



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO CON MATERIALES
PROVENIENTES DE LA PLANTA ASFÁLTICA DE LA MUNICIPALIDAD
DE MACHALA UTILIZANDO EL MÉTODO MARSHALL

DOTA DOTA JUDITH KATALINA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DISEÑO DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO CON MATERIALES
PROVENIENTES DE LA PLANTA ASFÁLTICA DE LA
MUNICIPALIDAD DE MACHALA UTILIZANDO EL MÉTODO
MARSHALL

DOTA DOTA JUDITH KATALINA
INGENIERA CIVIL

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

EXAMEN COMPLEXIVO

DISEÑO DEL HORMIGÓN ASFÁLTICO CON MATERIALES PROVENIENTES DE
LA PLANTA ASFÁLTICA DE LA MUNICIPALIDAD DE MACHALA UTILIZANDO
EL MÉTODO MARSHALL

DOTA DOTA JUDITH KATALINA
INGENIERA CIVIL

ZAMBRANO ZAMBRANO WILMER EDUARDO

MACHALA, 19 DE FEBRERO DE 2020

MACHALA
19 de febrero de 2020

Nota de aceptación:

Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado **Diseño del Hormigón Asfáltico con materiales provenientes de la Planta Asfáltica de la Municipalidad de Machala** utilizando el Método Marshall, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.

ZAMBRANO ZAMBRANO WILMER EDUARDO

0701139941

TUTOR - ESPECIALISTA 1

CABRERA GORDILLO TORGE PAUL

0708092874

ESPECIALISTA 2

SANCHEZ MENDIETA CARLOS EUGENIO

0702589961

ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: jueves 12 de marzo de 2020 - 12:51

EJERCICIO PRACTICO

por Judith Dota

Fecha de entrega: 11-feb-2020 10:31p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1255602082

Nombre del archivo: DISE_O_DE_H_ASFALTICO-JUDITH_DOTA-CASO_PRACTICO.docx (46.95K)

Total de palabras: 4521

Total de caracteres: 23566

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, DOTA DOTA JUDITH KATALINA, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado **Diseño del Hormigón Asfáltico con materiales provenientes de la Planta Asfáltica de la Municipalidad de Machala utilizando el Método Marshall**, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

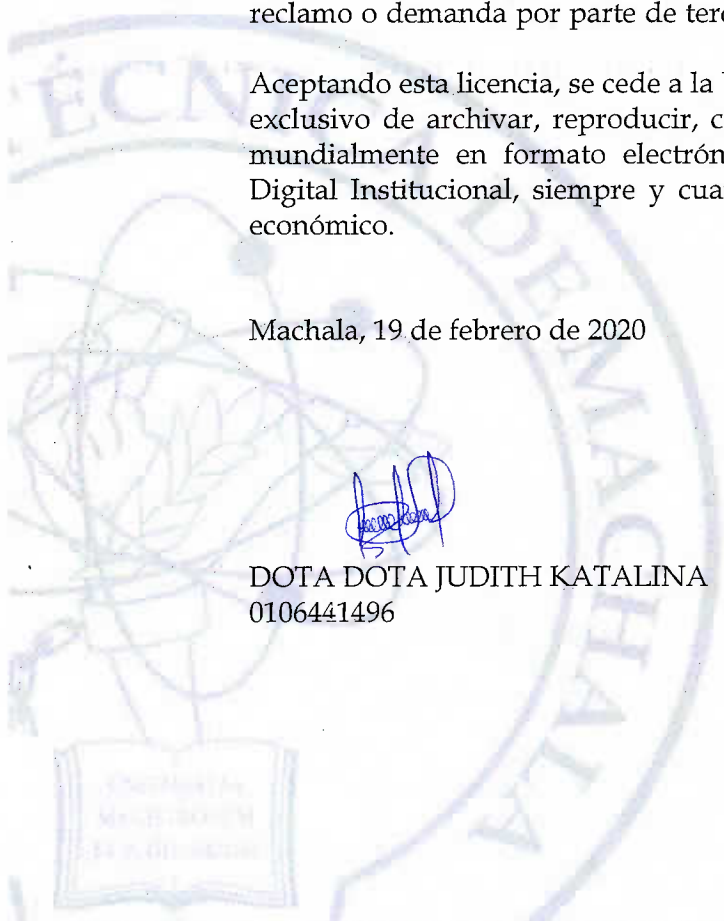
La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 19 de febrero de 2020



DOTA DOTA JUDITH KATALINA
0106441496



EJERCICIO PRACTICO

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador Trabajo del estudiante | 1% |
| 2 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 3 | Submitted to Universidad Pontificia Bolivariana Trabajo del estudiante | 1% |
| 4 | Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | creativecommons.org Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repository.ucatolica.edu.co:8080 Fuente de Internet | <1% |
| 8 | www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet | <1% |

RESUMEN

El presente trabajo práctico tiene como finalidad realizar el diseño de Hormigón Asfáltico con materiales provenientes de la Planta de Asfalto de la Municipalidad de Machala, utilizando el Método Marshall.

Para el diseño se determinaron las características de los agregados gruesos y finos, así como también del cemento asfáltico; mediante ensayos realizados en el laboratorio de Pavimentos de la Facultad de Ingeniería Civil. Con las características de los agregados se procedió a realizar la dosificación quedando de la siguiente manera: el 40% de agregado de 3/4", 30% de agregado de 3/8 y el 30% de agregado fino (arena); cumpliendo así cada una de las especificaciones técnicas del Instituto del Asfalto.

Con el ensayo de consistencia del cemento asfáltico se determina su grado de consistencia de 85-100. La mezcla asfáltica se preparó con porcentajes de cemento asfáltico desde el 5% hasta el 8% con un incremento del 0.5%; con el fin de determinar el porcentaje óptimo del asfalto que requiere una carpeta de rodadura para soportar las cargas de tránsito solicitadas.

Los resultados obtenidos en el ensayo Marshall, determinan el porcentaje óptimo del Cemento Asfáltico, siendo éste el 6.7% con una Estabilidad de 3800 Lb, valor que se encuentra dentro del rango mínimo de 1000 Lb, un Flujo de 13.3/100 pulgadas, valor que se encuentra en el rango de (8/100 a 16/100) pulgada; vacíos en los agregados minerales igual a 14.40% siendo mínimo 14%, y un 4.9% de vacíos con aire, valor que debe ubicarse entre el 3 y el 5%.

PALABRAS CLAVE: Mezcla Asfáltica, Método Marshall, Porcentaje óptimo, Agregados, Diseño, Especificaciones Técnicas, Estabilidad, Flujo.

ABSTRACT

The purpose of this practical work is to design the Asphalt Concrete with materials from the Asphalt Plant of the Municipality of Machala, using the Marshall Method.

For the design, the characteristics of coarse and fine aggregates were determined, as well as asphalt cement; through tests carried out in the Pavement Laboratory of the School of Civil Engineering. With the characteristics of the aggregates, a procedure is carried out to carry out the remaining dosage as follows: 40% of 3/4" aggregate, 30% of 3/8 aggregate and 30% fine aggregate (sand); thus fulfilling each of the technical specifications of the Asphalt Institute.

The consistency test of asphalt cement determines its degree of consistency of 85-100. The asphalt mixture was prepared with asphalt cement percentages from 5% to 8% with an increase of 0.5%; in order to determine the optimal percentage of asphalt that requires a rolling binder to support the requested traffic loads.

The results obtained in the Marshall test, determine the optimum percentage of the Asphalt Cement, being this 6.7% with a Stability of 3800 Lb, value that is within the minimum range of 1000 Lb, a Flow of 13.3/100 in, a value that is found in the range of (8/100 to 16/100) in, voids in mineral aggregates equal to 14.4%, with a minimum of 14% and 4.9% of voids with air, a value that must be between 3 and 5%.

KEYWORDS: Asphalt Mix, Marshall Method, Optimal percentage, aggregates, Design, Technical specifications, Stability, Flow.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| RESUMEN..... | 1 |
| ABSTRACT | 2 |
| ÍNDICE GENERAL | 3 |
| LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS | 4 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1 Objetivo General | 6 |
| 1.2 Objetivos Específicos..... | 6 |
| 1.3 Delimitación del Problema..... | 6 |
| 2. DESARROLLO: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... | 8 |
| 2.1 Materiales Pétreos..... | 8 |
| 2.2 Cemento Asfáltico | 8 |
| 2.3 Betún | 8 |
| 2.4 Pavimento | 8 |
| 2.5 HiMA (Asfalto Altamente Modificado)..... | 9 |
| 2.6 Efectos del Envejecimiento del Ligante..... | 9 |
| 2.7 Mezclas Asfálticas | 9 |
| 2.8 Descripción de los agregados utilizados en el diseño de la mezcla asfáltica | 10 |
| 2.9 Ensayos realizados para el diseño del Hormigón Asfáltico según el Método Marshall..... | 10 |
| 2.9.1 Abrasión, Resistencia al Desgaste..... | 10 |
| 2.9.2 Análisis Granulométrico o Granulometría de los agregados | 10 |
| 2.9.3 Gravedad específica de los agregados | 11 |
| 2.10 Diseño de la Mezcla..... | 12 |
| 2.11 Método Marshall..... | 12 |
| 2.12 Resultados..... | 20 |
| 3. CONCLUSIONES..... | 22 |
| 4. BIBLIOGRAFÍA..... | 23 |
| 5. ANEXOS..... | 24 |
| MEMORIA FOTOGRÁFICA..... | 24 |
| ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | 31 |
| ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO..... | 49 |

LISTA DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

| | |
|---|----|
| Ilustración 1: Composición Típica del Hormigón Asfáltico..... | 11 |
| Ilustración 2: Resultados de la dosificación para el diseño de la mezcla asfáltica. | 12 |
| Ilustración 3: Ilustración del VMA en una probeta de mezcla compactada. [13]..... | 16 |
| Ilustración 4: Valores del porcentaje mínimo de vacíos de acuerdo al TMN del agregado. [13] | 16 |
| Ilustración 5: Criterios Marshall | 17 |
| Ilustración 6: Criterios Marshall. | 18 |
| Ilustración 7: Causas y Efectos de Inestabilidad en el Pavimento. [11] | 19 |
| Ilustración 8: Factores de corrección para estabilidad Marshall. | 20 |

1. INTRODUCCIÓN

Las vías terrestres son fuentes indispensables para tener conectividad y desarrollo socio-económico dentro de una zona, ciudad o país. Por ende, los materiales con los que se construyen estas vías deben ser muy resistentes, durables y de buena calidad.

