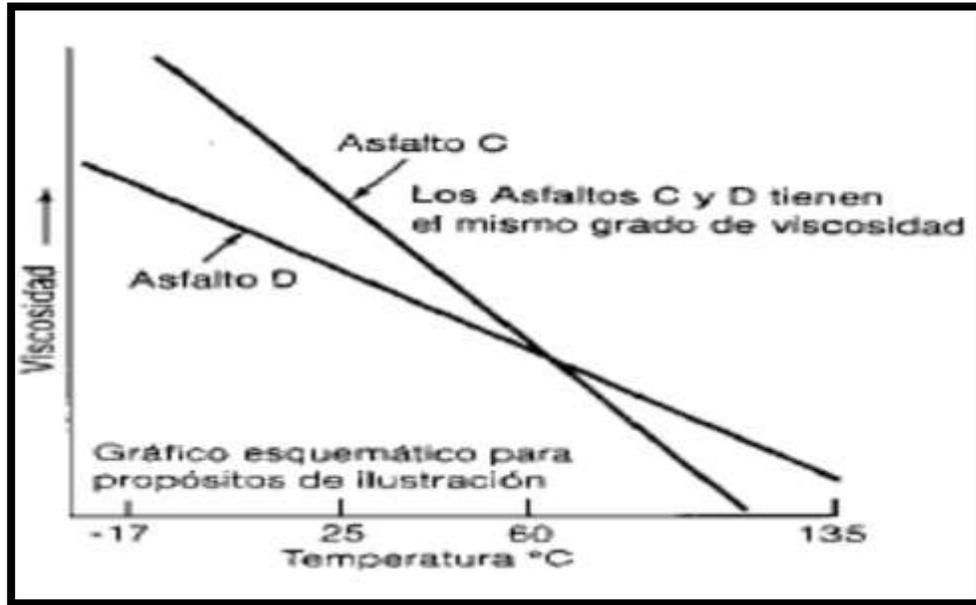


Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

Lo mismo puede ocurrir con dos asfaltos con el mismo grado de viscosidad pero provenientes de crudos de diferente origen. La Figura 2.4 por ejemplo, muestra que el

Asfalto C y el asfalto D tienen la misma viscosidad a una temperatura de 60°C (140°F). Sin embargo, a cualquier otra temperatura las viscosidades son diferentes.

Figura 2. 4 Variación de la viscosidad con temperatura de dos asfaltos graduados por viscosidad



Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

La conclusión es que, sin importar el sistema de clasificación utilizado, puede haber asfaltos derivados de crudos diferentes con diferente susceptibilidad a la temperatura. Es muy importante conocer la susceptibilidad a la temperatura del asfalto que va a ser utilizado pues ella indica la temperatura adecuada a la cual se debe mezclar el asfalto con el agregado, y la temperatura a la cual se debe compactar la mezcla sobre la base de la carretera. Puede observarse, en referencia a la

Figura 2.3 que a temperaturas mayores de 25°C (77°F), las cuales abarcan todas las temperaturas de construcción, el asfalto A es menos viscoso (más fluido) que el Asfalto como resultado, la temperatura necesaria para que el asfalto A sea lo suficiente fluido y pueda cubrir apropiadamente las partículas de agregado en la mezcla es menor que la temperatura necesaria para obtener los mismos resultados con el asfalto B. lo mismo ocurre con la temperatura de compactación.

Puede ser necesario compactar una mezcla con el asfalto A usando una temperatura menor que la requerida por una mezcla que contiene el Asfalto B.

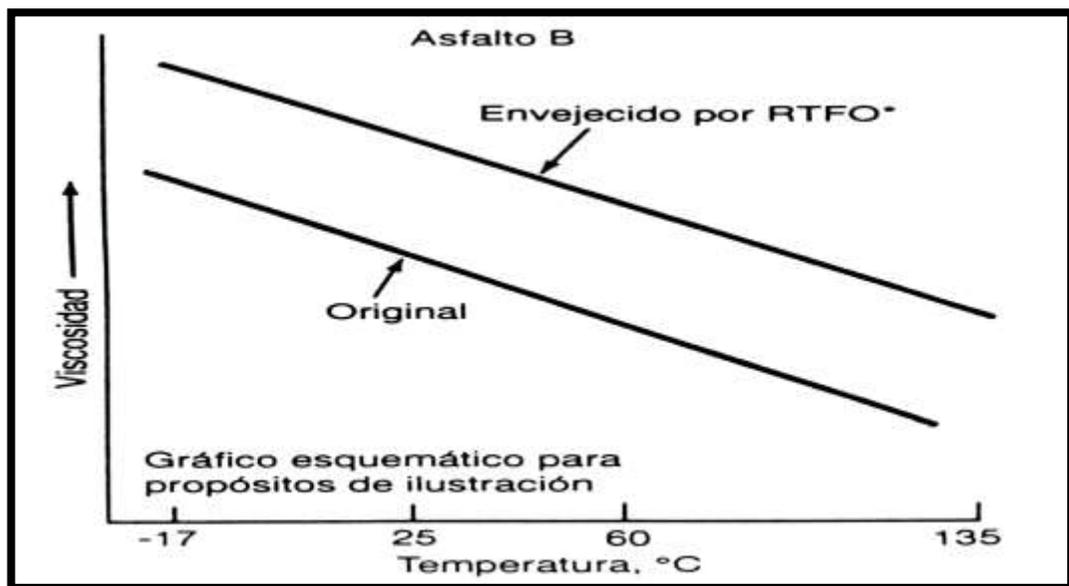
Endurecimiento y envejecimiento

Construcción, y también en el pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinándose con el oxígeno), el cual ocurre más fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras esta revistiendo las partículas de agregado durante el mezclado. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento más severo ocurran en esta etapa del mezclado. En la Figura 2.5 muestra el aumento en viscosidad debido al calentamiento de una película delgada de asfalto.

El margen de viscosidad del material original (antes de la prueba de película delgada en horno rotatorio – RTFO) es mucho menor que el margen obtenido después del calentamiento.

Figura 2. 5 Endurecimiento del asfalto después de expuesto a altas temperaturas



Fuente: principios de la construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente N°22

2.2.3 Criterios de caracterización del cemento asfáltico

Para el diseño de mezclas asfálticas debe cumplir con la caracterización mediante ensayos establecidos por la norma AASHTO y ASTM como se muestra en la siguiente tabla ⁶

Tabla 2. 8 Ensayos de laboratorio normalizados para asfaltos

Ensayo de laboratorio para asfaltos	Norma	Propósito del ensayo	Imagen del ensayo
viscosidad	AASHTO T 201 ASTM D 2170	En el de mezclas asfálticas las temperaturas de mezclado y compactación se definen en función de la viscosidad que posee el cemento asfáltico, ya que la trabajabilidad de una mezcla asfáltica, se ve influenciada por la trabajabilidad que el asfalto tenga dentro de esta misma a una temperatura determinada de trabajo. Este ensayo se usa para clasificar los cementos asfálticos a viscosidad 60°. mide la consistencia de los cementos asfálticos.	
Penetración	AASHTO T 49 ASTM D 5	Clasifica los asfaltos según su dureza o consistencia medida en decimas de milímetros. Valores altos de penetración indican consistencias suaves.	
Punto de inflamación	AASHTO T 79 ASTM D 1310	Tiene por propósito, identificar la temperatura a la cual el asfalto puede ser manejado y almacenado sin peligro que se inflame. El punto de inflamación se mide por el ensayo en copa abierta.	

Ductilidad	AASHTO T 51 ASTM D 113	Provee de una medida de las propiedades al estiramiento de los cementos asfálticos y el valor resultante puede ser usado como criterio de aceptación del material asfáltico ensayado. Se considera la ductilidad como la capacidad que tiene el asfalto de resistir esfuerzos de estiramiento bajo condiciones de velocidad y temperatura especificada.	
Punto de ablandamiento	AASHTO T 53 ASTM D 36	La temperatura determinada como de ablandamiento, representa aquella a la cual un cemento asfáltico alcanzara un determinado estado de fluidez existiendo consecuentemente una pérdida de consistencia del mismo. El punto de ablandamiento es una prueba de resistencia a la deformación del cemento asfáltico y además es también una prueba de la viscosidad.	
Peso específico	AASHTO T 51 ASTM D 113	El peso específico de un cemento asfáltico no se indica normalmente en las especificaciones de la obra pero existen dos razones por la cual se debe conocer su valor y son: 1) las medidas de peso específico proveen un patrón para efectuar correcciones de temperatura-volumen 2) Es esencial en la determinación del porcentaje de vacíos de un pavimento compactado. Se determina normalmente por el método picnómetro.	
Película delgada	AASHTO T 179 ASTM D 1754	Este método describe un ensayo para determinar el efecto de calor y aire sobre materiales asfálticos semisólidos. Los efectos de este tratamiento son terminados para la medida de las propiedades antes y después del ensayo.	

Fuente: Elaboración propia

⁶ The Asphalt Institute

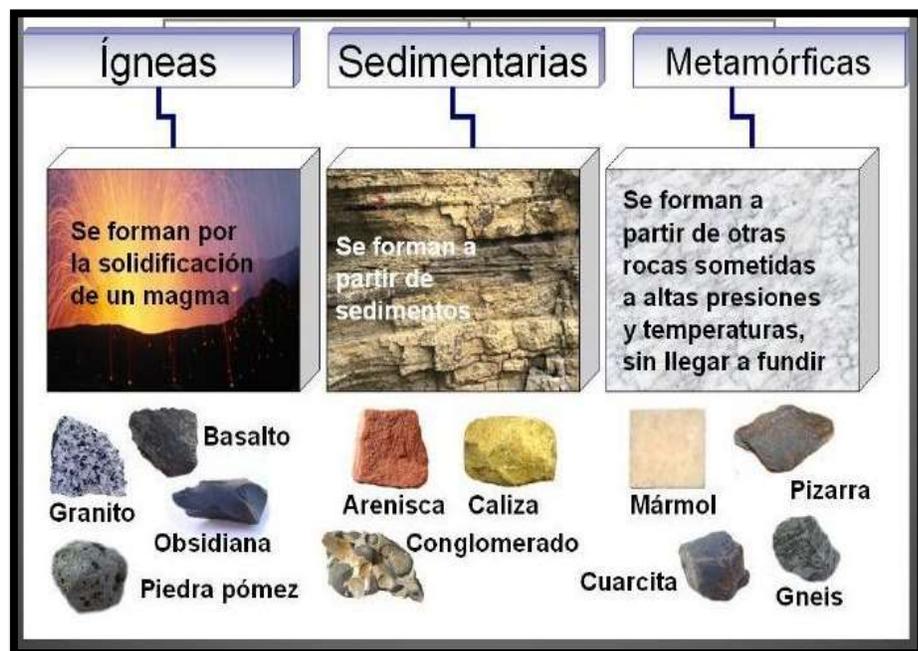
2.3 Agregados pétreos

Son materiales granulares sólidos inertes o agregado mineral. En forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria y polvo de roca.

Procedencia delos agregados (tipo de piedra)

Desde un punto de vista práctico, los agregados proceden de tres grandes grupos: Ígneas, Sedimentaria y metamórficos.

Figura 2. 6 Tipos de roca



Fuente: Elaboración propia

Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de sedimentos (partículas finas) en el agua, o a medida que el agua, o a medida que el agua se deposita. El sedimento puede consistir de partículas minerales o fragmentos (como en el caso de areniscas esquistosas), de residuos de productos animales (algunas calizas) de plantas (carbón) de los productos finales de una acción química o una evaporación (sal. Yeso)

Las rocas sedimentarias se encuentran dentro de las cortes terrestres en capas (estratos).

Rocas ígneas

Las rocas ígneas constan de material fundido (magma) que se ha enfriado y solidificado. Hay dos tipos de rocas ígneas: extrusivas e intrusivas.

- **Extrusivas:** Son las que están formadas a partir del material que se ha vertido afuera sobre la superficie terrestre. Esta se enfría rápidamente al ser expuesta a la atmosfera y permite un endurecimiento de color vidrioso.
- **Intrusivas:** Estas rocas son formadas a partir del magma que queda atrapado en las profundidades de la corteza terrestre. Al ser atrapado en la corteza el magma se enfría lentamente permitiendo un endurecimiento de color cristalino.

Rocas metamórficas

Las rocas metamórficas son generalmente, rocas sedimentarias o ígneas que han sido transformadas por el proceso de intensa presión y calor dentro de la tierra y también por reacciones químicas.

2.3.1 Fuentes de agregados pétreos

El tipo de agregado pétreo se puede determinar, de acuerdo a la procedencia y a la técnica empleada para su aprovechamiento, se pueden clasificar en los siguientes tipos:

A. Agregados naturales

Los naturales son los que sencillamente se extraen de depósitos formados por procesos naturales como la erosión y degradación por la acción del viento, agua, movimiento del hielo y los químicos.⁷

Los principales tipos de agregado natural usado en la construcción de pavimentos son las gravas y la arena. La grava se define usualmente como partículas de un tamaño igual o mayor que 6.35mm (1/4"). La arena se define como partículas de un tamaño menor que 6.35mm (1/4") pero mayor que 0.075mm(Nº200).las partículas de

⁷ Maribel Días Vargas "Guía Metodológica para la integración del sistema de gestión, ISO14001:2004 Para empresas de Explotación y Producción de Agregados pétreos"

un tamaño menor que 0.075mm(N°200) son conocidas como relleno mineral (filler) el cual consiste de limo y arcilla.

Las gravas y las arenas son clasificadas, además de acuerdo a su origen.

- **Materiales en bruto:** Los materiales en bruto son los materiales producidos en canteras abiertas y usados sin ningún procesamiento adicional.
- **Materiales de cantera:** Se llama materiales de cantera a los materiales tomados de la ribera de los ríos.

Figura 2. 7 Agregados naturales



Fuente. Elaboración propia

Los depósitos de grava varían ampliamente en composición, pero usualmente contienen alguna cantidad de arena y limo. Los depósitos de arena también contienen comúnmente alguna cantidad de arcilla y limo. Las arenas de playa (algunas de las cuales se encuentran tierra adentro hoy en día) están compuestas por partículas de tamaño regularmente uniforme. Mientras que las arenas de río contienen proporciones grandes de grava, limo y arcilla.

B. Agregados de trituración

Son aquellos que se obtienen de la trituración de diferentes rocas de cantera o de las granulometrías de rechazo de los agregados naturales. Se incluyen todos los materiales canterables cuyas propiedades físicas sean adecuadas

La trituración a la cual están sometidos es con la finalidad de modificar las siguientes características: cambiar la textura superficial de la partícula de lisa a rugosa, cambiar la forma de la partícula de redonda a angular y para mejorar la distribución de los

Tamaños de las partículas los agregados procesados, son han sido lavados, triturados o tratados para mejorar ciertas características de comportamiento de la mezcla asfáltica, por lo regular su explotación se da en canteras.⁷

Figura 2. 8 Agregado triturado



Fuente. Elaboración propia

C. Agregados marginales

Los agregados marginales engloban a todos los materiales que no cumplen alguna de las especificaciones vigentes.⁷

Los agregados pueden ser naturales o procesados. De acuerdo con su tamaño, se dividen en gravas, arenas y relleno mineral (llenante mineral o filler). Los materiales pueden ser producidos en canteras abiertas o tomados de la ribera de los ríos (cantera de río).

2.3.2 Propiedades de los agregados pétreos.

En un pavimento densamente graduado de mezcla asfáltica en caliente el agregado conforma el 90 a 95 % en peso de la mezcla de pavimentación. Esto hace que la calidad

⁷ Maribel Díaz Vargas “Guía Metodológica para la integración del sistema de gestión, ISO14001:2004 Para empresas de Explotación y Producción de Agregados pétreos

del agregado usado sea un factor crítico en el comportamiento del pavimento. Por esta razón deberá poseer ciertas propiedades para poder ser considerado apropiado para un pavimento asfáltico de buena calidad. Estas propiedades son:

A. Graduación y tamaño máximo de partícula

Todas las especificaciones de pavimento asfáltico de mezcla en caliente requieren que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en ciertas proporciones.

Esta distribución de varios tamaños de partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla. También es necesario saber el **tamaño máximo** del agregado debido a que las especificaciones exigen un tamaño máximo de la partícula para cada agregado.

B. Limpieza

Las especificaciones de la obra generalmente ponen un límite a los tipos y cantidades de materiales indeseables (vegetación, arcilla, partículas blandas, terrones de arcilla, etc.) las cantidades excesivas de estos materiales pueden afectar desfavorablemente en el comportamiento de un pavimento.

La limpieza de los agregados puede determinarse, mediante una inspección visual, también otra forma de determinar es por un tamizado por lavado (donde el peso de la muestra de agregado antes de ser lavada es comparado con su peso después de ser lavada) proporciona una medida exacta del porcentaje de material indeseable. El ensayo de equivalente de arena (AASHTO T 176) es un método para determinar la proporción indeseable de polvo fino y arcilla en la fracción (porción) de agregado que Pasa el tamiz 4075mm. (N°4)

C. Dureza

Los agregados deben ser capaces de resistir la abrasión (desgaste irreversible) durante la producción, colocado y compactación de la mezcla de pavimentación y durante la vida de servicio del pavimento los agregados que están cerca de la superficie deben ser más duros (tener más resistencia) que los agregados usados en capas inferiores de

la estructura del pavimento. Debido que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito.

D. Forma de la partícula

La forma de la partícula afecta la trabajabilidad de la mezcla de pavimentación durante su colocación, así como la cantidad de fuerza necesaria para compactar la mezcla. La forma de la partícula también afecta la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida.

Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento (movimiento) en el pavimento. Debido a que tienden a entrelazarse cuando son compactadas. El mejor entrelazamiento se consigue con partículas de bordes puntiagudos y de forma cubica, producidas por trituración.

Las mezclas asfálticas de pavimentación contienen partículas angulares y redondas. Las partículas gruesas (grandes) de agregado proporcionan la resistencia en el pavimento.

E. Textura superficial

La textura superficial de las partículas de agregado es otro factor que determina no solo la trabajabilidad resistencia final de la mezcla de pavimentación, sino también las características de resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. Algunos consideran que la textura superficial es más importante que la forma de la partícula. Una textura aspera como la del papel de lija, aumenta la resistencia en el pavimento debido a que evita que las partículas se muevan unas respecto a otras. a la vez provee un coeficiente alto de fricción superficial que hace que el movimiento del tránsito sea más seguro.

No existe modo directo para evaluar la textura superficial. Esta es solo una característica como la forma de la partícula, que está reflejada en los ensayos de resistencia y en la trabajabilidad de la mezcla durante la construcción.

F. Capacidad de absorción

Todos los agregados son porosos, y algunos más que otros la cantidad de líquido que un agregado absorbe cuando es sumergido en un baño determina su porosidad.

La capacidad de un asfalto de absorber agua o asfalto es un elemento importante de información. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuara absorbiendo asfalto después del mezclado inicial en la planta, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las demás partículas de agregado. Debido a esto un agregado poroso requiere cantidades muchos mayores de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso. Los agregados altamente porosos y absorbentes no son usados.

G. Afinidad por el asfalto

La afinidad de un agregado con el asfalto es la de tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto. Existen dos tipos de afinidad:

- **Los agregados hidrofobicos**

Son las que tienen alta afinidad con el asfalto repelen el agua porque resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de sus superficies.

- **Los agregados hidrofolicos**

Estos agregados atraen el agua tienen poca afinidad con el asfalto. Por lo consiguiente tienden a separarse de las películas de asfalto cuando son expuestas al agua.

H. Peso específico

El peso específico de los agregados que se expresa también como densidad, conforme al sistema internacional de unidades es un indicador de calidad, en cuanto los valores elevados corresponden a materiales de buen comportamiento mientras que el peso específico bajo generalmente corresponde a agregados absorbentes y débiles el peso específico los materiales de origen natural ronda alrededor de 2.62gr./cm³.

2.3.3 Evaluación de los agregados pétreos para una mezcla asfáltica

Los Criterios de diseño normalizados para el diseño de mezclas asfálticas deben cumplir con las características mediante ensayos establecidos por las normas aashto y astm, como se muestran en las siguientes tablas⁶

Tabla 2. 9 Ensayos de laboratorio normalizados para asfaltos

Ensayo de laboratorio para agregados	Norma	Propósito del ensayo	Imagen del ensayo
Granulometría	AASHTO T 27 ASTM C 136	Se determina la distribución de las partículas de agregados gruesos y finos, por medio de tamices de abertura cuadrada. La composición granulométrica de un material pétreo que se pretende utilizar es de primordial importancia por en función de ella se conoce la textura que tendrá la carpeta de rodadura.	
Desgaste	AASHTO T 96 ASTM C 131	El objeto es conocer la cantidad del material pétreo desde el punto de vista de su desgaste, ya sea por el grado de alteración del agregado, o por la presencia de planos débiles y aristas de fácil desgaste. Esta característica es esencial cuando el agregado va estar sujeto a desgaste por abrasión como el caso de los pavimentos. Es la medida de la dureza de los agregados y nos da una idea de la forma en la que se comportarían los agregados, bajo los efectos de la abrasión causada por el tráfico además de la idea del agregado de interperismo que posee los agregados.	
Sanidad usando sulfato de sodio	AASHTO T 104 ASTM C 88	Permite obtener la información de estabilidad de un agregado bajo la acción de agentes atmosféricos. Los agregados estables (se disgregan ante la presencia de condiciones atmosféricas desfavorables) resultan evidentemente insatisfactoria como agregados para mezclas en rodadura en pavimentos, especialmente cuando estos tendrían una gran porción de su superficie respuesta a los agentes atmosféricos. El valor del error permisible no debe ser mayor de 0,5%.	

Equivalente de arena	AASHTO T 176 ASTM D 2419	Descubre el exceso de arcilla en los agregados, ya que es un medio rápido para separar las partículas más finas (arcillosas) de los granos más gruesos o de la arena.	
Cubisidad de Partículas	ASTM D 692	Se utiliza para determinar valores como el índice de laja y la cubisidad de las partículas que componen el material pétreo. Las partículas de agregados deben ser limpias, duras, resistentes y durables por lo que debe evitarse partículas débiles o limitadas ya que son perjudiciales.	
gravedad específica del agregado grueso y fino	AASHTO T 84 AASHTO T 85 ASTM C 127 ASTM C 128	La gravedad específica es una forma de expresar las características de peso y volumen de materiales. El valor de absorción es usado para calcular el cambio en el peso de un agregado, provocado por el agua absorbida en los poros accesibles de las partículas que constituyen el material, comparado con la condición seca	
peso unitario	AASHTO T 19 ASTM C 29M	En la practica el valor de peso unitario es muy utilizado para realizar conversiones de volúmenes a peso de los agregados a utilizar en las en las mezclas de concreto asfaltico. La dosificación óptima de mezclas de agregados para mezclas de superficie en pavimentos puede realizarse utilizando el método de peso unitario. El cual consiste en elaborar una gráfica (parecida a la del proctor) en la cual se grafica las proporciones de los agregados en las abscisas y los pesos unitarios en las ordenadas.	

Fuente. Elaboración propia

⁶ The Asphall Institute

2.3.4 Llenante mineral.

Este será polvo de piedra caliza ceniza de carbón o piedra de fundición “El llenante mineral podrá proceder de los agregados pétreos, separándose de ellos por medio de los ciclones de la planta mezcladora, o aportarse a la mezcla por separado de aquellos como un producto comercial o especialmente preparado para este fin.

El filler o polvo mineral de aportación es un producto comercial de naturaleza pulverulenta (cemento normalmente o cenizas volantes de central térmica) o un polvo en general calizo, especialmente preparado para utilizarlo en mástico para mezclas asfálticas. Cuando se trata de un producto comercial, se garantiza perfectamente su control y se conocen sus propiedades tanto físicas como químicas y su futuro comportamiento en la mezcla. Cuando se utiliza el otro tipo de filler, (de recuperación), que es aquel que se obtiene de las plantas asfálticas, no se sabe exactamente cuáles son sus componentes y en ocasiones varía su composición con el tiempo y puede estar o no, dentro de las normativas, El filler es la porción de agregado que pasa por el tamiz 75 μm (No.200).

2.4 Macrotexturas y Microtexturas en las mezclas asfálticas

Cuando uno se pregunta cuáles deben ser las propiedades principales para que un pavimento sea considerado seguro, una de las primeras ideas es que posea una buena adherencia con los neumáticos.

Esto es importante a lo largo de toda la superficie del pavimento, sobre todo en zonas de frenado, curvas o donde exista presencia de agua.⁸ Sin embargo esta adherencia no depende únicamente del pavimento, sino también de las características del tránsito y del clima.

Los factores más importantes que afectan la adherencia entre el neumático y el pavimento son los siguientes:⁹

⁸ Cfr. Roco, Fuentes, Valverde 2003

⁹Cfr, De Solminihac; Echaveguren 2003

En la superficie del pavimento, como la condición geométrica, la naturaleza del árido, la cantidad de asfalto, la textura superficial, la presencia de agua en el pavimento, la presencia de contaminantes (polvo, caucho), entre otros.

En el tránsito, como la velocidad del vehículo, la clasificación de la vía y del peso de los vehículos y los neumáticos.

En el clima, como la variación de la temperatura.

Figura 2. 9 Factores que afectan la



Fuente: Elaboración propia

En el presente capítulo se hará una breve descripción de la influencia de cada una de estos factores en la adherencia, sin embargo lo que se estudiará a lo largo del trabajo será únicamente la influencia que tiene la macrotextura y microtextura de los agregados en las propiedades de las mezclas asfálticas.

2.4.1 Superficie del pavimento

Condición geométrica

La fricción de un pavimento está distribuida en sentido longitudinal y transversal. Por tal motivo se debe tener cuidado con la adherencia en muchos puntos de la superficie del pavimento.

Al momento del diseño geométrico de la vía se toma en cuenta este problema, asumiendo un factor de fricción admisible que representa a la fuerza de fricción con respecto a la velocidad.

Naturaleza del árido

El desgaste y el pulimento que afectan directamente a la adherencia entre el neumático y el pavimento se deben a la naturaleza y forma del árido.

Los agregados que tienen superficies lisas pueden ser recubiertos con una película de asfalto, pero la película se adherirá de modo más efectivo a superficies rugosas.

Las gravas naturales, tales como las de río, generalmente tienen una textura superficial lisa, partículas redondeadas y generalmente tienen baja resistencia al pulido.

Las gravas trituradas producen frecuentemente una textura superficial rugosa al cambiar la forma de las partículas.¹⁰

La resistencia al desgaste de un agregado depende de la rigidez, debiendo estar constituida por minerales de cierta dureza. Una mezcla de componentes duros con suaves es lo más adecuado.¹¹

Cantidad de asfalto

El exceso de asfalto disminuirá el roce entre el neumático y el pavimento al ocasionar exudación del mismo.

2.4.2 Textura superficial

La textura superficial es la característica geométrica de la superficie de rodado formada por áridos y asfalto en unión. Se define como “la geometría más fina del perfil longitudinal de una carretera” (Archútegi et al, 1996).

Es una característica que debe tener la carpeta de rodadura para alcanzar un nivel de seguridad en su resistencia al patinaje ya sea al momento del frenado, controlando al vehículo en zona de curvas o en distintas maniobras que el conductor se vea obligado a realizar.¹²

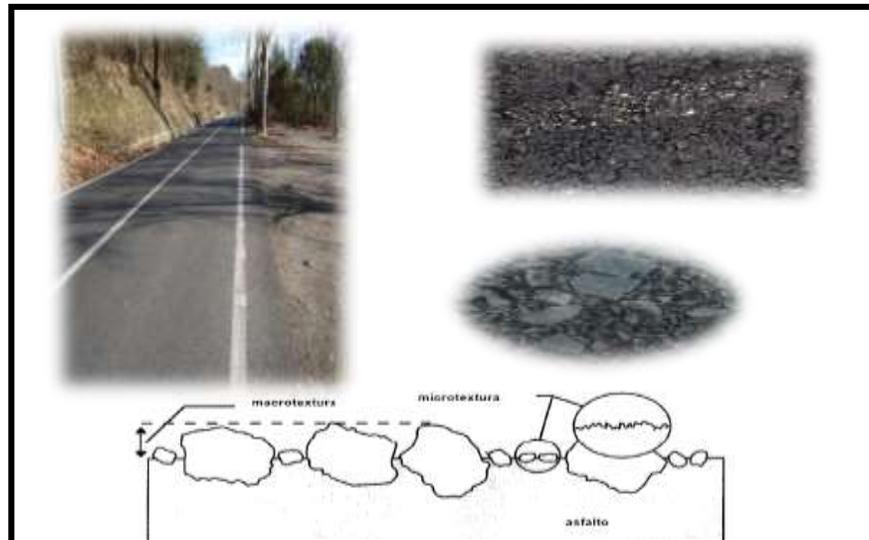
¹⁰ Cfr. Instituto Chileno del Asfalto 1991: C10

¹¹ Cfr. Diaz 1999

¹² Cfr. Lucero, Wahr, Arancibia 2003

Según la AIPCR (1995) la textura superficial se clasifica en megatextura, macrotextura y microtextura, A pesar de esta clasificación, diferentes estudios han llegado a la conclusión que los factores que dependen de un pavimento para lograr niveles de fricción adecuados en contacto con un neumático son únicamente la macrotextura y la microtextura.

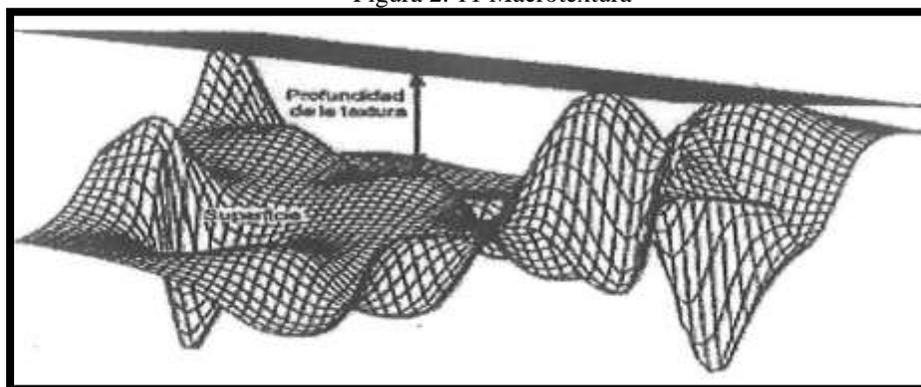
Figura 2. 10 Definición de macrotextura y microtextura



Fuente: Elaboración propia

La microtextura influye en la fricción y la macrotextura en la capacidad de evacuar el agua, lo que a su vez ayuda a mejorar la fricción. Ofrecida por los pavimentos que es proporcionada fundamentalmente por las características de los áridos y su distribución dentro de la capa de rodadura. Las características de los áridos deberán garantizar: Un adecuado contacto neumático-pavimento

Figura 2. 11 Macrotextura



Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Microtextura

Es la textura superficial de los agregados pétreos. La micro textura debe proveer al pavimento el roce necesario para obtener una adecuada resistencia al deslizamiento a baja velocidad esto depende en gran parte del agregado fino que define la aspereza del pavimento. Será importante que estas asperezas no sean pulimentables para que la capa mantenga las condiciones de adherencia neumático-pavimento el mayor tiempo posible.

La microtextura es predominante en la determinación de la resistencia al deslizamiento de la superficie de un pavimento para bajas velocidades de circulación (unos 50 Km/h). Para velocidades de circulación altas, la microtextura pese a no ser predominante, presenta una influencia importante. Por otra parte, una microtextura muy áspera puede contribuir a un mayor desgaste de los neumáticos y repercutir negativamente en la economía de los usuarios de la carretera.

2.4.4 Macrotextura

La macro textura es la textura del propio pavimento. Se refiere a irregularidades más grandes en la superficie del pavimento esta clase de irregularidades se asocia con los espacios entre las partículas de los agregados.

La macrotextura en si es el conjunto de partículas de los agregados pétreos que sobresalen de la superficie. Esta es importante ya que permite evacuar el agua de la superficie, de tal manera que ésta se pueda quedar en las depresiones. Es así como existirá mayor contacto entre el neumático y el pavimento.¹³ depende directamente, de la granulometría y especialmente del tamaño máximo del árido que esté presente en la mezcla riego o lechada bituminosos o en el caso de que sea un pavimento de hormigón de su terminación (estriado, engravillado, denudado, etc.).

La macrotextura es la capacidad de evacuar el agua acumulada en la superficie del pavimento a altas velocidades lo que a su vez ayuda a mejorar la fricción.

¹³ Janno Vicentt C, and coronen Charles , Perfomance Testing of Hot Mix Asplt Agregates, Special Report 99-20, US. Army Corps of Engineers (Dec. 1999)

Otro aspecto es su influencia en el ruido de rodadura, aunque este aspecto no es objeto de estudio en este documento.

Figura 2. 12 Conducción en condiciones de pavimento mojado

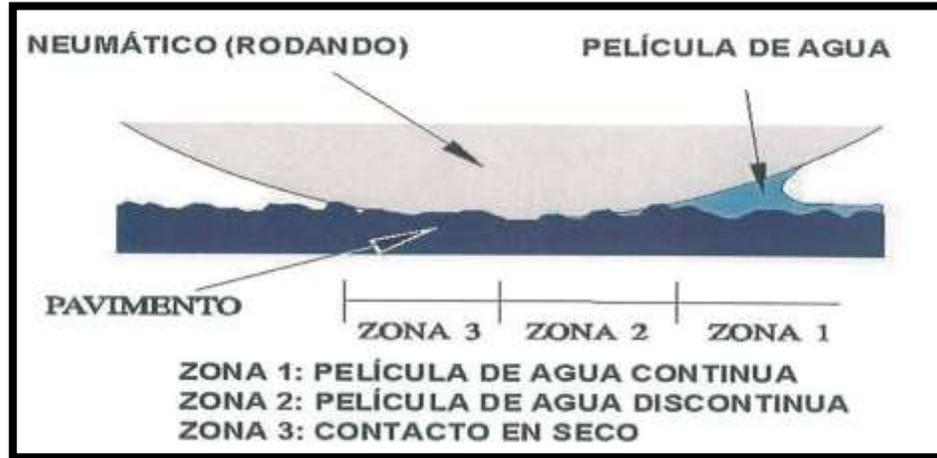


Fuente: Elaboración propia

Para asegurar una adecuada adherencia de los neumáticos con el pavimento, se necesita siempre una cierta microtextura o aspereza de la superficie del firme. Pero además a altas velocidades de circulación y en condiciones de pavimento mojado, debe tener una macrotextura suficientemente gruesa para permitir la evacuación rápida del agua.

La figura siguiente esquematiza las condiciones existentes en la superficie de contacto del neumático sobre un pavimento mojado. Según el artículo [1], puede observarse tres zonas. En la primera, el borde de ataque del neumático, existe una película de agua continua que impide el contacto del neumático con el pavimento. En la segunda zona, la mayor parte del agua ha sido evacuada, quedando una fina película de agua que puede ser penetrada por alguna de las irregularidades del pavimento para hacer contacto con el neumático, pero no por todas. En la tercera zona, la película de agua ha desaparecido, y permite un contacto casi seco entre el neumático y el pavimento, aunque siempre queda un resto de agua imposible de suprimir hasta que deje de llover y el pavimento se seque completamente.

Figura 2. 13 Contacto entre el neumático y el pavimento mojado



Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Para asegurar el mantenimiento de la tercera zona (la que nos aporta la adherencia neumático pavimento), se debe disponer de la mayor capacidad de drenaje posible, con el fin de eliminar el agua a suficiente velocidad. Esta capacidad de drenaje viene proporcionada en una parte por el dibujo del neumático, y por otra parte, por las irregularidades de la superficie (macrotextura). En la zona 3, y en menor parte, en la zona 2, las asperezas de la microtextura contribuyen a atravesar la película de agua y producir los puntos de contacto “en seco”, contribuyendo así a la resistencia al deslizamiento.

A medida que la velocidad o el espesor de la película de agua aumentan, la zona 1 aumenta también. Consecuentemente, la superficie de contacto de la zona 3, que es la que aporta la resistencia al deslizamiento, disminuye. Si se aumenta la velocidad o se disminuye la macrotextura de forma suficiente, las zonas 2 y 3 pueden llegar a desaparecer y perderse el contacto entre el neumático y el pavimento, apareciendo los fenómenos de hidrodinámico, donde el neumático se desliza libremente por encima de una lámina de agua.

La macrotextura influye en este fenómeno de hidrodinámico de dos modos distintos. Por una parte proporciona al agua una vía de escape de la interface neumático pavimento y por otra parte, se produce el hecho de que cuanto mayor es la macrotextura mayor debe ser la película de agua para cubrirla.

Debido a la importancia que ambas propiedades (microtextura y macrotextura) tienen en la seguridad vial, ambas suelen ser objeto de auscultación periódica por parte de los gestores de las redes de carreteras. La microtextura se evalúa de forma indirecta mediante las auscultaciones de la resistencia al deslizamiento, mientras que la macrotextura se evalúa mediante ensayos con técnicas volumétricas o láser, que determinan la profundidad media del perfil en la zona evaluada.

2.4.5 Composición de una mezcla asfáltica con macrotextura y microtextura

Agregado grueso

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como agregado grueso, a la parte del agregado retenido de modo predominante por el tamiz No. 4 (de 4.75mm) o bien, aquella porción de un agregado que es retenida por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). “Esta porción de agregado debe provenir de la desintegración de roca, de grava o por una combinación de ambas; debe contener fragmentos limpios, resistentes y durables, evitando la presencia de partículas planas, alargadas, blandas deberá estar exento de contaminantes tales como tierra, terrones de arcilla u otras sustancias que puedan impedir la adhesión completa del asfalto o afecten adversamente la durabilidad de la mezcla compactada” El agregado grueso utilizado en nuestro medio es denominado “Grava”, que resulta de la desintegración y abrasión naturales de la roca o procede de la trituración de esta

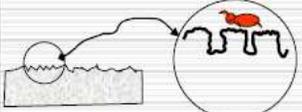
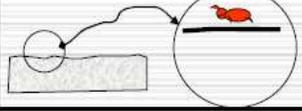
Agregado fino

Según el Sistema de Clasificación de Suelos SUCS, se define como agregado fino, a la parte del agregado pétreo que pasa por el tamiz de 3/8 in (9.5 mm) y casi pasa por completo por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm). Y es retenido de modo predominante por el tamiz No. 200 (de 75 μ m); o bien, aquella porción de un agregado que pasa por el tamiz No. 4 (de 4.75 mm) y es retenida de modo predominante por el No. 200 (de 75 μ m). “El agregado fino deberá proceder en su totalidad de la trituración de piedra de cantera o de grava natural, o parcialmente de fuentes naturales de arena. La proporción de arena natural no podrá exceder del quince por ciento (15 %) de la masa total del agregado combinado, cuando el tránsito de diseño en el carril de diseño sea NT3, ni exceder de

veinticinco por ciento (25 %) para tránsitos de menor intensidad.” (INSTITUTO NACIONAL DE VIAS, 2007)

2.4.6 Superficie de un pavimento con macrotexturas y microtexturas

Figura 2. 14 Tipos de Superficie de los pavimentos

SUPERFICIE DE LA PISTA	MACROTEXTURA	MICROTEXTURA
		
		
		
		

Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Mezclas de macrotextura gruesa (abierta)

Para que un pavimento tenga una macrotextura gruesa está dada por las características del agregado de la granulometría gruesa (agregados de mayor tamaño) mayor porcentaje de vacíos.