Según C. Flores and M. Vásquez nos dice que “En Ecuador, como en muchos países, las carreteras primarias se construyen con pavimento flexible utilizando Hot Mix Asphalt (HMA). HMA es una combinación de agregados gruesos y finos, betún y aire, mezclados y colocados en caliente. El uso extensivo de estas mezclas se debe a su buen desempeño bajo cargas de tráfico, factores ambientales y costos iniciales de construcción”[1].

Según A. Calabi-floody and E. Sanchez-alonso nos dice: “La durabilidad de un material está directamente relacionada con su sostenibilidad, ya que una mayor durabilidad significa menos necesidad de materiales y recursos energéticos para su reemplazo. En este contexto, uno de los objetivos principales del diseño y construcción de mezclas de asfalto es lograr pavimentos más duraderos. Una mezcla de asfalto es esencialmente una mezcla de agregados y aglutinante de asfalto. Ambos componentes, individualmente y en su interacción, juegan un papel importante en el rendimiento final de la mezcla de asfalto”[2].

El diseño de una mezcla asfáltica proviene de una sucesión de ensayos tanto como de los agregados gruesos y finos como del cemento asfáltico, para determinar sus características; a su vez depende del tipo de tráfico de la zona. Para realizar un diseño de hormigón asfáltico existen varias metodologías; pero la más utilizada es el Método Marshall.

La ciudad de Machala, se encuentra en un constante desarrollo no solamente económica sino poblacional; razón por la que sus autoridades brindan el apoyo en la construcción y regeneración de las vías de la ciudad, utilizando pavimento flexible por sus propiedades para resistir el tránsito y su economía al momento de la construcción.

En el desarrollo del presente trabajo utilizaremos la metodología Marshall para el diseño del hormigón asfáltico, utilizando materiales provenientes de la Planta de Asfalto de la Ilustre Municipalidad de Machala; con el fin de obtener el contenido

óptimo del cemento asfáltico de acuerdo a una buena dosificación de los agregados y basándose en cada una de las especificaciones técnicas requeridas por la metodología aplicada.

1.1 Objetivo General

- Determinar el porcentaje óptimo de asfalto, utilizando la metodología Marshall para obtener un hormigón asfáltico que cumpla con las especificaciones técnicas vigentes.

1.2 Objetivos Específicos

- Delimitar por medio de ensayos las características y propiedades de los agregados gruesos y finos que intervienen en el hormigón asfáltico.
- Determinar las propiedades del cemento asfáltico.
- Aplicar el Método Marshall para el diseño de la mezcla asfáltica, considerando que el diseño se realizará para un tráfico pesado.
- Analizar los resultados obtenidos en el diseño y verificar que para el porcentaje óptimo de asfalto las propiedades de estabilidad, flujo y vacíos de aire en la mezcla cumplan con las especificaciones técnicas del Instituto del Asfalto.

1.3 Delimitación del Problema

El diseño de una mezcla asfáltica se lo hace con el fin de que el hormigón asfáltico puesto en la vía cumpla con su periodo de vida útil, es decir que resista a todas las solicitaciones de carga transmitidas por los vehículos. Uno de los principales problemas que tienen las vías de este tipo en la ciudad de Machala es que no son construidas con un buen diseño; es decir, la falta de adherencia entre los áridos y el ligante asfáltico en la superficie de la capa de rodadura provoca el deterioro de la misma.

La falta de mantenimiento de las carreteras, es otro de los problemas que se observa dentro de la ciudad, por esta razón se produce el deterioro de la carpeta asfáltica y su durabilidad deseada no cumple con la cual fue diseñada.

Este diseño servirá como aporte para la Planta de producción de mezcla asfáltica en la ciudad de Machala, ya que se lo realiza con el cumplimiento de las normativas y especificaciones técnicas que requiere una mezcla asfáltica, la cual puede ser usada para la pavimentación de sus carreteras.

2. DESARROLLO: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Dentro de este capítulo se definen los conceptos más relevantes sobre el diseño de mezclas asfálticas en caliente y las características que deben cumplir sus agregados.

Adicional, se detalla cada uno de los ensayos que se encuentran inmersos dentro de la metodología Marshall para el diseño de la mezcla asfáltica, estos ensayos están basados en la norma ASTM D6927-15 (Estándar Test Method for Marshall Stability and Flow os Asphalt Mixtures).

2.1 Materiales Pétreos

“Son materiales que provienen de la roca, es un material mineral duro e inerte usado en forma de partículas o fragmentos, como parte de un pavimento flexible”[3]

2.2 Cemento Asfáltico

Según los autores: I. Efraín and P. Chavarría, mencionan que el cemento asfáltico: “Es un asfalto refinado o una combinación de asfalto refinado y fluxante de consistencia adecuada para fines viales, su penetración normal oscila entre 40 y 300 mm/seg”[4].

2.3 Betún

Según los autores: Cesare Olivero Rossi, Bagdat Teltayev y Ruggero Angelico, “El betún es un residuo oscuro, aceitoso y viscoso que resulta de la destilación al vacío del petróleo, que es ampliamente utilizado en pavimentación de carreteras, membranas para techos y otros materiales impermeabilizantes”[5].

2.4 Pavimento

Es una estructura formada por una o varias capas que se encuentran situadas en la parte superior del terreno natural y bajo la capa de rodadura. Existen tres tipos de pavimentos: Pavimento rígido, pavimento flexible y pavimento semiflexible.

Según M. D. E. Obras, P. Y. Comunicaciones, E. Generales, P. L. A. Construcion, and D. E. C. Y. Puentes, definen a pavimento como “nombre genérico para toda la

estructura de un pavimento (firme). No obstante, se lo utiliza también para designar sólo la capa de rodadura, especialmente cuando ella está construida por una carpeta”[6].

2.5 HiMA (Asfalto Altamente Modificado)

Según los autores U. V Wri, M. W.- Lǵqlhzvnd, and H. Peciakowski, “el objetivo principal de los aglutinantes altamente modificados es contrarrestar el agrietamiento del pavimento y las deformaciones plásticas, y para aumentar la resistencia a la fatiga de los cursos de asfalto. La red continua de polímeros, actuando en el aglutinante y la mezcla bituminosa como un elemento elástico, lo que restringe fuertemente la propagación de grietas en la mezcla de asfalto”[7].

2.6 Efectos del Envejecimiento del Ligante

Según G. Valdés, A. Calabi, E. Sanchez, R. Miró, and O. Reyes, “el envejecimiento es uno de los factores responsables del deterioro de varias de las cualidades de una mezcla asfáltica. Se ve perjudicada la flexibilidad, la impermeabilidad, la resistencia a la fatiga y la durabilidad”[8].

2.7 Mezclas Asfálticas

Según los autores B. Yoo, D. Park, and H. Viet, “HMA es una mezcla de agregado mineral y aglutinante bituminoso”[9].

Una mezcla asfáltica es la combinación de los agregados pétreos con el cemento asfáltico en razones determinadas a través de un diseño según las propiedades de cada elemento.

Los elementos que forman parte de una mezcla asfáltica necesitan poseer la calidad necesaria para que el pavimento cumpla con su vida útil de manera apropiada, pues cada uno afecta directamente al conjunto total de la mezcla, por ese motivo es necesario realizar el control de calidad de cada uno de los materiales o elementos involucrados en la mezcla.

Según C. Antonio and F. Siguenza, “Las mezclas asfálticas son utilizadas para la construcción de capas de rodadura en vías y aeropuertos, debiendo proporcionar

condiciones adecuadas para la circulación mediante una superficie segura y cómoda para los usuarios, soportando directamente las acciones de las cargas vehiculares, transmitiéndoles hacia las capas granulares que conforman la estructura de pavimento y hasta la subrasante. Los costos de este tipo de capa de rodadura resultan más económicos en comparación con una de hormigón hidráulico”[10].

2.8 Descripción de los agregados utilizados en el diseño de la mezcla asfáltica

Los agregados pétreos utilizados para el diseño de la mezcla asfáltica provienen de la Planta de Asfalto de la Ilustre Municipalidad de Machala, ubicada al norte de la ciudad en el barrio “Rayito de Luz”. Para realizar el diseño se tomaron muestras de los agregados de ¾”, 3/8” y arena; y una cantidad de cemento asfáltico, los cuales se sometieron a diferentes ensayos para determinar sus propiedades.

2.9 Ensayos realizados para el diseño del Hormigón Asfáltico según el Método Marshall.

2.9.1 Abrasión, Resistencia al Desgaste

Los autores E. Humberto, O. Moncayo, and L. Katherine, describen que “para determinar el desgaste del material se realiza el ensayo de abrasión con la máquina de los Ángeles, este ensayo es esencial para determinar el desgaste del agregado al impacto, se lo ejecutó en base a la norma ASTM C 131” [11]

Los agregados deben ser resistentes para poder soportar la compactación durante su proceso constructivo y su función principal resistir las cargas de tráfico. Esta prueba o ensayo se realiza para investigar la calidad estructural del agregado grueso, utilizando la máquina de Los Ángeles, ésta determina el porcentaje del desgaste que tienen los agregados y su valor no debe exceder el 40% según la normativa.

2.9.2 Análisis Granulométrico o Granulometría de los agregados

E. Humberto, O. Moncayo, and L. Katherine, dicen que “La graduación es probablemente la propiedad más importante del agregado para pavimento asfáltico, la misma que controla e influye sobre los vacíos del agregado mineral (V.A.M.), los vacíos de aire, la estabilidad y la densidad de las mezclas asfálticas, afecta su

trabajabilidad, su tendencia hacia la segregación y a la dificultad o facilidad de compactarla a la densidad especificada”[11].

La granulometría de los agregados es la distribución del tamaño de sus partículas, nos ayuda a determinar el tamaño nominal y tamaño máximo nominal del agregado.

Con los materiales obtenidos de la Planta de Asfalto de la ciudad de Machala, realizamos en primera instancia una granulometría general haciendo un cuarteo, para obtener el tamaño máximo nominal y utilizar la faja granulométrica del instituto del asfalto para realizar la granulometría con los tamices especificados en la faja tanto de los agregados gruesos (3/4 y 3/8) como finos (arena).

“Las mezclas asfálticas son clasificadas de acuerdo a los porcentajes de partículas de los agregados que contienen. La siguiente tabla muestra los 5 tipos diferentes de mezcla asfáltica y sus contenidos respectivos de agregados”[3].

| Designación de la Mezcla usando el tamaño máximo nominal de agregados | | | | | |
|---|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Tamaño de Tamiz | 37.5 mm (1 ½ in.) | 25.0 mm (1 in.) | 19.0 mm (3/4 in.) | 12.5 mm (1/2 in.) | 9.5 mm (3/8 in.) |
| 50 mm (2 in.) | 100 | | | | |
| 37.5 mm (1 ½ in.) | 90 to 100 | 100 | - | - | - |
| 25.0 mm (1 in.) | - | 90 to 100 | 100 | - | - |
| 19.0 mm (3/4 in.) | 56 to 80 | - | 90 to 100 | 100 | - |
| 12.5 mm (1/2 in.) | - | 56 to 80 | - | 90 to 100 | 100 |
| 9.5 mm (3/8 in.) | - | - | 56 to 80 | - | 90 to 100 |
| 4.75 mm (N° 4) | 23 to 53 | 29 to 59 | 35 to 65 | 44 to 54 | 55 to 85 |
| 2.36 mm (N° 8) | 15 to 41 | 19 to 45 | 23 to 49 | 28 to 58 | 32 to 67 |
| 1.18 mm (N° 16) | - | - | - | - | - |
| 0.60 mm (N° 30) | - | - | - | - | - |
| 0.30mm (N° 50) | 4 to 16 | 5 to 17 | 5 to 19 | 5 to 21 | 7 to 23 |
| 0.15 mm (N° 100) | - | - | - | - | - |
| 0.075 mm (N° 200)** | 0 to 5 | 1 to 7 | 2 to 8 | 2 to 10 | 2 to 10 |
| Cemento asfáltico | | | | | |
| Porcentaje en peso | 3 to 8 | 3 to 9 | 4 to 10 | 4 to 11 | 5 to 12 |
| Total de la mezcla *** | | | | | |

Ilustración 1: Composición Típica del Hormigón Asfáltico.

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en caliente del Asphalt Institute.

2.9.3 Gravedad específica de los agregados

Según los autores: E. Humberto, O. Moncayo, and L. Katherine, dice que “para evaluar la masa específica relativa o gravedad específica se usan los métodos de ensayos relativa de los agregados finos y gruesos que se describen en la norma ASTM C 127, este ensayo tiene por objeto la determinación de la gravedad específica de masa, bulk

y aparente, lo mismo que la cantidad de agua expresada como porcentaje que absorbe el agregado grueso y fino cuando de lo sumerge en agua por un periodo de 24 horas”[11].

2.10 Diseño de la Mezcla

El diseño se ejecuta aplicando el método Marshall, para el diseño de mezclas asfálticas en caliente una vez realizado los ensayos de granulometría, abrasión y gravedad específica de los agregados; gravedad o peso específico y consistencia del cemento asfáltico, se procede a realizar la dosificación adecuada de los agregados mediante un tanteo gráfico modelando en una hoja de cálculo hasta ajustar los parámetros estándar de la metodología Marshall. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

| % Agregado de 3/4 | % Agregado de 3/8 | % Agregado fino (arena) |
|----------------------------------|----------------------------------|--|
| 40 | 30 | 30 |

*Ilustración 2: Resultados de la dosificación para el diseño de la mezcla asfáltica.
Fuente: Elaboración propia*

2.11 Método Marshall

Según E. Humberto, O. Moncayo, and L. Katherine, ”el Método Marshall es aplicable solo a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan agregados con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm”[11].

“El objetivo general de éste método consiste en determinar una combinación y gradación de los agregados y el cemento asfáltico que produzca una mezcla con: suficiente ligante para garantizar un pavimento durable, una estabilidad adecuada, la cual satisfaga las demandas de tránsito sin producir deformaciones; un contenido de vacíos lo suficientemente alto para permitir una ligera compactación, sin que se produzca una pérdida de estabilidad o dejar penetrar el aire y el agua los cuales producen una segregación”[12].

2.11.1 Procedimiento

- a. Obtenida la granulometría de los agregados pétreos se hace la dosificación contrastando que la curva de diseño se encuentre dentro de la faja granulométrica. Con la dosificación adecuada se fabricarán 3 briquetas por cada muestra de contenido de cemento asfáltico, el rango de porcentaje de cemento asfáltico que se utiliza en este diseño es de 5 a 8% con incrementos de 0.5% (5-5.5-6-6.5-7-7.5 y 8%) para cada una de las muestras teniendo como resultado un total de 21 briquetas para todo el diseño.
- b. Cada muestra de agregados para el respectivo porcentaje de asfalto debe estar previamente pesada y separada según la dosificación obtenida, calentamos los agregados gruesos y finos a una temperatura de 150 a 160 °C; una vez que obtengan esa temperatura se le añade el cemento asfáltico calentado a una temperatura entre 120 a 130°C, y se mezclan los agregados con el cemento asfáltico hasta obtener una mezcla homogénea.
- c. Los moldes para fabricar las briquetas deben contener aceite en sus paredes para que la mezcla asfáltica no se adhiera al momento de la compactación.
- d. Colocar el molde con su respectivo collarín en el pedestal de compactación, poner la mezcla asfáltica en el molde a temperatura de 150°C, compactando con el martillo de compactación según el número de golpes establecido de acuerdo al tráfico para el cual se está diseñando, se voltea el molde y se vuelve a compactar la muestra con el mismo número de golpes. En este caso es para tráfico pesado y el número de golpes por cara son 75.
- e. Se extrae el molde del pedestal, se quitan el collarín y su base; dejamos que la muestra se enfríe a temperatura ambiente para posteriormente colocarlo en la máquina de extracción de muestras compactadas o briquetas.
- f. Identificar cada una de las muestras, tomar su altura y pesarla en su estado seco.
- g. A cada una de las muestras compactadas se debe realizar los ensayos de peso específico Bulk, gravedad máxima Rice (esto se hace con la mezcla restante de las 3 briquetas, es decir con la mezcla sin compactar) y ensayos de estabilidad y flujo.
- h. Repetimos el procedimiento para cada una de las muestras con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico.

2.11.2 Peso específico Bulk

El peso específico Bulk de una briqueta es la división (relación) entre el peso seco y el volumen incorporando sus vacíos.

Cuando las briquetas se encuentren completamente secas tomamos su peso y medida de espesor (altura), luego las dejamos sumergidas en agua durante 24 horas. Cumplido el tiempo sacamos las briquetas del agua y las secamos superficialmente con una franela y las pesamos obteniendo de ésta manera el peso superficialmente seco (sss); posterior llevamos cada briqueta a la balanza hidrostática para tomar su peso sumergido en agua.

El peso específico bulk es un dato importante que posteriormente se utiliza para el ensayo de estabilidad y flujo de las briquetas.

2.11.3 Gravedad Máxima Medida Rice

La gravedad máxima o peso específico Rice se lo realiza con la mezcla asfáltica no compactada y su valor nos indica la cantidad de vacíos que tendrá la mezcla cuando esté compactada.

2.11.3.1 Procedimiento

- a) De cada muestra de mezcla asfáltica preparada tomamos una cantidad para realizar el ensayo, desmenuzamos la muestra para no permitir la formación de grumos y dejamos que se enfríe a temperatura ambiente.
- b) Pesamos el recipiente volumétrico de vidrio con agua y su placa del mismo material.
- c) Ubicamos la muestra anteriormente pesada en el recipiente de vidrio y la llenamos de agua hasta que tape la muestra.
- d) Luego ubicamos el recipiente de vidrio en la bomba de vacíos y la encendemos por 10 minutos luego la apagamos, y con una espátula movemos el material que está en el recipiente con el agua y encendemos nuevamente la bomba de vacíos por un tiempo de 5 minutos.
- e) Posteriormente bajamos el recipiente de vidrio de la bomba de vacíos y la llenamos de agua, enrasamos con la placa de vidrio y luego la pesamos.
- f) Finalmente aplicamos la fórmula y determinamos la gravedad específica Rice.

2.11.4 Densidad

La densidad de la mezcla compactada se define como su peso unitario. Para obtener un rendimiento duradero se necesita tener en el pavimento una densidad alta.

“En las pruebas y análisis del diseño de mezclas, la densidad de la mezcla compactada se expresa, generalmente, en kilogramos por metro cúbico. La densidad es calculada al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua (1000 kg/m³)”[13].