Mezclas de macrotextura fina (cerrada)

De lo contrario de las macrotexturas gruesas esta se da por agregados de menor tamaño porcentaje de vacío menor.

Se dice que para que un pavimento ofrezca suficiente adherencia a cualquier velocidad se debe tener una macro textura gruesa¹¹

¹¹ Cfr. Diaz 1999

Mezclas de microtextura áspera

Se dice que un pavimento tiene una microtextura es áspera cuando la superficie está llena de irregularidades que se encuentran en la superficie terminada que es continua y perceptible tanto como al contacto como a la vista debido al tamaño del agregado fino por lo general arenas gruesas.

Mezclas de microtextura pulidas

Un pavimento se de micro textura pulida cuando la superficie es lisa tiene un acabado regular y fino esto debido que están en función del agregado fino para lo cual se utiliza arenas finas.

Como se extrae del gráfico anterior, y según el artículo, la mayor adherencia neumático-pavimento se obtiene combinando adecuadamente una macrotextura gruesa (permite la evacuación del agua) y una microtextura áspera (aporta las características de resistencia al deslizamiento).

2.4.7 Limitantes en la macrotextura y la microtextura

Cuanto mayor sea el valor de la macrotextura, mejor será la capacidad de evacuación de agua en la interfase neumático pavimento, sin embargo esta elevada capacidad de drenaje hace que exista un mayor nivel de ruido. También, cuanto mayor sea el valor de la microtextura habrá mejor adherencia entre el neumático y el pavimento; sin embargo, esto produce un mayor desgaste de los neumáticos.

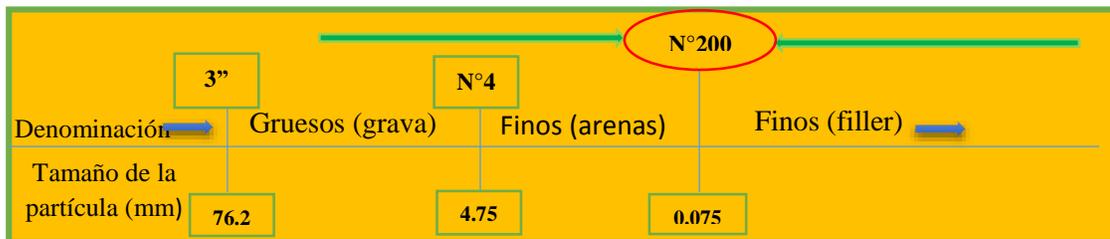
Es importante entonces, encontrar un punto en que ambas se compensen. Por otro lado, como se ha podido apreciar, la textura superficial de un pavimento está directamente relacionada con la resistencia al deslizamiento y la fricción

2.4.8 Análisis granulométricos para mezclas asfálticas para macrotexturas y microtexturas

La graduación o análisis granulométrico permite conocer la distribución por tamaños de la fracción de una muestra de agregado y en base a ella se pueden definir a los agregados como bien graduados, uniformes y de granulometría discontinua. Los

agregados bien graduados contienen una buena proporción de partículas de todo tamaño, variando de gruesas a finas tienden a encajar entre las partículas con lo que reduce la cantidad de huecos y permite definir la macrotextura y microtextura de una mezcla asfáltica.

Figura 2. 15 Diagrama de tamaños de agregado



Fuente: Elaboración propia

El propósito del análisis granulométrico es determinar el tamaño de las partículas que constituyen los agregados y fijar la cantidad de granos de distintos tamaños para las distintas mezclas con macro y microtextura que el mismo contiene que no se salga de los valores de graduación de los agregados para pavimentos.

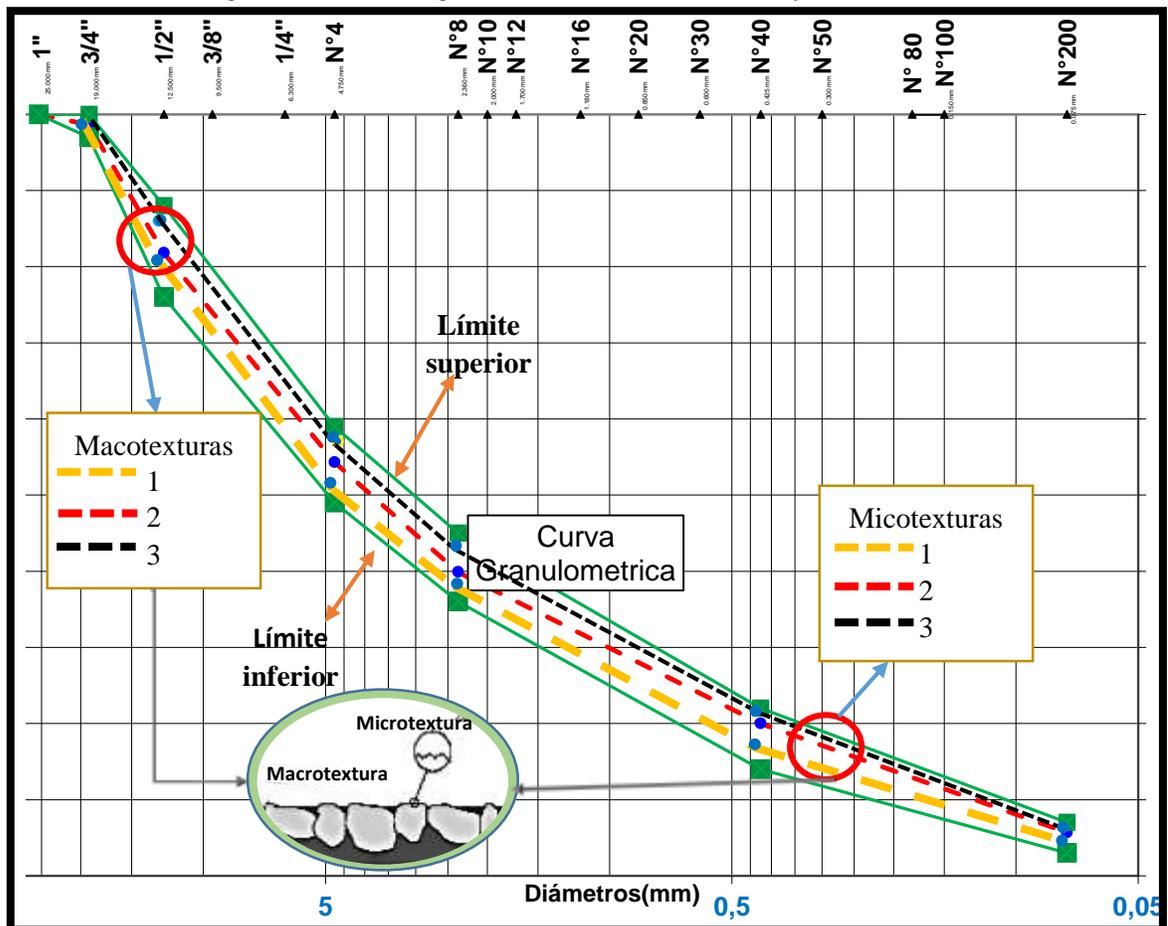
Tabla 2. 10 Graduación para mezclas asfálticas

Designación de graduación							
Tamiz		A	B	C	D	E	F
pulg.	mm						
2	50	100	---	---	---	----	----
1 1/2	37,5	97-100	100	---	----	----	----
1	25	----	97-100	100	---	---	-----
3/4,	19	66-80(5)	----	97-100	100	----	-----
1/2,	13	----	----	76-88(5)	97-100	----	
3/8,	9,5	48-60(6)	53-70(6)	----	----	100	100
N4	4,75	33-45(5)	40-52(6)	49-59(7)	57-69(6)	97-100	33-47(6)
N8	2,36	25-33(4)	25-39(4)	36-45(5)	41-49(6)	62-81(5)	7-13(4)
N40	0,425	9-17(3)	10-19(3)	14-22(3)	14-22(3)	22-37(3)	----
N200	0,075	3-8(2)	3-8(2)	3-7(2)	3-8(2)	7-16(2)	2-4(2)

Fuente: Manual centroamericano de especificaciones para la construcción de carreteras.

Se realizan mezclas asfálticas con agregados triturados y cemento asfáltico para lo cual: La curva granulométrica se ve afectada en el tamaño del árido grueso y el fino. Y así también como en la cantidad de material que tendrá en cada punto se obtiene mezclas asfálticas con macro texturas y micro texturas diferentes pero todas están dentro de los rangos establecidos en la norma Aashto.

Figura 2. 16 Curva granulométrica de macrotexturas y microtexturas



Fuente: Elaboración propia

2.4.9 Factores que afectan a la macrotextura y microtextura en el pavimento

Los factores más importantes que afectan la textura en el pavimento son los siguientes: En la superficie del pavimento, como la condición geométrica, la naturaleza del árido, la cantidad de asfalto, la textura superficial, la presencia de agua en el pavimento, la presencia de contaminantes (polvo, caucho), entre otros.

- En el tránsito, como la velocidad del vehículo, la clasificación de la vía y del peso de los vehículos y los neumáticos.
- En el clima, como la variación de la temperatura. En el presente capítulo se hará una breve descripción de la influencia de cada uno de estos factores en la adherencia, sin embargo lo que se evaluará a lo largo del trabajo será únicamente la textura superficial

2.5 Ensayos para evaluar la macrotextura y microtextura de un pavimento

Existe una gran variedad de ensayos que pueden ser utilizados para evaluar la adherencia entre el neumático y el pavimento. El inconveniente que tienen estos ensayos es que cada uno de ellos tiene un resultado independientemente del otro.

En este sentido, la AIPCR publicó el Experimento Internacional de Comparación y Armonización de las medidas de Textura y Resistencia al Deslizamiento. Este estudio consiste en obtener un indicador internacional llamado Índice de Fricción Internacional (IFI), de tal manera que las mediciones se puedan realizar con cualquiera de los equipos que se utilizan en todo el mundo y puedan compararse sus características con cualquier pavimento de cualquier lugar del mundo.

En el cuadro siguiente se muestra un resumen de los indicadores y equipos más usados en el mundo.¹⁴

2.5.1 Ensayos para evaluar la macrotextura del pavimento

Hoy en día existen diferentes tipos de ensayos para evaluar la macrotextura de un pavimento. Estos ensayos varían mucho, tanto en la rapidez del trabajo, tipo de medida y costo del equipo.

Estos ensayos se dividen en tres tipos de medida:¹⁴

¹⁴ Cfr. Publication AIPCR 1995: 1 - 4

¹⁴ Cfr. Publicación AIPCR 1995: 5 - 6

Método volumétrico

Este método mide la profundidad media de textura (MTD) y se mide con el método del círculo de la arena:

- **Círculo de la arena:** Este ensayo es la manera más antigua que se tiene de evaluar el pavimento.

Figura 2. 17 Ensayo del círculo de arena



Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Consiste en extender sobre la superficie del pavimento un volumen conocido de arena fina (que pase la malla 50 y la retenga la 100). Luego se extiende la arena formando un círculo. La medida de su diámetro permite determinar el área del círculo y al dividirlo entre el volumen se obtiene la profundidad promedio de las depresiones, como se muestra en la siguiente fórmula:

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

Donde:

PT = Profundidad de textura (macrotextura)

V = Volumen de arena

D = Diámetro del círculo formado por la arena

Actualmente también se está realizando este ensayo con esferas de vidrio, como se muestra en la figura, de tal manera que la homogeneidad del material sea más confiable:

Figura 2. 18 Círculo de arena. Equipo experimento internacional AIPCR (1995)



Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

A pesar que este ensayo es el más utilizado presenta una serie de inconvenientes:

- a) Funciona en tramos específicos, y no a nivel de red.
- b) Se debe cortar el tránsito en una carretera abierta.
- c) Es difícil garantizar la homogeneidad de la arena o de las esferas de vidrio por lo que se puede producir errores.

El marco portátil de textura: ¹¹

Este ensayo consiste en:

- Un marco de madera de 70 x 20 x 1 cm. sin fondo ni tapa
- A todo lo largo, por ambos bordes longitudinales hay una escala graduada en centímetros.
- Una banda metálica de 200 x 50 x 1cm. favorece en los primeros 5 cm. el inicio del ensayo coincidiendo con el cifrado de cero.
- 25cm³ de arena granulada que pasa por el tamiz 50 y retiene el tamiz 100.
- Paleta de madera fina de 3mm de espesor y 19mm de ancho para extender y enrasar la arena.
- La altura de la macrotextura HA(mm) se determina de la siguiente forma:

¹¹ Cfr. Diaz 1999

$$HA (mm) = \frac{12.50}{La(cm)}$$

Donde:

HA = Altura de macrotextura

La (cm) = Longitud de la mancha de arena

Tabla 2. 11 Escala de textura ensayada con el marco portátil de textura

La(cm)	Tipo de textura
>66.00	Muy fina
45.00 – 66.00	Fina
30.00-45.00	Media
15.00-30.00	Gruesa
<15.00	Muy gruesa

Como se puede observar, este ensayo está basado en el círculo de la arena teniendo la ventaja que es aún más económico.

Perfilómetros

Obtienen un perfil digital de la macrotextura. Existen tres tipos en general: láser, fotoseccionamiento y aguja de contacto. El más común es el del tipo láser. Estos equipos miden la altura de un punto sobre el pavimento. Normalmente van instalados en otros equipos pudiendo ser desplazados para su medida hasta una velocidad de 72Km/h. Uno de los Perfilómetros más usados es el siguiente:

Perfilómetro video láser RST 24

La evolución de las técnicas de medida de la textura especialmente con sensores láser de alta intensidad de muestreo ha originado un interés creciente por mejorar cuantitativa y cualitativamente la medida de la textura. Con este equipo se determina un valor de la Media Cuadrática de Textura (RMS) de las amplitudes del perfil filtrado de determinadas bandas de longitud de onda.

Se obtienen valores medios cada 20m y para cada uno de los tres rangos de medidas, es decir, evalúa la megatextura, la macrotextura gruesa y la macrotextura fina.

La textura se mide usando cámaras láser de 32 kHz. Para cada rodada, pudiéndose configurar para cada usuario.

Drenómetros

Miden el tiempo de drenaje. Se utiliza un cilindro transparente con un volumen establecido. Este cilindro tiene un obturador de caucho entre el cilindro y el pavimento. El cilindro es llenado de agua y se mide, con un cronómetro, el tiempo que tarda en evacuar el agua. El inverso del tiempo representa la medida de textura, que es la que determina el flujo de agua.

El tiempo en una superficie perfectamente lisa sería infinito

2.5.2 Ensayos para evaluar la microtextura del pavimento

Existen diferentes tipos de ensayo que evalúan la resistencia al deslizamiento. Entre estos están: SCRIM, Mu Meter, Griptester y el Péndulo TRRL. Debido a la importante influencia del agua en esta propiedad es que estos métodos han optado por normalizar los ensayos en condiciones de pavimento mojado.

Péndulo de fricción TRRL:

Figura 2. 19 Equipo péndulo de fricción



Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Este equipo mide el coeficiente de fricción para velocidades menores a 50 km/h. Se usa tanto para medir el CFL como el CFT, dependiendo de la ubicación del equipo.⁸ Se utiliza sobre una superficie húmeda, dejando desplazarse un péndulo, que tiene debajo una zapata. Este recorre una distancia normalizada en la superficie a medir

⁸ Cfr. Roco, Fuentes, Valverde 2003

hasta el reposo. Esta pérdida de energía por la fricción que tiene el pavimento se registra en una escala graduada que tiene incorporado.

El coeficiente de fricción es calculado de la siguiente manera:

$$CRD = \frac{Lect. Prome}{100}$$

Donde:

CRD = Coeficiente de resistencia al deslizamiento

Lect. Prome= Promedio de las lecturas realizadas con el péndulo

Péndulo de fricción diva¹¹

Este equipo, fabricado en Cuba, es similar al Péndulo Británico. Es importante recalcar que para obtener una confianza en los resultados se requiere de la buena calibración del equipo antes de iniciar el trabajo.

En cada ensayo el CFD se evalúa de la siguiente forma:

$$CFD = K * T \frac{Lect. Prom}{100}$$

Donde:

CFD = Coeficiente de fricción

K = Factor de corrección

T= Temperatura

Tabla 2. 12 Factor de corrección por temperatura

Temperatura de la superficie (°C)	T_{MB}
20.00 - 37.50	0.98
37.60 - 52.50	1.00
52.60 - 62.50	1.02
62.60 – 70.00	1.04

Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

¹¹ Cfr. Diaz 1999

2.6 Normas internacionales

A continuación se presentarán los valores mínimos de macrotextura y fricción recomendados en diferentes países para parámetros donde se haya utilizado concreto Asfáltico en caliente. Esto nos dará una idea de cómo se trata en otros países este tema. Si bien el título menciona esto como normas internacionales es bueno recalcar que en algunos países son únicamente valores recomendados.

En Chile:

- **Coefficiente de Fricción:** A continuación se presenta los Valores mínimos de Coeficiente de Rozamiento en Chile (medido con el equipo SCRIM)

Tabla 2. 13 Coeficiente de Fricción en Chile medido con el equipo SCRIM, según el tipo de sitio

Tipo de Sitio	Coef. de Roce
1. Rotonda 2. Curvas con radios menores a 150 (m) 3. Pendientes 1/20 o mayores y pendientes de largos mayores a 100(m) 4. Aproximaciones a cruces semaforizados en vías no restringidas	0.55
1. Vías interurbanas de categoría autopista primaria y colectora 2. Vías urbanas con tráfico con flujos mayores que 2000 veh/día	0.50
1. Todas las demás vías	0.40

Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Se puede apreciar que en estas especificaciones se ha diferenciado por zonas.

El Coeficiente de Fricción debe ser mayor en presencia de curvas y lugares de frenado.

En Cuba

- **Macrotextura:** Se propuso el valor de macrotextura mínimo de 0.3 (mm.) medido con el ensayo del (**Marco Portátil de Textura**)
- **Coefficiente de fricción:** El coeficiente de Fricción medido con el Péndulo Portátil DIVA (CFD) se considera como mínimo de 0.33 para los pavimentos flexibles en Cuba.

Si bien los equipos utilizados en Cuba son muy parecidos a los que se usan internacionalmente éstos no aparecen en el estudio de la AIPCR, por lo que es más difícil comparar los resultados con otros equipos.

Normas en España

- **Macrotextura:** En el artículo 543 de mezclas bituminosas en caliente O.C. 299/89T se indica: “Únicamente a efectos de recepción de capas de rodadura la textura superficial según la Norma NLT-335/87 (Círculo de Arena) no deberá ser inferior a 0.7mm”.
- **Coefficiente de fricción:** Los valores medidos por el equipo SCRIM no se establecen en los pliegos de condiciones de proyectos de una nueva construcción debido a que este valor en un pavimento nuevo siempre supera el umbral deseable. Este valor en un pavimento nuevo va de 0.70 – 0.80.

Las situaciones que pueden ocurrir a lo largo del tiempo de una carretera son muy variadas y no es habitual establecer especificaciones. Por este motivo los valores se han ilustrado de la siguiente manera en el Pliego de Condiciones Generales y Particulares

$CRT < 35.00 = \text{Inadecuado}$

$35.00 * CRT < 50.00 = \text{Seguimiento Especial}$

$CRT * 35.00 > 50.00 = \text{Generalmente Adecuado}$

En Inglaterra

- **Coefficiente de fricción:** Se recomendó un valor mínimo de 0.45 para todos los estados, utilizando el Péndulo Portátil TRRL, a velocidades entre 45 y 50 Km/h.

En Argentina

- **Macrotextura:** Se consideran pavimentos especiales desde el punto de vista de la adherencia a las profundidades de textura por encima de 0.50mm medidas con el Círculo de la Arena.
- **Coefficiente de fricción:** Según el Pliego de Concesiones Viales para calzadas en servicio, está indicado que el coeficiente μ_{65} debe ser mayor o igual a 0.40, como valor promedio por kilómetro. El límite que debe ser verificado es de $0.34\mu_u$.

2.7 Recomendaciones de la Asociación Mundial de Carreteras AIPCR

La Asociación Mundial de Carreteras AIPCR, donde se dan los siguientes límites, tanto para la Profundidad de Textura (PT), como para el Coeficiente de Resistencia al Deslizamiento (CRD).

Tabla 2. 14 Criterios para calificar la seguridad vial tomando en cuenta los valores de PT

Condición	Calificación	Resultado del Diagnostico
< 0.20	Muy fina	Requiere mantenimiento
$0.20 \leq PT \leq 0.40$	Fina	Solo para tramos donde raramente se superan los 80 Km/h (áreas urbanas)
$0.40 \leq PT \leq 0.80$	Media	Para tramo normales con velocidades moderadas de 80 a 120 Km/h
$0.80 \leq PT \leq 1.20$	Gruesa	Para tramos normales con velocidades superiores a 120 Km/h
> 1.20	Muy Gruesa	Para casos especiales con peligro de deslizamiento

Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

Tabla 2. 15 Criterios para calificar la seguridad vial tomando en cuenta los valores de CRD

Condición	Calificación	Resultado del Diagnostico
$CRD \geq 1.50$	Excelente	Superficie muy rugosa y áspera apropiada para el transito intenso o altas velocidades incluso con pavimentos mojados
$0.82 \leq CRD \leq 1.50$	Bueno	Superficie con rugosidad y aspereza aceptable para transito medio, propician condiciones satisfactorias de seguridad con pavimentos mojados a moderadas velocidades de seguridad
$0.45 \leq CRD \leq 0.82$	Regular	Superficie con rugosidad y aspereza adecuada para intensidades bajas o hasta media con precauciones. Condiciones garantizadas de seguridad solo con pavimento seco. Se debe evaluar periódicamente el CRD Y PT
$0.21 \leq CRD \leq 0.45$	Malo	Condiciones inseguras de circulación con pavimento mojado y aun incluso con pavimentos secos. Superficie con rugosidad y aspereza inadecuada, con peligro, velocidad limitada y marcado pavimento
$CRD \leq 0.21$	Pésimo	Circulación insegura con pavimento seco y crítico con pavimento mojado. Se debe reponer las características antideslizantes del pavimento. Establecer señalización vertical y horizontal con medidas extremas de control mientras permanezcan las condiciones inseguras.

Fuente: Resistencia al deslizamiento en pavimentos flexibles

DISEÑO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS DE MACROTEXTURAS Y MICROTEXTURAS VARIADA

3.1 Caracterización del agregado pétreo

Obtención y selección del árido y cemento asfáltico

Básicamente el material a utilizar debe cumplir ciertas especificaciones que mencionamos anteriormente. Para el presente proyecto utilizamos materiales existentes en la ciudad de Tarija que se ajustan dentro de las normativas vigentes. Además de tener una disponibilidad.

Ubicación

El Río Guadalquivir (erika) es el límite natural entre los cantone

Figura 3. 1 Ubicación geográfica constructora Erika



Fuente: Elaboración propia

Descripción del tipo de material

Deposito aluvial, donde encontramos materiales como gravas y arenas; los fragmentos rocosos extraídos del río con excavadoras de oruga, luego pasan por un proceso de trituración para obtener los tamaños de agregados requeridos.

Usos en la construcción

Los agregados pétreos de (Erika) se pueden emplear como subbase, base, mezclas asfálticas y hormigones.

Toma de muestra de agregados pétreos

Se tomó muestra de material de agregado triturado 3/4", 3/8" y arena del stock de la planta Asfáltica de ERIKA, la toma de muestra fue realizada por el método de cuarteo

Caracterización de agregados pétreos y ligante asfáltico

Los ensayos de agregados pétreos, cemento asfáltico se realizaron en el Laboratorio de Materiales de Construcción de la Universidad Juan Misael Saracho en el Área de Hormigones y Pavimentos en el laboratorios de asfaltos respectivamente.

Agregados pétreos (gruesos y finos)

Un procedimiento preliminar para el diseño de mezclas asfálticas óptimo es la caracterización de los agregados pétreos en laboratorio, los ensayos para áridos gruesos y finos están normados por la ASTM y/o por su equivalente en las normas AASHTO y los resultados de los mismos deben cumplir con las Especificaciones Generales.

3.1.1 Análisis granulométrico – granulometría (agregado grueso y fino)

Norma Ensayo: ASTM C 136 AASHTO T27

Alcance: Éste ensayo abarca la determinación del tamaño de las partículas de agregados finos y gruesos; usando tamices con aberturas cuadradas y también es aplicable con el uso de tamices con abertura cuadrada.

Figura 3. 2 Análisis granulométrico tamizado de agregados finos y gruesos



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Granulometría

Norma : AASTO T-84

Tipo de agregado: **Grava (3/4)**

Tabla 3. 1 Granulometría agregado 3/4"

Peso Total (gr.) =			3000		% Que pasa del total
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Retenido Acumulado		
			(gr)	(%)	
1"	25,4	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,1	115,40	115,40	3,85	96,20
1/2"	12,50	1401,10	1516,50	50,55	49,50
3/8"	9,50	252,00	1768,50	58,95	41,10
n4	4,75	1214,00	2982,50	99,42	0,60
n8	2,36	3,55	2986,05	99,54	0,50
n16	1,18	3,35	2989,40	99,65	0,40
n40	0,43	3,10	2992,50	99,75	0,30
n80	0,18	2,96	2995,46	99,85	0,20
200	0,075	4,00	2999,46	99,98	0,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

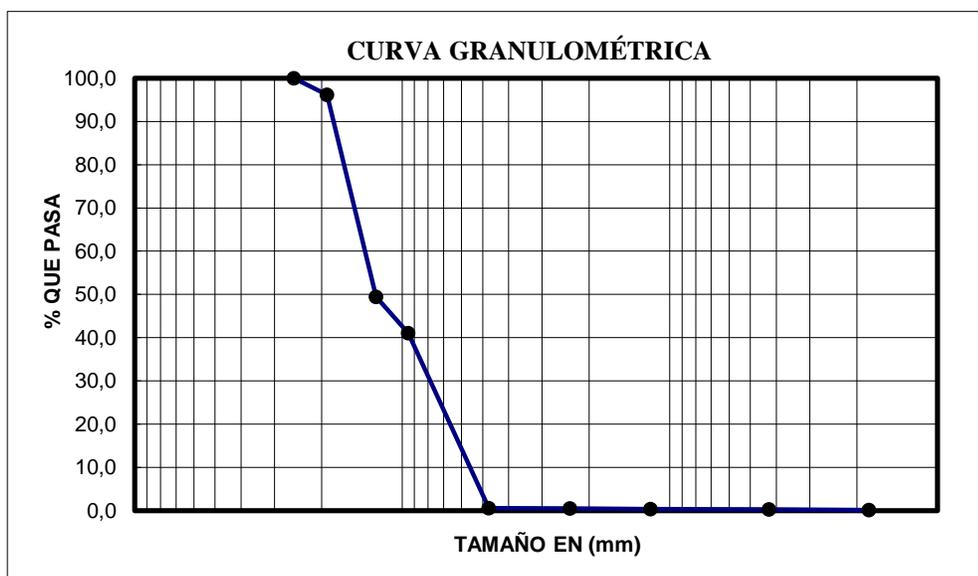


Gráfico No.3.1: Curva Granulométrica agregado 3/4" Constructora erika

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Granulometría

Norma : AASTO T-84

Tipo de agregado: **Grava (3/8)**

Tabla 3. 2 Granulometría agregado 3/8"

Peso Total (gr.) =			3000		% Que pasa del total
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Retenido Acumulado		
			(gr)	(%)	
1"	25,400	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	40,00	40,00	1,33	98,70
N°4	4,750	1440,00	1480,00	49,33	50,70
N°8	2,360	1095,50	2575,50	85,85	14,20
N°16	1,180	359,45	2934,95	97,83	2,20
N°40	0,425	12,50	2947,45	98,25	1,80
N°200	0,180	24,00	2971,45	99,05	1,00
N°81	0,075	9	2980,45	99,35	0,70

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

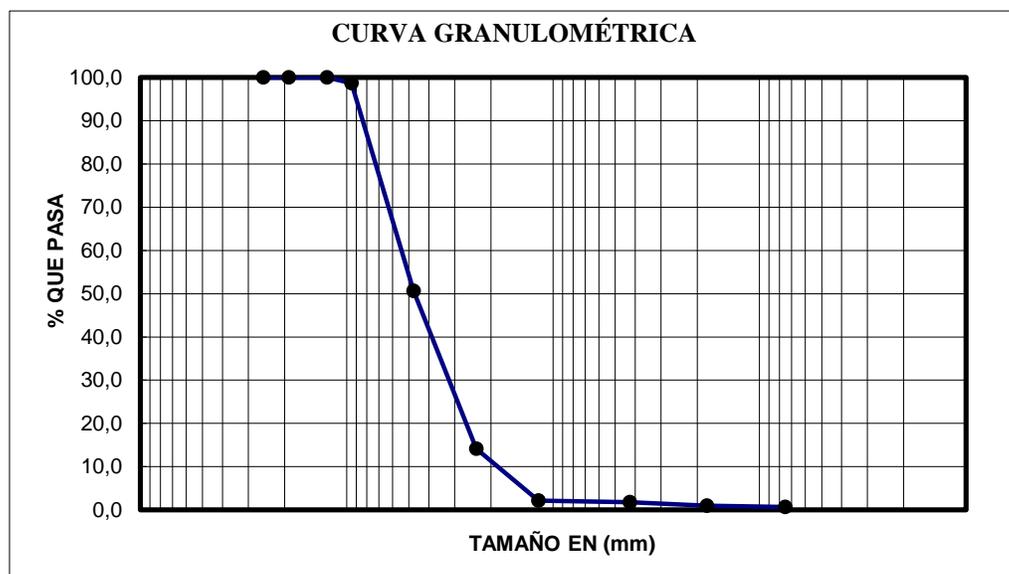


Gráfico No.3.2: Curva Granulométrica agregado 3/8" Constructora Erika

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Granulometría

Norma : AASTO T-84

Tipo de agregado: FINO (ARENA)

Tabla 3. 3 Granulometría agregado fino.

Peso Total (gr.)			1000		% que pasa del total
Tamices	tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum		
			(gr)	%	
3/8	9,50	0,00	0,00	0,00	100,0
Nº4	4,75	0,70	0,70	0,07	99,90
Nº8	2,36	161,50	162,20	16,22	83,80
Nº16	1,18	202,70	364,90	36,49	63,50
Nº30	0,43	191,00	555,90	55,59	44,40
Nº50	0,18	144,00	699,90	69,99	30,00
Nº100	0,08	174,10	874,00	87,40	12,60
BASE	0,00	3,50	877,50	87,75	12,30

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

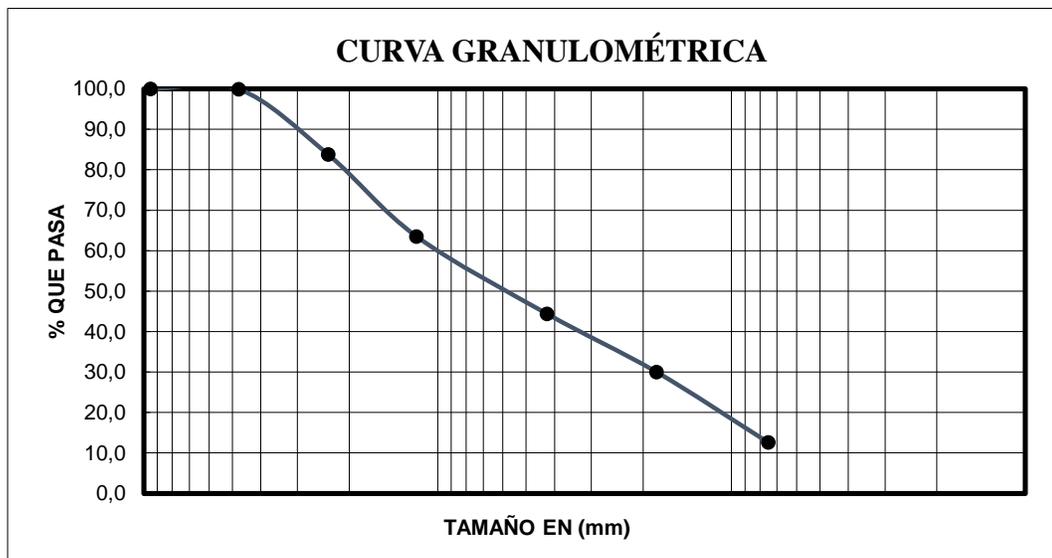


Gráfico No.3.3: Curva Granulométrica agregado 3/4" Constructora Erika

3.1.2 Gravedad específica y absorción del agregado fino y grueso

Gravedad específica y Absorción del agregado fino

Norma Ensayo: ASTM C128 AASHTO T84

Alcance: Con este ensayo se obtiene la gravedad específica de la masa, gravedad específica aparente y la absorción (después de 24 horas en agua) de los agregados finos.

La gravedad específica de la muestra de agregado es determinado al comparar, el peso del volumen dado de agregado con el peso de un volumen igual de agua, a la misma temperatura. La gravedad específica del agregado se expresa en múltiplos del peso específico del agua (la cual siempre tiene un valor de 1).

Figura 3. 3 Secado de agregado fino para la condición saturada superficie seca.



Fuente: Elaboración

Gravedad específica y Absorción del agregado grueso

Norma Ensayo: ASTM C127 AASHTO T85

Alcance: Éste ensayo se emplea para determinar la gravedad específica de la masa, la gravedad específica aparente y la absorción (después de 24 horas en agua a temperatura ambiente) del agregado grueso.

Figura 3. 4 Agregado grueso sumergido en agua. Secado de agregado grueso



Fuente: Elaboración

Figura 3. 5 Peso del agregado grueso



Fuente: Elaboración

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Peso Especifico

Norma : AASTO T-84

Tipo de agregado: FINO (ARENA)

Tabla 3. 4 Gravedad específica y absorción agregado fino.

Número	PESO MUESTRA A (gr)	PESO MATRÁZ Z (gr)	MUESTRA A + MATRÁZ + AGUA (gr)	PESO AGUA AGREGADO AL MATRÁZ "W" (ml) ó (gr)	PESO MUESTRA A SECADA "A" (gr)	VOL. DEL MATRÁZ Z (ml)	P. E. GRANULAR (gr/cm ³) A/(v-V)	P. E. S.S.S. (gr/cm ³) P/(v-V)	P. E. APARENTE (gr/cm ³) A/(v-V)-(P-A)	% DE ABSORCIÓN (P-A/P)*100
1	500	251,3	1178,1	426,80	490,20	613,6	2,62	2,67	2,76	1,96
2	500	251,3	1178,9	427,60	491,20	613,6	2,64	2,68	2,77	1,76
3	500	251,3	1177,8	426,50	490,00	613,6	2,61	2,67	2,76	2,00
PROMEDIO							2,63	2,68	2,7	1,91

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tipo de agregado: Grueso

Tabla 3. 5 Gravedad específica y absorción agregado grueso.

MUESTRA Nº	PESO MUESTRA SECADA "A" (gr)	PESO MUESTRA SATURADA CON SUP. SECA "B" (gr)	PESO MUESTRA SAT. DENTRO DEL AGUA "C" (gr)	PESO ESPECÍFICO A GRANEL (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO S.S.S. (gr/cm ³)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (gr/cm ³)	% DE ABSORCIÓN
1	2182,00	2207,00	1366,00	2,595	2,62	2,67	1,15
2	2024,00	2048,00	1268,00	2,595	2,62	2,67	1,19
3	2256,00	2279,00	1405,00	2,581	2,60	2,65	1,02
PROMEDIO				2,590	2,61	2,66	1,12

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.1.3 Abrasión o Desgaste del agregado grueso

Norma Ensayo: ASTM C131 AASHTO T96

Alcance: El ensayo de desgaste de Los Ángeles o abrasión o es utilizado para medir la resistencia del agregado grueso al desgaste. La elevada resistencia al desgaste indicada por un bajo porcentaje de pérdidas por abrasión es una característica anhelada de los materiales pétreos que se emplearán en la construcción de pavimentos asfálticos.

Figura 3. 6 Ensayo de desgaste de los ángeles del agregado



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 7 Agregado después del ensayo de ángeles.



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Desgaste de los Ángeles

Norma : AASTO T -96

Resultados:

Tipo de agregado: 3/4"

Tabla 3. 6 Ensayo de desgaste del agregado 3/4".

Tipo de gradación		B	
Masa inicial de la muestra	A		5000,00
Masa retenida en el tamiz N°12 después 500 revoluciones	B		3511,40
CALCULOS			
Masa que pasa el tamiz N° 12	C=(A-B)		1488,60
Porcentaje de desgaste	D=C/A		29,77%

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Resultados:

Tipo de agregado: 3/8"

Tabla 3. 7 Ensayo de desgaste del agregado 3/8".

Tipo de gradación		C	
Masa inicial de la muestra	A		5000,00
Masa retenida en el tamiz N°12 después 500 revoluciones	B		3283,70
CALCULOS			
Masa que pasa el tamiz N° 12	C=(A-B)		1716,30
Porcentaje de desgaste	D=C/A		34,32%

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.1.4 Equivalente de arena del agregado fino

Norma Ensayo: ASTM D2419 AASHTO T176

Alcance: Consiste en el análisis de la proporción relativa de polvo fino o material arcilloso perjudicial contenido en los finos que pasan el tamiz N° 4 (4.75mm), empleados en las mezclas asfálticas y en las capas de base.

Figura 3. 8 Equivalente de arena del agregado fino.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3. 9 Lectura de Equivalente de arena



Fuente: Elaboración Propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Equivalente de Arena

Norma : AASTO T -176

Tabla 3. 8 Equivalente de arena del agregado fino muestra 1

Determinaciones	muestra N°1
Lectura Nivel Superior Suspensión (A)	8,20
Lectura Nivel Superior Sedimento (B)	4,50
EQUIVALENTE DE ARENA (B/A)*100	54,87 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3.8. 1 Equivalente de arena del agregado fino muestra 2

Determinaciones	muestra N°2
Lectura Nivel Superior Suspensión (A)	8,10
Lectura Nivel Superior Sedimento (B)	4,30
EQUIVALENTE DE ARENA (B/A)*100	53,09 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Tabla 3.8. 2 Equivalente de arena del agregado fino muestra 3

Determinaciones	muestra N°3
Lectura Nivel Superior Suspensión (A)	8,40
Lectura Nivel Superior Sedimento (B)	4,60
EQUIVALENTE DE ARENA (B/A)*100	54,76 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Tabla 3.8. 3 Promedio de muestra de equivalente de arena muestra (1-2-3)

RESUMEN	
Muestra N° 1	54,87
Muestra N° 2	53,09
Muestra N° 3	54,76
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO	54,51 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.1.5 Partículas fracturadas del agregado grueso

Norma Ensayo: ASTM D 692

Alcance: Este ensayo consiste en determinar el porcentaje de agregado grueso, que presenta una o más caras fracturadas

Figura 3. 10 Selección de caras fracturadas agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 11 Caras fracturadas agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 12 Caras fracturadas agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Caras Fracturadas

Norma : AASTO D-692

Tipo de agregado: **Grueso** ¾

Tabla 3. 9 Partículas fracturadas del agregado grueso ¾"

ENSAYO	Lecturas			Promedio
	1	2	3	
ENSAYO N°				
Peso Total de la Muestra(grs.) (A)	1000,00	1000,00	1000,00	
Peso de Material Triturado (grs.) (B)	962,50	965,10	966,40	
Material Natural (grs.) (A-B)	37,50	34,90	33,60	
% Caras Fracturadas = (B/A)*100	96,25	96,51	96,64	96,50 %
% Material Natural	3,75	3,49	3,36	3,50%

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tipo de agregado: **Grueso** 3/8

Tabla 3. 10 Partículas fracturadas del agregado 3/8

ENSAYO	Lecturas			Promedio
	1	2	3	
ENSAYO N°				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA(grs.) (A)	500,00	500,00	500,00	
Peso de Material Triturado (grs.) (B)	475,20	483,60	400,00	
Material Natural (grs.) (A-B)	24,80	16,40	100,00	
% Caras Fracturadas = (B/A)*100	95,04	96,72	80,00	90,60 %
%Material Natural	4,96	3,28	20,00	9,40%

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Caras Fracturadas

Norma : AASTO D-692

LAMINARIDAD

Tipo de agregado: **Grueso 3/4**

Tabla 3. 11 Laminaridad del agregado grueso 3/4"

ENSAYO	Lecturas			Promedio
	1	2	3	
ENSAYO N°	1	2	3	
PESO TOTAL DE LA MUESTRA(grs.) (A)	1000,00	1000,00	1000,00	
Peso de Material no Laminar (grs.) (B)	960,40	952,40	967,40	
Material Laminar (grs.) (A-B)	39,60	47,60	32,60	
% Material no Laminar= (B/A)*100	96,04	95,24	96,74	96,00 %
%Material Laminar	3,96	4,76	3,26	4,00 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Fuente de material: **Constructora Erika**

Tipo de agregado: **Grueso 3/8**

Tabla 3. 12 Laminaridad del agregado grueso 3/8"

ENSAYO	Lecturas			Promedio
	1	2	3	
ENSAYO N°	1	2	3	
PESO TOTAL DE LA MUESTRA(grs.) (A)	500,00	500,00	500,00	
Peso de Material no Laminar (grs.) (B)	473,8	475,92	471,30	
Material Laminar (grs.) (A-B)	26,20	24,10	28,70	
% Material no Laminar= (B/A)*100	94,76	95,18	94,26	94,7 %
%Material Laminar	5,24	4,82	5,74	5,3 %

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.1.6 Desintegración al sulfato de sodio (AASHTO T-104, ASTM C88)

Este ensayo también realizado como característica de los agregados, consiste en la realización de capsulas resultantes de la combinación de determinados tamaños de agregado, que se someten a un proceso, con el único fin de averiguar que tanto se desgasta el material en cuestión, en una solución de sulfato de sodio. El ensayo de sulfato de sodio también es llamado soundness, de bondad o de intemperismo acelerado, ya que el resultado simula el desgaste que tendría el agregado, al estar a la intemperie por un largo tiempo.

Figura 3. 13 Sulfato de sodio del agregado grueso y fino



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 14 Secado de las muestras de sulfato de sodio



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Sulfato de Sodio

Norma : AASTO T -104

Tabla 3. 13 Sulfato de sodio agregado grueso

AGREGADO GRUESO									
Granulometria				Peso Materiales		Perdida Por Diferencia (Grs.)	% Pasa al Tamiz mas fino	% Perdida Respecto Tamiz	% Perdida Respecto Muestra Total
Tamiz N°	Tamiz Pasa	Tamiz Ret.	Material	Antes Ensayo (Grs.)	Despues Ensayo (Grs.)				
1"	1"	3/4"	98,60	502,20	495,00	7,20	16,80	1,43	0,24
3/4"	3/4"	1/2"	81,80	299,10	298,30	0,80	3,30	0,27	0,01
1/2"	1/2"	3/8"	78,50	302,20	299,90	2,30	24,20	0,76	0,18
3/8"	3/8"	N° 4	54,30	203,60	201,20	2,40	14,40	1,18	0,17
N° 4	N° 4	N° 8	39,90	0,00	0,00	0,00	39,90	0,00	0,00
						TOTAL % PERDIDA DE PESO= 0.60			

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. 14 Sulfato de sodio agregado fino

AGREGADO FINO									
Granulometria				Peso Materiales		Perdida Por Diferencia (Grs.)	% Pasa al Tamiz mas fino	% Perdida Respecto Tamiz	% Perdida Respecto Muestra Total
Tamiz N°	Tamiz Pasa	Tamiz Ret.	Material	Antes Ensayo (Grs.)	Despues Ensayo (Grs.)				
3/8"	3/8"	N° 4							
N° 4	N° 4	N° 8	39,90	101,30	98,10	3,20	39,90	3,16	1,26
N° 8	N° 8	N° 16	28,50	101,00	97,70	3,30	28,50	3,27	0,93
N° 16	N° 16	N° 40	20,00	100,40	98,40	2,00	20,00	1,99	0,40
N° 40	N° 40	N° 80	13,50	100,70	97,50	3,20	13,50	3,18	0,43
N° 80	N° 100	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Elaboración Propia

TOTAL % PERDIDA DE PESO	3,02
PERDIDA TOTAL %	3,62

3.1.7 Límites de Atterberg (AASHTO T-89)

Este ensayo también realizado como característica de los agregados, consiste en obtener el contenido de humedad que corresponde al límite arbitrario entre los estados de consistencia líquido y plástico de un suelo.

Figura 3. 15 Límites de Atterbrg



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

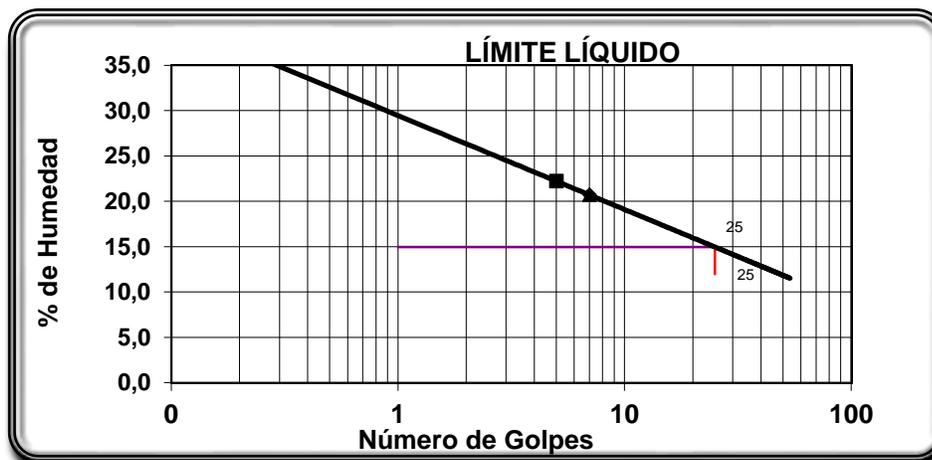
Tipo de Ensayo: Límites de ATTRBERG

Norma : AASTO T -89

Tabla 3. 15 Límites de Atterberg

Nº Tara	Peso Suelo Hum.+Tara	Peso Suelo Seco+Tara	Peso agua	Peso Tara	Peso Suelo Seco	% de hum.	Nº de Golpes
3	40,50	36,50	4,00	18,50	18,00	22,22	5,00
4	41,50	37,40	4,10	17,60	19,80	20,71	7,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados



LIMITES DE ATTERBERG (Límite Plástico) (N.P)

Límite Líquido	15,0		Límite Plástico	N.P .	Índice de plasticidad	0,0	CLASIFICACIÓN AASHTO M 145	
	AASHTO	A - 1a (0)						
Coefficiente de uniformidad	47,50	D60=	D30=	8,47	D10=	0,58	Unificada	

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.1.8 peso unitario (AASHTO T 29, ASTM C 29M)

Consiste en poner en obtener el peso unitario de los agregados a temperatura ambiente con el fin de realizar conversiones de volumen a pesos de los agregados a utilizar en la mezcla asfáltica.

Figura 3. 16 peso unitario de agregado grueso y fino.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 17 varillado y enrazado de agregado grueso y fino.



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Peso Unitario

Norma : AASTO T -19

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO

Tabla 3. 16 Peso unitario suelto del agregado fino

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2605,00	3003,14	7252,00	4647,00	1,54
2	2605,00	3003,14	7245,00	4640,00	1,54
3	2605,00	3003,14	7285,00	4680,00	1,55
PROMEDIO					1,55

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

PESO UNITARIO COMPACTAD AGREGADO FINO

Tabla 3. 17 peso unitario compactado del agregado fino

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	2605,00	3003,14	7352,00	4747,00	1,58
2	2605,00	3003,14	7485,00	4880,00	1,62
3	2605,00	3003,14	7550,00	4945,00	1,64
PROMEDIO					1,62

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo

Procedencia: Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Peso Unitario

Norma : AASTO T -19

Tipo de agregado: **Grueso 3/4**

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO ¾

Tabla 3. 18 Peso unitario suelto del agregado grueso 3/4

MUESTRA N°	PESO RECIPIEN. (gr)	VOLUMEN RECIPIEN. (cm3)	PESO RECIP. + MUESTR. SUELTA (gr)	PESO MUESTR. SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5650,00	9774,89	17785,00	12135,00	1,24
2	5650,00	9774,89	18040,00	12390,00	1,26
3	5650,00	9774,89	17905,00	12255,00	1,25
PROMEDIO					1,25

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO ¾

Tabla 3. 19 Peso unitario compactado del agregado grueso 3/4"

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTR. SUELTA (gr)	PESO MUESTR. SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5650,00	9774,89	19090,00	13440,00	1,37
2	5650,00	9774,89	19100,00	13450,00	1,37
3	5650,00	9774,89	19850,00	14200,00	1,45
PROMEDIO					1,40

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Constructora "ERIKA"

Tipo de Ensayo: Peso Unitario

Norma : AASTO T -19

Tipo de agregado: **Grueso 3/8**

PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO 3/8

Tabla 3. 20 Peso unitario suelto del agregado grueso 3/8"

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5650,00	9774,89	18865,00	13215,00	1,35
2	5650,00	9774,89	18920,00	13270,00	1,35
3	5650,00	9774,89	18812,00	13162,00	1,34
PROMEDIO					1,35

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO 3/8

Tabla 3. 21 Peso unitario compactado del agregado grueso 3/8"

MUESTRA N°	PESO RECIPIENTE (gr)	VOLUMEN RECIPIENTE (cm3)	PESO RECIP. + MUESTRA SUELTA (gr)	PESO MUESTRA SUELTA (gr)	PESO UNITARIO SUELTO (gr/cm3)
1	5650,00	9774,89	20145,00	14495,00	1,48
2	5650,00	9774,89	20060,00	14410,00	1,47
3	5650,00	9774,89	20105,00	14455,00	1,47
PROMEDIO					1,47

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.1.9 Resumen de resultados de la caracterización de agregados pétreos

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados en los áridos, los mismos que se verifica si cumplen los valores mínimos y máximos estipulados en la

Tabla 3. 22 Resumen de resultados de agregado grueso

Ensayo	UNIDAD	RESULTADO	Limites	Designación AASHTO	
peso específico agregado grueso	(gr/cm ³)	2,67	---	AASHTO T-84	
peso específico agregado fino	(gr/cm ³)	2,63	---		
desgaste de los ángeles (3/4)	%	29,77	Max 40%	AASHTO T-96	
desgaste de los ángeles (3/8)		34,32			
equivalente de arena	%	54,24	min. 45%	AASHTO T-176	
caras fracturadas (3/4)	%	96,60	min. 75%	ASTM D-692	
caras fracturadas (3/8)		90,60			
Laminaridad (3/4)	%	4,00	Max.15%	ASTM D-692	
Laminaridad (3/8)		5,30			
sulfato de sodio	%	3.66	Max. 12%	AASHTO T-104	
limites		N.P		AASHTO T-89	
ensayo	material	unidad	resultado		Designación AASHTO
			suelto	compactado	
Peso Unitario	Grava	(gr/cm ³)	1,25	1,40	AASHTO T 19
	Gravilla	(gr/cm ³)	1,35	1,47	
	Arena	(gr/cm ³)	1,55	1,61	

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.2 Caracterización del ligante asfáltico

El cemento asfáltico es empleado para la producción de mezclas asfálticas en caliente, ya que por sus propiedades adhesivas facilita la unión de los áridos. Tres métodos basados en la penetración, viscosidad o comportamiento se usan para la clasificación de los cementos asfálticos.

La toma de muestras del ligante asfáltico, se realizó en la Planta Asfáltica de la Alcaldía (Posta).

Los ensayos que fueron realizados sobre el ligante asfáltico original y envejecido, se detallan a continuación:

Ligante Asfáltico Original:

- Densidad relativa y específica de materiales bituminosos semisólidos
- Punto de Inflamación con copa abierta Cleveland (Punto de chispa y llama)
- Penetración
- Viscosidad a 60°C
- ductylidad

Ligante Asfáltico Envejecido:

- Envejecimiento de cemento asfalto con el ensayo de Película Delgada en horno Rotatorio (RTFO)
- Penetración

3.2.1 Peso Específico de materiales bituminosos semisólidos

Norma Ensayo: ASTM D70 AASSHTO T43

Alcance: Éste ensayo sirve para obtener la densidad relativa y específica de los productos asfálticos, con el empleo de picnómetros.

Figura 3. 18 Ensayo peso específico laboratorio UAJMS.



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Posta (alcaldía)

Tipo de Ensayo: Peso Especifico

Norma : AASTO T 2-51

Tabla 3. 23 Peso específico de AC. muestra 1

Determinantes	Muestra 1
Masa del picnómetro más tapa (A)	38,07
Masa del picnómetro lleno de agua (B)	62,87
Masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto (C)	55,98
Masa del picnómetro más asfalto más Agua (D)	62,93
Densidad del agua a la temperatura del ensayo	997,00
Peso especifico	1,003 Gr/cm³

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 24 Peso específico de AC. muestra 2

Determinantes	Muestra 2
Masa del picnómetro más tapa (A)	38,07
Masa del picnómetro lleno de agua (B)	62,82
Masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto (C)	55,95
Masa del picnómetro más asfalto más Agua (D)	62,87
Densidad del agua a la temperatura del ensayo	997,00
Peso Especifico	1,003 Gr/cm³

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 25 Peso específico de AC. muestra 3

Determinantes	Muestra 3
Masa del picnómetro más tapa (A)	38,07
Masa del picnómetro lleno de agua (B)	62,81
Masa del picnómetro parcialmente lleno con asfalto (C)	55,97
Masa del picnómetro más asfalto más Agua (D)	62,85
Densidad del agua a la temperatura del ensayo	997
Peso Especifico	1,002 Gr/cm³

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Tabla 3. 26 Promedio de peso específico de AC. (Mues1-mues2-mues3)

RESUMEN	Peso específico
muestra 1	1,001
muestra 2	1,002
muestra 3	1,004
promedio	1,003 Gr/cm³

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.2.2 Punto de inflamación con copa abierta Cleveland

Norma Ensayo: ASTM D70 AASSHTO T43

Alcance: Se considera el punto de inflamación como un parámetro importante para el transporte y almacenamiento del cemento asfáltico, pesto que indica la temperatura mínima a la cual el material bituminoso empieza a generar vapores potencialmente inflamables y que ocasionan incendios.

Figura 3. 19 Punto de inflamación sobre la muestra de cemento



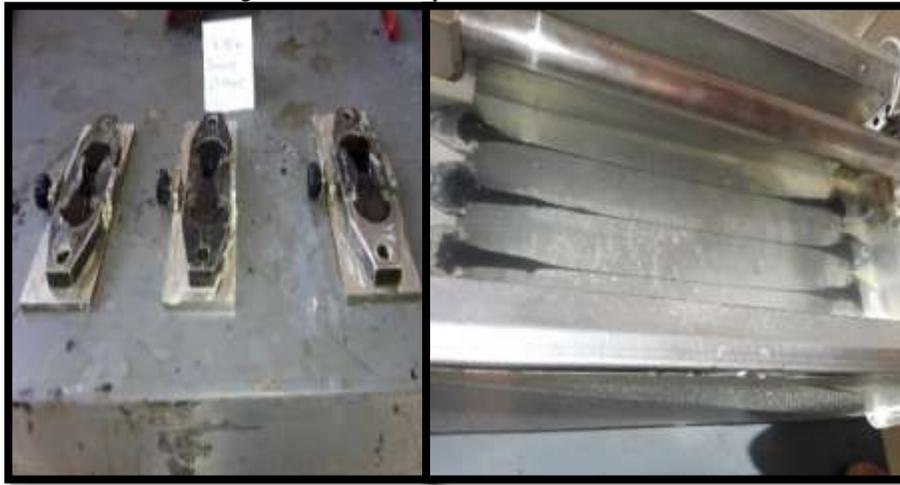
Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Ductilidad del asfalto

Norma Ensayo: ASTM D113 AASHTO T51

Alcance: Este ensayo se realiza ya que es importante determinar la presencia o ausencia de ductilidad midiendo la capacidad de elongación del asfalto antes de romperse, bajo condiciones de temperatura de 25°C. Cuando los asfaltos son dúctiles tienen mejores propiedades aglomerantes

Figura 3. 20 Ensayo de ductilidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 21 Diagrama de rompimiento en el ensayo de ductilidad.



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo Procedencia: Posta (alcaldía)

Tipo de Ensayo: Punto de Inflamación **Norma :AASTO T-79**

Tipo de Ensayo: Ductilidad **Norma :AASTO T-51**

Identificación de la muestra	Alcaldía (Posta)
------------------------------	------------------

Tabla 3. 27 Punto de Inflamación AC.

lecturas	Punto de infamación (°C)
muestra 1	290,00
Muestra 2	293,00
Muestra 3	286,00
promedio	289,66

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Identificación de la muestra	Alcaldía (Posta)
Temperatura de ensayo (°C)	25 °C

Tabla 3. 28 Ductilidad del AC.

Determinantes	Muestra 1 (cm)
punto 1	125,00
punto 2	99,00
punto 3	108,00
promedio	110,67 cm.

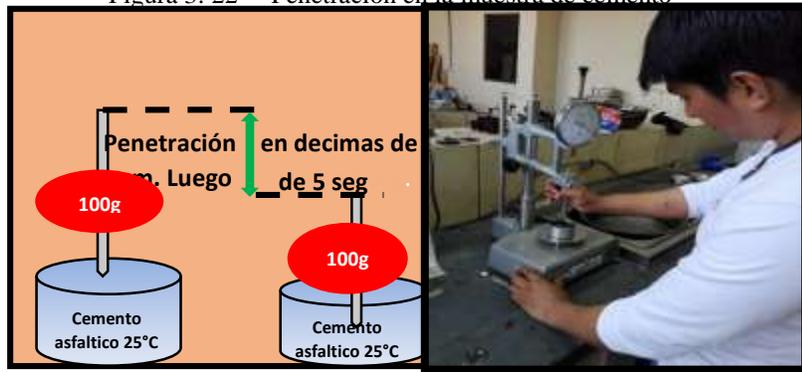
Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.2.4 Penetración de materiales bituminosos

Norma Ensayo: ASTM D5 AASSHTO T49

Alcance: Es otro método para medir la consistencia del ligante asfáltico; también utilizado como guía para caracterizar los asfaltos por grado de penetración. Los asfaltos blandos tendrán penetraciones mayores que los más rígidos.

Figura 3. 22 Penetración en la muestra de cemento



Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Ensayo de película delgada en horno rotatorio envejecimiento del AC

Norma Ensayo: ASTM D2872 AASSHTO T240

Alcance: Con este procedimiento se evalúa la susceptibilidad al endurecimiento o envejecimiento que tendría el cemento asfáltico en el proceso de mezclado. El resultado se mide por un cambio de masa; comparando la masa original respecto a la masa después del calentamiento en el horno rotatorio.

Figura 3. 23 Película delgada.



Fuente: Elaboración propia

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Posta (alcaldía)

Tipo de Ensayo: Penetración

Norma : AASTO T -49

Tabla 3. 29 Penetración del AC. tara 1

Determinantes	Tara 1 (mm)
punto 1	88,00
punto 2	96,00
punto 3	91,00
promedio	91,67 mm

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 30 Penetración del AC. tara 2

Determinantes	Tara 2 (mm)
punto 1	92,00
punto 2	86,00
punto 3	94,00
promedio	90,67 mm

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Tabla 3. 31 Penetración del AC. tara 3

Determinantes	Tara 3 (mm)
punto 1	88,00
punto 2	92,00
punto 3	90,00
promedio	90,00 mm

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 32 Promedio de Penetración del AC. (muestra 1-muestra 2-muestra 3)

RESUMEN	
Tara 1	91,67
Tara 2	90,67
Tara 3	90,00
promedio	90,78 mm

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo Procedencia: Posta (alcaldía)

Tipo de Ensayo: Película Delgada Norma :AASTO T 240

Información General

Identificación de la muestra	Alcaldía (Posta)
Temperatura de ensayo (°C)	163 °C

Tabla 3. 33 Película delgada

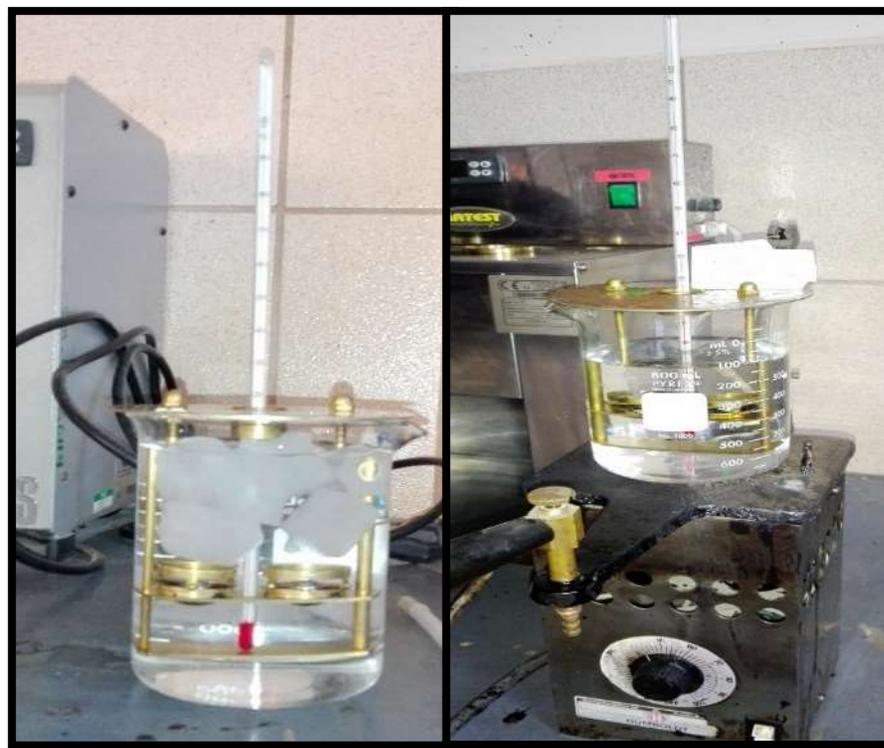
ENSAYO	Unidad	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
	Ensayos Sobre el Residuo de la Película Delgada				
Peso C. Asfalto Antes del Ensayo		51,25	50,83	50,03	
Peso C. Asfalto Después del Ensayo		51,14	50,71	49,88	
Pérdida en masa	%	0,21	0,24	0,30	0,25
Penetración del residuo, penetración original	%	56,00	57,00	57,00	56,67
Ductilidad	Cm	101,00	100,00	100,50	100,50

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.2.6 Punto de ablandamiento

Los ligantes bituminosos no son sólidos cristalinos con un punto de fusión bien definido, es decir, una temperatura determinada para pasar del estado sólido al líquido, sino que al elevarse la temperatura, van perdiendo consistencia, haciéndose fluidos poco a poco. El punto de reblandecimiento trata de establecer la temperatura a la que el betún obtiene una fluidez determinada. En sí, la temperatura a la que se mide el punto de reblandecimiento es sólo un dato con valor relativo o comparativo, debido a que los betunes no son, en ningún momento, ni sólidos ni líquidos perfectos, sino que son cuerpos viscosos, muy sensibles a la duración de las sollicitaciones y a la temperatura.¹⁴

Figura 3. 24 Ensayo de punto de ablandamiento laboratorio UAJMS



Fuente: Elaboración propia

¹⁴ THE ASPHALT INSTITUTE

UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Tesis "Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura"

Interesado: Rufino Santos Ramírez Baldiviezo **Procedencia:** Posta (alcaldía)

Tipo de Ensayo: Punto de Ablandamiento **Norma :** AASTO T -53

Tabla 3. 34 Punto de ablandamiento del AC. muestra 1

Determinantes	Muestra 1 (T °C)
Anillo 1	44,00
Anillo 2	43,00
promedio	44,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 35 Punto de ablandamiento del AC. muestra 2

Determinantes	Muestra 2 (T °C)
Anillo 1	45,00
Anillo 2	41,00
promedio	43,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Tabla 3. 36 Punto de ablandamiento del AC. muestra 3

Determinantes	Muestra 3 (T °C)
Anillo 1	46,00
Anillo 2	43,00
promedio	45,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tabla 3. 37 Promedio de punto de ablandamiento muestra (M1-M2-M3)

RESUMEN	
Muestra 1 (T °C)	43,50
Muestra 2 (T °C)	43,00
Muestra 3 (T °C)	44,50
PROMEDIO	44,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.2.7 Viscosidad a 60°C

Norma : ASTM D2171 AASHTO T202

Alcance: Es una propiedad fundamental del asfalto para determinar su consistencia a 60°C, a su vez se valora el efecto de la temperatura en el comportamiento del material y así proponer un rango de temperaturas en la producción de la mezcla asfáltica y su colocación

Figura 3. 25 Viscosidad a 60°C



Fuente: Elaboración propia

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
RELACION VISCOSIDAD - TEMPERATURA (AASHTO T- 72)

PROYECTO: PROYECTO DE GRADO

PROCEDENCIA: ALCADIA

UTILIZACIÓN: Diseño Marshall N° Ensayo 1

REALIZADO= Santos

VISCOSIDAD - TEMPERATURA DE CEMENTO ASFALTICO

Tabla 3. 38 Viscosidad Saybolt Furol

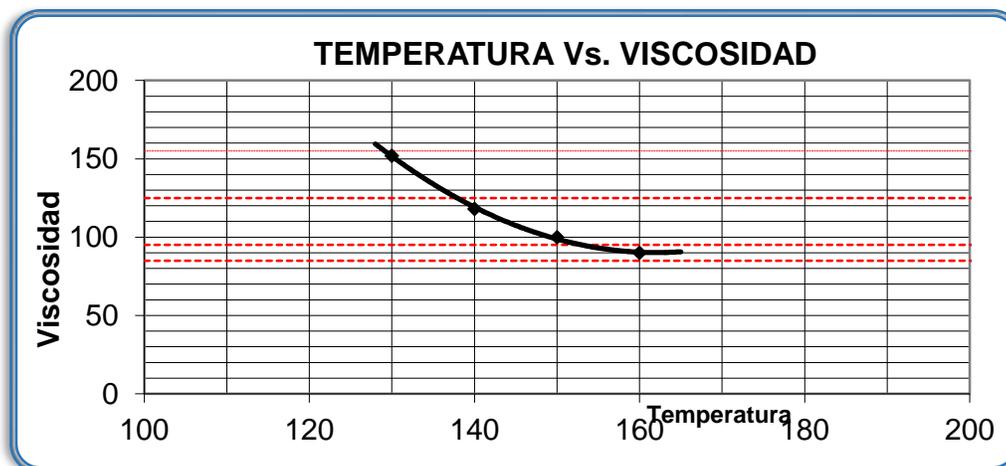
Punto	Temperatura	Viscosidad
1	130,00	152,00
2	140,00	118,00
3	150,00	100,00
4	160,00	90,00

a) Aplicación Especif. Viscosidad 85 - 95 Saybolt Furol

Temperatura 155 y 164 °C

b) compactado Especif.: Viscosidad 125-155 Saybolt Furol

temperatura 130 Y 136 °C



3.2.7 Resumen de resultados del cemento asfáltico

Tabla 3. 39 Resumen de resultados del AC.

Descripción	unidad	limites	método	encontrado
Peso específico	Grs/cm. ³	0.99 min.	AASHT T-228	1,003
Punto de inflamación	°C	230 min.	AASHT T-79	289,66
Ductilidad a 25°C	cm.	100 min.	AASHT T-51	112,50
Penetración a 25°C, 100grs, 5seg.	mm.	85 a 100	AASHT T-49	91,00
Punto de ablandamiento	°C	43 a 46	AASHT T-53	44,00
Viscosidad	Seg.	85min.	AASHT T-72	164,00
ENSAYOS SOBRE EL RESIDUO PELICULA DELGADA 163°C AASHTO T-179				
Pérdida de masa	%	1max	AASHT T-240	0.25
Penetración a 25°C, 100grs, 5seg	mm.	50 min.	AASHT T-49	56.67
Ductilidad a 25°C	cm.	100 min.	AASHT T-51	100.50

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

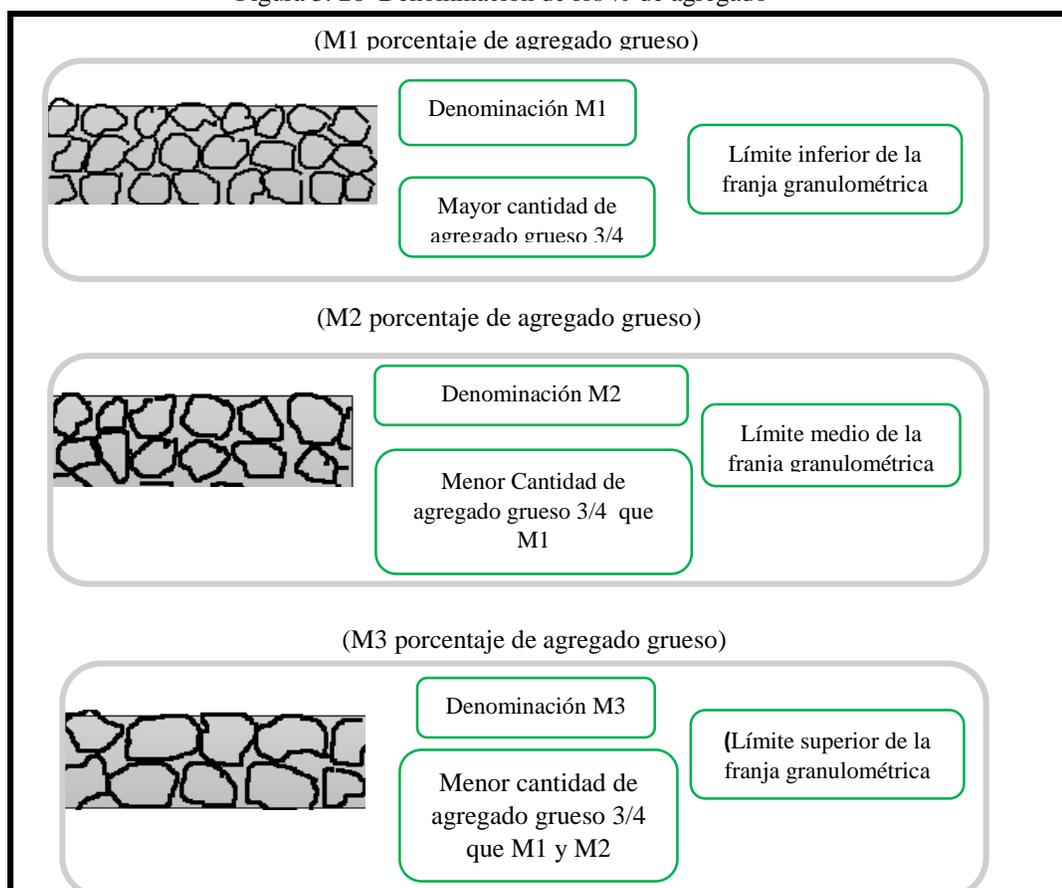
3.3 Diseño de mezclas asfálticas con macrotexturas y microtexturas

Una vez tenemos los datos de las granulometrías individuales de cada tamaño de material que usaremos en la muestra, podemos comenzar. Aremos combinaciones pertinentes, separamos el estudio en dos grupos el primer grupo se obtendrán macrotexturas en el segundo grupo se obtendrán microtexturas.

3.3.1 Denominación para la cantidad de agregado grueso

Se procede a obtener tres porcentajes de diferentes de agregado grueso esta selección se la hace de tal manera que estén a lo ancho de la faja granulométrica a cada porcentaje de agregado grueso se lo denomino M1 que se encuentra en el límite inferior de la faja granulométrica, el siguiente porcentaje se lo denomina M2 que está en la parte central de la franja y el ultimo porcentaje de agregado grueso se lo denomina M3 que está en la parte superior de la franja granulométrica.

Figura 3. 26 Denominación de los % de agregado

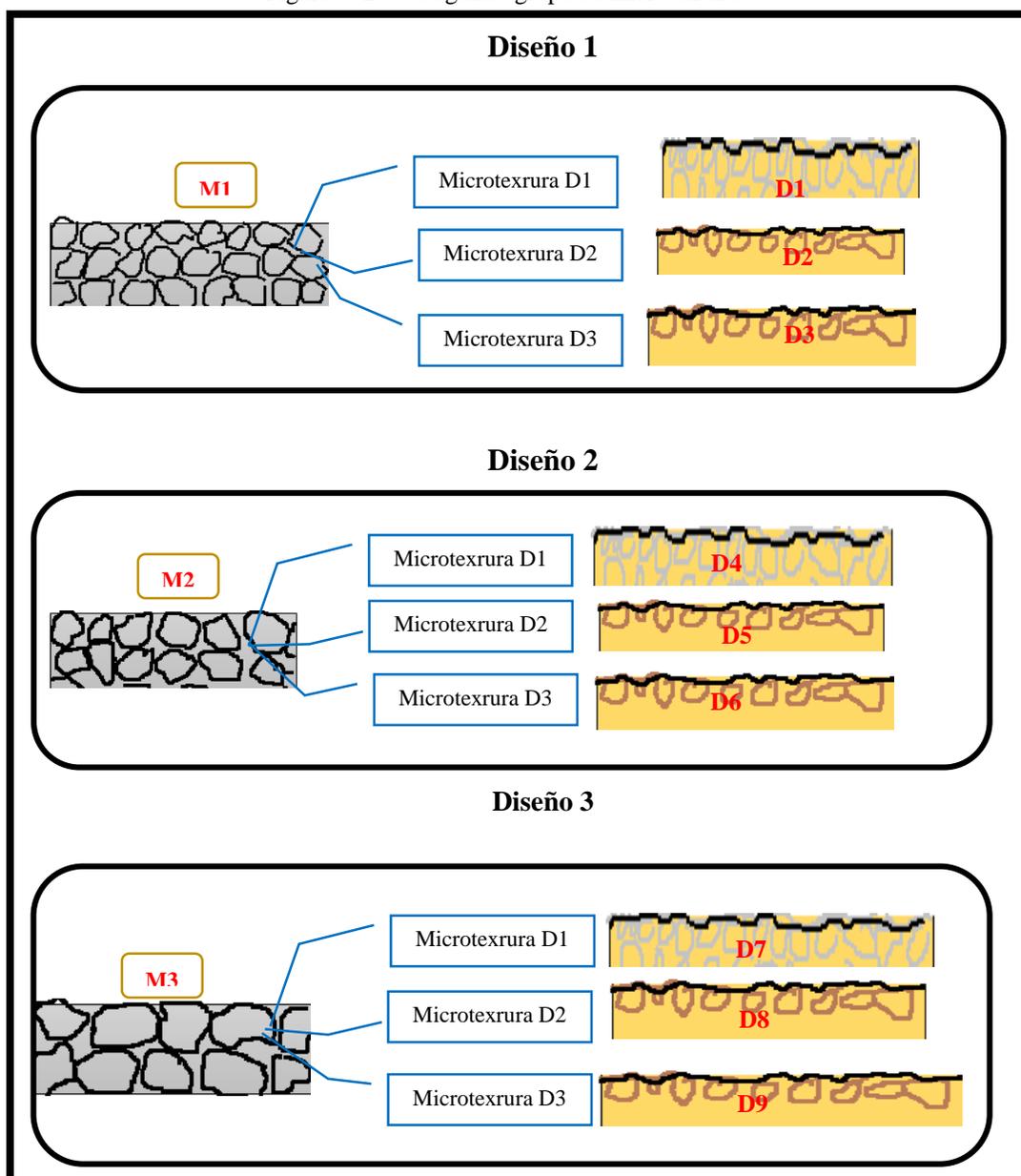


Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Diseño de mezclas asfálticas en caliente

Una vez obtenidos los porcentajes de agregado grueso se trabajara con 3 tipos de porcentajes de Agregado fino para cada una de los % de agregado grueso que encontramos en el primer grupo. Y de esta forma obtendremos 3 diseños diferentes para cada una de las % de agregado grueso ya encontradas anteriormente.