2.11.5 Vacíos de Aire o simplemente vacíos

Los vacíos de aire son pequeños espacios de aire que se encuentran en los agregados de una mezcla asfáltica compactada. Es útil que cada mezcla contenga cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo la carga del tráfico y a su vez facilitar espacios donde consiga filtrar el asfalto durante su compactación adicional.

El porcentaje de vacíos de aire permitidos en la norma varía entre 3 a 5 % dependiendo del diseño, lo ideal sería que tenga un 4%.

2.11.6 Vacíos en el agregado Mineral

“Los vacíos en el agregado mineral (VWA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla asfáltica compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto”[13].

“El VMA representa el espacio que existe disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto y el volumen de vacíos necesarios en la mezcla. Cuando mayor sea el VMA más espacio habrá disponible para las películas de asfalto. Existen valores mínimos para VMA los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado. Estos valores se basan en el hecho de que cuanto más gruesa sea la película de asfalto que cubre las partículas del agregado, más durables será la mezcla”[13].

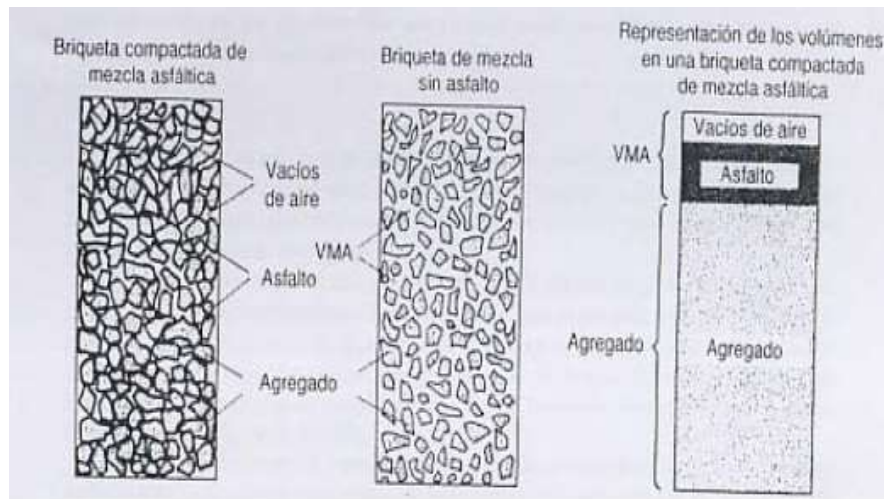


Ilustración 3: Ilustración del VMA en una probeta de mezcla compactada. [13]

| TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO | % VMA MÍNIMO |
|----------------------------|--------------|
| N°16 | 23,5 |
| N°8 | 21 |
| N°4 | 18 |
| 3/8 | 16 |
| 1/2 | 15 |
| 3/4 | 14 |
| 1 | 13 |
| 1 1/2 | 12 |
| 2 | 11,5 |

Ilustración 4: Valores del porcentaje mínimo de vacíos de acuerdo al TMN del agregado. [13]

2.11.7 Estabilidad y Flujo

2.11.7.1 Ensayo Marshall

Estos autores C. R. Tacca-cutipa and W. D. Supo-pacori, describen el ensayo marshall de la siguiente manera: “el ensayo Marshall se realiza en especímenes cilíndricos de 4 pulg. (102 mm) de diámetro y 2,5 pulg. (64 mm) de altura a una temperatura de 140 °F (60 °C) y una velocidad de carga de 2 pulg. (51 mm) por minuto. Se miden dos valores: la estabilidad, que es la carga requerida para que falle el producto y el índice de flujo, que es la distorsión vertical en el momento del fallo.

Debido a la velocidad de carga muy rápida. La estabilidad es una medida de la cohesión, mientras que el índice de flujo es una medida de la fricción interna”[14].

“El propósito principal del diseño de mezcla Marshall es determinar el contenido óptimo de betún (OBC) en relación con varias proporciones de mezcla. Por esta razón, se requiere realizar una prueba de estabilidad y flujo Marshall en cada muestra con una velocidad de carga de 50.5 mm/min a 60°C según ASTM: D6927. El cociente de Marshall, que es un tipo de pseudo rigidez, puede calcularse como la relación de estabilidad a flujo”[15].

TABLA 405.5.4

| TIPO DE TRAFICO CRITERIOS MARSHALL | Muy Pesado | | Pesado | | Medio | | Liviano | |
|--|-------------------|------|--------|------|-------|------|---------|------|
| | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| No. De Golpes/Cara | 75 | | 75 | | 50 | | 50 | |
| Estabilidad (libras) | 2200 | ---- | 1800 | ---- | 1200 | ---- | 1000 | 2400 |
| Flujo (pulgada/100) | 8 | 14 | 8 | 14 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| % de vacíos en mezcla | | | | | | | | |
| - Capa de Rodadura | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| - Capa Intermedia | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 |
| - Capa de Base | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 |
| % Vacíos agregados | VER TABLA 405-5.5 | | | | | | | |
| Relación filler/betún | 0.8 | 1.2 | 0.8 | 1.2 | | | | |
| % Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente | | | | | | | | |
| - Capa de Rodadura | 70 | ---- | 70 | ---- | | | | |
| - Intermedia o base | 60 | ---- | 60 | ---- | | | | |

Ilustración 5: Criterios Marshall
Fuente: MOP-001-F 2002

CRITERIOS MARSHALL

| Criterio | Tráfico Alto | |
|--------------------------------|--------------|-----|
| | min | max |
| Número de golpes por cara | 75 | |
| Estabilidad(lb) | 1800 | - |
| Flujo(0.01") | 8 | 14 |
| Vacios de Aire (%) | 3 | 5 |
| Vacios de agregado mineral (%) | 13 | - |
| Vacios llenos de asfalto (%) | 65 | 75 |

Fuente: tabla 811-4.4 NEVI-12

Ilustración 6: Criterios Marshall.

Fuente: Tabla 811-4.4 NEVI-12. Imagen de Google.

2.11.7.2 Estabilidad

La estabilidad de un asfalto es la capacidad que posee para resistir los desplazamientos y deformaciones a las que se encuentra expuesta por las cargas del tránsito.

Según A. Hugo, F. Carlos, and B. Saieth, “La obtención del porcentaje óptimo del cemento asfáltico se obtiene al alcanzar una estabilidad (E) mínima de 750 kg y un flujo (F) comprendido entre 2 y 4 mm cuando las briquetas se compactan a 75 golpes por cara”[16].

“Los requisitos de estabilidad sólo 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*”[13].

| CAUSAS | EFFECTOS |
|--|---|
| Exceso de asfalto en la mezcla | Ondulaciones, ahuellamientos y afloramientos o exudación. |
| Exceso 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, superficies trituradas | Ahuellamiento y canalización. |

Ilustración 7: Causas y Efectos de Inestabilidad en el Pavimento. [11]

2.11.7.3 Flujo

El flujo está íntimamente relacionado con la deformación de un pavimento antes las cargas transmitidas por el paso de los vehículos.

2.11.7.4 Ensayo de estabilidad y Flujo. Procedimiento

- a) Colocamos las briquetas en el Baño de Agua María a una temperatura de 60°C y las dejamos reposar por un lapso de 35 a 40 minutos, mientras tanto preparamos la máquina Marshall para el ensayo.
- b) Cuando ya haya pasado el tiempo establecido sacamos la briqueeta del baño de agua María y la secamos superficialmente con una franela, luego colocamos en las mordazas anteriormente lubricadas con aceite.
- c) Colocamos las mordazas en la Máquina Marshall, encerramos el medidor de flujo y aplicamos la carga a la briqueeta hasta que ésta falle.
- d) Guardamos los datos registrados por la máquina automática de carga Marshall. Y así procedemos con cada una de las briquetas.

2.11.7.5 Factores de corrección para la Estabilidad Marshall

Para cada espesor de briqueeta existe un factor de corrección, el mismo que será multiplicado por el valor de estabilidad registrada en la Máquina de carga Marshall.

| Espesor de la briqueta compactada | | Factor de corrección |
|-----------------------------------|----------|----------------------|
| (cm) | (Pulg) | |
| 5,40 | 2,126 | 1,32 |
| 5,56 | 2,189 | 1,25 |
| 5,72 | 2,252 | 1,19 |
| 5,87 | 2,311 | 1,14 |
| 6,03 | 2,374 | 1,09 |
| 6,19 | 2,437 | 1,04 |
| 6,35 | 2,500 | 1,00 |
| 6,51 | 2,563 | 0,96 |
| 6,67 | 2,626 | 0,93 |
| 6,83 | 2,689 | 0,89 |
| 6,99 | 2,752 | 0,86 |
| 7,14 | 2,811 | 0,83 |
| 7,30 | 2,874 | 0,81 |
| 7,46 | 2,937 | 0,78 |
| 7,62 | 3,000 | 0,76 |

*Ilustración 8: Factores de corrección para estabilidad Marshall.
Fuente: Instituto del Asfalto. Imagen de google*

2.12 Resultados

Granulometría general: realizamos una granulometría general, mediante un previo cuarteo al agregado, para obtener el tamaño máximo nominal y trabajar con los tamices de la faja obtenida. “Como resultado se obtuvo que el tamaño máximo nominal de los agregados es el material de 3/4.”

Abrasión por Máquina de los Ángeles: se realizó el ensayo de abrasi3n para determinar el desgaste de los agregados gruesos, utilizando la máquina de los Ángeles y aplicando el método B; y se determinó que el “desgaste de los agregados es el 10% cumpliendo con la normativa, la cual dice que el desgaste no debe superar el 40%.”

Densidad específica de los agregados: una vez realizada las granulometrías a los agregados se procedió a realizar los ensayos de densidad específica, obteniendo los siguientes resultados: ”3/4= 3.001 gr/cm³; 3/8= 2.854 gr/cm³ y arena= 2.059 gr/cm³,” y dividiendo la dosificación respectiva para su peso específico se tiene una “densidad total de los agregados igual a 2.60 gr/cm³.”

Gravedad específica del cemento asfáltico: en este ensayo se realizaron dos muestras y se obtuvo los siguientes resultados: “Muestra 1= 1.008 gr/cm³ y muestra 2= 1.02 gr/cm³.”

Consistencia del cemento asfáltico: para este ensayo también se realizaron dos muestras cada una con 10 mediciones para obtener un promedio y encontrar el grado de consistencia del cemento asfáltico, dando como resultado un “grado de consistencia de: 85-100.”

Dosificación de los agregados para el diseño de la mezcla asfáltica: mediante el método del tanteo gráfico se determinó la dosificación de los agregados, cumpliendo con los parámetros de la normativa, la misma que se grafica dentro de la faja granulométrica. “Siendo la dosificación adecuada la siguiente: Material 3/4 = 40%; Material 3/8 = 30% y arena = 30%.”

Preparación de la mezcla asfáltica: se diseñó 3 briquetas para cada muestra representativa de 1500 gr de material pétreo con un porcentaje de cemento asfáltico que varía entre 5-8% con un incremento de 0.5%.

Una vez realizadas las briquetas dejamos que se sequen a temperatura ambiente, luego la saturamos durante 24 horas en agua a temperatura ambiente para realizar el ensayo de peso específico bulk. También se realizó los ensayos de gravedad específica rice y finalmente el ensayo de prueba como es estabilidad y flujo.

3. CONCLUSIONES

- Se determinó que el tamaño máximo nominal (TMN) de los agregados es de 3/4", el porcentaje del desgaste del agregado grueso es de 10%; el peso específico o gravedad específica de los agregados es de 2.66 gr/cm³; el peso específico del cemento asfáltico es de 1.01 gr/cm³ y el grado de penetración o consistencia del cemento asfáltico es de 85-100.

- La dosificación para la mezcla asfáltica es de 40% de agregado de 3/4 y 30% de agregado de 3/8 y 30% de agregado fino (arena).

- Mediante el ensayo Marshall se determinó el contenido óptimo de asfalto siendo éste de 6.7%, con una estabilidad de 3800 lb, un flujo de 13.3 (1/100 pulgadas), 4.9% de vacíos con aire y un 14.4% de vacíos en los agregados minerales. Cumpliendo de esta manera con las especificaciones de la metodología aplicada.

4. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Flores and M. Vásquez, "Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction," no. 1996, pp. 178–185, 2019.
- [2] A. Calabi-floody and E. Sanchez-alonso, "Evaluation of the durability of asphalt mixtures depending on the physical properties of aggregates," no. 1982, pp. 92–103, 2016.
- [3] A. D. E. Petroleo, H. El, and D. Cronol, "CAPITULO I."
- [4] I. Efraín and P. Chavarría, "Utilización de caucho de neumáticos reciclados en mezclas asfálticas para pavimento."
- [5] A. Review, "applied sciences Adhesion Promoters in Bituminous Road Materials : A Review," 2017.
- [6] M. D. E. Obras, P. Y. Comunicaciones, E. Generales, P. L. A. Construcion, and D. E. C. Y. Puentes, "PUBLICAS Y COMUNICACIONES MOP - 001-F 2002," 2002.
- [7] U. V Wri, M. W.- Lğqłhzvnd, and H. Peciakowski, "The performance of a highly modified binders for heavy duty asphalt pavements," vol. 14, pp. 679–684, 2016.
- [8] G. Valdés, A. Calabi, E. Sanchez, R. Miró, and O. Reyes, "Matriz árido-ligante : factores implicados en la capacidad adhesiva y cohesiva del ligante asfáltico Aggregate – asphalt binder matrix : factors involved in the adhesive and cohesive capacities of asphalt binder," pp. 42–51, 2015.
- [9] B. Yoo, D. Park, and H. Viet, "Evaluation of asphalt mixture containing coal ash," *Transp. Res. Procedia*, vol. 14, no. 1997, pp. 797–803, 2016.
- [10] C. Antonio and F. Siguenza, "Universidad de cuenca," 2017.
- [11] E. Humberto, O. Moncayo, and L. Katherine, "COMPARATIVE OF THE PROPERTIES OF A DESIGN OF ASPHALTIC MIXING IN CONVENTIONAL HEAT AND THE USE OF POLYMERS IN THE TOSAGUA ROAD .," vol. 2017, pp. 107–114, 2017.
- [12] R. Ochoa, "Diseño de mezclas bituminosas para pavimentos con alquitrán, usando las metodologías Marshall y Ramcodes 1," no. 2, 2012.
- [13] D. E. M. Asf, L. E. N. Caliente, I. En, C. D. E. La, and M. Una, "Capitulo iv diseño de mezclas asfálticas 4.1.-."
- [14] C. R. Tacca-cutipa and W. D. Supo-pacori, "ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS . EFFECT OF ADHERENCE IMPROVERS ON MARSHALL STABILITY AND FLOW OF ASPHALT MIXTURES .," pp. 51–61.
- [15] R. Mistry and T. Kumar, "Effect of using fly ash as alternative filler in hot mix asphalt &," *Perspect. Sci.*, vol. 8, pp. 307–309, 2016.
- [16] A. Hugo, F. Carlos, and B. Saieth, "Influencia de la temperatura de compactación sobre la resistencia de un material granular estabilizado con asfalto en caliente tipo MGEA _ A Influence of compaction temperature on the," 2015.

5. ANEXOS

MEMORIA FOTOGRÁFICA

- Obtención de materiales pétreos de la Planta de Asfalto de Machala



- Ensayos en Laboratorio:
 - Granulometría de los agregados





○ Abrasión



○ Gravedad específica de los agregados





o Peso específico del cemento asfáltico

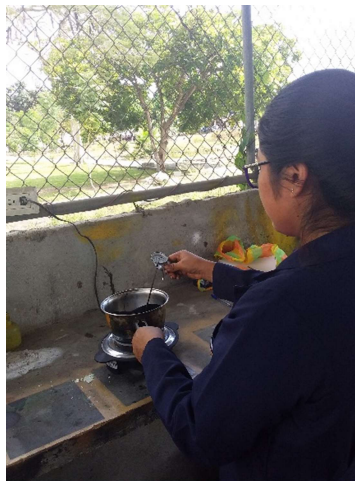


o Consistencia del cemento asfáltico

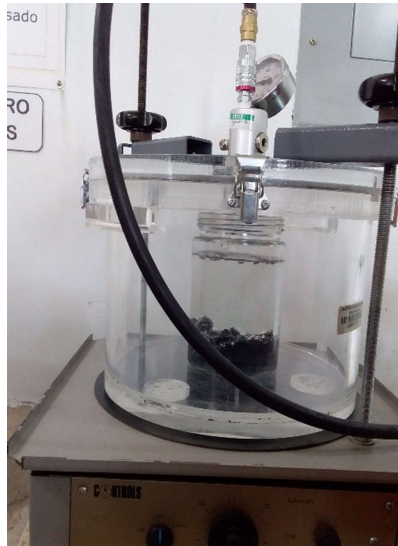
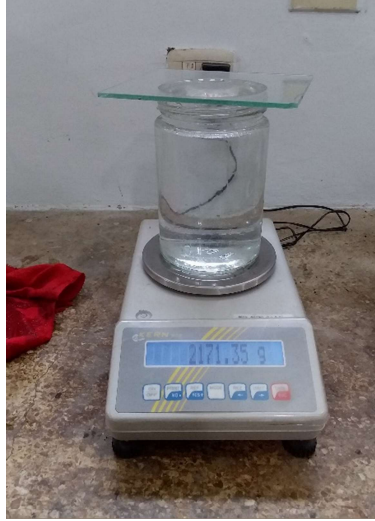




o Realización de las Briquetas



o Gravedad específica RICE



○ Peso específico BULK



○ Estabilidad y Flujo





ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

400 – Estructura del Pavimento

405-4 (2) Emulsión asfáltica para hormigón asfáltico mezclado en sitio.....Litro (l)

405-5. Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta.

405-5.01. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y material asfáltico, mezclados en caliente en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

405.5.02 Materiales El tipo y grado del material asfáltico que deberá emplearse en la mezcla estará determinado en el contrato y será mayormente cemento asfáltico con un grado de penetración 60 - 70. En caso de vías que serán sometidas a un tráfico liviano o medio se permitirá el empleo de cemento asfáltico 85 - 100. Para vías o carriles especiales donde se espere el paso de un tráfico muy pesado, se admitirá el empleo de cementos asfálticos mejorados. La clasificación del tráfico se muestra en la tabla 405-5.4. El cemento asfáltico que se utilice deberá cumplir con los requisitos de calidad señalados en el numeral 810.2.

Los agregados que se emplearán en el hormigón asfáltico en planta podrán estar constituidos por roca o grava triturada total o parcialmente, materiales fragmentados naturalmente, arenas y relleno mineral. Estos agregados deberán cumplir con los requisitos establecidos en el numeral 811.2, para agregados tipo A, B o C. Los agregados estarán compuestos en todos los casos por fragmentos limpios, sólidos y resistentes, de uniformidad razonable, exentos de polvo, arcilla u otras materias extrañas.

Las mezclas asfálticas a emplearse en capas de rodadura para vías de tráfico pesado y muy pesado deberán cumplir que la relación entre el porcentaje en peso del agregado pasante del tamiz INEN 75micrones y el contenido de asfalto en porcentaje en peso del total de la mezcla (relación filler/betún), sea mayor o igual a 0,8 y nunca superior a 1,2.