Figura 3. 27 Segundo grupo de microtextura



Fuente: Elaboración propia

3.4 Combinación en porcentaje de material para las mezclas asfálticas

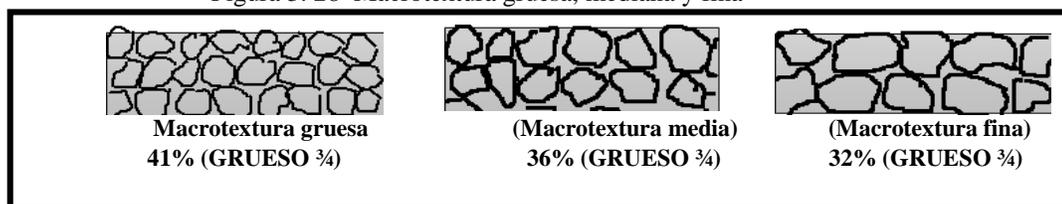
En el primera parte hicimos variar el porcentaje de agregado grueso $\frac{3}{4}$ hasta lograr con lo que se planteó anteriormente pgra que se encuentre entre los limites mencionados, se variando el porcentaje de agregado grueso $\frac{3}{4}$ en 41%,36% y 32%

Tabla 3. 40 Combinación de porcentajes para macrotexturas

Agregado	Limites					
	Macrotextura gruesa		Macrotextura intermedia		Macrotextura fina	
	combinados	individual	combinado	individual	combinado	individual
Grueso $\frac{3}{4}$	41	41	36	36	32	32
denominacion	Límite Inferior		Limite medio		Límite superior	

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 28 Macrotextura gruesa, mediana y fina

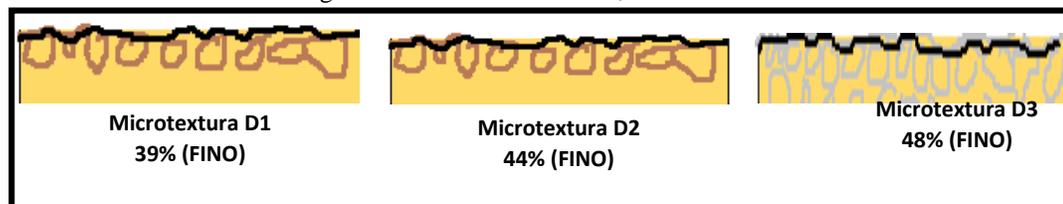


Fuente: Elaboración propia

3.5 Combinación de los porcentajes de agregado grueso con el agregado fino

En esta segunda parte hicimos variar el porcentaje de agregado fino en diferentes combinaciones y así obtener mezclas asfálticas para cada una de los porcentajes determinada anteriormente para la obtención de las macrotextura y microtexturas se varió la cantidad de agregado fino en 39%,44 y 48 %

Figura 3. 29 Microtextura D1, D2 Y D3



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 41 Diseños para un % de agregado grueso M1

Macrotextura gruesa 41%						
tipo de material	Microtextura (D1)		Microtextura(D2)		Microtextura(D3)	
	combinados	individual	combinado	individual	combinado	individual
grava 3/4	41	41	41	41	41	41
gravilla3/8	59	20	59	15	59	11
arena		39		44		48

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. 42 Diseños para un % de agregado grueso M2

Macrotextura intermedia 36%						
tipo de material	Microtextura (D4)		Microtextura(D5)		Microtextura(D6)	
	combinados	individual	combinado	individual	combinado	individual
grava 3/4	36	36	36	36	36	36
gravilla3/8	64	25	64	20	64	16
arena		39		44		48

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. 43 Diseños para un % de agregado grueso M3

MacrotexturaFina 32%						
tipo de material	Microtextura (D7)		Microtextura(D8)		Microtextura(D8)	
	combinados	individual	combinado	individual	combinado	individual
grava 3/4	32	32	32	32	32	32
gravilla3/8	68	29	68	24	68	20
arena		39		44		48

Fuente: Elaboración Propia

Se puede observar en las anteriores tablas que para cada una de las macrotexturas trabajaremos con 3 porcentajes de agregado fino lo cual nos da diferentes microtextecturas capa cada uno de los diseños que se elaboraran.

3.6 Granulometría para (D1, D2 Y D3)

Segundo grupo: en el segundo grupo las combinaciones que se encuentren solo serán para estudiar la micritexturas estas combinaciones serán de 39%,44% y 39% de agregado fino para una cantidad de 41% de agregado grueso.

Primera combinación (D1): En esta primera combinación se hizo con 39% fino

Tabla 3. 44 Integración de materiales para una graduación (D1)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	41%	% total	20%	% total	39%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	41,0	100	20,0	100	39,0	100,0
1"	25,4	100	41,0	100	20,0	100	39,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	39,4	100	20,0	100	39,0	98,4
1/2"	12,5	49,5	20,3	100	20,0	100	39,0	79,3
3/8"	9,5	41,1	16,9	98,7	19,7	100	39,0	75,6
Nº4	4,75	0,6	0,2	50,7	10,1	99,9	39,0	49,3
Nº8	2,36	0,5	0,2	14,2	2,8	83,8	32,7	35,7
Nº16	1,18	0,4	0,2	2,2	0,4	63,5	24,8	25,4
Nº40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,4	44,4	17,3	17,8
Nº80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	11,7	12,0
Nº200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	4,9	5,1

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Segunda combinación (D2): En esta segunda combinación se hizo con 44 % fino

Tabla 3. 45 Integración de materiales para una graduación (D2)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	41%	% total	15%	% total	44%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	41,0	100	15,0	100	44,0	
1"	25,4	100	41,0	100	15,0	100	44,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	39,4	100	15,0	100	44,0	100,0
1/2"	12,5	49,5	20,3	100	15,0	100	44,0	98,4
3/8"	9,5	41,1	16,9	98,7	14,8	100	44,0	79,3
Nº4	4,75	0,6	0,2	50,7	7,6	99,9	44,0	75,7
Nº8	2,36	0,5	0,2	14,2	2,1	83,8	36,9	51,8
Nº16	1,18	0,4	0,2	2,2	0,3	63,5	27,9	39,2
Nº40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,3	44,4	19,5	28,4
Nº80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	13,2	19,9
Nº200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	5,5	13,4

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Tercera Combinación (D3): En esta segunda combinación se hizo con 48% fino

Tabla 3. 46 Integración de materiales para una graduación (D3)

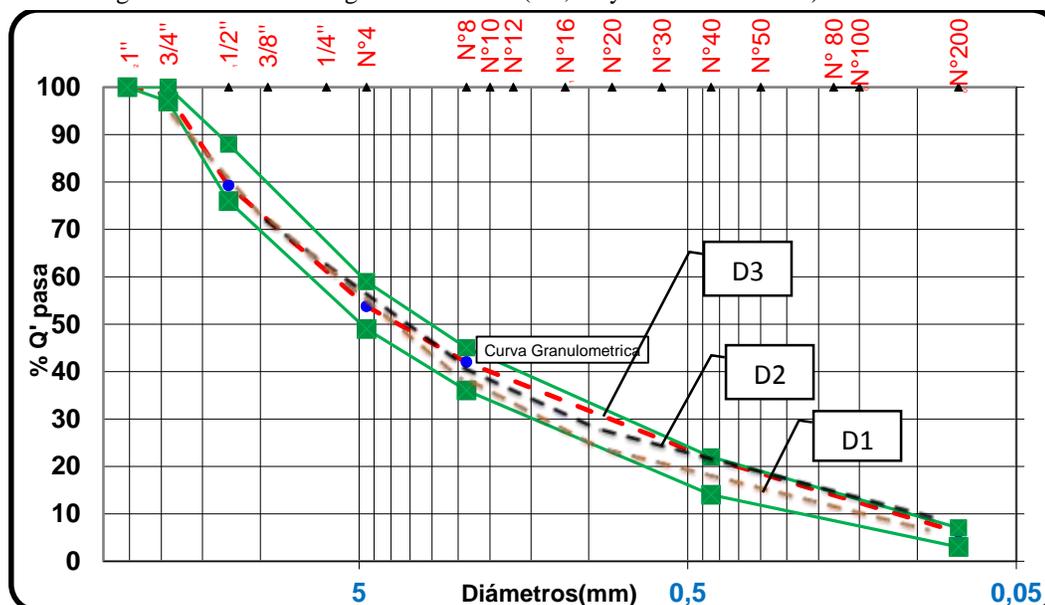
Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	41%	% total	11%	% total	48%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	41,0	100	11,0	100	48,0	100,0
1"	25,4	100	41,0	100	11,0	100	48,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	39,4	100	11,0	100	48,0	98,4
1/2"	12,5	49,5	20,3	100	11,0	100	48,0	79,3
3/8"	9,5	41,1	16,9	98,7	10,9	100	48,0	75,7
N°4	4,75	0,6	0,2	50,7	5,6	99,9	48,0	53,8
N°8	2,36	0,5	0,2	14,2	1,6	83,8	40,2	42,0
N°16	1,18	0,4	0,2	2,2	0,2	63,5	30,5	30,9
N°40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,2	44,4	21,3	21,6
N°80	0,18	0,2	0,1	1	0,1	30	14,4	14,6
N°200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	6,0	6,1

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

3.6.1 Curva granulométrica para D1, D2 Y D3

En el siguiente grafico mostraremos las curvas granulométricas de la 1ra. 2da y 3ra combinación denominadas D1, D2 Y D3 respectivamente.

Figura 3. 30 Curvas granulométricas (D1, D2y D3 combinación)



Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.7 Granulometría para (D4, D5 Y D6)

Segunda serie es la combinación de porcentajes de arena 39% 44% y 48% para una macrotextura media de 36%

Cuarta combinación (D4): En esta primera combinación se hizo con 39% fino

Tabla 3. 47 Integración de materiales para una graduación (D4)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	36%	% total	25%	% total	39%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	36,0	100	25,0	100	39,0	100,0
1"	25,4	100	36,0	100	25,0	100	39,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	34,6	100	25,0	100	39,0	98,6
1/2"	12,5	49,5	17,8	100	25,0	100	39,0	81,8
3/8"	9,5	41,1	14,8	98,7	24,7	100	39,0	78,5
Nº4	4,75	0,6	0,2	50,7	12,7	99,9	39,0	51,9
Nº8	2,36	0,5	0,2	14,2	3,6	83,8	32,7	36,4
Nº16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,6	63,5	24,8	25,5
Nº40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,5	44,4	17,3	17,9
Nº80	0,18	0,2	0,1	1	0,3	30	11,7	12,0
Nº200	0,075	0	0,0	0,7	0,2	12,6	4,9	5,1

Fuente: Datos en base a ensayos realizados

Quinta combinación (D5): En esta primera combinación se hizo con 44% fino

Tabla 3. 48 Integración de materiales para una graduación (D5)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	36%	% total	20%	% total	44%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	36,0	100	20,0	100	44,0	100,0
1"	25,4	100	36,0	100	20,0	100	44,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	34,6	100	20,0	100	44,0	98,6
1/2"	12,5	49,5	17,8	100	20,0	100	44,0	81,8
3/8"	9,5	41,1	14,8	98,7	19,7	100	44,0	78,5
Nº4	4,75	0,6	0,2	50,7	10,1	99,9	44,0	54,3
Nº8	2,36	0,5	0,2	14,2	2,8	83,8	36,9	39,9
Nº16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,4	63,5	27,9	28,5
Nº40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,4	44,4	19,5	20,0
Nº80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	13,2	13,5
Nº200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	5,5	5,7

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Sexta combinación (D6): En esta primera combinación se hizo con 48% de fino

Tabla 3. 49 Integración de materiales para una graduación (D6)

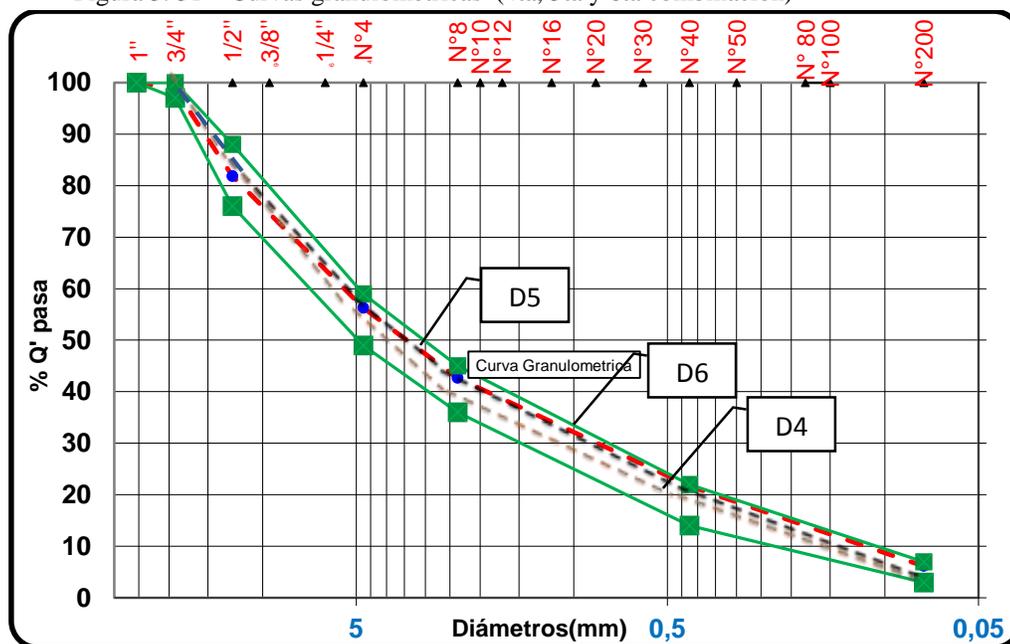
Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	36%	% total	16%	% total	48%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	36,0	100	16,0	100	48,0	100,0
1"	25,4	100	36,0	100	16,0	100	48,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	34,6	100	16,0	100	48,0	98,6
1/2"	12,5	49,5	17,8	100	16,0	100	48,0	81,8
3/8"	9,5	41,1	14,8	98,7	15,8	100	48,0	78,6
N°4	4,75	0,6	0,2	50,7	8,1	99,9	48,0	56,3
N°8	2,36	0,5	0,2	14,2	2,3	83,8	40,2	42,7
N°16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,4	63,5	30,5	31,0
N°40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,3	44,4	21,3	21,7
N°80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	14,4	14,6
N°200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	6,0	6,2

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.7.1 Curva granulométrica para D4, D5 Y D6

En el siguiente grafico mostraremos las curvas granulométricas de la 4ta, 5ta y 6ta combinación denominadas D4, D5 Y D6 respectivamente.

Figura 3. 31 Curvas granulométricas (4ta, 5ta y 6ta combinación)



Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.8 Granulometría Para (D7, D8 Y D9)

Tercera serie es la combinación de porcentajes de arena 39% 44% y 48% para una macrotextura media de 32%

Séptima combinación (D7): En esta primera combinación se hizo con 39% fino

Tabla 3. 50 Integración de materiales para una graduación (D7)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	32%	% total	29%	% total	39%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	32,0	100	29,0	100	39,0	100,0
1"	25,4	100	32,0	100	29,0	100	39,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	30,8	100	29,0	100	39,0	98,8
1/2"	12,5	49,5	15,8	100	29,0	100	39,0	83,8
3/8"	9,5	41,1	13,2	98,7	28,6	100	39,0	80,8
N°4	4,75	0,6	0,2	50,7	14,7	99,9	39,0	53,9
N°8	2,36	0,5	0,2	14,2	4,1	83,8	32,7	37,0
N°16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,6	63,5	24,8	25,5
N°40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,5	44,4	17,3	17,9
N°80	0,18	0,2	0,1	1	0,3	30	11,7	12,1
N°200	0,075	0	0,0	0,7	0,2	12,6	4,9	5,1

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Octava combinación (D8): En esta primera combinación se hizo con 44% de fino

Tabla 3. 51 Integración de materiales para una graduación (D8)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	32%	% total	24%	% total	44%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	32,0	100	24,0	100	44,0	100,0
1"	25,4	100	32,0	100	24,0	100	44,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	30,8	100	24,0	100	44,0	98,8
1/2"	12,5	49,5	15,8	100	24,0	100	44,0	83,8
3/8"	9,5	41,1	13,2	98,7	23,7	100	44,0	80,8
N°4	4,75	0,6	0,2	50,7	12,2	99,9	44,0	56,3
N°8	2,36	0,5	0,2	14,2	3,4	83,8	36,9	40,4
N°16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,5	63,5	27,9	28,6
N°40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,4	44,4	19,5	20,1
N°80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	13,2	13,5
N°200	0,075	0	0,0	0,7	0,2	12,6	5,5	5,7

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Novena combinación (D9): En esta novena combinación se hizo con 48% de fino

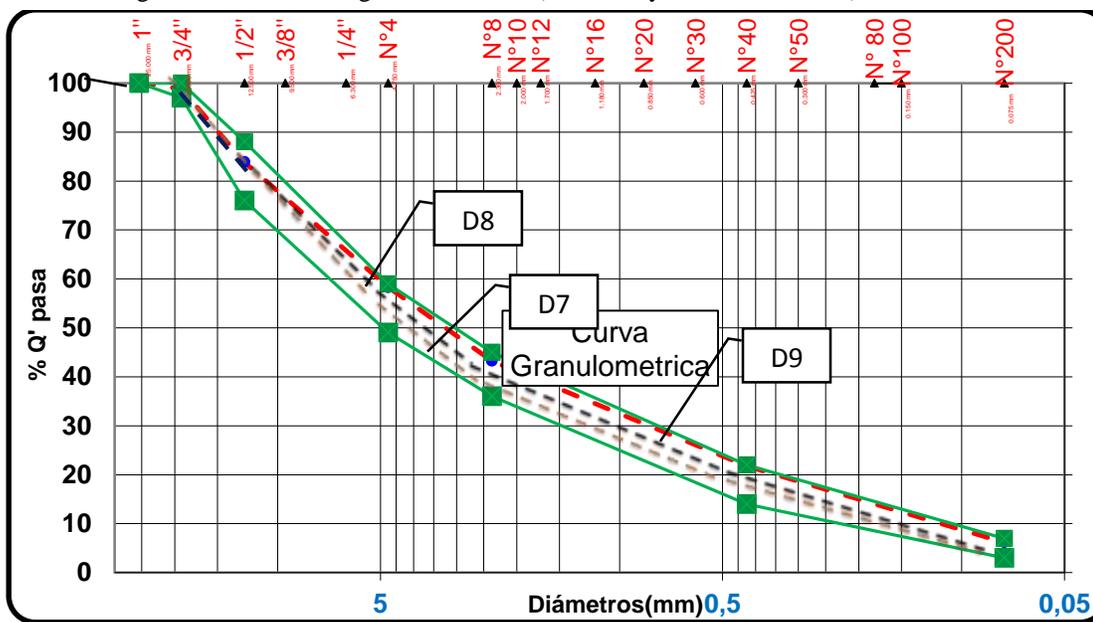
Tabla 3. 52 Integración de materiales para una graduación (D9)

Agregados		Grava		Gravilla		Arena		% que pasa Total
TAMICES		% total	32%	% total	20%	% total	48%	
PULG	mm.		% ECU.		% ECU.		% ECU.	
1 1/2"	38,1	100	32,0	100	20,0	100	48,0	100,0
1"	25,4	100	32,0	100	20,0	100	48,0	100,0
3/4"	19,1	96,2	30,8	100	20,0	100	48,0	98,8
1/2"	12,5	49,5	15,8	100	20,0	100	48,0	83,8
3/8"	9,5	41,1	13,2	98,7	19,7	100	48,0	80,9
N°4	4,75	0,6	0,2	50,7	10,1	99,9	48,0	58,3
N°8	2,36	0,5	0,2	14,2	2,8	83,8	40,2	43,2
N°16	1,18	0,4	0,1	2,2	0,4	63,5	30,5	31,0
N°40	0,425	0,3	0,1	1,8	0,4	44,4	21,3	21,8
N°80	0,18	0,2	0,1	1	0,2	30	14,4	14,7
N°200	0,075	0	0,0	0,7	0,1	12,6	6,0	6,2

3.8.1 Curva granulométrica Para D7, D8 Y D9

En el siguiente grafico mostraremos las curvas granulométricas de la 7ma, 8va y 9na combinación denominadas D7, D8 Y D9 respectivamente.

Figura 3. 32 Curvas granulométricas (7ma, 8va y 9na combinación)



Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

COMPOSICION GRANULOMETRICA DE LA CURVA DE MACROTECTURAS Y MICROTERTURAS (Resumen de Dosificación M1, M2, M3, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9)

En la siguiente tabla mostramos el resumen de las composiciones granulométricas de las diferentes dosificaciones a utilizar con el cual llevamos adelante el ensayo Marshall.

Tabla 3. 53 Resumen de dosificaciones M1, M2, M3(Cantidades que pasa en %.)

Datos Generales		grupo	Segundor grupo								
		serie	Segunda serie			Tercera serie			Cuarta serie		
		estudio	microtextura para macrotextura M1			microtextura para macrotextura M2			microtextura para macrotextura M3		
		dosificación	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dosif. Agregado %	Grueso	Grava 3/4	41	41	41	36	36	36	32	32	32
		intermedio 3/8	20	15	11	25	20	16	29	24	20
	fino	arena	39	44	48	39	44	48	39	44	48
	total de agregado %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Granulometría Pasante %	Serie Tamices	1 1/2"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	100,00	100,00
		1"	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100,00	100,00	100,00
		3/4"	98,44	98,44	98,44	98,63	98,63	98,6	98,78	98,78	98,78
		1/2"	79,30	79,30	79,30	81,82	81,82	81,8	83,84	83,84	83,84
		3/8"	75,59	75,66	75,71	78,47	78,54	78,6	80,78	80,84	80,89
		N°4	49,35	51,81	53,78	51,85	54,31	56,3	53,86	56,32	58,28
		N°8	35,73	39,21	41,99	36,41	39,89	42,7	36,96	40,44	43,22
		N°16	25,37	28,43	30,89	25,46	28,52	31,0	25,53	28,60	31,05
		N°40	17,80	19,93	21,63	17,87	20,00	21,7	17,93	20,06	21,77
		N°80	11,98	13,43	14,59	12,02	13,47	14,6	12,05	13,50	14,66
		N°200	5,05	5,65	6,13	5,09	5,68	6,2	5,12	5,71	6,19

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.9 Análisis del porcentaje de cemento asfáltico conveniente a usar

El rango entre el cual se debe realizar un diseño de concreto asfáltico varía entre rangos de % de AC se realizó entre 4.5 y 6.5 % para los diseños.

Un paso importante es de analizar cómo se le agregara el porcentaje al diseño, ya que el rango de % de AC seria de la siguiente manera: 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, es decir realizaremos 3 probetas de cada punto, y le agregáremos dicho porcentaje en peso de la muestra total, que comúnmente las pastillas se proporcionan 1200 gr. de material pétreo.

Ejemplo proporcionamiento de agregado pétreo y AC

Por ejemplo si deseamos calcular el peso de agregado de la dosificación D1 que debemos proporcionar en la pastilla, que tenga 4.5 % necesitamos tener los siguientes datos:

Datos:

$$\% \text{ AC} = 4,50$$

$$\text{Peso total material + c. asfaltico} = 1200,00\text{g}$$

$$\text{Peso del asfalto} = 12000,00 * 45\% = 54,00\text{g}$$

$$\text{Peso de la muestra} = 1200,00 - 54,00 = 1146,00\text{g}$$

$$\% \text{ retenido de agregado grueso de tamaño } 3/8 = 3.85$$

$$\% \text{ de agregado grueso a integrar} = 41 \%$$

$$\text{Peso de agregado de tamaño } 3/8 \text{ de gruesos} = (P_{A3/8G})$$

$$P_{A3/8G} = 1146 * 3.85\% * 41\% \longrightarrow P_{A3/8G} = 18,10 \text{ gr.}$$

Como se observa en las tablas, el proporcionamiento de pesos para cada pastilla debe de ser exacto.

Tabla 3. 54 Ejemplo proporcionamiento exacto de agregado pétreo y AC

% DE GRANULOMETRIAS INDIVIDUALES				PESO EN gr.			
Tamiz	% Ret. Grueso	% Ret. Inter.	% Ret. FINOS	Gruesos 41%	Intermedios 20%	finos 39%	Suma 100%
1"	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	3,85	0,00	0	18,10	0,00	0,00	18,10
1/2"	50,55	0,00	0	237,50	0,00	0,00	237,50
3/8"	58,95	1,33	0,00	277,00	3,10	0,00	280,00
N°4	99,42	49,33	0,07	467,10	113,10	0,30	580,50
N°8	99,54	85,85	16,22	467,70	196,80	72,50	736,90
N°16	99,65	97,83	36,49	468,20	224,20	163,10	855,50
N°40	99,75	98,25	55,59	468,70	225,20	248,50	942,30
N°80	99,85	99,05	69,99	469,10	227,00	312,80	1009,00
N°200	99,98	99,35	87,40	469,80	227,70	390,60	1088,10
fondo	100,00	100,00	100,00	469,90	229,20	446,90	1146,00

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

Este mismo procedimiento se lo realiza para los otros % porcentajes de Cemento Asfáltico y así obtener el peso total para cada tamaño de agregado.

3.10 Desarrollo de un ensayo Marshall

Por tratarse de un estudio en base a ensayos de laboratorio y por tratarse de ensayos muy largos y desarrollaremos un análisis Marshall, mostrando así los resultados de los principales ensayos.

3.10.1 Realización de muestras (briquetas o pastillas) de ensayo

Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto % del cual se mencionó anteriormente

La proporción de agregado en las mezclas está formulada por los resultados del análisis granulométrico

Las muestras son preparadas de la siguiente manera:

1. El asfalto y el agregado se calientan y mezclan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas. Esto simula los procesos de calentamiento y mezclado que ocurren en planta.

Figura 3. 33 Calentamiento de agregados de AC



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 34 Agregado con AC



Fuente: Elaboración propia

2. La mezcla asfáltica caliente se coloca en los moldes precalentados Marshall, como preparación para la compactación, en donde se usa el martillo Marshall de compactación, el cual también es calentado para que no enfrié la superficie de la mezcla al golpearla.

Figura 3. 35 Colocado de la mezcla al molde de compactación



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 36 Mezcla asfáltica colocada en molde, antes de ser compactada



Fuente: Elaboración propia

3. Compactación de probetas Las briquetas son compactadas mediante golpes del martillo Marshall de compactación, El número de golpes del martillo (35, 50,75) depende de la cantidad del tránsito para la cual la mezcla está siendo diseñada. Ambas caras de cada briqueta reciben el mismo número de golpes. Así, una probeta Marshall de 35 golpes recibe, realmente un total de 70 golpes, una probeta de 50 golpes recibe 100 impactos y una de 75 golpes recibe 150 impactos. Después de completar la compactación las probetas son enfriadas y extraídas de los moldes.

Figura 3. 37 Compactación de pastilla



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 38 Enfriamiento de pastillas



Fuente: Elaboración propia

- 4. Curado de probetas.-** Después de haber sido compactadas, las probetas, se dejan enfriar de 10 a 15 minutos máximo antes de sacarlas del molde, una vez las probetas están fuera del molde se procede, a dejarlas enfriar a temperatura ambiente durante 24 horas mínimo.

Figura 3. 39 Curado de pastillas antes de ser ensayadas en Marshall



Fuente: Elaboración propia

- 5. Pesado de las probetas.-** Una vez pasadas las 24 horas mínimo a temperatura ambiente se procede a pesarlas (peso al aire – peso sumergido en agua a 25 ° C y por ultimo saturado superficie seca). Antes de ensayarlas en la máquina de estabilidad Marshall

Figura 3. 40 Pesado de las probetas (peso al aire- peso sumergido



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 41 Colocación de pastillas en baño maría antes de ser ensayadas



Fuente: Elaboración propia

3.10.2 Ensayo de probetas

El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

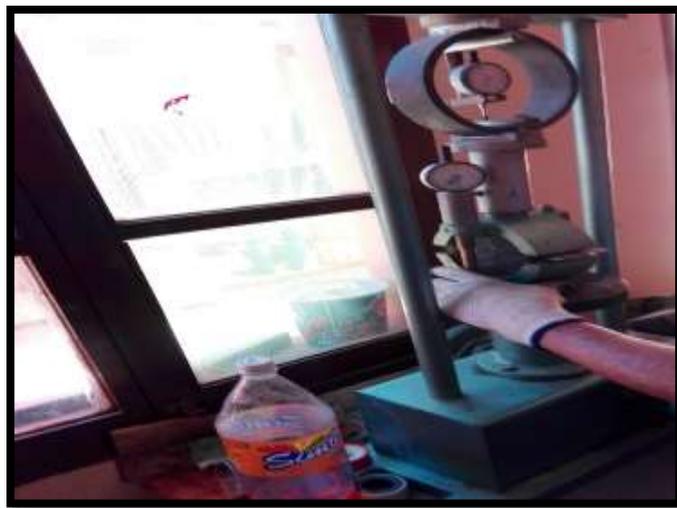
1. Las probetas son calentadas en un baño de agua (baño maría) a 60 °C (140°F). Esta temperatura representa, normalmente la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.
2. La probeta es removida del baño, secada, y colocada rápidamente en el aparato Marshall. El aparato consiste de un dispositivo que aplica una carga sobre la probeta, y de unos medidores de carga y deformación (fluencia), llamado también flow.
3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad constante de 51 mm (2 pulgadas) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la probeta puede resistir.
4. La carga de falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como fluencia.

Figura 3. 42 Ensayo de probetas en máquina Marshall



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 43 Máquina Marshall



Fuente: Elaboración propia

3.11 Cálculo de las características de la mezcla asfálticas

3.11.1 Gravedad específica Bulk de briqueta (G_{mb}) para (D5)

Norma Ensayo: AASHTO T166

Esta gravedad específica, es la masa por unidad de volumen de la mezcla compactada, este también es conocido como el peso específico total de la mezcla, el peso específico de cada probeta se determina tan pronto las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente, lo ideal es dejar las probetas, mínimo 24 horas, al ambiente, para que estén totalmente frías.

- A. Se prepara el equipo que consiste en una balanza de brazo, o también llamada romana con aproximación a 0.10 de gramo, una cubeta plástica y una pita de cañamo o material que se pueda hundir fácilmente en el agua esta pita se amarra a la parte inferior de la balanza. Se nivela la balanza y se deja a cero.
- B. Estando listo el equipo, se procede a pesar las pastillas que ya están totalmente frías, se pesan en el aire, este peso será el peso en el aire sin parafina, (PASP).
- C. Una vez tomados los pesos anteriores, procederemos a tomar el peso de la pastilla sumergida, colocando la pastilla en la pita y sumergiéndola en el agua, este será el tercer peso, al cual llamaremos peso en el agua (PAG).

Cálculos

Partimos de la ecuación:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{W_{ss} - W_w}$$

Donde:

G_{mb} = Gravedad específica Bulk de la mezcla asfáltica

W_a = Masa del espécimen seco en el aire

W_{ss} = Masa del espécimen saturado superficie seca

W_w = Masa del espécimen sumergido en el agua

Tabla 3. 55 ejemplo de gravedad específica para una mezcla de macrotextura (D5)

Briqueta % AC	Peso de Briquetas en el aire (Wa)	Peso de la Briqueta saturado superficie seca (Wss)	Peso Sumergido en el Agua (Ww)	Volumen de las Briquetas (Vap = Wss- Ww)	Gravedad Especifica Bulk de la Mezcla Asfáltica (Gmb)	Promedi de la Gravedad Especifica Bulk (Gmb)
4,50%	1185,20	1187,20	677,00	510,20	2,323	2,317
	1192,50	1194,10	678,50	515,60	2,313	
	1179,50	1182,00	672,50	509,50	2,315	
5%	1195,90	1200,20	690,00	510,20	2,344	2,339
	1198,40	12030	691,70	511,30	2,344	
	1181,60	1183,20	675,60	507,60	2,328	
5,50%	1194,50	1197,10	690,70	506,40	2,359	2,355
	1196,60	1199,90	691,40	508,50	2,353	
	1193,20	1195,30	688,50	506,80	2,354	
6%	1196,50	1198,10	691,70	506,40	2,363	2,357
	1190,50	1192,30	688,90	503,40	2,365	
	1192,90	1194,30	685,00	509,30	2,342	
6,50%	1180,10	1180,90	679,80	501,10	2,355	2,352
	1193,80	1194,60	685,50	509,10	2,345	
	1186,20	1187,00	683,50	503,50	2,356	

Fuente: Datos en base a ensayos realizados.

3.11.2 Gravedad específica máxima teórica de la mezcla asfáltica compactada

Alcance: Esta gravedad específica es la masa por unidad de volumen, máxima que puede llegar a tener la mezcla asfáltica, se calcula para cada porcentaje de asfalto, el cual corresponde al que teóricamente se obtendría si fuera posible comprimirla la muestra hasta obtener una masa de asfalto y agregados carente de vacíos con air. Existen dos formas de encontrarla, ya sea por el ensayo de la AASHTO T-166, o por la ecuación de densidad máxima teórica de la mezcla (Gmm).

Para encontrar la gravedad máxima teórica primero hay que encontrar el Peso específico total del agregado esto se encuentra de la siguiente manera:

$$Pesp. agre. total = \frac{100}{\frac{\% Agre. Grueso}{Pesp. agr. Grueso} + \frac{\% Agre. fino}{Pesp. agr. fino}}$$

$$Pesp. agre. total = \frac{100}{\frac{41.7}{2.667} + \frac{48.3}{2.699}}$$

$$Pesp. agre. total = 2,686 \text{ gr/cm}^3$$

Calculo de la Gravedad específica máxima teórica de la mezcla asfáltica

$$Gmm = \frac{100}{\frac{\% Agregados}{Pesp. agr} + \frac{\% AC}{Pesp. asf}}$$

Donde:

Gm = Gravedad específica máxima teórica de la mezcla asfáltica

% Agregado = 100 - % AC.

% AC = porcentaje de cemento Asfáltico

Pesp.agr = Peso específico del Agregado Total (2.686)

Pesp.Asf = Peso específico del Cemento Asfáltico (1.003)

Tabla 3. 56 Ejemplo de gravedad específica máxima para (D5)

% AC	4.50	5,00	5.50	6,00	6.50
Gmm (kg/cm³)	2.49	2.47	2.45	2.43	2.42

Fuente: Elaboración propia

3.11.3 Volumen de vacíos con aire (Vv)

$$Vv = 100 - \left(\frac{Gmb}{Gmm} \right) * 100$$

Dónde:

Vv = Volumen de vacíos en porcentaje

Gmb = Gravedad específica “Bulk” de la mezcla asfáltica

Gmm = Gravedad específica máxima teórica de la mezcla asfáltica

Tabla 3. 57 Ejemplo de volumen de vacíos con aire para mezcla asfáltica (D5)

%AC	Gmb (kg/cm3)	Gmm (kg/cm3)	Vv %
4,500	2,317	2,496	7,17
5,000	2,339	2,477	5,58
5,500	2,355	2,458	4,16
6,000	2,357	2,439	3,38
6,500	2,352	2,421	2,83

Fuente: Elaboración propia

3.11.4 Vacíos de agregado mineral (VAM)

Los vacíos en el agregado Mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

$$VAM = 100 - \left(\frac{Gmb * (100 - \%AC)}{Pesp.agre.total} \right) * 100$$

Tabla 3. 58 Ejemplo de VAM para mezcla asfáltica (D5)

%AC	Gmb (kg/cm3)	Cs	Vam%
4,500	2,317	95,500	17,57
5,000	2,339	95,000	17,24
5,500	2,355	94,500	17,08
6,000	2,357	94,000	17,47
6,500	2,352	93,500	18,08

Fuente: Elaboración propia

3.11.5 Vacíos rellenos de asfalto (VFA / RBV)

Los vacíos rellenos de asfalto RBV son el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas de agregado (VAM) que se encuentran llenas de asfalto. El VAM abarca asfalto y aire, y por lo tanto, el RBV se calcula al restar EL Vv con el VAM y luego dividiendo por el VAM, y expresando el valor final como un porcentaje.

$$RBV = \left(\frac{VAM - Vv}{VAM} \right) * 100$$

DONDE:

RBV= Vacíos rellenos de asfalto

VAM =Vacíos de agregado mineral

VAM= Volumen de vacíos con aire

Tabla 3. 59 Ejemplo de Vacíos llenos de asfaltos para mezcla asfáltica (D5)

%AC	Vam%	Vv %	RBV
4,50	17,57	7,17	59,17
5,00	17,24	5,58	67,64
5,50	17,08	4,16	75,64
6,00	17,47	3,38	80,68
6,50	18,08	2,83	84,32

Fuente: Elaboración propia

3.12 Ensayo de estabilidad y flujo

Norma Ensayo: ASTM D6927

Con este ensayo se mide la resistencia al flujo plástico de los especímenes cilíndricos de mezcla asfáltica. El valor de flujo Marshall es el movimiento total o deformación de las muestras asfálticas, en unidades de 0.25mm (1/100”) que se determina en las probetas desde que están sin carga y en el punto máximo de carga durante la prueba de estabilidad. En consecuencia la estabilidad Marshall es la máxima resistencia en Newton (lb) que el espécimen desarrollará a 60° C de temperatura.

Procedimiento: Previo a ensayar las briquetas se sumergen en el baño maría a $60 \pm 1^\circ$ C durante 30 minutos. Se probarán mínimo tres especímenes con el mismo contenido de asfalto y granulometría. Se retira la biqueta del agua (secar el exceso de agua con una toalla), es colocada en la cabeza de ensayo y luego el conjunto es puesto en la máquina de carga a compresión, donde es ajustado y se aplica la carga al espécimen una velocidad constante, y se obtiene un diagrama con el flujo que es la deformación total de la muestra se proyectado en el eje de las “x” y la estabilidad que es la carga aplicada expresada en el eje de las “y”.

3.12.1 Valores de estabilidad de diseño de mezcla.

Tabla 3. 60 Resultados de estabilidad para (D5)

Briqueta % AC	Estabilidad real (Lb)	Promedio Estabilidad real (Lb)
4,50%	2170,91	2253,10
	2220,25	
	2368,27	
5,00%	2417,61	2409,40
	2466,95	
	2343,60	
5,50%	2417,61	2475,20
	2466,95	
	2540,96	
6,00%	2121,57	2228,50
	2220,25	
	2343,60	
6,50%	1726,86	1891,30
	1924,22	
	2022,90	

Fuente: Elaboración propia

La estabilidad de las muestras asfálticas medidas en el equipo Marshall deberán ser corregidas en función del volumen o espesor de las briquetas; los valores de corrección se encuentran en la siguiente Tabla 3.61.

Tabla 3. 61 Tabla de corrección de estabilidad en función al espesor

ALTURA	Factor de CORRECCION												
5,53	1,263	5,78	1,171	6,03	1,093	6,28	1,019	6,53	0,9563	6,78	0,9025	7,03	0,8525
5,54	1,259	5,79	1,168	6,04	1,09	6,29	1,016	6,54	0,9544	6,79	0,9	7,04	0,8507
5,55	1,254	5,8	1,165	6,05	1,087	6,3	1,013	6,55	0,9525	6,8	0,8975	7,05	0,8488
5,56	1,25	5,81	1,162	6,06	1,084	6,31	1,011	6,56	0,9507	6,81	0,895	7,06	0,8469
5,57	1,246	5,82	1,159	6,07	1,081	6,32	1,008	6,57	0,9488	6,82	0,8925	7,07	0,845
5,58	1,243	5,83	1,156	6,08	1,078	6,33	1,005	6,58	0,9469	6,83	0,89	7,08	0,8431
5,59	1,239	5,84	1,153	6,09	1,074	6,34	1,003	6,59	0,945	6,84	0,8881	7,09	0,8413
5,6	1,235	5,85	1,149	6,1	1,071	6,35	1	6,6	0,9432	6,85	0,8863	7,1	0,8394
5,61	1,231	5,86	1,146	6,11	1,068	6,36	0,9975	6,61	0,9413	6,86	0,8844	7,11	0,8376
5,62	1,228	5,87	1,143	6,12	1,065	6,37	0,995	6,62	0,9394	6,87	0,8825	7,12	0,8357
5,63	1,224	5,88	1,14	6,13	1,062	6,38	0,9925	6,63	0,9376	6,88	0,8807	7,13	0,8338
5,64	1,22	5,89	1,137	6,14	1,059	6,39	0,99	6,64	0,9357	6,89	0,8788	7,14	0,832
5,65	1,216	5,9	1,134	6,15	1,056	6,4	0,9875	6,65	0,9338	6,9	0,8769	7,15	0,83
5,66	1,213	5,91	1,131	6,16	1,053	6,41	0,985	6,66	0,9319	6,91	0,875	7,16	0,8288
5,67	1,209	5,92	1,128	6,17	1,049	6,42	0,9825	6,67	0,93	6,92	0,8732	7,17	0,8275
5,68	1,205	5,93	1,124	6,18	1,046	6,43	0,98	6,68	0,9275	6,93	0,8713	7,18	0,8263
5,69	1,201	5,94	1,121	6,19	1,043	6,44	0,9775	6,69	0,925	6,94	0,8694	7,19	0,825
5,7	1,198	5,95	1,118	6,2	1,04	6,45	0,975	6,7	0,9225	6,95	0,8676	7,2	0,8238
5,71	1,194	5,96	1,115	6,21	1,037	6,46	0,9725	6,71	0,92	6,96	0,8657	7,21	0,8225
5,72	1,19	5,97	1,112	6,22	1,035	6,47	0,97	6,72	0,9175	6,97	0,8638		
5,73	1,187	5,98	1,109	6,23	1,032	6,48	0,9675	6,73	0,915	6,98	0,862		
5,74	1,184	5,99	1,106	6,24	1,029	6,49	0,965	6,74	0,9125	6,99	0,86		
5,75	1,181	6	1,103	6,25	1,027	6,5	0,9625	6,75	0,91	7	0,8581		
5,76	1,178	6,01	1,009	6,26	1,024	6,51	0,96	6,76	0,9075	7,01	0,8563		
5,77	1,174	6,02	1,096	6,27	1,021	6,52	0,9581	6,77	0,905	7,02	0,8544		

Fuente: INVIAS

3.12.2 Valores de estabilidad corregida de diseño de mezcla

$$\text{Estabilidad} = \text{Pro. esta. real} * \text{pro. de fac. de correc.}$$

Tabla 3. 62 Ejemplo de estabilidad corregida para mezcla asfáltica (D5)

Briqueta % AC	Estabilidad real (Lb)	Promedio Estabilidad real (Lb)	Factor de Corrección	Promedio factor de corrección	Estabilidad corregida (Lb)
4,50%	2170,910	2253,100	1,013	1,018	2293,700
	2220,250		1,035		
	2368,270		1,005		
5%	2417,610	2409,400	1,0000	1,012	2438,300
	2466,950		1,003		
	2343,600		1,032		
5,50%	2417,610	2475,200	1,016	1,011	2502,400
	2466,950		1,000		
	2540,960		1,016		
6%	2121,570	2228,500	1,013	1,019	2270,800
	2220,250		1,024		
	2343,600		1,019		
6,50%	1726,860	1891,300	1,016	1,016	1921,600
	1924,220		1,016		
	2022,900		1,016		

Fuente: Elaboración propia

3.12.3 Flujo o fluencia (flow)

La fluencia mide la deformación bajo carga que ocurre en la mezcla. La fluencia Marshall medida en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta, el medidor indica la deformación de la briqueta, para medir la deformación que sucede durante el ensayo, la deformación está indicada por la deformación del diámetro vertical de la briqueta.

Tabla 3. 63 Ejemplo de Fluencia para mezcla asfáltica (D5)

Briqueta % AC	fluencia(0,01")	Promedio fluencia(0,01")
4,50%	10,10	10,13
	9,50	
	10,80	
5%	11,50	11,83
	12,00	
	12,00	
5,50%	12,3	12,67
	12,5	
	13,2	
6%	14,2	14,30
	13,5	
	15,2	
6,50%	16,0	16,00
	15,5	
	16,5	

Fuente: Elaboración propia

Este es el procedimiento que se realiza en todos los diseños que se realizará en el presente proyecto el cual nos indicara valores de las propiedades de la mezcla asfáltica Para posterior mente medir la mocrtextura y microtextura y de esta forma realizar un análisis de la influencia que estos tendrán en las propiedades de la mezcla asfáltica.

3.13 Elaboración de briquetas para medir la macrotextura y microtextura

3.13.1 Granulometría para briquetas

Las probetas de ensayo de las mezclas de pavimentación son preparadas con la granulometría seleccionada y con el porcentaje de cemento asfáltico óptimo que se calculó previamente con el ensayo MARSHALL para cada uno de los diseños que anteriormente mencionamos.

La cantidad que se preparara será de 6kg esto para que tenga las mismas dimensiones en alturas de las briquetas del ensayo MARSHALL.

Con los porcentajes de agregado grueso M1-M2-M3 se realizará la medición de la macrotextura para la medición de la microtextura utilizaremos los porcentajes de agregado grueso M1-M2-M3 con 3 variaciones de agregado fino para cada uno de los diseños

Granulometría para diseños de medición de macrotextura y microtextura

Diseño D1 para un porcentaje de agregado grueso M1

Tabla 3. 64 Granulometría para D1 con agregado grueso M1

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	AC= 5.43		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,44	1,56	1,56	88,40	88,40
1/2"	79,30	20,71	19,15	1086,44	1174,84
3/8"	75,58	24,42	3,71	210,74	1385,58
Nº4	49,35	50,65	26,23	1488,57	2874,15
Nº8	35,73	64,27	13,62	772,83	3646,98
Nº16	25,37	74,63	10,36	587,73	4234,71
Nº40	17,80	82,20	7,57	429,54	4664,25
Nº80	11,98	88,02	5,82	330,07	4994,32
Nº200	5,05	94,95	6,93	393,11	5387,43
Filler	0,00	100,00	5,05	286,77	5674,20
Peso Total=				5674,20	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =325.8 gm

Diseño D2 para un porcentaje de agregado grueso M1

Tabla 3. 65 Granulometría para D2 con agregado grueso M1

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	AC=5,57%		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,44	1,56	1,56	88,27	88,27
1/2"	79,30	20,71	19,15	1084,83	1173,10
3/8"	75,65	24,35	3,65	206,60	1379,71
Nº4	51,81	48,19	23,84	1350,81	2730,52
Nº8	39,21	60,79	12,60	713,89	3444,41
Nº16	28,43	71,57	10,77	610,38	4054,79
Nº40	19,93	80,07	8,51	481,88	4536,66
Nº80	13,43	86,57	6,50	368,11	4904,77
Nº200	5,65	94,35	7,78	440,97	5345,74
Filler	0,00	100,00	5,65	320,06	5665,80
Peso Total=				5665,80	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =334.2 gm

Diseño D3 para un porcentaje de agregado grueso M1

Tabla 3. 66 Granulometría para D3 con agregado grueso M1

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,6		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,44	1,56	1,56	88,25	88,25
1/2"	79,30	20,71	19,15	1084,49	1172,73
3/8"	75,65	24,35	3,65	206,54	1379,27
Nº4	51,81	48,19	23,84	1350,38	2729,65
Nº8	39,21	60,79	12,60	713,66	3443,32
Nº16	28,43	71,57	10,77	610,18	4053,50
Nº40	19,93	80,07	8,51	481,72	4535,22
Nº80	13,43	86,57	6,50	367,99	4903,21
Nº200	5,65	94,35	7,78	440,83	5344,04
Filler	0,00	100,00	5,65	319,96	5664,00
Peso Total=				5664,00	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =336.00 gm

Diseño D4 para un porcentaje de agregado grueso M2

Tabla 3. 67 Granulometría para D4 con agregado grueso M2

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,54		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,63	1,37	1,37	77,53	77,53
1/2"	81,82	18,18	16,81	952,84	1030,37
3/8"	78,46	21,54	3,36	190,52	1220,89
Nº4	51,85	48,15	26,61	1507,95	2728,84
Nº8	36,41	63,59	15,44	875,08	3603,91
Nº16	25,46	74,54	10,95	620,77	4224,69
Nº40	17,87	82,13	7,59	429,89	4654,57
Nº80	12,02	87,98	5,85	331,67	4986,24
Nº200	5,09	94,91	6,93	392,93	5379,18
Filler	0,00	100,00	5,09	288,42	5667,60
Peso Total=				5667,60	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =332.40 gm

Diseño D5 para un porcentaje de agregado grueso M2

Tabla 3. 68 Granulometría para D5 con agregado grueso M2

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,62		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,63	1,37	1,37	77,47	77,47
1/2"	81,82	18,18	16,81	952,03	1029,50
3/8"	78,53	21,47	3,29	186,53	1216,03
Nº4	54,31	45,69	24,21	1371,19	2587,22
Nº8	39,89	60,11	14,42	816,58	3403,80
Nº16	28,52	71,48	11,37	643,75	4047,54
Nº40	20,00	80,00	8,52	482,47	4530,01
Nº80	13,47	86,53	6,53	369,89	4899,91
Nº200	5,68	94,32	7,79	441,02	5340,93
Filler	0,00	100,00	5,68	321,87	5662,80
Peso Total=				5662,80	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =337.2 gm

Diseño D6 para un porcentaje de agregado grueso M2

Tabla 3. 69 Granulometría para D6 con agregado grueso M2

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,75		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,63	1,37	1,37	77,36	77,36
1/2"	81,82	18,18	16,81	950,72	1028,08
3/8"	78,58	21,42	3,24	183,22	1211,30
Nº4	56,28	43,72	22,30	1261,07	2472,37
Nº8	42,68	57,32	13,60	769,31	3241,67
Nº16	30,98	69,02	11,70	661,64	3903,31
Nº40	21,71	78,29	9,27	524,11	4427,41
Nº80	14,63	85,37	7,08	400,15	4827,56
Nº200	6,16	93,84	8,47	479,09	5306,65
Filler	0,00	100,00	6,16	348,35	5655,00
Peso Total=				5655,00	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =345.0 gm

Diseño D7 para un porcentaje de agregado grueso M3

Tabla 3. 70 Granulometría para D7 con agregado grueso M3

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,56		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,78	1,22	1,22	68,90	68,90
1/2"	83,84	16,16	14,94	846,79	915,69
3/8"	80,76	19,24	3,08	174,50	1090,19
Nº4	53,86	46,14	26,90	1524,52	2614,70
Nº8	36,96	63,04	16,90	957,39	3572,10
Nº16	25,53	74,47	11,43	647,61	4219,71
Nº40	17,93	82,07	7,60	430,48	4650,19
Nº80	12,05	87,95	5,88	333,18	4983,37
Nº200	5,12	94,88	6,94	393,08	5376,45
Filler	0,00	100,00	5,12	289,95	5666,40
Peso Total=				5666,40	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =333.60 gm

Diseño D8 para un porcentaje de agregado grueso M3

Tabla 3. 71 Granulometría para D8 con agregado grueso M3

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,70		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,78	1,22	1,22	68,80	68,80
1/2"	83,84	16,16	14,94	845,53	914,33
3/8"	80,83	19,17	3,01	170,42	1084,75
Nº4	56,32	43,68	24,51	1386,89	2471,64
Nº8	40,44	59,56	15,88	898,26	3369,90
Nº16	28,60	71,40	11,84	670,13	4040,04
Nº40	20,06	79,94	8,53	482,74	4522,78
Nº80	13,50	86,50	6,56	371,16	4893,94
Nº200	5,71	94,29	7,79	440,87	5334,82
Filler	0,00	100,00	5,71	323,18	5658,00
Peso Total=				5658,00	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =342.0 gm

Diseño D9 para un porcentaje de agregado grueso M3

Tabla 3. 72 Granulometría para D9 con agregado grueso M3

TAMIZ	% Pasa	% Retenido	5,6		P. Acumulado
			% Ret. Tamiz	P. Parcial	
1 1/2"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1"	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4"	98,78	1,22	1,22	68,74	68,74
1/2"	83,84	16,16	14,94	844,81	913,56
3/8"	80,88	19,12	2,96	167,22	1080,78
Nº4	58,28	41,72	22,60	1277,51	2358,29
Nº8	43,22	56,78	15,06	851,37	3209,66
Nº16	31,05	68,95	12,18	688,33	3897,99
Nº40	21,77	78,23	9,28	524,62	4422,61
Nº80	14,66	85,34	7,10	401,60	4824,21
Nº200	6,19	93,81	8,48	479,17	5303,38
Filler	0,00	100,00	6,19	349,82	5653,20
Peso Total=				5653,20	

Fuente: Elaboración propia

Peso asfalto =346.80 gm

3.14 Elaboración de briquetas

las briquetas son de 20 x 20 centímetros con espesor de 7 centímetros para lo cual se prepararon moldes metálicos.

Figura 3. 44 Moldes para briquetas



Fuente: Elaboración propia

Una vez que se tiene las cantidades de materiales seleccionadas se procede al calentado del asfalto y el agregado y mezclan completamente hasta que todas las partículas del agregado estén revestidas.

Figura 3. 45 Preparación de la mezcla para las briquetas



Fuente: Elaboración propia

Una vez que todo el material se encuentre bien mezclado se introduce el material al molde seleccionado para su compactado.

Figura 3. 46 Elaboración de las briquetas para ser ensayadas



Fuente: Elaboración propia

Se espera 24 horas hasta que se enfría completamente las briquetas y se las desmoldan para proceder a medir la densidad con el densímetro para que verifique si cumple con la densidad que se calculó con el ensayo MARSHALL.

Figura 3. 48 Densímetro



Figura 3. 47 Medición de la densidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 49 Densidades medidas con el densímetro



Fuente: Elaboración propia

Después de haber medido la densidad y verificar que su densidad es mayor al 95 % de lo encontrado en las briquetas que se ensayaron en el MARMARSHALL esto nos garantiza que los moldes que se elaboraron con la granulometría y cantidad de cemento asfáltico correspondiente a cada diseño que se planteó para el posterior análisis de sus propiedades de la mezcla asfáltica y como se ven afectadas con la macrotextura y microtextura lo cual repercute en la seguridad vial del usuario.

Figura 3. 50 Briquetas para ser ensayada



Fuente: Elaboración propia

3.15 Procedimiento para medir la macrotextura

A continuación se explicará brevemente el procedimiento utilizado.

Figura 3. 51 Materiales para medir la macrotextura



Fuente: Elaboración propia

1º) Se limpia con una brocha el área del pavimento que se ensayará, verificando que también esté seca.

2º) Procedemos a extender sobre la superficie de cada molde un volumen conocido de arena fina (que pase la malla 50 y la retenga la 100).

Figura 3. 52 1º para el ensayo del círculo de arena



Fuente: Elaboración propia

3º) Se vierte la arena sobre el molde.

Figura 3. 53 2º Paso para ensayo del círculo de arena



Fuente: Elaboración propia

4º) Se distribuye la arena con el disco de madera formando un círculo, hasta que se empiece a notar las asperezas del pavimento.

Figura 3. 54 4º pasó para ensayo del círculo de arena



Fuente: Elaboración propia

5º) Se mide tres veces el diámetro del círculo de arena.

Figura 3. 55 5º Paso para el círculo de arena



Fuente: Elaboración propia

6º) Se calcula la profundidad de textura con la siguiente fórmula:

$$PT = \frac{V * 1000}{\pi * R^2}$$

V= Volumen de la arena

R² = Radio del círculo de arena

3.15.1 Ejm. Para el diseño D-1 muestra 1

Tabla 3. 73 Ejemplo del cálculo de macrotextura D-1 muestra 1

Muestra	Ensayos	Densimetro	Mediciones D(mm)
1	lectura 1	2,288	158,00
	lectura 2		155,00
	lectura 3		158,00
	lectura 4		155,00
	lectura 5		158,00
Promedio			156.80

Fuente: Elaboración propia

$$R = \frac{156.8}{2} = 78.4mm.$$

$$PT = \frac{20ml * 1000}{\pi * 78.4^2} = 1.04mm$$

De esta manera se procede para las tres muestras que se tienen se lectura 5 veces para cada muestra y se procede a calcular las macrotexturas de cada muestra y finalmente sacamos el promedio y de esta manera obtener el valor de macrotextura del diseño que estamos estudiando.

3.16 Procedimiento para medir con péndulo de británico

Figura 3. 56 Aparato para medición de microtextura



Fuente: Elaboración propia

- 1º) Se coloca el equipo encima De tal manera que el molde quede debajo del martillo.
- 2º) Se nivela el equipo con ayuda del nivel.
- 3º) Se calibra el equipo comprobando “el cero” del aparato.

Figura 3. 57 Vista delantera del péndulo de fricción



Fuente: Elaboración propia

4º) Se lleva el brazo del péndulo a su posición horizontal.

5º) Se humedece el pavimento con agua.

6º) Se suelta el brazo del péndulo.

Figura 3. 58 Preparación para el ensayo de péndulo de fricción



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 59 Martillo del péndulo de fricción



Fuente: Elaboración propia

7º) Esto se repite cinco veces en el mismo lugar.

Finalmente se obtiene el coeficiente de fricción o coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD) medido en ese punto.

El cálculo de la microtextura se hará con la siguiente formula:

$$CRD = \frac{Lect. Prome}{100}$$

CRD = Coeficiente de resistencia al deslizamiento (microtextura)

Lect. Prome = Lectura promedio medida con el péndulo

3.16.1 Ejm. Para el diseño D-1 muestra 1

Tabla 3. 74 Ejemplo del cálculo de microtextura D-1 muestra 1

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	ensayo 1	2.288	83,00
	ensayo 2		84,00
	ensayo 3		83,00
	ensayo 4		83,00
	ensayo 5		85,00

Fuente: Elaboración propia

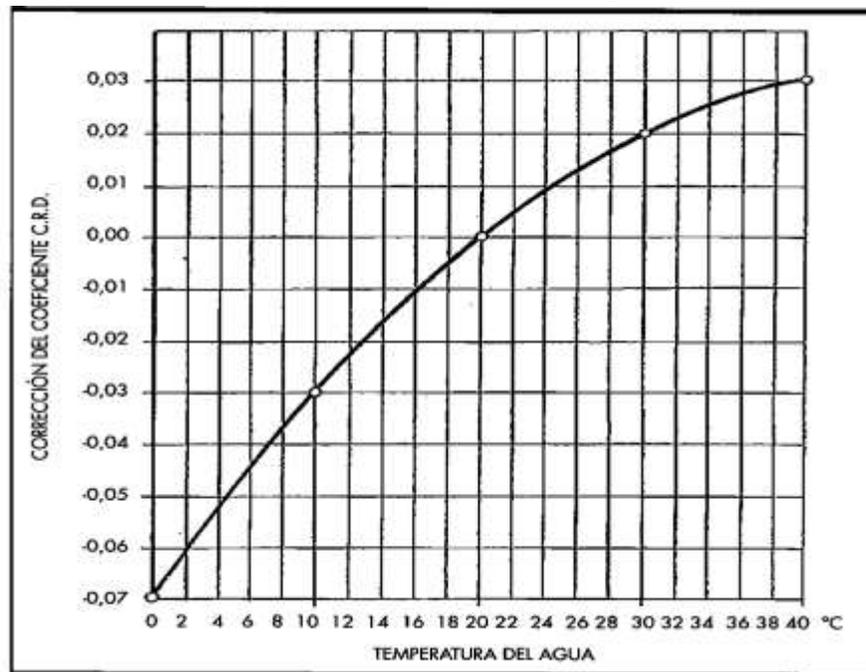
Una vez obtenidos los datos se procede con la fórmula para de esta manera estimar la microtextura.

$$CRD = \frac{(83 + 84 + 83 + 83 + 85)/5}{100} = 0.836$$

Una vez que se obtiene este CRD se procede a la corrección por temperatura como se indica a continuación.

Corrección por temperatura

Figura 3. 60 Corrección del CRD en función de la temperatura de ensayo



Fuente: Elaboración propia

$$CRD = 0.846$$

De esta manera se procede para todos los diseños que están destinados a medir su microtextura.

3.17 RESULTADOS DE DISEÑOS MARSHALL PARA LAS DOSIFICACIONES M1-M2 –M3

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D1

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	50,7	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	49,3	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,683	gr/cm ³	100	ESTRATURA	

Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S.	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA	VOLUMEN BRIQUETA	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.)	PROMEDIO (Drm.)	MAXIMA TEORICA	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)	MEDIA f.c.			
		a	b	c	r	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p			

1	6,52	4,71	4,50	1198,1	1205,3	690,0	515,3	2,325					115	2837,0		0,958			9	8,6		
2	6,46	4,71	4,50	1198,9	1205,7	688,8	516,9	2,319					115	2837,0		0,973			8	7,6		
3	6,50	4,71	4,50	1186,2	1189,2	678,9	510,3	2,325	2,323	2,495	6,88	17,30	60,23	118	2911,0	2861,7	0,963	0,964	2758,6	9	8,5	8,23

4	6,40	5,26	5,00	1195,8	1198,9	689,5	509,4	2,347						115	2837,0		0,988			10	10,0	
5	6,33	5,26	5,00	1200,3	1202,1	689,0	513,1	2,339						116	2861,7		1,005			11	10,5	
6	6,42	5,26	5,00	1201,0	1202,4	691,2	511,2	2,349	2,345	2,475	5,25	16,94	69,00	112	2763,0	2820,5	0,983	0,992	2798,0	9	9,0	9,83

7	6,34	5,82	5,50	1214,2	1215,5	701,5	514,0	2,362						108	2664,3		1,003			12	12,0	
8	6,39	5,82	5,50	1190,8	1191,5	686,5	505,0	2,358						102	2516,3		0,990			13	12,8	
9	6,35	5,82	5,50	1190,2	1191,6	685,2	506,4	2,350	2,357	2,456	4,05	16,98	76,13	108	2664,3	2615,0	1,000	0,998	2609,7	12	12,0	12,27

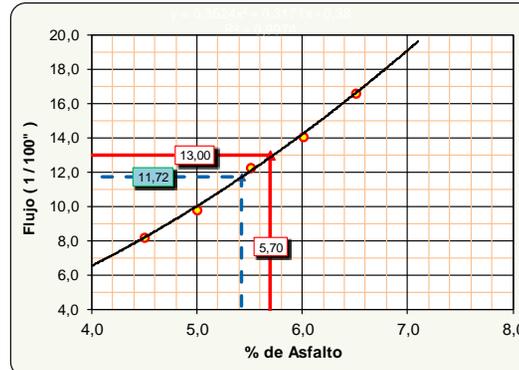
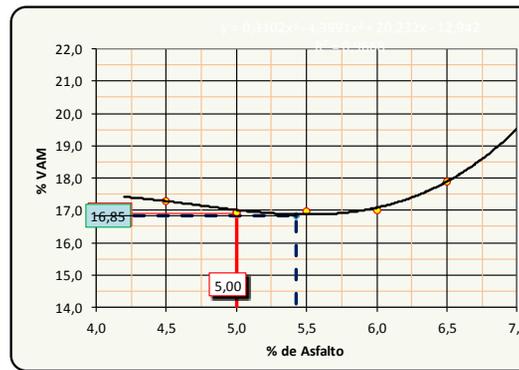
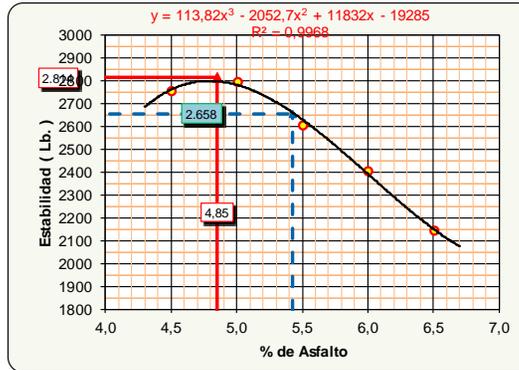
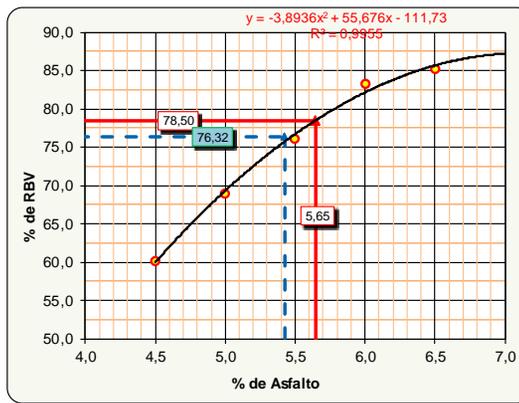
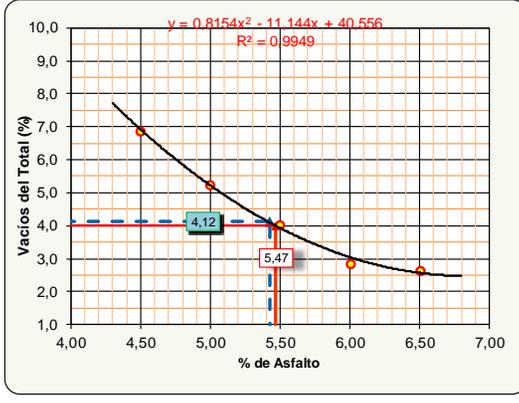
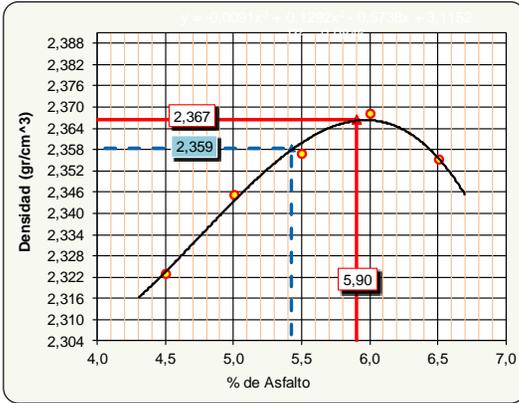
10	6,32	6,38	6,00	1194,5	1194,7	690,9	503,8	2,371						95	2343,6		1,008			14	13,9	
11	6,31	6,38	6,00	1188,1	1190,4	687,8	502,6	2,364						96	2368,3		1,011			15	14,5	
12	6,36	6,38	6,00	1190,0	1192,6	690,5	502,1	2,370	2,368	2,438	2,85	17,02	83,26	100	2466,9	2392,9	0,998	1,006	2407,3	14	13,8	14,07

13	6,30	6,95	6,50	1192,2	1193,6	688,7	504,9	2,361						86	2121,6		1,013			17	17,0	
14	6,39	6,95	6,50	1198,5	1201,2	690,6	510,6	2,347						92	2269,6		0,990			17	16,8	
15	6,40	6,95	6,50	1187,6	1189,0	685,2	503,8	2,357	2,355	2,419	2,65	17,91	85,22	84	2072,2	2154,5	0,988	0,997	2148,0	16	16,0	16,60

OBSERVACIONES ESPECIFICACIONES 2-4 75-82 ≥ 1800 Lb. 8-18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D1**



VALORES				
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
DENSIDAD	5,90	2,367	-----	-----
% VACIOS	5,43	3,0	2	4
R.B.V.	5,65	78,5	75	82
V.A.M	5,00	16,9		
ESTABILIDAD (Lb)	4,85	2813,7	> 1500 Lb. (75 Golpes)	
FLUENCIA 1/100"	5,70	13,0	8	18
PROMEDIO (%)	5,43	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas (Densidad, Vv, RBV, V.A.M y Estabilidad)		

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL				
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS	
DENSIDAD	5,43	2,359	-----	-----
% VACIOS	5,43	4,12	2	4
R.B.V.	5,43	76,32	75	82
V.A.M	5,43	16,85		
ESTABILIDAD (Lb)	5,43	2658	> 1500 Lb. (75 Golpes)	
FLUENCIA 1/100"	5,43	11,72	8	18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO			5,43	

OBSERVACIONES:			
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"		34,05
	GRAVILLA 3/8"		18,91
	ARENA CHANCADA		41,61
	% ASF. OTP.		5,43
	TOTAL		100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5,26	5,60

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D2

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	48,2	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	51,8	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,683	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
N° GOLPES:		75		135 °C Compactación	

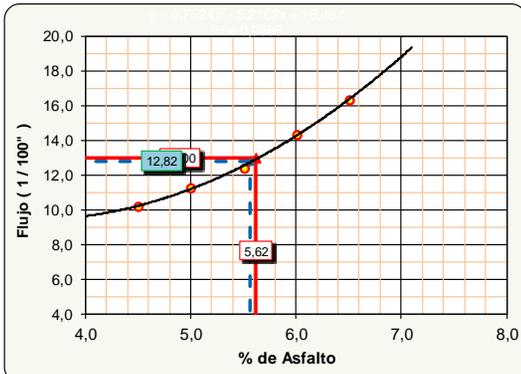
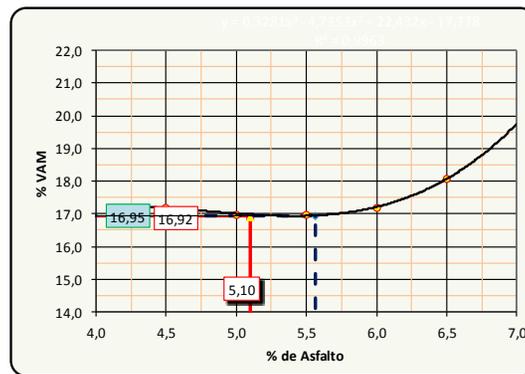
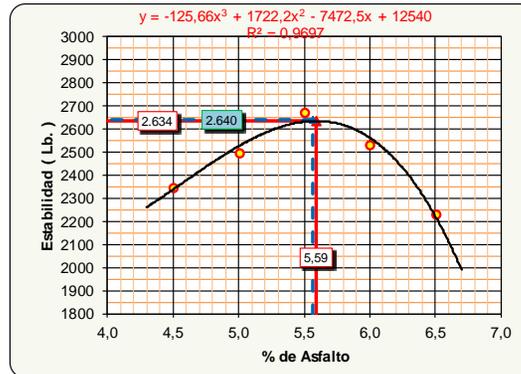
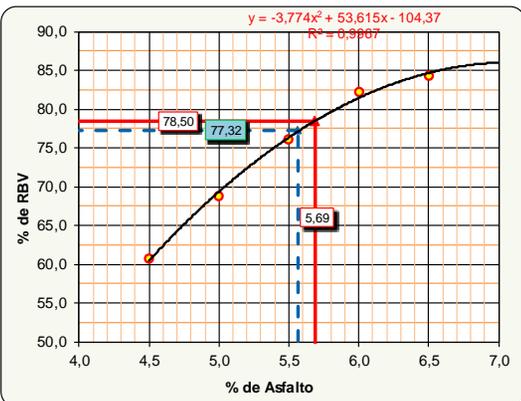
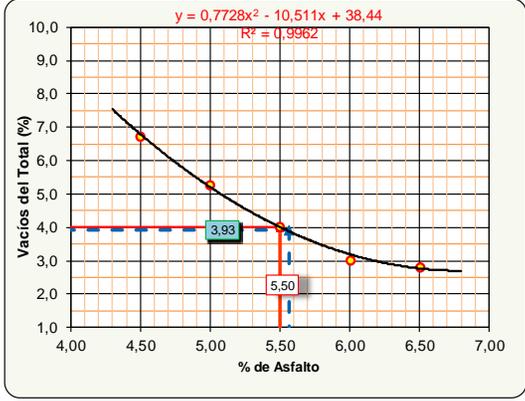
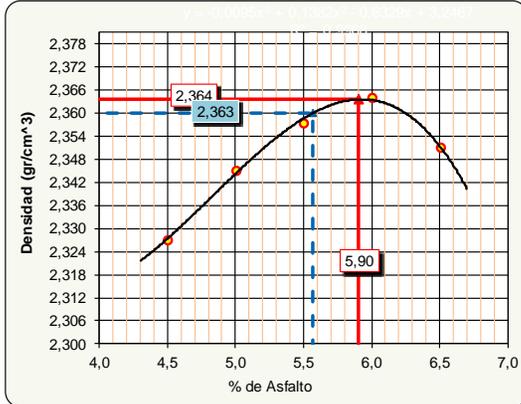
Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm3)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA		
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm3)	PROMEDIO (Dr.m.) (kg/cm3)	MAXIMA TEORICA (kg/cm3)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)					CORREGIDA	
																	mm	MEDIA f.c.					CORREGIDA
1	6,25	4,71	4,50	1192,0	1195,0	683,2	511,8	2,329					90	2220,3		1,027			11	10,5			
2	6,30	4,71	4,50	1198,0	1202,2	685,9	516,3	2,320					93	2294,3		1,013			10	9,5			
3	6,33	4,71	4,50	1185,9	1188,0	679,5	508,5	2,332	2,327	2,495	6,74	17,18	60,77	98	2417,6	2310,7	1,005	1,015	2345,4	11	10,6	10,20	
4	6,31	5,26	5,00	1195,4	1200,6	689,2	511,4	2,338					99	2442,3		1,011			12	11,5			
5	6,28	5,26	5,00	1193,0	1198,5	690,0	508,5	2,346					96	2368,3		1,019			11	11,0			
6	6,25	5,26	5,00	1185,0	1188,0	684,0	504,0	2,351	2,345	2,476	5,30	16,99	68,82	103	2541,0	2450,5	1,027	1,019	2497,1	11	11,4	11,30	
7	6,10	5,82	5,50	1195,0	1198,5	690,5	508,0	2,352					104	2565,6		1,071			13	12,7			
8	6,25	5,82	5,50	1190,5	1197,8	693,8	504,0	2,362					101	2491,6		1,027			13	12,5			
9	6,20	5,82	5,50	1192,8	1195,9	690,0	505,9	2,358	2,357	2,457	4,06	16,98	76,12	106	2615,0	2557,4	1,040	1,046	2675,0	12	12,0	12,40	
10	6,32	6,38	6,00	1192,0	1197,2	693,0	504,2	2,364					98	2417,6		1,008			15	15,0			
11	6,29	6,38	6,00	1196,8	1202,3	696,5	505,8	2,366					101	2491,6		1,016			14	14,2			
12	6,25	6,38	6,00	1190,0	1196,0	692,2	503,8	2,362	2,364	2,438	3,04	17,19	82,28	104	2565,6	2491,6	1,027	1,017	2534,0	14	13,8	14,33	
13	6,30	6,95	6,50	1182,0	1189,5	687,4	502,1	2,354					95	2343,6		1,013			17	16,8			
14	6,25	6,95	6,50	1181,0	1185,0	682,4	502,6	2,350					83	2047,6		1,027			16	16,2			
15	6,32	6,95	6,50	1178,9	1180,2	678,5	501,7	2,350	2,351	2,420	2,84	18,08	84,29	89	2195,6	2195,6	1,008	1,016	2230,7	16	16,0	16,33	

OBSERVACIONES ESPECIFICACIONES 2 - 4 75 - B2 >= 1800 Lb. 8 - 18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D2**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.90	2,364	-----
% VACIOS	5.50	3.0	2 4
R.B.V.	5.69	78,5	75 82
V.A.M.	5.10	16,9	
ESTABILIDAD (Lb)	5.59	2634,3	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.62	13,0	8 18
PROMEDIO (%)	5,57	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,57	2,363	-----
% VACIOS	5,57	3,93	2 4
R.B.V.	5,57	77,32	75 82
V.A.M.	5,57	16,95	
ESTABILIDAD (Lb)	5,57	2640	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,57	12,82	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO			5,57

OBSERVACIONES		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	38,72
	GRAVILLA 3/8"	14,16
	ARENA CHANCADA	41,55
	% ASF. OTP.	5,57
TOTAL		100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5,40	5,74

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D3

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	46,2	Tipo de asfalto AASHTO M.20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	53,8	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,684	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
N° GOLPES:		75	130 °C Compactación		