Para la mezcla asfáltica deberán emplearse una de las granulometrías indicadas en las tablas 405-5.1.

En el contrato se determinará el tipo y graduación de los agregados, de acuerdo con las condiciones de empleo y utilización que se previene para la carpeta asfáltica.

Tabla 405-5.1.

| TAMIZ | Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada | | | |
|--------------------|---|----------|----------|----------|
| | ¾" | ½" | 3/8" | Nº4 |
| 1" (25.4 mm.) | 100 | -- | -- | -- |
| ¾" (19.0 mm.) | 90 - 100 | 100 | -- | -- |
| ½" (12.7 mm.) | -- | 90 - 100 | 100 | -- |
| 3/8" (9.50 mm.) | 56 - 80 | | 90 - 100 | 100 |
| Nº 4 (4.75 mm.) | 35 - 65 | 44 - 74 | 55 - 85 | 80 - 100 |
| Nº 8 (2.36 mm.) | 23 - 49 | 28 - 58 | 32 - 67 | 65 - 100 |
| Nº 16 (1.18 mm.) | -- | -- | -- | 40 - 80 |
| Nº 30 (0.60 mm.) | -- | -- | -- | 25 - 65 |
| Nº 50 (0.30 mm.) | 5 - 19 | 5 - 21 | 7 - 23 | 7 - 40 |
| Nº 100 (0.15 mm.) | -- | -- | -- | 3 - 20 |
| Nº 200 (0.075 mm.) | 2 - 8 | 2 - 10 | 2 - 10 | 2 - 10 |

405-5.03. Equipo .-

405-5.03.1. Plantas mezcladoras.- Las plantas para la preparación de hormigón asfáltico utilizadas por el Contratista, podrán ser continuas o por paradas, y deberán cumplir los requisitos que se establezcan más adelante para cada una de ellas específicamente, además de lo cual todas deberán satisfacer las exigencias siguientes:

- a) Equipo para manejo del asfalto: Los tanques para almacenamiento del asfalto deberán estar equipados con serpentines de circulación de vapor o aceite que permitan un calentamiento seguro, sin que existan probabilidades de producirse incendios u otros accidentes; y con dispositivos que posibiliten un control efectivo de temperaturas en cualquier momento. Los tanques para almacenamiento deberán tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones; el sistema de circulación a las balanzas de dosificación, mezcladora, etc., deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme, y deberá estar provisto de camisas de aislamiento térmico y conservación de la temperatura. Deberá proveerse de dispositivos confiables para medición y muestreo del asfalto de los tanques.
- b) Secador: La planta deberá estar equipada con un horno secador rotativo para agregados, con suficiente capacidad para proveer los

agregados secos y a la temperatura necesaria, a fin de mantener a la mezcladora trabajando continuamente y a su máximo rendimiento. Dispondrá de dispositivos para medición de la temperatura de los agregados al salir del horno, que trabajen con un máximo de error de 5 °C.

El horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua, a fin de entregarlos al alimentador de las cribas totalmente secos y en la temperatura necesaria, mediante un flujo permanente, adecuado y sin interrupciones. De todas maneras, el Fiscalizador deberá obtener las muestras necesarias en forma periódica de los agregados transportados a la planta, para comprobar la calidad del secamiento en el núcleo de los mismos.

- c) Cribas y tolvas de recepción: La planta dispondrá de las cribas suficientes para tamizar el agregado proveniente del secador y separarlo en las graduaciones requeridas para alojarlas en las diferentes tolvas individuales de recepción.

Los tamices a utilizarse para la separación de las diferentes graduaciones, no permitirán que cualquier tolva reciba más de un 10% de material de tamaño mayor o menor que el especificado.

Las tolvas para almacenamiento del agregado caliente deberán tener tamaño suficiente, para conservar una cantidad de agregados que permita la alimentación de la mezcladora trabajando a su máximo rendimiento. Existirán al menos tres tolvas para las diferentes graduaciones, y una adicional para el relleno mineral que se utilizará cuando sea necesario. Cada tolva individual estará provista de un desbordamiento que impida la entrada del exceso de material de uno a otro compartimiento, y que descargue este exceso hasta el piso por medio de una tubería, para evitar accidentes.

Las tolvas estarán provistas de dispositivos para control de la cantidad de agregados y extracción de muestras en cualquier momento.

- d) Dispositivos para dosificación del asfalto: La planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

El asfalto medido, ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las tres cuartas partes de la longitud de la mezcladora, a fin de lograr una distribución

uniforme e inmediata al mezclado en seco.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición y control de temperaturas y pesos o volúmenes. La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

- e) Colector de polvo: La planta estará equipada con un colector de polvo de tipo ciclón que recolecte el polvo producido en el proceso de alimentación y mezclado.

Este colector estará diseñado en forma de poder devolver, en caso necesario, el polvo recolectado o parte de él a la mezcladora, o de conducirlo al exterior a un lugar protegido para no causar contaminación ambiental.

- f) Laboratorio de campo: Se deberá contar con el equipo necesario para poder realizar ensayos de la categoría 1 según la subsección 810-2.04, con el objetivo de que antes de descargar el cemento asfáltico a los reservorios desde el tanquero-cisterna este sea evaluado y certificado. Se contará también con el equipo necesario para evaluar la composición de las mezclas y la temperatura de fabricación de las mismas.

- g) Medidas de seguridad: Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera de tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones. Todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc., deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal. El espacio de acceso bajo la mezcladora para los camiones, deberá ser amplio, para maniobrar con facilidad a la entrada y a la salida. El contratista proveerá además de una plataforma de altura suficiente, para que el Fiscalizador pueda acceder con facilidad a tomar las muestras necesarias en los camiones de transporte de la mezcla.

1.- Exigencias especiales para plantas discontinuas:

- a) Dispositivos de dosificación: Las balanzas para pesar los agregados deberán ser capaces de producir medidas exactas para cada fracción, con una precisión de 0.5% del peso indicado para cualquier carga. Cada fracción que deba pesarse ingresará a un cajón de pesaje suspendido por las balanzas, con capacidad suficiente para recibir la totalidad de la parada con margen de seguridad para evitar el desborde. El cajón permanecerá cerrado y no deberá perder ningún material, hasta completar la parada total de agregados que ingresarán a la mezcladora el momento de la descarga de una manera

instantánea. Los soportes del cajón de pesaje estarán libres de cualquier interferencia para permitir un pesaje efectivo en todo momento.

Las balanzas serán de tipo dial sin resortes, de fabricación comercial reconocida y con escala que permita apreciar al menos 5 Kg, empezando su funcionamiento con un peso máximo de 45 Kg. La capacidad total de la balanza será hasta 1.5 veces la capacidad de la mezcladora por paradas.

El dial deberá estar provisto de agujas para señalar los pesos de cada fracción que se vaya vertiendo en el cajón de pesaje. El movimiento de las agujas estará diseñado para evitar cualquier reflexión sobre el dial y el cristal de protección no deberá permitir refracciones que dificulten la lectura precisa.

La balanza para pesar el material bituminoso deberá ser de idéntica factura que las balanzas para agregados, pero la subdivisión mínima de la escala será de 1 Kg y el dial deberá iniciar el control de pesaje con un peso máximo de 5 Kg. La capacidad de estas balanzas para pesar materiales bituminosos será 1.15 veces mayor que el peso del asfalto a agregar a cada parada.

Las balanzas, tanto para los agregados como para el asfalto deberán ser calibradas tantas veces como el Fiscalizador lo juzgue conveniente para asegurar la continuidad y uniformidad del pesaje. El Contratista deberá disponer del equipo necesario para la calibración, incluyendo las pesas apropiadas, y deberá prestar todas las facilidades para que se efectúe la comprobación a satisfacción del Fiscalizador.

La precisión del equipo para medir el asfalto estará dentro del 0.5% de tolerancia sobre cualquier peso requerido.

Una vez pesado el asfalto que se utilizará en una parada, se accionarán las válvulas manual o automáticamente, para descargar el asfalto dentro de la mezcladora en un lapso máximo de 15 segundos. La descarga del asfalto deberá producirse en cuanto la mezcladora termine su período de mezclado de los agregados en seco.

- b) Mezcladora: La mezcladora será de paletas giratorias dobles, para mezcla tipo amasado, con un número suficiente de paletas para producir una mezcla homogénea y dentro de las tolerancias fijadas para la fórmula maestra de obra. La separación entre ejes y paletas será tal que no cause fracturación del agregado grueso al momento del mezclado.

La mezcladora podrá ser de cajón cerrado o abierto con tapa móvil, para evitar pérdida del relleno mineral o material fino al momento del

mezclado inicial. En todo caso, su diseño permitirá tomar con facilidad las muestras necesarias de la mezcla. Estará equipada con dispositivos exactos para medir y controlar el tiempo de mezclado por cada parada, con precisión de 5 segundos. Contará también con un registrador automático del número de paradas producidas.

2.- Exigencias especiales para plantas continuas:

- a) Dispositivos de dosificación, control y calibración: La planta de mezcla continua deberá incluir los dispositivos necesarios para la dosificación exacta de los agregados y el asfalto, sea por volumen o por peso. Previamente al ingreso al secador de la planta, los agregados en frío deberán estar completamente secos.

Cuando se efectúe un control de los agregados por volumen, cada tolva de almacenamiento individual dispondrá de una compuerta regulable exactamente, para formar el orificio de dosificación volumétrica, el cual será rectangular y ajustable en sus dimensiones, y deberá estar provisto de registradores para indicar la abertura en cualquier momento.

Las aberturas de salida de las tolvas serán calibradas por medio del pesaje de muestras tomadas de cada compartimiento, utilizando el equipo de control de las muestras proporcionado por el Contratista, equipo que permitirá una exactitud de pesaje dentro del 0.5% de error sobre el peso indicado.

Cuando se requiera de relleno mineral, éste será introducido a la mezcladora desde una tolva individual, equipada con un dispositivo exacto para la dosificación, y que trabajará sincronizadamente con los alimentadores del agregado y del asfalto.

- b) Sincronización de la alimentación: La planta deberá contar con los medios adecuados para asegurar una sincronización efectiva entre el suministro de los agregados provenientes de las tolvas a la mezcladora, y el suministro del asfalto desde el dispositivo de dosificación, para lograr mezclas homogéneas y uniformes.

Las tolvas individuales de los agregados deberán estar provistas de dispositivos de señalización, para indicar el nivel del agregado y detener automáticamente el funcionamiento de la planta cuando la cantidad de agregado en la tolva sea insuficiente. Así mismo, el sistema de almacenamiento del asfalto dispondrá de dispositivos similares para control y parada de la planta en el momento oportuno.

- c) Mezcladora: La planta estará dotada de una mezcladora continua, de diseño capaz de producir una mezcla uniforme dentro de los límites de tolerancia fijados para la fórmula maestra de obra. Las paletas

serán reversibles y de ángulo ajustable, para calibrar el paso de la mezcla. El embudo de descarga de la mezcla será tal que permita una descarga rápida y completa de toda la mezcla.

La planta deberá disponer de los datos de fábrica que señalen el régimen de alimentación de los agregados por minuto, para operación a velocidad normal. Deberá contar también con una placa que indique el contenido neto volumétrico de la mezcladora, a los varios niveles marcados en un limnómetro permanente.

405-5.03.2. Equipo de transporte.- Los camiones para el transporte del hormigón asfáltico serán de volteo y contarán con cajones metálicos cerrados y en buen estado. Para el uso, los cajones deberán ser limpiados cuidadosamente y recubiertos con aceite u otro material aprobado, para evitar que la mezcla se adhiera al metal. Una vez cargada, la mezcla deberá ser protegida con una cubierta de lona, para evitar pérdida de calor y contaminación con polvo u otras impurezas del ambiente.

405-5.03.3. Equipo de distribución de la mezcla.- La distribución de la mezcla asfáltica en el camino, será efectuada mediante el empleo de una máquina terminadora autopropulsada, que sea capaz de distribuir el hormigón asfáltico de acuerdo con los espesores, alineamientos, pendientes y ancho especificados.

Las terminadoras estarán provistas de una tolva delantera de suficiente capacidad para recibir la mezcla del camión de volteo; trasladará la mezcla al cajón posterior, que contendrá un tornillo sinfín para repartirla uniformemente en todo el ancho, que deberá ser regulable. Dispondrá también de una plancha enrasadora vibrante para igualar y apisonar la mezcla; esta plancha podrá ser fijada en diferentes alturas y pendientes para lograr la sección transversal especificada.

La descarga de la mezcla en la tolva de la terminadora deberá efectuarse cuidadosamente, en tal forma de impedir que los camiones golpeen la máquina y causen movimientos bruscos que puedan afectar a la calidad de la superficie terminada.

Para completar la distribución en secciones irregulares, así como para corregir algún pequeño defecto de la superficie, especialmente en los bordes, se usarán rastrillos manuales de metal y madera que deberán ser provistos por el Contratista.

405-5.03.4. Equipo de compactación.- El equipo de compactación podrá estar formado por rodillos lisos de ruedas de acero, rodillos vibratorios de fuerza de compactación equivalente y rodillos neumáticos autopropulsados. El número necesario de rodillos dependerá de la superficie y espesor de la mezcla que deberá compactarse, mientras se halla en condiciones trabajables.

Los rodillos lisos de tres ruedas deberán tener un peso entre 10 y 12 toneladas, y los tandem entre 8 y 10 toneladas. Los rodillos neumáticos serán de llantas lisas y tendrán una carga por rueda y una presión de inflado convenientes para el espesor de la carpeta. Como mínimo, para carpetas de 5 cm. de espesor compactado, tendrán 1.000 Kg por rueda y presión de inflado de 6.0 Kg/cm².

405-5.04. Ensayos y Tolerancias.- Los agregados deberán cumplir los requisitos de calidad, cuyas pruebas están determinadas en la subsección 811-2. La granulometría será comprobada mediante el ensayo INEN 696, que se efectuará sobre muestras que se tomarán periódicamente de los acopios de existencia, de las tolvas de recepción en caliente y de la mezcla asfáltica preparada, para asegurar que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas para la fórmula maestra de obra.

La calidad del material asfáltico será comprobada mediante las normas indicadas en la subsección 810-2 para cementos asfálticos.

La mezcla deberá cumplir los requisitos especificados en la Tabla 405-5.2.

Las muestras de hormigón asfáltico serán tomadas de la mezcla preparada de acuerdo con la fórmula maestra de obra, y sometidas a los ensayos según el método Marshall.

El hormigón asfáltico que se produzca en la planta deberá cumplir con la fórmula maestra de obra indicada en el numeral 405-5.05.1, dentro de las siguientes tolerancias:

- a) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz de 1/2" (12.5 mm.) y mayores: $\pm 8\%$.
- b) Peso de los agregados secos que pasen los tamices de 3/8" (9.5 mm.) y N° 4 (4.75 mm.): $\pm 7\%$.
- c) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 8 (2.36 mm.) y N° 16 (1.18 mm.): $\pm 6\%$.
- d) Peso de los agregados secos que pasen los tamices N° 30 (0.60 mm.) y N° 50 (0.30 mm.): $\pm 5\%$.
- e) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 100 (0.15 mm.): $\pm 4\%$.
- f) Peso de los agregados secos que pasen el tamiz N° 200 (0.075 mm.): $\pm 3\%$.
- g) Dosificación del material asfáltico en peso: $\pm 0.3\%$
- h) Temperatura de la mezcla al salir de la mezcladora: $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

- i) Temperatura de la mezcla al colocarla en el sitio: ± 10 °C.

El espesor de la capa terminada de hormigón asfáltico no deberá variar en más de 6 mm. de lo especificado en los planos; sin embargo, el promedio de los espesores medidos, en ningún caso será menor que el espesor establecido en el contrato.

Las cotas de la superficie terminada no deberán variar en más de un centímetro de las cotas establecidas en los planos. La pendiente transversal de la superficie deberá ser uniforme y lisa, y en ningún sitio tendrá una desviación mayor a 6 mm. con el perfil establecido.

Concluida la compactación de la carpeta asfáltica, el Fiscalizador deberá comprobar los espesores, la densidad de la mezcla y su composición, a intervalos de 500 a 800 metros lineales en sitios elegidos al azar, a los lados del eje del camino, mediante extracción de muestras. El contratista deberá rellenar los huecos originados por las comprobaciones, con la misma mezcla asfáltica y compactarla a satisfacción del Fiscalizador, sin que se efectúe ningún pago adicional por este trabajo.

Cuando las mediciones de comprobación indicadas señalen para el espesor una variación mayor que la especificada arriba, o cuando el ensayo de densidad indique un valor inferior al 97% de la densidad máxima establecida en el laboratorio, o cuando la composición de la mezcla no se encuentre dentro de las tolerancias admitidas, el Fiscalizador efectuará las mediciones adicionales necesarias para definir con precisión el área de la zona deficiente. En caso de encontrarse sectores inaceptables, tanto en espesor como en composición o en densidad, el Contratista deberá reconstruir completamente el área afectada, a su costa, y de acuerdo con las instrucciones del Fiscalizador.

405.5.04 Ensayos y Tolerancias.- Las mezclas asfálticas de Granulometría cerrada (densa) y semicerrada deberán cumplir con los requisitos especificados en la tabla 405.5.4. Las mezclas asfálticas de Granulometría Abierta deben cumplir los mismos requisitos de estabilidad y flujo Marshall establecidos para mezclas anteriores. Adicionalmente a los requisitos ya nombrados será necesario demostrar la resistencia de la mezcla al daño causado por el agua mediante el método ASTM D4867 y el ensayo de tracción indirecta (ASTM D4123, CABEZAL LOTTMAN), debiendo las mezclas mantener una resistencia residual superior al 80 %. En caso de no cumplirse este requisito, se considerará el cambio de agregados o de cemento asfáltico, o el empleo de un aditivo promotor de adherencia. También se podrá evaluar la resistencia al daño por el agua mediante el ensayo ASTM D3625 de peladura por agua hirviendo; el que no deberá mostrar evidencia alguna de peladura en la mezcla.

En las vías con tráfico catalogado como muy pesado, las mezclas asfálticas a emplearse para la capa de rodadura deben de ser sometidas además a un

estudio detallado que incluya:

- Determinación de la curva reológica, es decir, la variación del módulo elástico de la mezcla a diferentes temperaturas.
- Evaluación de su comportamiento ante las deformaciones plásticas.
- Evaluación de su comportamiento a la fatiga.

Ya que estos estudios pueden realizarse con diferentes equipos y procedimientos, los mismos estarán especificados en el contrato.

Para el diseño de las mezclas asfálticas abiertas se recomienda determinar previamente un contenido de asfalto referencial por alguna ecuación que relacione el mismo con la superficie específica de los agregados combinados.