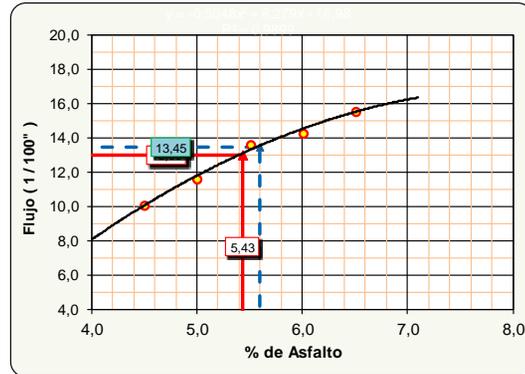
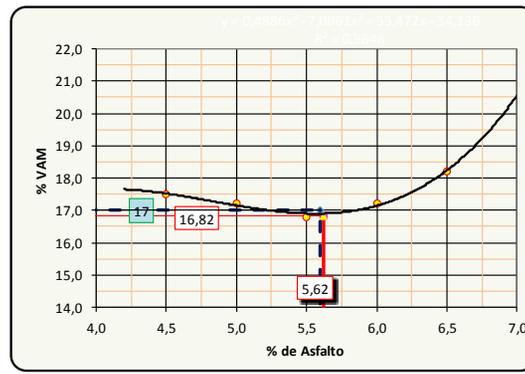
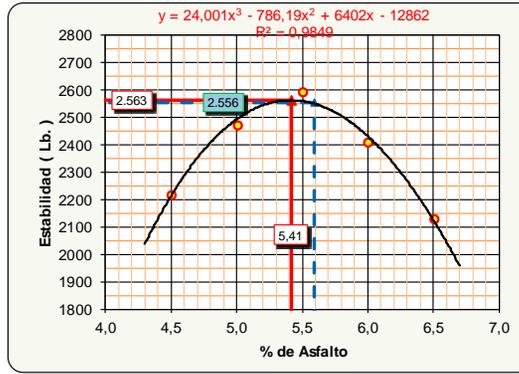
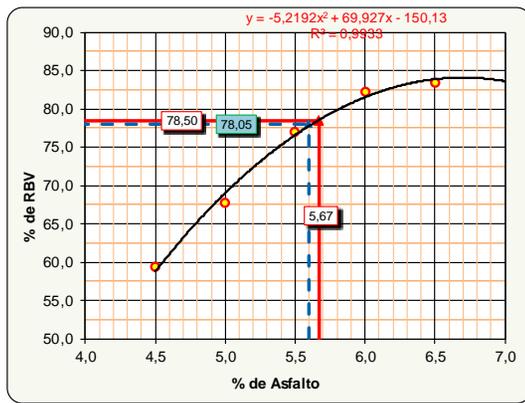
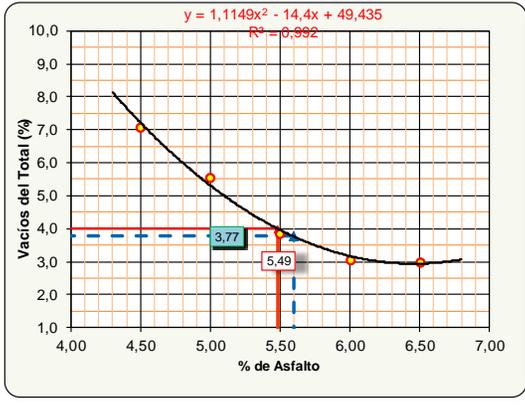
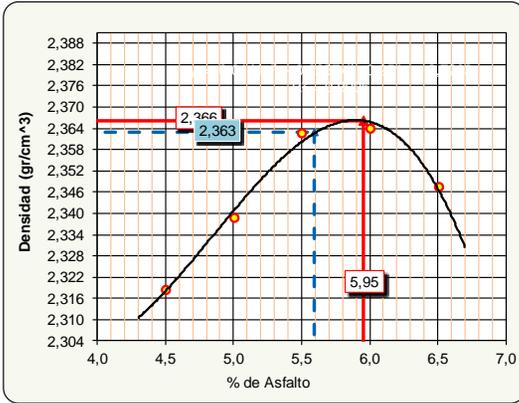
Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)				LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA		
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm3)	PROMEDIO (Drm.) (kg/cm3)	MAXIMA TEORICA (kg/cm3)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA) mm				MEDIA f.c.	CORREGIDA
1	6,52	4,71	4,50	1198,1	1205,3	686,8	518,5	2,311						90	2220,3		0,958			10	10,4	
2	6,46	4,71	4,50	1198,9	1205,7	689,0	516,7	2,320						95	2343,6		0,973			11	10,8	
3	6,50	4,71	4,50	1186,2	1189,2	678,9	510,3	2,325	2,319	2,496	7,11	17,51	59,41	95	2343,6	2302,5	0,963	0,964	2219,6	9	9,1	10,10
4	6,40	5,26	5,00	1195,8	1198,9	687,9	511,0	2,340						105	2590,3		0,988			11	11,2	
5	6,33	5,26	5,00	1200,3	1202,1	688,6	513,5	2,337						100	2466,9		1,005			12	11,6	
6	6,42	5,26	5,00	1201,0	1202,4	689,0	513,4	2,339	2,339	2,477	5,56	17,22	67,73	98	2417,6	2491,6	0,983	0,992	2471,7	12	12,0	11,60
7	6,34	5,82	5,50	1214,2	1215,5	701,0	514,5	2,360						105	2590,3		1,003			13	13,0	
8	6,39	5,82	5,50	1190,8	1191,5	687,4	504,1	2,362						105	2590,3		0,990			14	13,6	
9	6,35	5,82	5,50	1190,2	1191,6	688,6	503,0	2,366	2,363	2,458	3,86	16,81	77,06	106	2615,0	2598,5	1,000	0,998	2593,3	14	14,2	13,60
10	6,30	6,38	6,00	1194,5	1194,7	690,0	504,7	2,367						100	2466,9		1,013			15	15,0	
11	6,31	6,38	6,00	1188,1	1190,4	688,0	502,4	2,365						94	2318,9		1,011			15	14,5	
12	6,36	6,38	6,00	1190,0	1192,6	688,5	504,1	2,361	2,364	2,439	3,07	17,21	82,18	97	2392,9	2392,9	0,998	1,007	2409,7	13	13,4	14,30
13	6,30	6,95	6,50	1192,2	1193,6	684,7	508,9	2,343						88	2170,9		1,013			15	15,2	
14	6,39	6,95	6,50	1198,5	1201,2	690,6	510,6	2,347						90	2220,3		0,990			16	15,5	
15	6,40	6,95	6,50	1187,6	1189,0	684,2	504,8	2,353	2,348	2,420	3,01	18,23	83,47	82	2022,9	2138,0	0,988	0,997	2131,6	16	16,0	15,57

OBSERVACIONES ESPECIFICACIONES 2-4 75-82 ≥ 1800 Lb. 8-18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D3**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,95	2,366	-----
% VACIOS	5,49	3,0	2 4
R.B.V.	5,67	78,5	75 82
V.A.M	5,62	16,8	
ESTABILIDAD (Lb)	5,41	2562,9	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,43	13,0	8 18
PROMEDIO (%)	5,60	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas (Densidad, Vv, RBV V.A.M y Estabilidad)	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,60	2,365	-----
% VACIOS	5,60	3,77	2 4
R.B.V.	5,60	78,05	75 82
V.A.M	5,60	17,00	
ESTABILIDAD (Lb)	5,60	2556	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,60	13,45	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO			5,60

OBSERVACIONES:		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	38,71
	GRAVILLA 3/8"	10,38
	ARENA CHANCADA	45,31
	% ASF. OTP.	5,60
	TOTAL	100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5,42	5,77

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D4

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz Nº 4	2,667	gr/cm ³	48,2	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100
Mat. Pasa Tamiz Nº 4	2,699	gr/cm ³	51,8	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,683	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
Nº GOLPES:		75		135 °C Compactación	

Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm3)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA														
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm3)	PROMEDIO (Dr.m.) (kg/cm3)	MAXIMA TEORICA (kg/cm3)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA) mm	MEDIA f.c.				CORREGIDA													
																							a	b	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
1	6,26	4,71	4,50	1188,5	1191,2	680,2	511,0	2,326						90	2220,3		1,024			8	8,2														
2	6,30	4,71	4,50	1190,2	1195,6	683,0	512,6	2,322						92	2269,6		1,013			8	7,5														
3	6,21	4,71	4,50	1185,0	1190,5	679,5	511,0	2,319	2,322	2,495	6,94	17,36	60,03	87	2146,2	2212,0	1,037	1,025	2267,3	9	9,2	8,30													
4	6,29	5,26	5,00	1190,5	1195,8	687,0	508,8	2,340						99	2442,3		1,016			12	11,5														
5	6,26	5,26	5,00	1188,2	1195,6	688,0	507,6	2,341						96	2368,3		1,024			10	10,0														
6	6,22	5,26	5,00	1192,2	1200,3	691,4	508,9	2,343	2,341	2,476	5,45	17,12	68,17	100	2466,9	2425,8	1,035	1,025	2486,5	10	10,0	10,50													
7	6,19	5,82	5,50	1192,8	1200,8	693,5	507,3	2,351						104	2565,6		1,043			12	12,0														
8	6,25	5,82	5,50	1185,5	1195,5	694,5	501,0	2,366						100	2466,9		1,027			12	12,2														
9	6,22	5,82	5,50	1180,9	1196,5	695,8	500,7	2,358	2,359	2,457	4,00	16,94	76,36	97	2392,9	2475,2	1,035	1,035	2561,8	11	11,0	11,73													
10	6,28	6,38	6,00	1193,5	1201,5	695,4	506,1	2,358						96	2368,3		1,019			14	13,9														
11	6,36	6,38	6,00	1186,8	1198,5	695,8	502,7	2,361						95	2343,6		0,998			13	13,0														
12	6,32	6,38	6,00	1190,5	1202,2	697,5	504,7	2,359	2,359	2,438	3,24	17,36	81,32	100	2466,9	2392,9	1,008	1,008	2412,1	13	13,4	13,43													
13	6,35	6,95	6,50	1178,0	1185,8	684,6	501,2	2,350						94	2318,9		1,000			16	16,0														
14	6,27	6,95	6,50	1183,5	1196,5	692,0	504,5	2,346						90	2220,3		1,021			15	15,0														
15	6,31	6,95	6,50	1175,8	1182,4	683,0	499,4	2,354	2,350	2,420	2,88	18,11	84,09	91	2244,9	2261,4	1,011	1,011	2286,2	16	15,5	15,50													

OBSERVACIONES

ESPECIFICACIONES

3 - 5

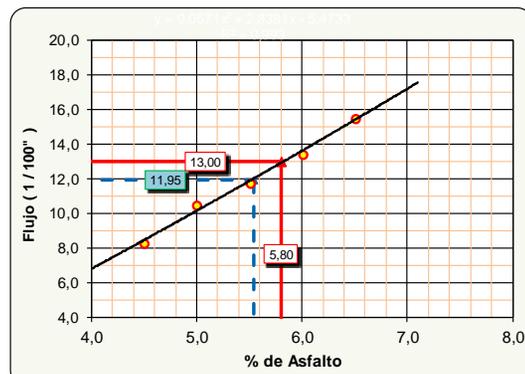
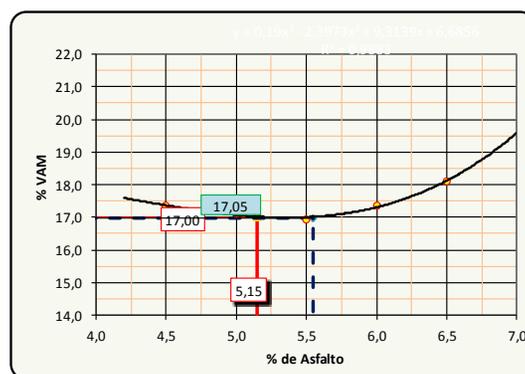
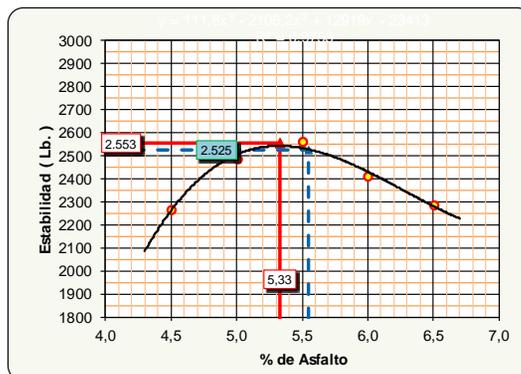
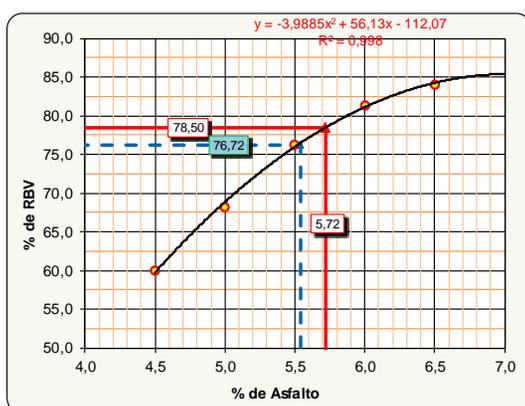
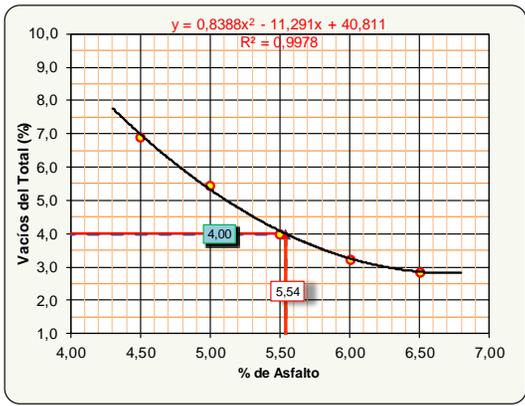
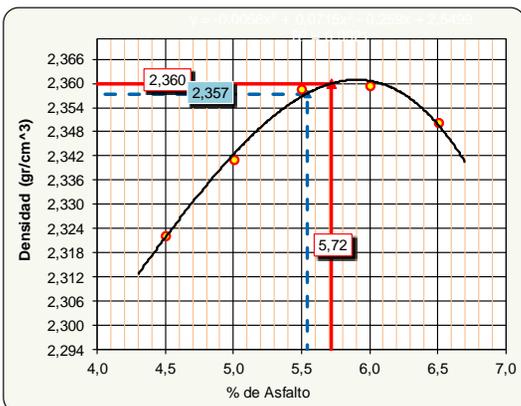
75 - HZ

≥ 1800 Lb.

B - 18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: DISEÑO - MRSH - D4



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.72	2,360	-----
% VACIOS	5.54	3,0	2 4
R.B.V.	5.72	78,5	75 82
V.A.M	5.15	17,0	
ESTABILIDAD (Lb)	5.33	2553,5	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.80	13,0	8 18
PROMEDIO (%)	5.54	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.54	2,357	-----
% VACIOS	5.54	4,00	2 4
R.B.V.	5.54	76,72	75 82
V.A.M	5.54	17,05	
ESTABILIDAD (Lb)	5.54	2525	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.54	11,95	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO	5.54		

OBSERVACIONES		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	34,00
	GRAVILLA 3/8"	23,61
	ARENA CHANCADA	36,84
	% ASF. OTP.	5,54
	TOTAL	100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla : Min. 5,37 Max. 5,72

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: Construcción Asfaltado Canasmoro

Fecha: 4 de julio de 2017

DISEÑO - MRSH -D5

Pesos Específicos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20		DOSIFICACION						GRAVA	GRAVILLA	ARENA CHANCADA								
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	45,7	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100	% DE AGREGADOS :						3/4"	3/8"	N°4								
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	54,3	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003							ORIGEN AGREGADOS :						36%	20%	44%		
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,684	gr/cm ³	100	ESTRATURA		Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.																
N° GOLPES:		75	135 °C Compactación																			
IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S.	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA	VOLUMEN BRIQUETA	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA	
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.)	PROMEDIO (Dr.m.)	MAXIMA TEORICA	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)	MEDIA f.c.				CORREGIDA
		a	b	(gr)	(gr)	(gr)	(cm ³)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	(kg/cm ³)	(Vv)	(VAM)	(RBV)		l	m	mm	o	p			
1	6,30	4,71	4,50	1185,2	1187,2	677,0	510,2	2,323					88	2170,9		1,013			10	10,1		
2	6,22	4,71	4,50	1192,5	1194,1	678,5	515,6	2,313					90	2220,3		1,035			10	9,5		
3	6,33	4,71	4,50	1179,5	1182,0	672,5	509,5	2,315	2,317	2,496	7,17	17,57	59,17	96	2368,3	2253,1	1,005	1,018	2293,7	11	10,8	10,13
4	6,35	5,26	5,00	1195,9	1200,2	690,0	510,2	2,344					98	2417,6		1,000			12	11,5		
5	6,34	5,26	5,00	1198,4	1203,0	691,7	511,3	2,344					100	2466,9		1,003			12	12,0		
6	6,23	5,26	5,00	1181,6	1183,2	675,6	507,6	2,328	2,339	2,477	5,58	17,24	67,64	98	2417,6	2434,1	1,032	1,012	2463,3	12	12,0	11,83
7	6,29	5,82	5,50	1194,5	1197,1	690,7	506,4	2,359					105	2590,3		1,016			12	12,3		
8	6,35	5,82	5,50	1196,6	1199,9	691,4	508,5	2,353					100	2466,9		1,000			13	12,5		
9	6,29	5,82	5,50	1193,2	1195,3	688,5	506,8	2,354	2,355	2,458	4,16	17,08	75,64	103	2541,0	2532,7	1,016	1,011	2560,6	13	13,2	12,67
10	6,30	6,38	6,00	1196,5	1198,1	691,7	506,4	2,363					86	2121,6		1,013			14	14,2		
11	6,26	6,38	6,00	1190,5	1192,3	688,9	503,4	2,365					90	2220,3		1,024			14	13,5		
12	6,28	6,38	6,00	1192,9	1194,3	685,0	509,3	2,342	2,357	2,439	3,38	17,47	80,68	95	2343,6	2228,5	1,019	1,019	2270,8	13	13,2	13,63
13	6,29	6,95	6,50	1180,1	1180,9	679,8	501,1	2,355					70	1726,9		1,016			16	16,0		
14	6,29	6,95	6,50	1193,8	1194,6	685,5	509,1	2,345					78	1924,2		1,016			16	15,5		
15	6,29	6,95	6,50	1186,2	1187,0	683,5	503,5	2,356	2,352	2,421	2,83	18,08	84,32	82	2022,9	1891,3	1,016	1,016	1921,6	15	15,2	15,57

OBSERVACIONES

ESPECIFICACIONES

2 - 4

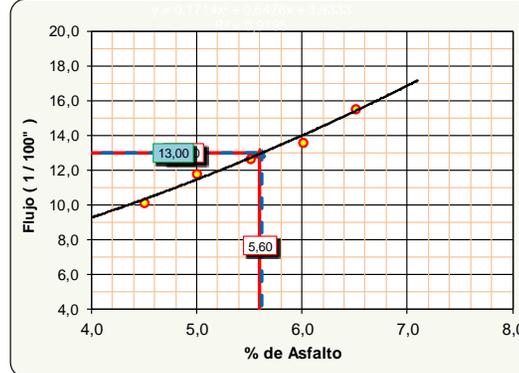
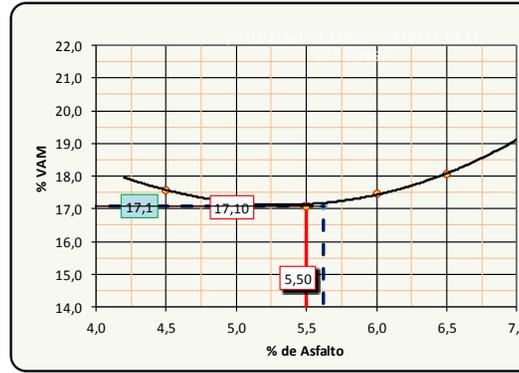
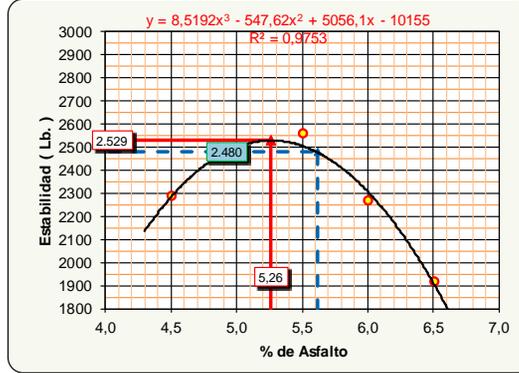
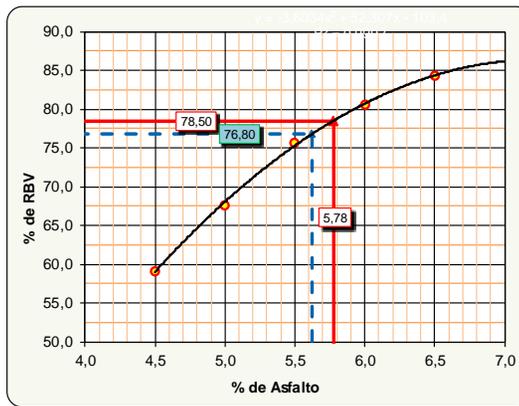
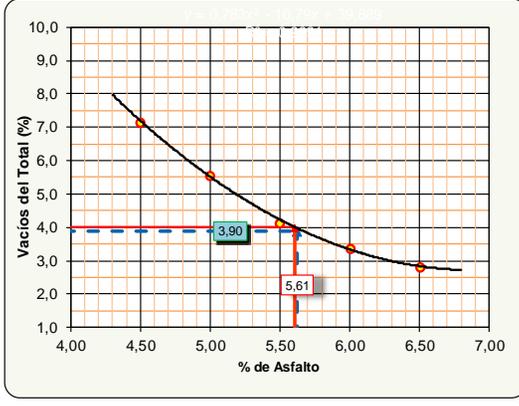
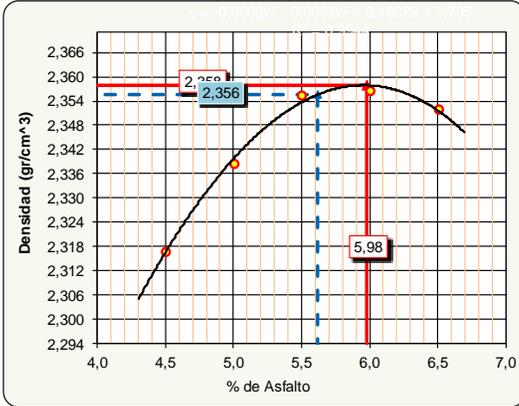
75 - 82

≥ 1800 lb.

8 - 18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D5**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,98	2,358	-----
% VACIOS	5,61	3,0	2 4
R.B.V.	5,78	78,5	75 82
V.A.M.	5,50	17,1	
ESTABILIDAD (Lb)	5,26	2528,6	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,60	13,0	8 18
PROMEDIO (%)	5,62	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas (Densidad, Vv, RBB V.A.M y Estabilidad)	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,62	2,356	-----
% VACIOS	5,62	3,90	2 4
R.B.V.	5,62	76,80	75 82
V.A.M.	5,62	17,10	
ESTABILIDAD (Lb)	5,62	2480	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,62	13,00	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO			5,62

OBSERVACIONES		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	33,98
	GRAVILLA 3/8"	18,88
	ARENA CHANCADA	41,53
	% ASF. OTP.	5,62
	TOTAL	100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5,45	5,80

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D6

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	43,7	Tipo de asfalto AASHTO M.20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	56,3	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,685	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
N° GOLPES:		75		130 °C Compactación	

Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm ³)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA	
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm ³)	PROMEDIO (Drm.) (kg/cm ³)	MAXIMA TEORICA (kg/cm ³)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA) mm	MEDIA f.c.				CORREGIDA

1	6,41	4,71	4,50	1190,0	1200,0	688,0	512,0	2,324						95	2343,6		0,985			9	9,2	
2	6,50	4,71	4,50	1186,5	1198,5	685,8	512,7	2,314						80	1973,6		0,963			9	9,0	
3	6,52	4,71	4,50	1180,5	1195,5	687,0	508,5	2,322	2,320	2,497	7,07	17,48	59,55	80	1973,6	2096,9	0,958	0,969	2031,9	10	9,5	9,23

4	6,40	5,26	5,00	1187,8	1195,5	688,0	507,5	2,340						95	2343,6		0,988			10	10,4	
5	6,49	5,26	5,00	1180,5	1191,5	689,0	502,5	2,349						92	2269,6		0,965			11	11,0	
6	6,52	5,26	5,00	1179,5	1186,8	682,2	504,6	2,337	2,342	2,477	5,44	17,12	68,21	91	2244,9	2286,0	0,958	0,970	2217,5	10	10,0	10,47

7	6,30	5,82	5,50	1186,5	1197,5	693,0	504,5	2,352						96	2368,3		1,013			12	12,4	
8	6,35	5,82	5,50	1180,2	1192,8	693,0	499,8	2,361						97	2392,9		1,000			13	13,0	
9	6,41	5,82	5,50	1179,8	1189,8	689,5	500,3	2,358	2,357	2,458	4,11	17,04	75,86	92	2269,6	2343,6	0,985	0,999	2341,3	13	12,8	12,73

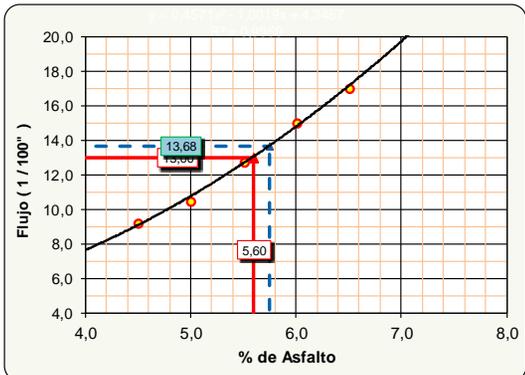
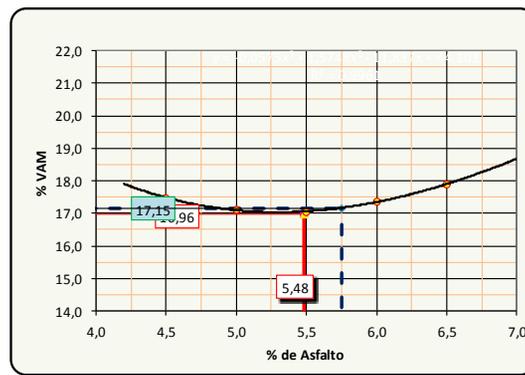
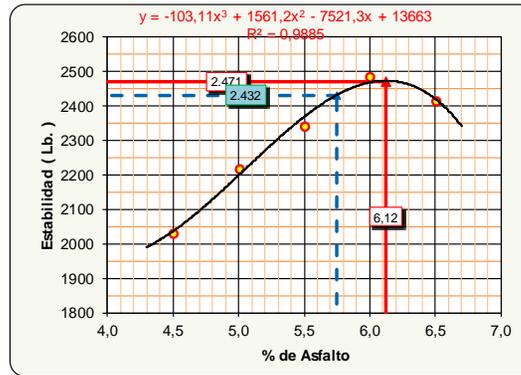
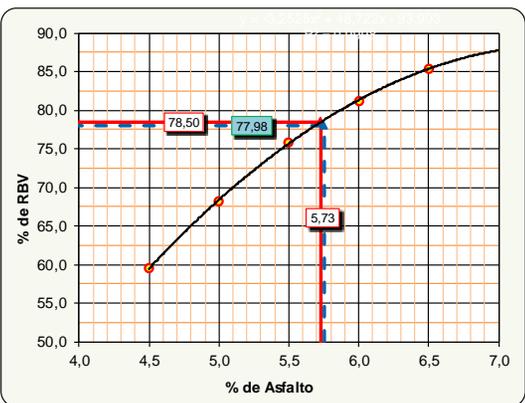
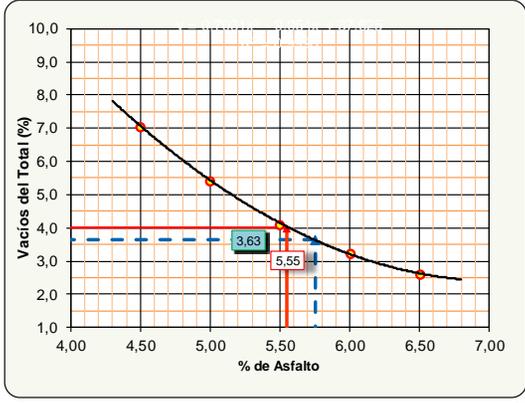
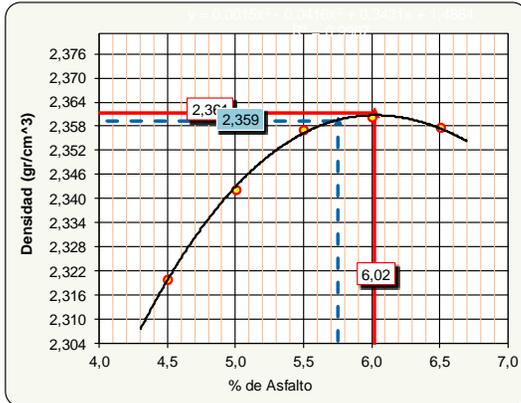
10	6,49	6,38	6,00	1182,5	1190,8	688,5	502,3	2,354						102	2516,3		0,965			15	14,5	
11	6,38	6,38	6,00	1179,8	1185,6	686,0	499,6	2,361						105	2590,3		0,993			16	15,5	
12	6,40	6,38	6,00	1185,0	1195,6	694,5	501,1	2,365	2,360	2,439	3,25	17,37	81,28	101	2491,6	2532,7	0,988	0,982	2487,1	15	15,0	15,00

13	6,32	6,95	6,50	1185,8	1192,5	688,9	503,6	2,355						100	2466,9		1,008			17	16,5	
14	6,42	6,95	6,50	1180,0	1193,8	693,5	500,3	2,359						98	2417,6		0,983			17	16,8	
15	6,28	6,95	6,50	1176,8	1185,6	686,9	498,7	2,360	2,358	2,421	2,62	17,90	85,37	95	2343,6	2409,4	1,019	1,003	2416,6	18	17,8	17,03

OBSERVACIONES ESPECIFICACIONES 1-3 75-82 ≥ 1800 Lb 8-18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D6**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	6,02	2,361	-----
% VACIOS	5,55	4,0	3 5
R.B.V.	5,73	78,5	75 82
V.A.M	5,48	17,0	
ESTABILIDAD (Lb)	6,12	2471,5	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,60	13,0	8 18
PROMEDIO (%)	5,75	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5,75	2,359	-----
% VACIOS	5,75	3,63	3 5
R.B.V.	5,75	77,98	75 82
V.A.M	5,75	17,15	
ESTABILIDAD (Lb)	5,75	2432	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5,75	13,68	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO		5,75	

OBSERVACIONES		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	33,93
	GRAVILLA 3/8"	15,08
	ARENA CHANGADA	45,24
	% ASF. OTP.	5,75
	TOTAL	100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla : **Min. 5,57 Max. 5,93**

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D7

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	46,1	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	53,9	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,684	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
N° GOLPES:		75		135 °C Compactación	

Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm3)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA		
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm3)	PROMEDIO (Dr.m.) (kg/cm3)	MAXIMA TEORICA (kg/cm3)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)					MEDIA f.c.	CORREGIDA
																	mm						
																	a	b					
1	6,32	4,71	4,50	1191,2	1193,2	681,5	511,7	2,328						86	2121,6		1,008			9	9,0		
2	6,42	4,71	4,50	1198,2	1199,9	683,2	516,7	2,319						80	1973,6		0,983			8	7,8		
3	6,44	4,71	4,50	1185,8	1187,0	676,2	510,8	2,321	2,323	2,496	6,94	17,36	60,04	86	2121,6	2072,2	0,978	0,989	2049,4	9	8,6	8,47	
4	6,39	5,26	5,00	1194,0	1196,8	688,0	508,8	2,347						97	2392,9		0,990			10	9,7		
5	6,40	5,26	5,00	1185,3	1187,0	680,5	506,5	2,340						100	2466,9		0,988			10	10,4		
6	6,45	5,26	5,00	1187,5	1189,2	682,2	507,0	2,342	2,343	2,477	5,39	17,07	68,41	99	2442,3	2434,1	0,975	0,984	2395,1	10	10,0	10,03	
7	6,46	5,82	5,50	1197,9	1198,2	689,5	508,7	2,355						97	2392,9		0,973			12	12,0		
8	6,38	5,82	5,50	1191,5	1192,2	686,7	505,5	2,357						100	2466,9		0,993			13	12,5		
9	6,29	5,82	5,50	1190,0	1191,0	685,0	506,0	2,352	2,355	2,458	4,19	17,10	75,49	100	2466,9	2442,3	1,016	0,994	2427,6	11	11,4	11,97	
10	6,30	6,38	6,00	1197,0	1198,6	688,9	509,7	2,348						95	2343,6		1,013			14	14,0		
11	6,35	6,38	6,00	1194,0	1194,9	687,0	507,9	2,351						90	2220,3		1,000			14	14,4		
12	6,41	6,38	6,00	1190,2	1191,9	687,1	504,8	2,358	2,352	2,439	3,55	17,62	79,86	93	2294,3	2286,0	0,985	0,999	2283,8	14	13,5	13,97	
13	6,40	6,95	6,50	1188,0	1189,9	682,6	507,3	2,342						83	2047,6		0,988			16	16,0		
14	6,36	6,95	6,50	1196,3	1198,0	685,9	512,1	2,336						87	2146,2		0,998			16	15,8		
15	6,30	6,95	6,50	1189,5	1191,5	682,9	508,6	2,339	2,339	2,420	3,37	18,53	81,81	82	2022,9	2072,2	1,013	0,999	2070,2	15	15,4	15,73	

OBSERVACIONES

ESPECIFICACIONES

3 - 5

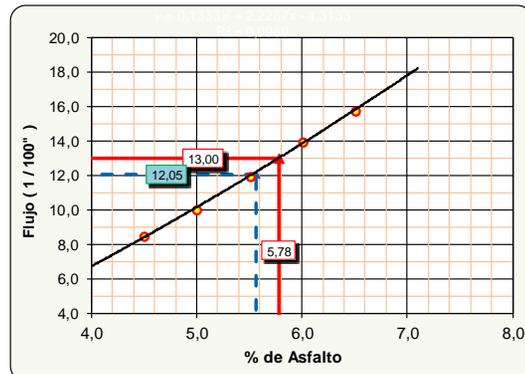
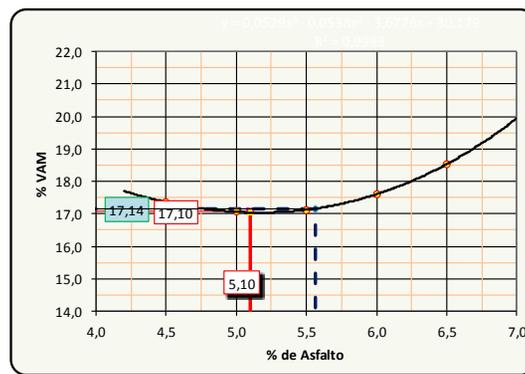
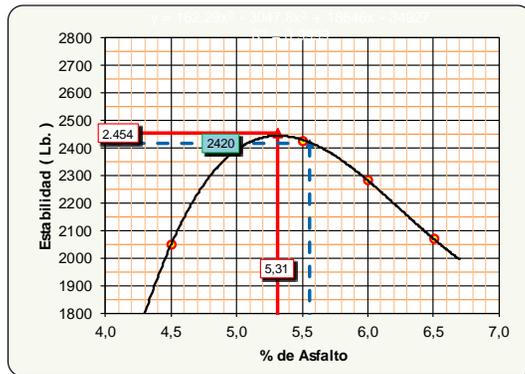
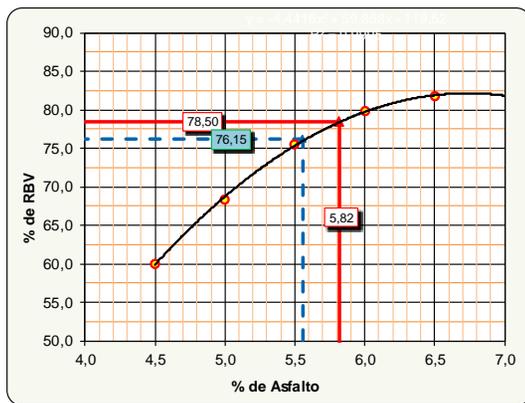
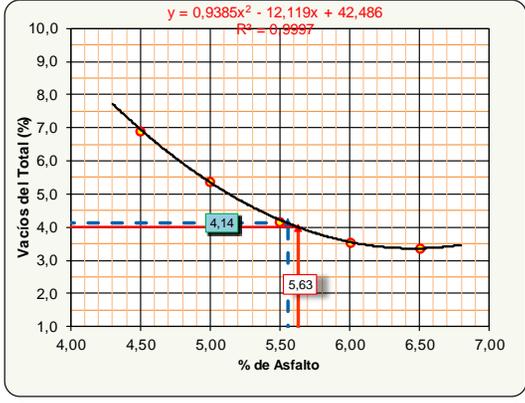
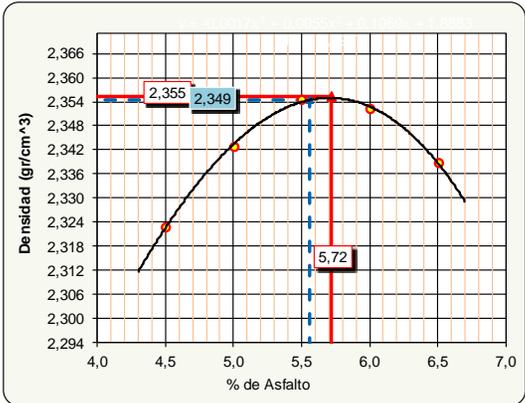
75 - 82

≥ 1800 Lb.

8 - 18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D7**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.72	2,355	-----
% VACIOS	5.63	4.0	3 5
R.B.V.	5.82	78.5	75 82
V.A.M	5.10	17.1	
ESTABILIDAD (Lb)	5.31	2453.6	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.78	13.0	8 18
PROMEDIO (%)	5.56	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.56	2,349	-----
% VACIOS	5.56	4.14	3 5
R.B.V.	5.56	76.15	75 82
V.A.M	5.56	17.14	
ESTABILIDAD (Lb)	5.56	2420	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.56	12.05	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO		5.56	

OBSERVACIONES:		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	30.22
	GRAVILLA 3/8"	27.39
	ARENA CHANCADA	36.83
	% ASF. OTP.	5.56
	TOTAL	100.0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla : **Min. 5,39 Max. 5,73**

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D8

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	43,7	Tipo de asfalto AASHTO M 20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	56,3	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,685	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
N° GOLPES:		75	135 °C Compactación		

Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE (gr)	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S. (gr)	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA (gr)	VOLUMEN BRIQUETA (cm3)	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)					LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA			
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.) (kg/cm3)	PROMEDIO (Dr.m.) (kg/cm3)	MAXIMA TEORICA (kg/cm3)	MEZCLA (Vv)	AGREGADOS (VAM)	LLENOS DE ASFALTO (RBV)	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)					LECT. DIAL		
																	MEDIA f.c.	CORREGIDA					m	n
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p									
1	6,28	4,71	4,50	1189,0	1190,5	678,0	512,5	2,320					85	2096,9		1,019		9	9,2					
2	6,36	4,71	4,50	1192,2	1194,2	678,6	515,6	2,312					80	1973,6		0,998		10	10,2					
3	6,40	4,71	4,50	1195,5	1197,6	678,4	519,2	2,303	2,312	2,497	7,41	17,78	58,34	82	2022,9	2031,1	0,988	1,001	2033,2	10	9,5	9,63		
4	6,35	5,26	5,00	1190,0	1191,8	680,0	511,8	2,325						89	2195,6		1,000			12	11,5			
5	6,33	5,26	5,00	1191,2	1192,6	682,6	510,0	2,336						90	2220,3		1,005			11	11,0			
6	6,34	5,26	5,00	1191,8	1192,8	681,2	511,6	2,330	2,330	2,477	5,94	17,55	66,17	92	2269,6	2228,5	1,003	1,003	2235,2	11	10,5	11,00		
7	6,40	5,82	5,50	1194,0	1195,6	689,0	506,6	2,357						94	2318,9		0,988			12	12,0			
8	6,38	5,82	5,50	1190,0	1192,4	685,0	507,4	2,345						100	2466,9		0,993			13	12,5			
9	6,29	5,82	5,50	1189,0	1191,6	685,0	506,6	2,347	2,350	2,458	4,41	17,30	74,49	97	2392,9	2392,9	1,016	0,999	2390,5	13	12,5	12,33		
10	6,33	6,38	6,00	1197,7	1198,9	688,0	510,9	2,344						100	2466,9		1,005			15	14,8			
11	6,34	6,38	6,00	1191,2	1193,2	687,0	506,2	2,353						93	2294,3		1,003			15	15,4			
12	6,30	6,38	6,00	1193,5	1194,7	689,6	505,1	2,363	2,353	2,439	3,53	17,60	79,97	92	2269,6	2343,6	1,013	1,007	2360,0	14	14,4	14,87		
13	6,42	6,95	6,50	1187,6	1189,0	682,6	506,4	2,345						86	2121,6		0,983			17	17,4			
14	6,38	6,95	6,50	1192,2	1193,2	685,5	507,7	2,348						80	1973,6		0,993			17	17,0			
15	6,34	6,95	6,50	1190,0	1191,7	682,0	509,7	2,335	2,343	2,421	3,24	18,42	82,43	78	1924,2	2006,5	1,003	0,993	1992,4	17	16,5	16,97		

OBSERVACIONES

ESPECIFICACIONES

3 - 5

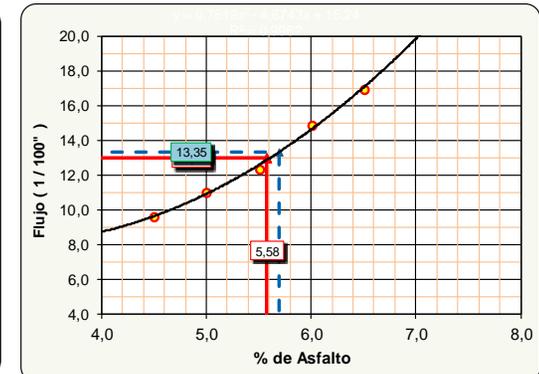
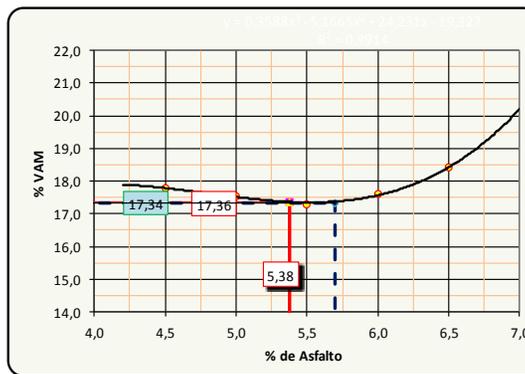
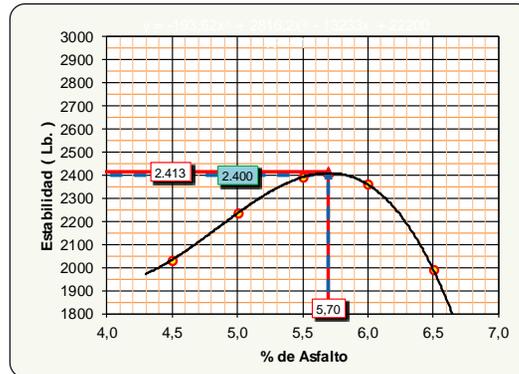
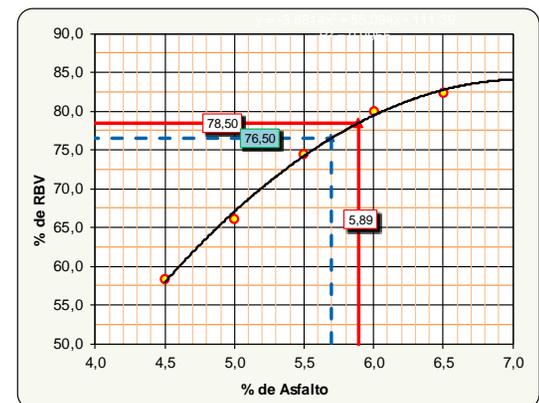
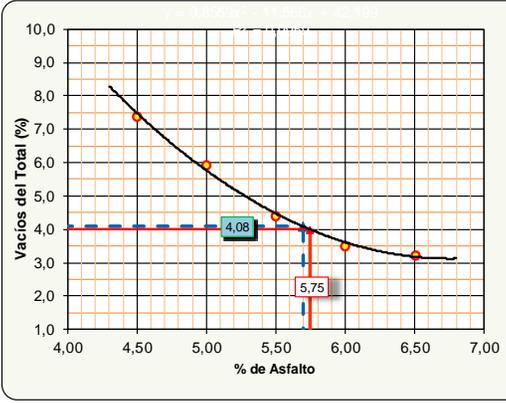
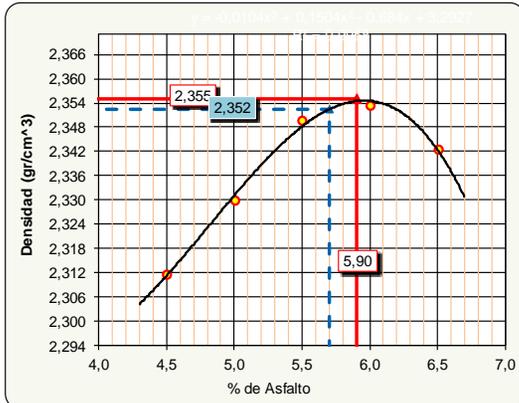
75 - 82

≥ 1800 lb

8 - 18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D8**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.90	2.355	-----
% VACIOS	5.75	4.0	3 5
R.B.V.	5.89	78.5	75 82
V.A.M.	5.38	17.4	
ESTABILIDAD (Lb)	5.70	2413.2	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.58	13.0	8 18
PROMEDIO (%)	5.70	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas	

VALORES OBTENIDOS DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.70	2.352	-----
% VACIOS	5.70	4.08	3 5
R.B.V.	5.70	76.50	75 82
V.A.M.	5.70	17.34	
ESTABILIDAD (Lb)	5.70	2400	> 1800 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.70	13.35	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO	5.70		

OBSERVACIONES		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	30,18
	GRAVILLA 3/8"	22,63
	ARENA CHANCADA	41,49
	% ASF. OTP.	5.70
	TOTAL	100.0%

Asfalto ± 0.3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5.52	5.88

" DISEÑO DE MEZCLA AFALTICA EN CALIENTE // METODO MARSHALL "

Proyecto: PROYECTO DE GRADO

DISEÑO - MRSH - D9

Pesos Especificos (AASHTO T-100 , T-85)		% de Agregados		C. Asfáltico AASHTO M-20	
Mat. Retenido Tamiz N° 4	2,667	gr/cm ³	41,7	Tipo de asfalto AASHTO M20	85-100
Mat. Pasa Tamiz N° 4	2,699	gr/cm ³	58,3	P. Especifico Total AASHTO T-228	1,003
P. Esp. Agregado Total (Gag.)	2,686	gr/cm ³	100	ESTRATURA	
Nº GOLPES: 75			130 °C Compactación		

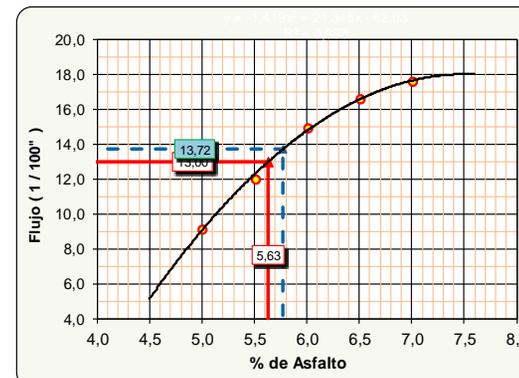
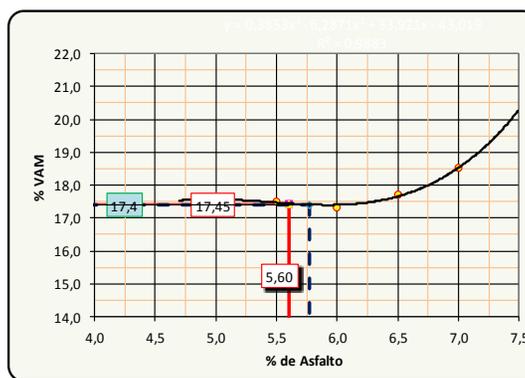
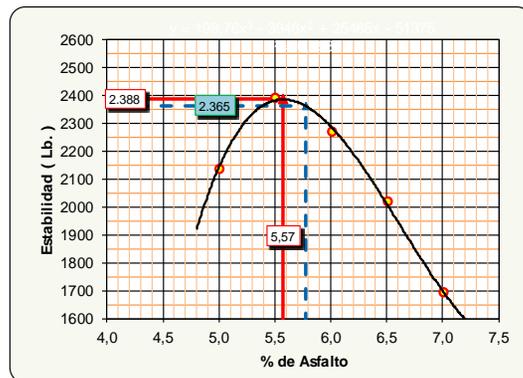
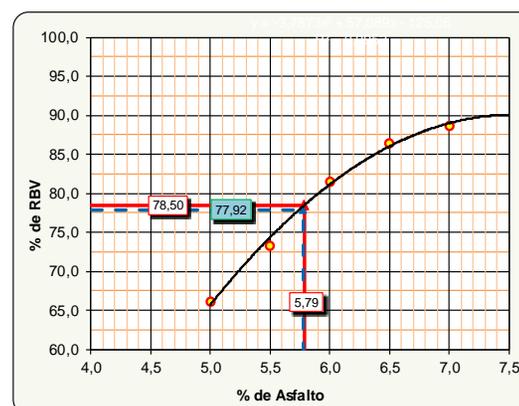
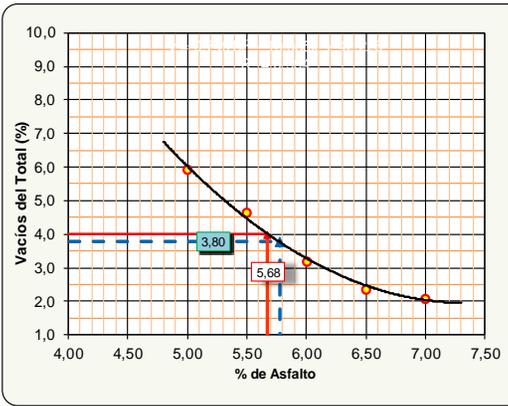
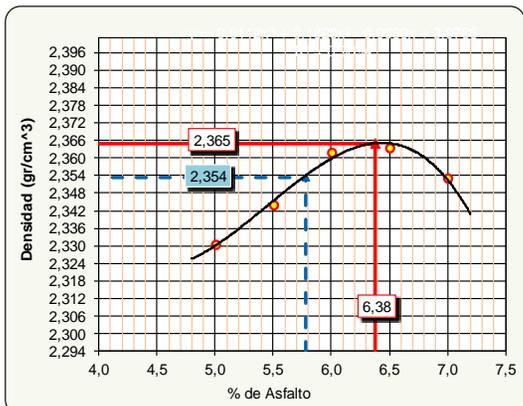
Material de Acopio Planta de Asfaltos - ERIKA S.R.L.

IDENTIFICACION	ALTURA BRIQUETA (CM)	% DE ASFALTO		PESO BRIQUETA EN EL AIRE	PESO BRIQUETA EN EL AIRE S.S.S.	PESO BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA	VOLUMEN BRIQUETA	DENSIDAD BRIQUETA			% Vacios			ESTABILIDAD (Lb)				LECT. DIAL	FLUJO 1/100	MEDIA													
		BASE AGREGADO	BASE MEZCLA					REAL (Dr.)	PROMEDIO (Drm.)	MAXIMA TEORICA	MEZCLA	AGREGADOS	LLENOS DE ASFALTO	LECT. DIAL	REAL	MEDIA	FACTOR DE CORRECCION (ALTURA)				MEDIA f.c.	CORREGIDA											
																							(gr)	(gr)	(gr)	(cm3)	(kg/cm3)	(kg/cm3)	(kg/cm3)	(Vv)	(VAM)	(RBV)	mm
																							a	b	c	r	d	e	f	g	h	i	j
1	6,33	5,26	5,00	1192,2	1194,9	684,6	510,3	2,336						90	2220,3		1,005			10	9,5												
2	6,26	5,26	5,00	1186,0	1188,7	680,2	508,5	2,332						86	2121,6		1,024			9	9,0												
3	6,36	5,26	5,00	1182,9	1184,5	675,2	509,3	2,323	2,330	2,478	5,95	17,56	66,14	82	2022,9	2121,6	0,998	1,009	2140,7	9	9,0	9,17											
4	6,31	5,82	5,50	1196,5	1198,6	688,0	510,6	2,343						95	2343,6		1,011			12	12,0												
5	6,25	5,82	5,50	1196,8	1198,6	690,3	508,3	2,355						98	2417,6		1,027			13	12,6												
6	6,26	5,82	5,50	1186,2	1188,2	680,0	508,2	2,334	2,344	2,459	4,67	17,52	73,37	92	2269,6	2343,6	1,024	1,021	2392,8	12	11,5	12,03											
7	6,26	6,38	6,00	1184,3	1186,6	686,4	500,2	2,368						93	2294,3		1,024			16	15,5												
8	6,31	6,38	6,00	1182,6	1184,4	683,2	501,2	2,360						80	1973,6		1,011			15	14,5												
9	6,33	6,38	6,00	1190,2	1193,2	688,5	504,7	2,358	2,362	2,440	3,20	17,33	81,52	100	2466,9	2244,9	1,005	1,013	2274,1	15	14,8	14,93											
10	6,30	6,95	6,50	1192,1	1194,2	690,8	503,4	2,368						76	1874,9		1,013			16	16,0												
11	6,24	6,95	6,50	1182,2	1184,8	684,7	500,1	2,364						80	1973,6		1,029			17	16,8												
12	6,28	6,95	6,50	1195,5	1197,2	690,4	506,8	2,359	2,364	2,422	2,39	17,71	86,50	85	2096,9	1981,8	1,019	1,020	2021,4	17	17,0	16,60											
13	6,29	7,53	7,00	1187,0	1188,0	684,3	503,7	2,357						65	1603,5		1,016			17	17,2												
14	6,28	7,53	7,00	1188,6	1190,0	685,4	504,6	2,356						65	1603,5		1,019			18	17,6												
15	6,30	7,53	7,00	1180,2	1182,1	679,2	502,9	2,347	2,353	2,403	2,10	18,52	88,68	73	1800,9	1669,3	1,013	1,016	1696,0	18	18,0	17,60											

OBSERVACIONES ESPECIFICACIONES 2-4 75-82 > 1800 Lb 8-18

GRAFICOS DE ENSAYOS MARSHALL // CEMENTO ASFALTICO

REGISTRO: **DISEÑO - MRSH - D9**



VALORES			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	OBTENIDOS DE GRAFICOS	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	6.38	2,365	-----
% VACIOS	5.68	3.0	2 4
R.B.V.	5.79	78.5	75 82
V.A.M.	5.60	17.5	
ESTABILIDAD (Lb)	5.57	2388,3	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.63	13.0	8 18
PROMEDIO (%)	5.78	Determinación del contenido óptimo de Asfalto Promedio de las Graficas (Densidad, Vv, RBB V.A.M y Estabilidad)	

VALORES OBTENIDOS: DISEÑO MARSHALL			
CARACTERISTICAS	% DE ASFALTO	VALORES CON EL % OPTIMO	ESPECIFICACIONES TECNICAS
DENSIDAD	5.78	2,354	-----
% VACIOS	5.78	3.80	2 4
R.B.V.	5.78	77.92	75 82
V.A.M.	5.78	17.40	
ESTABILIDAD (Lb)	5.78	2365	> 1500 Lb. (75 Golpes)
FLUENCIA 1/100"	5.78	13.72	8 18
% OPTIMO DE ASFALTO PROPUESTO			5.78

OBSERVACIONES:		
MEZCLA BITUMINOSA TOTAL	GRAVA 3/4"	30,15
	GRAVILLA 3/8"	18,84
	ARENA CHANCADA	45,23
	% ASF. OTP.	5,78
	TOTAL	100,0%

Asfalto ± 0,3 % del Optimo de la Mezcla :	Min.	Max.
	5,60	5,95

3.18 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MACROTEXTURAS DE LOS DISEÑOS M1-M2-M3



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena

Valores de macrotextura para diseño D1				Valores de macrotextura para diseño D2				Valores de macrotextura para diseño D3			
Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD	Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD	Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD
1	lectura 1	2,288	158	1	lectura 1	2,316	153	1	lectura 1	2,365	164
	lectura 2		155		lectura 2		158		lectura 2		162
	lectura 3		158		lectura 3		153		lectura 3		164
	lectura 4		155		lectura 4		153		lectura 4		164
	lectura 5		158		lectura 5		155		lectura 5		162
2	lectura 1	2,325	156	2	lectura 1	2,363	155	2	lectura 1	2,365	160
	lectura 2		160		lectura 2		155		lectura 2		162
	lectura 3		158		lectura 3		158		lectura 3		162
	lectura 4		160		lectura 4		153		lectura 4		162
	lectura 5		160		lectura 5		158		lectura 5		160
3	lectura 1	2,35	155	3	lectura 1	2,339	158	3	lectura 1	2,341	161
	lectura 2		155		lectura 2		155		lectura 2		161
	lectura 3		158		lectura 3		155		lectura 3		165
	lectura 4		154		lectura 4		153		lectura 4		160
	lectura 5		158		lectura 5		155		lectura 5		161



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena



Calculo de Macrotextura Diseño D1-D2-D3

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D1	muestra 1	156,8	78,4	1,04	1,03
	muestra 2	158,8	79,4	1,01	
	muestra 3	156,0	78	1,05	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D2	muestra 1	154,4	77,2	1,07	1,06
	muestra 2	155,8	77,9	1,05	
	muestra 3	155,2	77,6	1,06	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D2	muestra 1	163,2	81,6	0,96	0,97
	muestra 2	161,2	80,6	0,98	
	muestra 3	161,6	80,8	0,98	



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena

Valores de macrotextura para diseño D4				Valores de macrotextura para diseño D5				Valores de macrotextura para diseño D6			
Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD	Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD	Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD
1	lectura 1	2,338	180	1	lectura 1	2,332	179	1	lectura 1	2,335	182
	lectura 2		179		lectura 2		179		lectura 2		180
	lectura 3		180		lectura 3		175		lectura 3		180
	lectura 4		180		lectura 4		179		lectura 4		180
	lectura 5		182		lectura 5		175		lectura 5		182
2	lectura 1	2,357	175	2	lectura 1	2,356	180	2	lectura 1	2,333	182
	lectura 2		175		lectura 2		181		lectura 2		185
	lectura 3		179		lectura 3		181		lectura 3		180
	lectura 4		179		lectura 4		179		lectura 4		180
	lectura 5		175		lectura 5		179		lectura 5		183
3	lectura 1	2,349	179	3	lectura 1	2,351	169	3	lectura 1	2,358	180
	lectura 2		179		lectura 2		169		lectura 2		181
	lectura 3		180		lectura 3		170		lectura 3		181
	lectura 4		179		lectura 4		170		lectura 4		178
	lectura 5		173		lectura 5		170		lectura 5		180



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena

Calculo de Macrotextura Diseño D4-D5-D6



Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D4	muestra 1	180,2	90,1	0,78	0,80
	muestra 2	176,6	88,3	0,82	
	muestra 3	178,0	89	0,80	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D5	muestra 1	177,4	88,7	0,81	0,83
	muestra 2	180	90	0,79	
	muestra 3	169,6	84,8	0,89	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D6	muestra 1	180,8	90,4	0,78	0,78
	muestra 2	182	91	0,77	
	muestra 3	180,0	90	0,79	



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena



Valores de microtextura para diseño D7			
Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD
1	lectura 1	2,302	170
	lectura 2		172
	lectura 3		170
	lectura 4		170
	lectura 5		173
2	lectura 1	2,326	168
	lectura 2		172
	lectura 3		172
	lectura 4		170
	lectura 5		172
3	lectura 1	2,349	172
	lectura 2		172
	lectura 3		170
	lectura 4		169
	lectura 5		172

Valores de microtextura para diseño D8			
Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD
1	lectura 1	2,328	163
	lectura 2		163
	lectura 3		161
	lectura 4		163
	lectura 5		163
2	lectura 1	2,305	161
	lectura 2		161
	lectura 3		165
	lectura 4		165
	lectura 5		163
3	lectura 1	2,351	161
	lectura 2		161
	lectura 3		158
	lectura 4		160
	lectura 5		158

Valores de microtextura para diseño D9			
Muestra	Ensayos	Densimetro	MTD
1	lectura 1	2,33	179
	lectura 2		178
	lectura 3		180
	lectura 4		179
	lectura 5		180
2	lectura 1	2,307	178
	lectura 2		180
	lectura 3		178
	lectura 4		178
	lectura 5		182
3	lectura 1	2,283	178
	lectura 2		178
	lectura 3		18
	lectura 4		180
	lectura 5		181



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Circulo de Arena



Calculo de Macrotextura Diseño D7-D8-D9

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D7	muestra 1	171	85,5	0,87	0,87
	muestra 2	170,8	85,4	0,87	
	muestra 3	171,0	85,5	0,87	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D8	muestra 1	162,6	81,3	0,96	0,97
	muestra 2	163	81,5	0,96	
	muestra 3	159,6	79,8	1,00	

Diseño	Muestras	Promedio D(mm)	R= (D/2) mm	MTD (mm)	MTD Promedio (mm)
D9	muestra 1	179,2	89,6	0,79	0,92
	muestra 2	179,2	89,6	0,79	
	muestra 3	147,0	73,5	1,18	

3.19 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE MICROTERTURAS DE LOS DISEÑOS M1-M2-M3



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico



Valores de microtextura para diseño D1

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,288	83
	lectura 2		84
	lectura 3		83
	lectura 4		83
	lectura 5		85
2	lectura 1	2,325	84
	lectura 2		85
	lectura 3		83
	lectura 4		84
	lectura 5		86
3	lectura 1	2,35	86
	lectura 2		83
	lectura 3		85
	lectura 4		83
	lectura 5		83

Valores de microtextura para diseño D2

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,316	105
	lectura 2		105
	lectura 3		102
	lectura 4		102
	lectura 5		104
2	lectura 1	2,363	102
	lectura 2		100
	lectura 3		100
	lectura 4		104
	lectura 5		101
3	lectura 1	2,339	105
	lectura 2		103
	lectura 3		103
	lectura 4		103
	lectura 5		105

Valores de microtextura para diseño D3

Muestra	Ensayos	Densimetro	Macrotextura
1	lectura 1	2,365	115
	lectura 2		113
	lectura 3		113
	lectura 4		111
	lectura 5		110
2	lectura 1	2,365	117
	lectura 2		117
	lectura 3		115
	lectura 4		114
	lectura 5		114
3	lectura 1	2,341	115
	lectura 2		115
	lectura 3		117
	lectura 4		104
	lectura 5		115



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico

Calculo de Microtextura Diseño D1-D2-D3



Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D 1	muestra 1	2,288	ok	83,6	26,00	0,846
	muestra 2	2,325	ok	84,4	26,00	0,854
	muestra 3	2,35	ok	84	26,00	0,850
CRD Promedio						0,85

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D2	muestra 1	2,288	ok	103,6	26,00	1,046
	muestra 2	2,325	ok	101,4	26,00	1,024
	muestra 3	2,35	ok	103,8	26,00	1,048
CRD Promedio						1,04

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D3	muestra 1	2,288	ok	112,4	26,00	1,134
	muestra 2	2,325	ok	115,4	26,00	1,164
	muestra 3	2,35	ok	113,2	26,00	1,142
CRD Promedio						1,15



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico



Valores de microtextura para diseño D4

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,338	120
	lectura 2		120
	lectura 3		119
	lectura 4		117
	lectura 5		117
2	lectura 1	2,357	119
	lectura 2		119
	lectura 3		121
	lectura 4		121
	lectura 5		120
3	lectura 1	2,349	120
	lectura 2		120
	lectura 3		120
	lectura 4		122
	lectura 5		119

Valores de microtextura para diseño D5

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,332	111
	lectura 2		111
	lectura 3		113
	lectura 4		113
	lectura 5		113
2	lectura 1	2,356	112
	lectura 2		112
	lectura 3		112
	lectura 4		110
	lectura 5		110
3	lectura 1	2,351	110
	lectura 2		110
	lectura 3		110
	lectura 4		112
	lectura 5		112

Valores de microtextura para diseño D6

Muestra	Ensayos	Densimetro	Macrotextura
1	lectura 1	2,335	115
	lectura 2		117
	lectura 3		117
	lectura 4		117
	lectura 5		115
2	lectura 1	2,333	117
	lectura 2		120
	lectura 3		115
	lectura 4		117
	lectura 5		117
3	lectura 1	2,358	115
	lectura 2		115
	lectura 3		118
	lectura 4		117
	lectura 5		118



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
 CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)



Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico

Calculo de Microtextura Diseño D4-D5-D6

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D4	muestra 1	2,338	ok	118,6	26,00	1,196
	muestra 2	2,357	ok	120	26,00	1,210
	muestra 3	2,349	ok	120,2	26,00	1,212
CRD Promedio						1,21

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D5	muestra 1	2,332	ok	112,2	26,00	1,132
	muestra 2	2,356	ok	111,2	26,00	1,122
	muestra 3	2,351	ok	110,8	26,00	1,118
CRD Promedio						1,12

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D6	muestra 1	2,335	ok	116,2	26,00	1,172
	muestra 2	2,333	ok	117,2	26,00	1,182
	muestra 3	2,358	ok	116,6	26,00	1,176
CRD Promedio						1,18



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico



Valores de microtextura para diseño D7

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,302	126
	lectura 2		125
	lectura 3		125
	lectura 4		123
	lectura 5		123
2	lectura 1	2,326	123
	lectura 2		125
	lectura 3		125
	lectura 4		124
	lectura 5		127
3	lectura 1	2,349	124
	lectura 2		124
	lectura 3		127
	lectura 4		123
	lectura 5		127

Valores de microtextura para diseño D8

Muestra	Ensayos	Densimetro	Microtextura
1	lectura 1	2,328	123
	lectura 2		121
	lectura 3		119
	lectura 4		119
	lectura 5		119
2	lectura 1	2,305	119
	lectura 2		119
	lectura 3		115
	lectura 4		119
	lectura 5		120
3	lectura 1	2,351	122
	lectura 2		123
	lectura 3		122
	lectura 4		119
	lectura 5		123

Valores de microtextura para diseño D9

Muestra	Ensayos	Densimetro	Macrotextura
1	lectura 1	2,33	105
	lectura 2		108
	lectura 3		104
	lectura 4		104
	lectura 5		103
2	lectura 1	2,307	107
	lectura 2		107
	lectura 3		107
	lectura 4		108
	lectura 5		105
3	lectura 1	2,283	103
	lectura 2		105
	lectura 3		103
	lectura 4		101
	lectura 5		103



UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL (TARIJA-BOLIVIA)

Proyecto: Estimación de la influencia de los agregados en la macro y micro textura

Procedencia: Alcaldía

Ensayo: Péndulo Británico



Calculo de Microtextura Diseño D7-D8-D9

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D7	muestra 1	2,302	ok	124,4	26,00	1,254
	muestra 2	2,326	ok	124,8	26,00	1,258
	muestra 3	2,349	ok	125	26,00	1,260
CRD Promedio						1,26

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D8	muestra 1	2,328	ok	120,2	26,00	1,046
	muestra 2	2,305	ok	118,4	26,00	1,194
	muestra 3	2,351	ok	121,8	26,00	1,228
CRD Promedio						1,16

Diseño	Muestras	Densimetro	cumple	promedio CRD	T (°C)	CRD
D9	muestra 1	2,33	ok	104,8	26,00	1,058
	muestra 2	2,307	ok	106,8	26,00	1,078
	muestra 3	2,283	ok	103	26,00	1,040
CRD Promedio						1,06

3.20 Determinación de costos de cada diseño

ITEM N°: 1 **UNIDAD:**
ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D1 m³

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	34,05 %	=	0,3405 m ³
gravilla 3/8"	18,91 %	=	0,1891 m ³
arena	41,61 %	=	0,4161 m ³

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y 1,06 gr/cm³

se toma 1,003 gr/cm³ como densidad del cemento asfaltico

C. A. (%)	5,43	%	=	0,0543	m ³
densidad	1,02	gr/cm ³	=	1020000	gr/m ³
C.A. (gr) y					
(kg)	55386	gr	=	55,386	kg
C.A. (ton)	0,05539	ton			

Tabla 3.75 Rendimiento de materiales para D1

Rendimiento de materiales para todo el item	
cemento asfaltico	0,05539 ton
grava 3/4"	0,3405 m ³
gravilla 3/8"	0,1891 m ³
arena chancada	0,4161 m ³

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 2

UNIDAD:

ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D2

m³

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfaltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	33,98 %	=	0,3398 m ³
gravilla 3/8"	18,88 %	=	0,1888 m ³
arena	41,53 %	=	0,4153 m ³

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas
Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y
1,06 gr/cm³

se toma 1,003 gr/cm³ como densidad del cemento asfaltico

C. A. (%)	5,62	%	=	0,0562	m ³
densidad	1,02	gr/cm ³	=	1020000	gr/m ³
C.A. (gr) y					
(kg)	57324	gr	=	57,324	kg
C.A. (ton)	0,05732	ton			

Tabla 3. 76 Rendimiento de materiales para D2

Rendimiento de materiales para todo el item	
cemento asfaltico	0,05732 ton
grava 3/4"	0,3398 m ³
gravilla 3/8"	0,1888 m ³
arena chancada	0,4153 m ³

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 3

UNIDAD:

ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D3

m³

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	30,15 %	=	0,3015 m ³
gravilla 3/8"	18,84 %	=	0,1884 m ³
arena	45,23 %	=	0,4523 m ³

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y 1,06 gr/cm³

se toma 1,003 gr/cm³ como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%) 5,78 % = 0,0578 m³

densidad 1,02 gr/cm³ = 1020000 gr/m³

C.A. (gr) y

(kg) 58956 gr = 58,956 kg

C.A. (ton) 0,05896 ton

Tabla 3. 77 Rendimiento de materiales para D3

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05896 ton
grava 3/4"	0,3015 m ³
gravilla 3/8"	0,1884 m ³
arena chancada	0,4523 m ³

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 4

UNIDAD:

ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D 4

m³

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4" 38,72 % = 0,3872 m³

gravilla 3/8" 14,16 % = 0,1416 m³

arena 41,55 % = 0,4155 m³

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y 1,06 gr/cm³

se toma 1,003 gr/cm³ como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%) 5,57 % = 0,0557 m³

densidad 1,02 gr/cm³ = 1020000 gr/m³

C.A. (gr) y

(kg) 56814 gr = 56,814 kg

C.A. (ton) 0,05681 ton

Tabla 3. 78 Rendimiento de materiales para D4

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05681 ton
grava 3/4"	0,3872 m ³
gravilla 3/8"	0,1416 m ³
arena chancada	0,4155 m ³

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 5**UNIDAD:****ACTIVIDAD:** Mezcla asfáltica D5

m3

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	38,71 %	=	0,3871 m3
gravilla 3/8"	10,38 %	=	0,1038 m3
arena	45,31 %	=	0,4531 m3

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm3 y

1,06 gr/cm3

se toma 1,03 gr/cm3 como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%)	5,6 %	=	0,056 m3
densidad	1,02 gr/cm3	=	1020000 gr/m3
C.A. (gr) y			
(kg)	57120 gr	=	57,12 kg
C.A. (ton)	0,05712 ton		

Tabla 3. 79 Rendimiento de materiales para D5

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05712 ton
grava 3/4"	0,3871 m3
gravilla 3/8"	0,1038 m3
arena chancada	0,4531 m3

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 6**UNIDAD:****ACTIVIDAD:** Mezcla asfáltica D6

m3

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	34 %	=	0,3400 m3
gravilla 3/8"	23,61 %	=	0,2361 m3
arena	36,84 %	=	0,3684 m3

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm3 y 1,06 gr/cm3

se toma 1,003 gr/cm3 como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%)	5,54	%	=	0,0554	m3
densidad	1,02	gr/cm3	=	1020000	gr/m3
C.A. (gr) y					
(kg)	56508	gr	=	56,508	kg
C.A. (ton)	0,05651	ton			

Tabla 3. 80 Rendimiento de materiales para D6

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05651 ton
grava 3/4"	0,3400 m3
gravilla 3/8"	0,2361 m3
arena chancada	0,3684 m3

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 7**UNIDAD:****ACTIVIDAD:** Mezcla asfáltica D7

m3

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	33,93 %	=	0,3393 m3
gravilla 3/8"	15,08 %	=	0,1508 m3
arena	45,24 %	=	0,4524 m3

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y 1,06 gr/cm³

se toma 1,02 gr/cm³ como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%)	5,75	%	=	0,0575	m3
densidad	1,003	gr/cm ³	=	1020000	gr/m3
C.A. (gr) y					
(kg)	58650	gr	=	58,65	kg
C.A. (ton)	0,05865	ton			

Tabla 3. 81 Rendimiento de materiales para D7

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05865 ton
grava 3/4"	0,3393 m3
gravilla 3/8"	0,1508 m3
arena chancada	0,4524 m3

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 8

UNIDAD:

ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D8

m3

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	30,22 %	=	0,3022 m3
gravilla 3/8"	27,39 %	=	0,2739 m3
arena	36,83 %	=	0,3683 m3

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm3 y 1,06 gr/cm3

se toma 1,003 gr/cm3 como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%)	5,56	%	=	0,0556	m3
densidad	1,02	gr/cm3	=	1020000	gr/m3
C.A. (gr) y					
(kg)	56712	gr	=	56,712	kg
C.A. (ton)	0,05671	ton			

Tabla 3. 82 Rendimiento de materiales para D8

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05671 ton
grava 3/4"	0,3022 m3
gravilla 3/8"	0,2739 m3
arena chancada	0,3683 m3

Fuente: Elaboración propia

ITEM N°: 9

UNIDAD:

ACTIVIDAD: Mezcla asfáltica D9

m³

La dosificación será calculada para 1 metro cubico de mezcla asfáltica

Agregados pétreos para la mezcla

grava 3/4"	30,18 %	=	0,3018 m ³
gravilla 3/8"	22,63 %	=	0,2263 m ³
arena	41,49 %	=	0,4149 m ³

Para el cemento asfaltico se debe de calcular su cantidad necesaria expresada en toneladas

Según la norma ASTM-D71 la densidad del cemento asfaltico esta entre 0,98 gr/cm³ y 1,06 gr/cm³

se toma 1,003 gr/cm³ como densidad del cemento

asfaltico

C. A. (%)	5,7	%	=	0,057	m ³
densidad	1,02	gr/cm ³	=	1020000	gr/m ³
C.A. (gr) y					
(kg)	58140	gr	=	58,14	kg
C.A. (ton)	0,05814	ton			

Tabla 3. 83 Rendimiento de materiales para D9

Rendimiento de materiales para todo el ítem	
cemento asfaltico	0,05814 ton
grava 3/4"	0,3018 m ³
gravilla 3/8"	0,2263 m ³
arena chancada	0,4149 m ³

Fuente: Elaboración propia

Proyecto Grado			Actividad N°	1
Actividad : Mezcla asfáltica D1		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,055386	11345	628,354
2 grava 3/4"	m3	0,3405	162	55,161
3 gravilla 3/8"	m3	0,1891	162	30,634
4 arena	m3	0,4161	145	60,3345
TOTAL MATERIALES				774,484
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94% (del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				87,25
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				95,97
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				32,620
TOTAL ITEM				1088,29

Proyecto Grado			Actividad N°	2
Actividad : Mezcla asfáltica D2		Cantidad : 1,00		
Unidad : m ³		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,057324	11345	650,341
2 grava 3/4"	m ³	0,3398	162	55,048
3 gravilla 3/8"	m ³	0,1888	162	30,586
4 arena	m ³	0,4153	145	60,2185
TOTAL MATERIALES				796,192
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94% (del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				89,42
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				98,36
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,432
TOTAL ITEM				1115,37

Proyecto Grado			Actividad N°	3
Actividad : Mezcla asfáltica D3		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,058956	11345	668,856
2 grava 3/4"	m3	0,3015	162	48,843
3 gravilla 3/8"	m3	0,1884	162	30,521
4 arena	m3	0,4523	145	65,5835
TOTAL MATERIALES				813,803
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				91,18
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				100,30
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				34,090
TOTAL ITEM				1137,34

Proyecto Grado			Actividad N°	4
Actividad : Mezcla asfáltica D4		Cantidad : 1,00		
Unidad : m ³		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,056814	11345	644,555
2 grava 3/4"	m ³	0,3872	162	62,726
3 gravilla 3/8"	m ³	0,1416	162	22,939
4 arena	m ³	0,4155	145	60,2475
TOTAL MATERIALES				790,468
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				88,84
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				97,73
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,218
TOTAL ITEM				1108,23

Proyecto Grado			Actividad N°	5
Actividad : Mezcla asfáltica D5		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,05712	11345	648,026
2 grava 3/4"	m3	0,3871	162	62,710
3 gravilla 3/8"	m3	0,1038	162	16,816
4 arena	m3	0,4531	145	65,6995
TOTAL MATERIALES				793,252
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				89,12
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				98,03
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,322
TOTAL ITEM				1111,70

Proyecto Grado			Actividad N°	6
Actividad : Mezcla asfáltica D6		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,056508	11345	641,083
2 grava 3/4"	m3	0,34	162	55,080
3 gravilla 3/8"	m3	0,2361	162	38,248
4 arena	m3	0,3684	145	53,418
TOTAL MATERIALES				787,829
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecanico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				88,58
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				97,44
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,119
TOTAL ITEM				1104,94

Proyecto Grado			Actividad N°	7
Actividad : Mezcla asfáltica D7		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,05865	11345	665,384
2 grava 3/4"	m3	0,3393	162	54,967
3 gravilla 3/8"	m3	0,1508	162	24,430
4 arena chacada	m3	0,4524	145	65,598
TOTAL MATERIALES				810,378
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				90,83
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				99,92
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,962
TOTAL ITEM				1133,06

Proyecto:			Actividad N°	8
Actividad : Mezcla asfáltica D8		Cantidad : 1,00		
Unidad : m3		Moneda. Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,056712	11345	643,398
2 grava 3/4"	m3	0,3022	162	48,956
3 gravilla 3/8"	m3	0,2739	162	44,372
4 arena	m3	0,3683	145	53,4035
TOTAL MATERIALES				790,129
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				88,81
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				97,69
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,205
TOTAL ITEM				1107,81

Proyecto:			Actividad N°	9
Actividad :		Cantidad :		
Mezcla asfáltica D9		1,00		
Unidad :		Moneda.		
m3		Bs		
DESCRIPCION	UNIDAD	RENDIMIENTO	PRECIO UNITARIO	COSTO TOTAL
1 MATERIALES				
1 cemento asfáltico	ton	0,05814	11345	659,598
2 grava 3/4"	m3	0,3018	162	48,892
3 gravilla 3/8"	m3	0,2263	162	36,661
4 arena	m3	0,4149	145	60,1605
TOTAL MATERIALES				805,311
2 MANO DE OBRA				
1 operador de la planta de asfalto	hr	0,075	30	2,25
2 ayudante de operador de la planta	hr	0,450	14	6,3
3 operador de pala frontal con ruedas	hr	0,028	20	0,56
4 ayudante del operador de pala frontal	hr	0,028	14	0,392
5 mecánico	hr	0,075	20	1,5
SUB TOTAL				11,00
CARGAS SOCIALES 55% DEL SUB TOTAL M.O.				6,05
IMPUESTOS IVA 14,94%(del sub total M.O.+Cargas sociales)				2,55
TOTAL MANO DE OBRA				19,60
3 EQUIPO Y HERRAMIENTAS				
1 planta de calentamiento de asfalto	hr	0,075	890	66,75
2 cargador frontal con ruedas	hr	0,028	380	10,64
HERRAMIENTAS MENORES 5% DE LA M. O.				0,98
TOTAL EQUIPO MAQUINARIA Y HERRAMINETAS				78,37
4 GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS				
Gastos generales y administrativos 10%(1+2+3)				90,33
5 UTILIDAD				
Utilidad 10%(1+2+3+4)				99,36
6 IMPUESTOS				
3,09%(1+2+3+4+5)				33,773
TOTAL ITEM				1126,74

Resumen de total de costos de cada diseño

Tabla 3. 84 Resumen de costos

Mezcla asfáltica	precio por m3	moneda
D1	1088,29	Bs
D2	1115,37	Bs
D3	1137,34	Bs
D4	1108,23	Bs
D5	1111,70	Bs
D6	1104,94	Bs
D7	1133,06	Bs
D8	1107,81	Bs
D9	1126,74	Bs

Fuente: Elaboración Propia

Se observa que la mezcla asfáltica D1 es la más económica esta mezcla asfáltica tiene mayor porcentaje de agregado Grueso aunque también no cumple con uno de los parámetros de la norma el % porcentaje de vacíos tiene mayor porcentaje de los rangos establecidos.

Se observa en los diferentes diseños que las cantidades de agregado se compensa en precio si bien hay unos con mayor cantidad de agregado grueso estos tendrán menor cantidad de arena o si tienen un porcentaje mayor de agregado fino tendrán una menor cantidad de agregado grueso por lo cual al compensarse los precios no tienen una gran variación el factor que más influye en el precio es el porcentaje de cemento asfáltico. Al tener mayor cantidad de agregado grueso en el diseño implica una menor cantidad de ligante.

3.21 Análisis de resultados

Con los datos de los ensayos realizados se pueden observar resultados que a partir de nueve variaciones granulométricas se determina las propiedades de la mezclas asfálticas y se estudia la micro y macro textura de cada uno de los diseño. A continuación se presentan tablas resúmenes para el respectivo análisis de resultados.

Resultados de diseños granulométricos

Tabla 3. 85 Variación de porcentajes granulométricos

Diseño Granulométrico				
Diseños		% de Agregado		
		Grava	gravilla	arena
M1	D1	41	20	39
	D2		15	44
	D3		11	48
M2	D4	36	25	39
	D5		20	44
	D6		16	48
M3	D7	32	29	39
	D8		24	44
	D9		20	48

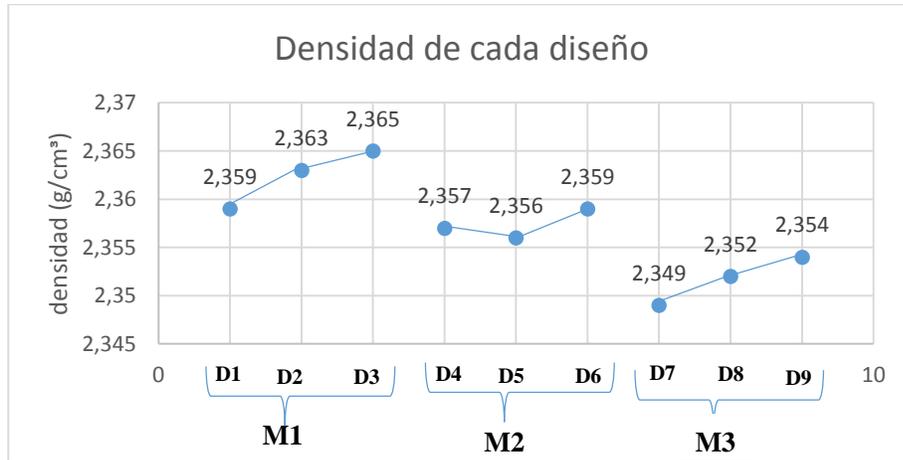
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 1 se observa 9 diseños de los cuales se tomaron 3 % de agregado grueso (grava) tomando en cuenta 3 franjas según diseño Marshall de tráfico mediano, las cuales se enfocan en límite superior, medio e inferior. En función a esto se iso variar el porcentaje de agregado mediano (gravilla) e fino (arena) generando los porcentajes que se muestra en la tabla 1.

A partir de estos 9 diseños se miden las propiedades Marshall de las mezclas asfálticas, con porcentajes óptimos de cemento asphaltico. Con este mismo diseño se determina la macrotextura y microtextura haciendo el uso de mancha de arena y el péndulo británico respectivamente

Resultados finales de propiedades de mezcla asfáltica

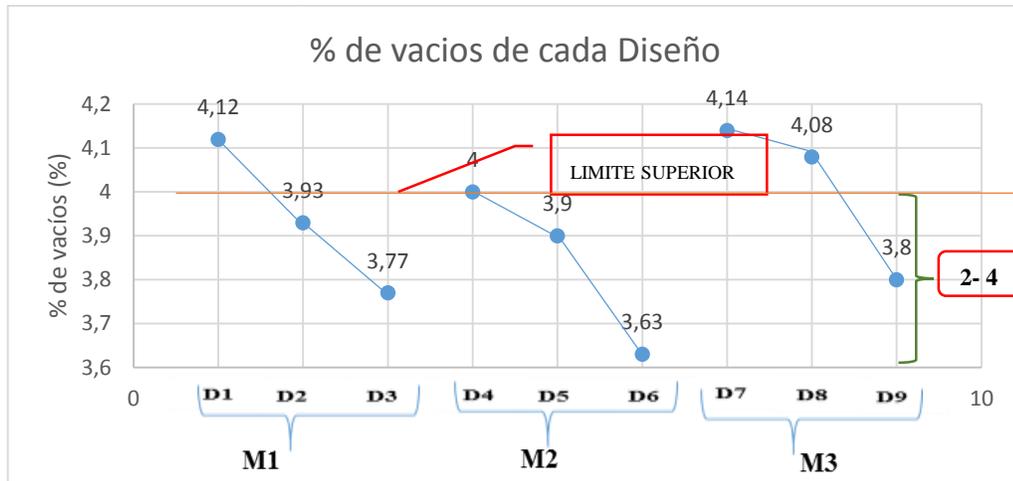
Figura 3. 61 Densidad Vs Granulometrías



Fuente: Elaboración propia

Analizando la densidad real, se observa que ninguna supera a la densidad máxima teórica que asila alrededor de 2.4 por lo tanto se considera que son resultados deseados respecto a su aplicación en campo. Como en el grafico se observa que los diseños de M1 (D1-D2-D3) tienen mayor densidad que los demás diseños, puesto que cuentan con mayor porcentaje de agregado grueso por lo que el agregado grueso tiene mayor densidad que el fino

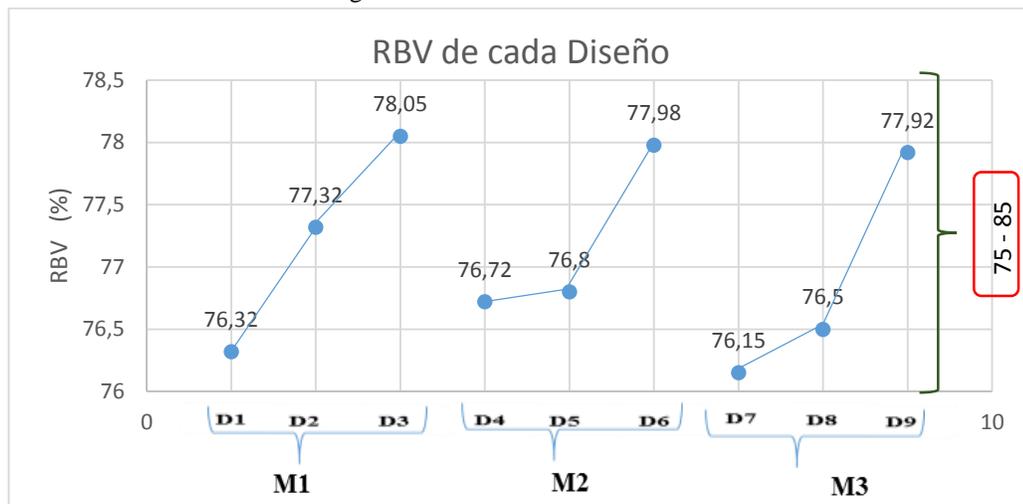
Figura 3. 62 % de Vacíos vs Granulometrías



Fuente: Elaboración propia

A su vez cuando analizamos el porcentaje de vacíos esto varía según el número de golpes y la energía de compactación en este caso se respetaron los 75 golpes por cara para todas las briquetas realizadas, por lo tanto el incumplimiento del porcentaje de vacíos de los diseños D1-D7-D8, es más probable que allá fayado por la energía de compactación lo que genera más vacíos en la muestra.

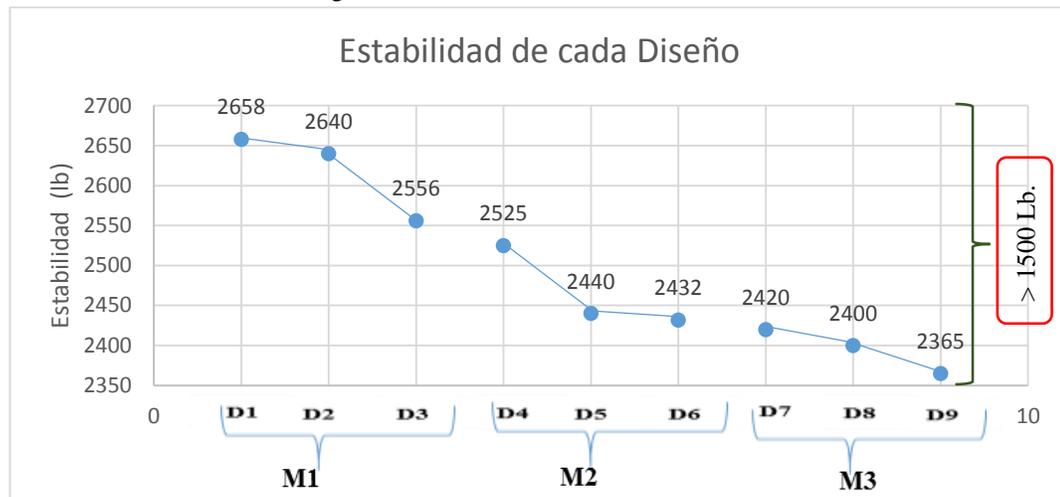
Figura 3. 63 RBV vs Granulometría



Fuente: Elaboración propia

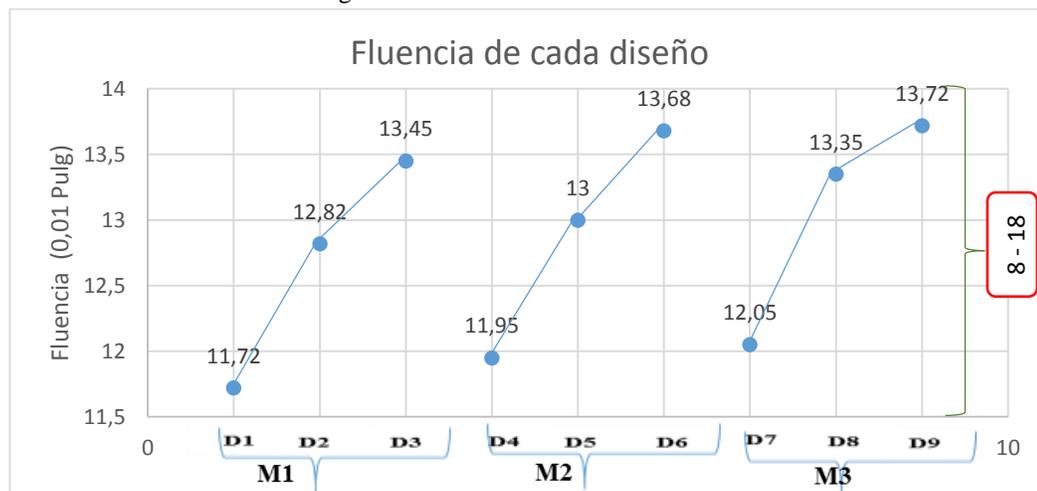
Observando la relación betún vacíos se ve claramente que en todos los diseños cumplen con los rangos de especificaciones que se deben encontrar entre 75 y 82%, ya que al generar porcentajes menores indicaría bajo contenido de asfalto generando fallas de agrietamientos en las muestras y por otra parte los valores mayores al 82 % generarían reblandecimientos de la mezcla provocando ahollamientos de considerable magnitud.

Figura 3. 64 Estabilidad vs Granulometrías



Por otra parte una de las propiedades que más interesa es la estabilidad como ya que en ella se define prácticamente la resistencia de una carpeta asfáltica y se determina en unidades de fuerza. Para estos diseños realizados basados en tráfico mediano se verifica que sobre pasa las 1800lbf. lo que genera una mayor confiabilidad de los resultados

Figura 3. 65 Fluencia vs Granulometrías



Otras de las propiedades más importantes es la fluencia la cual mide la deformación generada por la fuerza que se genera al determinar la estabilidad, por lo tanto nuestros resultados se encontraron valores dentro de los rangos de especificaciones, de los

cuales se obtuvo un mínimo de 11.72 centésima de pulgada y un máximo de 13.72 centésima de pulgada, lo cual garantiza que la deformación será mínima. Evitando así los ahollamientos de las carpetas asfálticas.

Resultados y clasificación de la macrotextura de las mezclas asfálticas

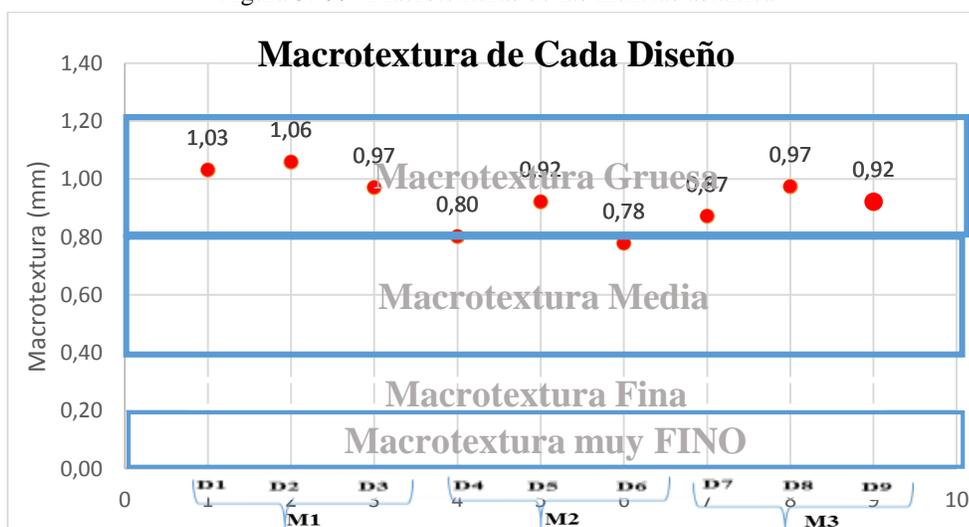
En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las macrotexturas determinados con los ensayos.

Tabla 3. 86 Resultados de macrotextura y clasificación

Diseños		% de Agregado Grueso	Macrotextura	Rangos	Calificación
M1	D1	41,00	1,03	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
	D2		1,06	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
	D3		0,97	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
M2	D4	36,00	0,80	$0,40 \leq PT \leq 0,80$	MEDIA
	D5		0,83	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
	D6		0,78	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	MEDIA
M3	D7	32,00	0,87	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
	D8		0,97	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA
	D9		0,92	$0,80 \leq PT \leq 1,20$	GRUESA

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. 66 Macrotexturas de las mezclas asfáltica



Fuente: Elaboración propia

La macrotextura se midió a partir de la mancha de arena dando valores entre 1.06mm y 0.78 m, lo que en rango nos especifica clasificaciones gruesas y mediana.

De los diseños realizados M1-M3 se clasifican como textura gruesa lo cual nos indica que se tendrá un mejor drenaje de agua en época de lluvia evitara la formación de la película delgada de agua que existe entre el neumático y la superficie del pavimento lo cual evita el patinaje y permite alcanzar mayores velocidades.

Sin embargo el diseño M2 cuenta con una de textura gruesa y dos de textura mediana. Las de textura mediana tienen similar comportamiento que las de textura gruesa pero pueden alcanzar velocidades moderadas durante el recorrido por pavimentos con estos diseños

Resultados y clasificación de la microtextura de las mezclas asfálticas

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las macrotexturas determinados con los ensayos

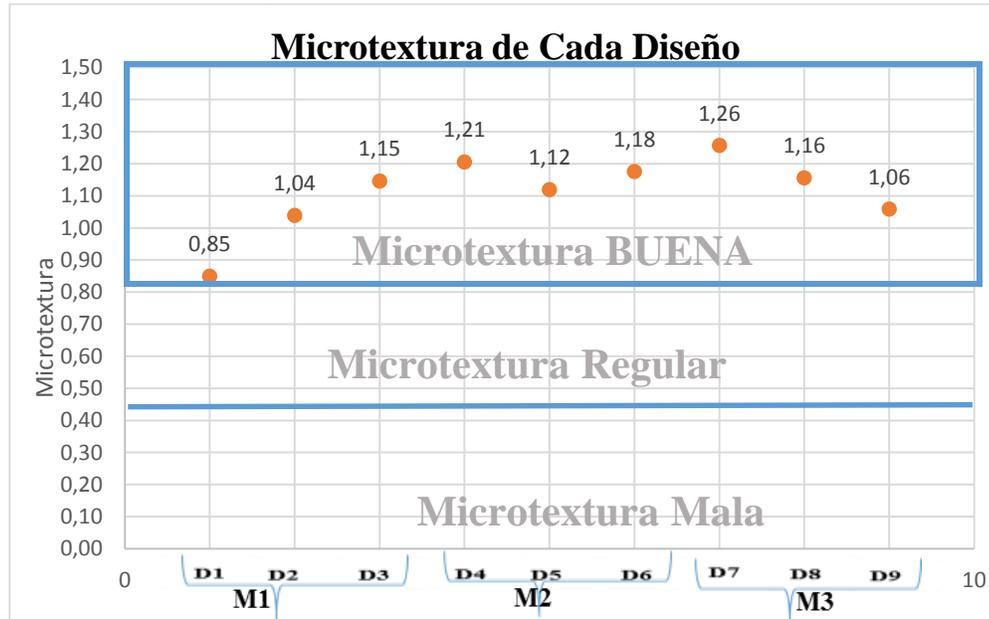
Tabla 3. 87 resultados de microtextura y clasificación

Diseños		% de Agregado FINO	Microtextura	Rangos	Calificación
M1	D1	39,00	0,85	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D2	44,00	1,04	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D3	48,00	1,15	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
M2	D4	39,00	1,21	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D5	44,00	1,12	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D6	48,00	1,18	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
M3	D7	39,00	1,26	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D8	44,00	1,16	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA
	D9	48,00	1,06	$0,82 \leq CRD \leq 1,50$	BUENA

Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de la microtextura se usó el péndulo británico, el cual nos proporciona datos del coeficiente de resistencia al deslizamiento (CRD estas medidas son puntuales para cada muestra.

Figura 3. 67 Microtexturas de Mezclas Asfálticas



Fuente: Elaboración propia

Resultados obtenidos todos se encuentran entre 0.82 y 1.5 valores adimensionales los cuales se clasifican en una microtextura buena es decir con una superficie y rugosidad adecuada para transito medio propiciando condiciones satisfactorias de seguridad con pavimento mojado a moderadas velocidades de seguridad se observa que los valores de microtextura en los primeros diseños son bajos esto debido a la gran cantidad de agregado grueso con los que están diseñados ya que la microtextura depende en gran parte de la cantidad de agregado fino que contenga el diseño mientras menos agregado fino tiene valores más bajos de microtextura pero se puede ver que todos los diseños cumplen con lo establecido en la norma.

Análisis de la relación de la macrotextura y microtextura con los diferentes tipos de granulometría relacionados con la norma

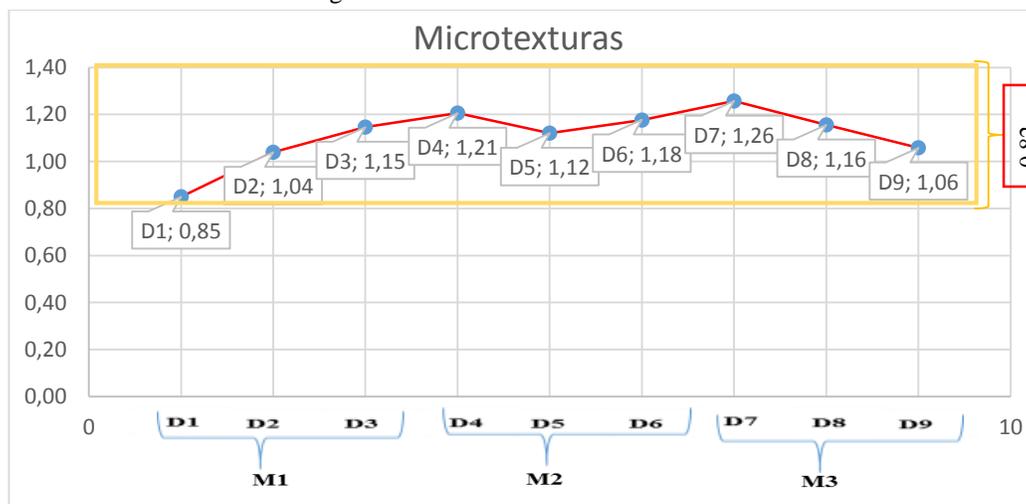
Tabla 3. 88 Resultados de macrotextura y microtextura

Diseños		Microtextura	Macrotextura
M1	D1	0,85	1,03
	D2	1,04	1,06
	D3	1,15	0,97
M2	D4	1,21	0,80
	D5	1,12	0,83
	D6	1,18	0,78
M3	D7	1,26	0,87
	D8	1,16	0,97
	D9	1,06	0,92

Fuente: Elaboración propia

Diseños Granulométricos vs microtextura

Figura 3. 68 Microtexturas vs Granulometrías



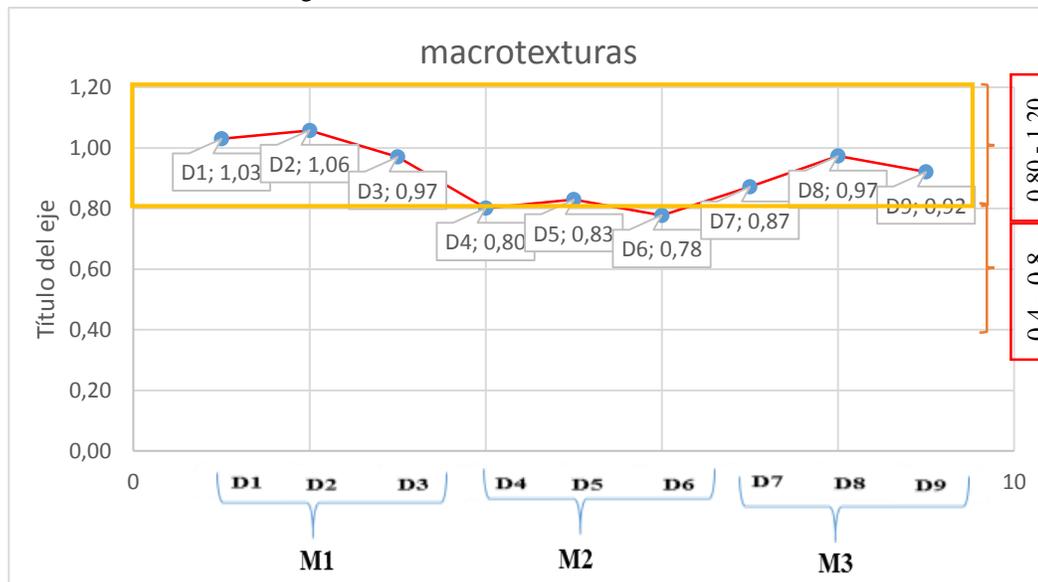
Se observa en el diseño con mayor agregado grueso (grava) presentan resultados con microtexturas relativamente bajas en comparación a los demás diseños se debe a que

este tipo de diseño tiene mayor porcentaje de agregado grueso que de fino, por lo que en su superficie tendrá mayor rugosidad. Esto nos indica que hay una relación entre la cantidad de agregado grueso o fino que pueda tener la mezcla asfáltica con la macrotextura y microtextura que tenga la superficie del pavimento una vez terminada.

Todos los resultados están dentro de una clasificación BUENA ya que se cumplió con todos las especificaciones de diseño planteados en el proyecto verificando que todas la normas se están cumpliendo.

Diseños Granulométricos vs macrotextura

Figura 3. 69 Microtexturas VS Granulometrías



Fuente: Elaboración propia

se observa valores elevados de macrotextura son los que mayor porcentaje de agregado grueso tiene lo que tiene una relación directa al porcentaje de agregado grueso ya que uno de los factores más importantes de la macrotextura depende de la cantidad de agregado grueso.

La macrotextura va disminuyendo a medida que va aumentando el porcentaje de arena en cada diseño esto nos indica que tienen una relación entre la macrotextura y la cantidad de material grueso y fino que tenga esa mezcla asfáltica.

Análisis de las propiedades de la mezcla asfáltica vs msacrotextura y microtextura

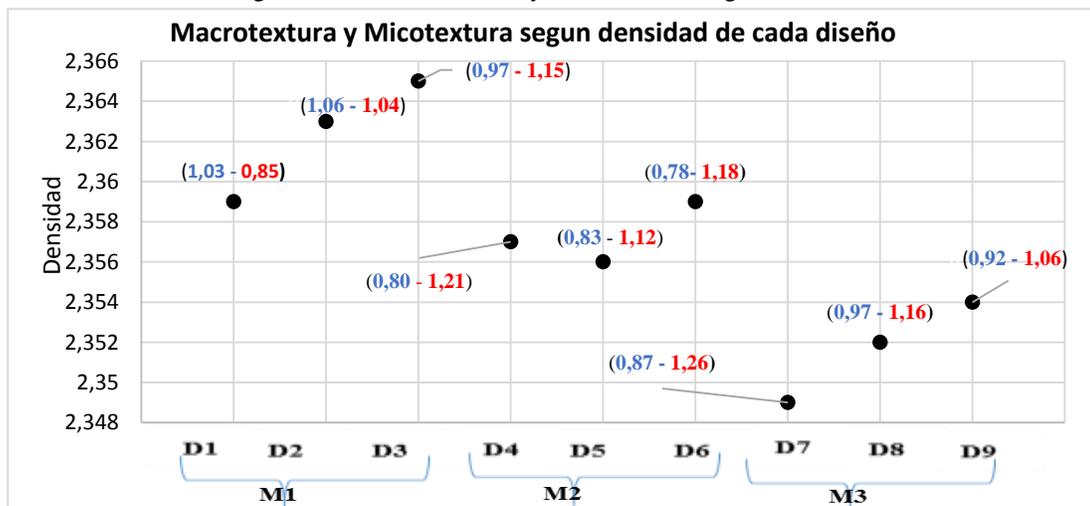
Tabla 3. 89 Propiedades de las mezclas asfálticas vs macrotexturas y microtexturas

		PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFALTICA						Macrotextura	Microtextura
		Densidad	% Vacios	R.B.V.	V.A.M	Estabilidad	Fluencia		
M1	D1	2,359	4,12	76,32	16,85	2658	11,72	1,03	0,85
	D2	2,363	3,93	77,32	16,95	2640	12,82	1,06	1,04
	D3	2,365	3,77	78,05	17	2556	13,45	0,97	1,15
M2	D4	2,357	4	76,72	17,05	2525	11,95	0,80	1,21
	D5	2,356	3,9	76,8	17,1	2440	13	0,83	1,12
	D6	2,359	3,63	77,98	17,15	2432	13,68	0,78	1,18
M3	D7	2,349	4,14	76,15	17,14	2420	12,05	0,87	1,26
	D8	2,352	4,08	76,5	17,34	2400	13,35	0,97	1,16
	D9	2,354	3,8	77,92	17,4	2365	13,72	0,92	1,06

Fuente: Elaboración Propia

DENSIDAD SEGUN LA MACROTEXTURA Y MICROTEXTURA

Figura 3. 70 macrotexturas y microtexturas según Densidad



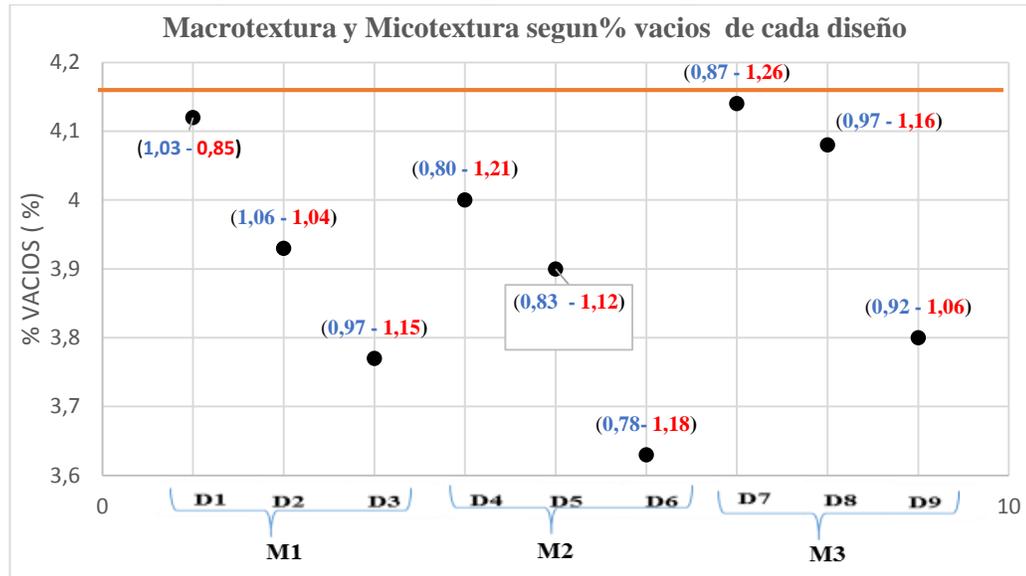
Fuente: Elaboración propia

Las mezclas asfálticas con mayor densidad son los diseños que tienen mayor porcentaje de agregado grueso como también se puede observar que tienen valores

mayores de macrotextura esto debido a que uno de los factores que más influye en la macrotextura es la cantidad de agregado grueso que tonga la mezcla asfáltica.

% VACIOS SEGUN LA MACROTEXTURA Y MICROTEXTURA

Figura 3. 71 Macrotextura y Microtexturas según % de vacíos



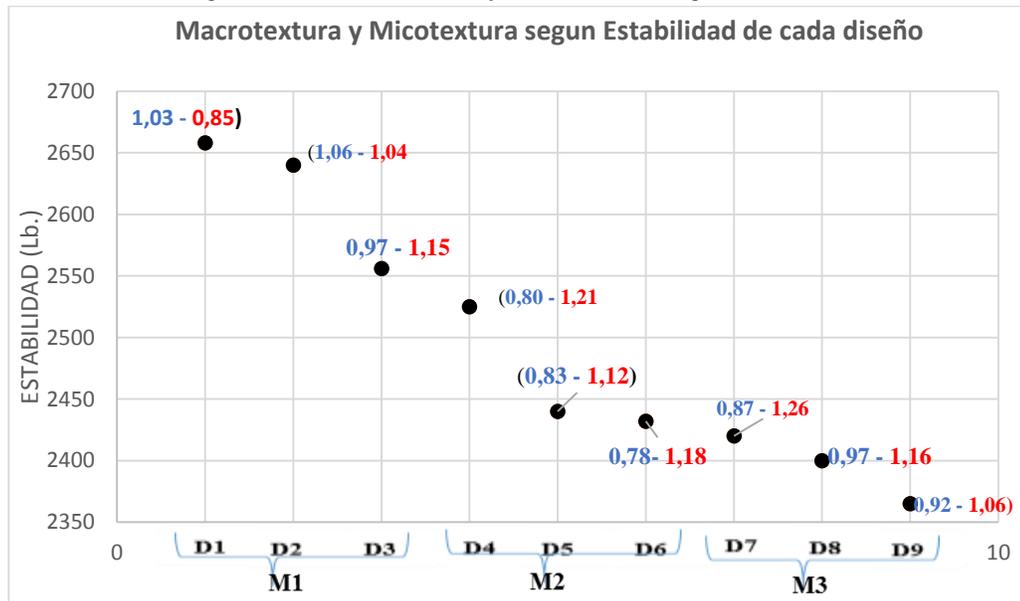
Fuente: Elaboración propia

Se observa que los diseños que tienen mayor macrotextura tiene un porcentaje de vacíos más elevados y que al mismo tiempo que la macrotextura aumenta disminuye la microtextura por falta de agregado fino ya que para que ayya mayor macrotextura se tienen que hacer diseños con menor microtextura o viceversa para obeter microtexturas con mayores valores se tienen que disminuir la cantidad de agregado grueso y por lo consiguiente la macotextura seria meno.

se puede ver también que las mezclas asfálticas con % de vacíos que no están dentro de los rangos que nos indica la norma tienen un comportamiento diferente a las que cumple con la norma el porcentaje de vacíos aumenta conforme va disminuyendo la macrotextura y también la microtextura se comporta de igual forma que la macrotextura.

Estabilidad según la macrotextura y microtextura

Figura 3. 72 Microtexturas y Macrotexturas según Estabilidad



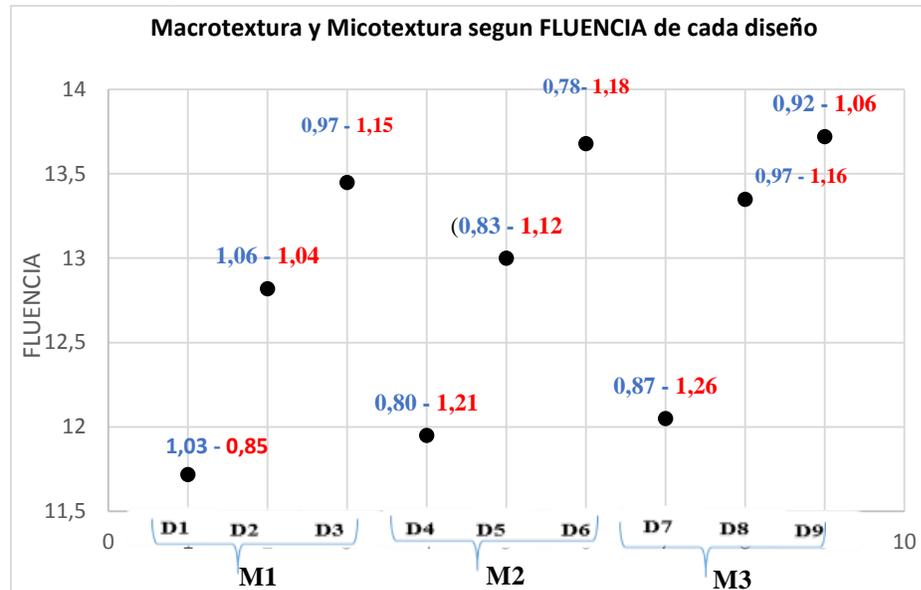
Fuente: Elaboración propia

La estabilidad tiende a disminuir a medida que la macrotextura va presentando valores más bajos esto debido que la estabilidad en gran medida depende del agregado grueso como también se puede ver que los valores más altos de estabilidad son los que mayor macrotextura tienen y de esta forma dando valores menores a la microtextura.

Cabe a ser notar que todos los diseños cumplen con los rangos establecidos en la norma para el diseño Marshall.

Fluencia según la macrotextura y microtextura

Figura 3. 73 Microtexturas y Macrotexturas según Fluencia



Se observa que los valores de la fluencia son mayores a medida que va aumentando el porcentaje de agregado fino. A medida que aumenta la fluencia la macrotextura tiene una tendencia a presentar valores menores

Los valores de la fluencia se encuentran entre 8 a 18 lo cual nos indica que cumple con los parámetros que nos indica la norma.

Si analizamos la estabilidad desde el punto de vista de la macrotextura podemos ver que en el diseño D1, D2, D5 Y D8 con mayor porcentaje de agregado grueso, presenta macrotexturas elevadas y por consiguiente estabilidades más altas esto se debe a la calidad del agregado grueso como se comprobó en los ensayos de caracterización. Sin embargo se observa que a menor microtextura hay menor fluencia como se aprecia en D1, D2, o en su defecto a mayor microtextura mayor fluencia como se aprecia en D3, D6 y D8, esto se debe a la presencia de agregado fino que genera un mayor valor de microtextura lo cual implica una mayor fluencia es decir tiende a ser más deformable.