En las mezclas asfálticas tipo E y G, si existe material retenido en el tamiz INEN 25.4 mm, tanto la estabilidad como el flujo se deberán evaluar siguiendo el llamado Método Marshall Modificado. El procedimiento es básicamente el mismo que el método estándar excepto por ciertas diferencias debido al tamaño del agregado, las cuales son:

- 1.- El martillo pesa 10.2 Kg. y tiene 149.4 mm de diámetro. Solo se permite utilizar un equipo mecánico para darle los 457 mm de caída, igual que al método estándar.
- 2.- La briqueta tiene 152.4 mm de diámetro y un promedio de 95.2 mm de altura.
- 3.- Se elabora una briqueta a la vez, la mezcla necesaria para la misma pesa alrededor de 4 Kg.
- 4.- Tanto el molde de compactación como el molde de ensayo serán de 152.4 mm de diámetro.
- 5.- La mezcla es colocada en el molde en dos capas, a cada capa se la debe escarificar con la espátula como a una briqueta estándar.
- 6.- El número de golpes requerido para estas briquetas es 1.5 veces que el requerido para las briquetas de tamaño estándar para obtener una compactación equivalente.
- 7.- La estabilidad mínima será de 2.25 veces y el flujo máximo será 1.5 veces el mismo criterio listado en la tabla 405.5.4 para briquetas de tamaño estándar.
- 8.- Similar al procedimiento estándar, la Tabla No. 405.5.3. debe ser usada para convertir la estabilidad medida a un valor

400 – Estructura del Pavimento
equivalente referido a un espécimen de 95.2 mm de altura.

TABLA 405-5.3

| Altura Aproximada (mm) | Volumen del Espécimen (cc) | Factor de Ajuste |
|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|
| 88.9 | 1608 a 1626 | 1.12 |
| 90.5 | 1637 a 1665 | 1.09 |
| 92.1 | 1666 a 1694 | 1.06 |
| 93.7 | 1695 a 1723 | 1.03 |
| 95.2 | 1724 a 1752 | 1.00 |
| 96.8 | 1753 a 1781 | 0.97 |
| 98.4 | 1782 a 1810 | 0.95 |
| 100.0 | 1811 a 1839 | 0.92 |
| 101.6 | 1840 a 1868 | 0.90 |

Se realizará una serie de 3 extracciones de núcleos como mínimo cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de mezcla para la carpeta de rodadura con vista a comprobar la densidad en el sitio. Se harán por lo menos 15 determinaciones de densidades por medio de un densímetro nuclear cada 10.000 m² o por cada 1.000 toneladas de carpeta de rodadura. Los puntos específicos donde se realizarán estas evaluaciones deberán determinarse previamente por métodos estadísticos empleando una tabla de números aleatorios.

TABLA 405.5.4

| TIPO DE TRAFICO | Muy Pesado | | Pesado | | Medio | | Liviano | |
|--|-------------------|------|--------|------|-------|------|---------|------|
| CRITERIOS MARSHALL | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. | Min. | Max. |
| No. De Golpes/Cara | 75 | | 75 | | 50 | | 50 | |
| Estabilidad (libras) | 2200 | ---- | 1800 | ---- | 1200 | ---- | 1000 | 2400 |
| Flujo (pulgada/100) | 8 | 14 | 8 | 14 | 8 | 16 | 8 | 16 |
| % de vacíos en mezcla | | | | | | | | |
| - Capa de Rodadura | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| - Capa Intermedia | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 | 3 | 8 |
| - Capa de Base | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 | 3 | 9 |
| % Vacíos agregados | VER TABLA 405-5.5 | | | | | | | |
| Relación filler/betún | 0.8 | 1.2 | 0.8 | 1.2 | | | | |
| % Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente | | | | | | | | |
| - Capa de Rodadura | 70 | ---- | 70 | ---- | | | | |
| - Intermedia o base | 60 | ---- | 60 | ---- | | | | |

Notas:

1.- Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayen a 60 °C, se consideran satisfactorias si cumplen con los criterios cuando se ensayan a 38 °C, y se colocan 100mm por debajo de la superficie.

2.- **Clasificación del tráfico.** Es función de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDP) esperada por el carril de diseño en el momento de poner en funcionamiento la vía, luego de su construcción o de su rehabilitación. Los vehículos pesados no comprenden autos, camionetas ni tractores sin remolque.

| TRAFICO | IMDP |
|------------|-------------|
| Liviano | Menos de 50 |
| Medio | 50 a 200 |
| Pesado | 200 a 1000 |
| Muy pesado | Más de 1000 |

TABLA 405-5.5

| Tipo de Mezcla | VAM, Mínimo (%) |
|----------------|-----------------|
| A | 16 |
| B | 15 |
| C, D | 14 |
| E | 13 |

NOTA: Las mezclas abiertas se excluyen de esta comprobación.

405-5.05. Procedimientos de trabajo.

405-5.05.1.Fórmula Maestra de Obra.- Antes de iniciarse ninguna preparación de hormigón asfáltico para utilizarlo en obra, el Contratista deberá presentar al Fiscalizador el diseño de la fórmula maestra de obra, preparada en base al estudio de los materiales que se propone utilizar en el trabajo. El Fiscalizador efectuará las revisiones y comprobaciones pertinentes, a fin de autorizar la producción de la mezcla asfáltica. Toda la mezcla del hormigón asfáltico deberá ser realizada de acuerdo con esta fórmula maestra, dentro de las tolerancias aceptadas en el numeral 405-5.04, salvo que sea necesario modificarla durante el trabajo, debido a variaciones en los materiales.

La fórmula maestra establecerá:

- 1) las cantidades de las diversas fracciones definidas para los agregados;
- 2) el porcentaje de material asfáltico para la dosificación, en relación al peso total de todos los agregados, inclusive el relleno mineral y aditivos para el asfalto si se los utilizare;
- 3) la temperatura que deberá tener el hormigón al salir de la mezcladora,
y
- 4) la temperatura que deberá tener la mezcla al colocarla en sitio.

405-5.05.2.Dosificación y Mezclado.- Los agregados para la preparación de las mezclas de hormigón asfáltico deberán almacenarse separadamente en tolvas individuales, antes de entrar a la planta. La separación de las diferentes fracciones de los agregados será sometida por el Contratista a la aprobación del Fiscalizador. Para el almacenaje y el desplazamiento de los agregados de estas tolvas al secador de la planta, deberá emplearse medios que eviten la segregación o degradación de las diferentes fracciones.

Los agregados se secarán en el horno secador por el tiempo y a la temperatura necesarios para reducir la humedad a un máximo de 1%; al momento de efectuar la mezcla, deberá comprobarse que los núcleos de los agregados cumplan este requisito. El calentamiento será uniforme y graduado, para evitar cualquier deterioro de los agregados. Los agregados secos y calientes pasarán a

las tolvas de recepción en la planta asfáltica, desde donde serán dosificados en sus distintas fracciones, de acuerdo con la fórmula maestra de obra, para ser introducidos en la mezcladora.

- a) **Dosificación:** El contratista deberá disponer del número de tolvas que considere necesarias para obtener una granulometría que cumpla con todos los requerimientos según el tipo de mezcla asfáltica especificada para el respectivo proyecto.

De ser necesario podrá utilizar relleno mineral, que lo almacenará en un compartimiento cerrado, desde donde se lo alimentará directamente a la mezcladora, a través de la balanza para el pesaje independiente de los agregados, en el caso de usarse plantas mezcladora por paradas. Si se utiliza una planta de mezcla continua, el relleno mineral será introducido directamente a la mezcladora, a través de una alimentadora continua eléctrica o mecánica, provista de medios para la calibración y regulación de cantidad .

- b) **Mezclado:** La mezcla de los agregados y el asfalto será efectuada en una planta central de mezcla continua o por paradas. Según el caso, los agregados y el asfalto podrán ser dosificados por volumen o al peso.

La cantidad de agregados y asfalto por mezclar estará dentro de los límites de capacidad establecida por el fabricante de la planta, para la carga de cada parada o la razón de alimentación en las mezcladoras continuas. De todos modos, de existir sitios en donde los materiales no se agiten suficientemente para lograr una mezcla uniforme, deberá reducirse la cantidad de los materiales para cada mezcla.

La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla, estará entre los 135 °C y 160 °C, y la temperatura de los agregados, al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120 °C y 160 °C. En ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10 °C que la temperatura del asfalto.

El tiempo de mezclado de una carga se medirá desde que el cajón de pesaje comience a descargar los agregados en la mezcladora, hasta que se descargue la mezcla. Este tiempo debe ser suficiente para que todos los agregados estén recubiertos del material bituminoso y se logre una mezcla uniforme; generalmente se emplea un tiempo de un minuto aproximadamente.

En caso de que la planta esté provista de dispositivos de dosificación y control automáticos, el contratista podrá utilizarlos ajustándolos a la fórmula maestra y calibrando los tiempos de ciclo.

Si se utilizan plantas de mezcla continua, se introducirá a la mezcladora cada fracción de agregados y el relleno mineral si es necesario, por

medio de una alimentadora continua, mecánica o eléctrica, que los traslade de cada tolva individual con abertura debidamente calibrada. El asfalto se introducirá a la mezcladora por medio de una bomba, que estará provista de un dispositivo de calibración y de control de flujo.

La temperatura a la que se debe mezclar los agregados y el cemento asfáltico será proporcionada por el gráfico temperatura-viscosidad según el cemento asfáltico recibido en la planta. Para mezclas cerradas y semicerradas la temperatura de mezclado más adecuada es aquella en que la viscosidad del ligante está comprendida entre 1,5 y 3,0 Poises, mientras que para mezclas abiertas la viscosidad debe estar entre 3,0 y 10,0 Poises. Se tenderá a que la temperatura del cemento asfáltico y los agregados sea la misma .

405-5.05.3.Distribución.- La distribución del hormigón asfáltico deberá efectuarse sobre una base preparada, de acuerdo con los requerimientos contractuales, imprimada, limpia y seca, o sobre un pavimento existente.

Esta distribución no se iniciará si no se dispone en la obra de todos los medios suficientes de transporte, distribución, compactación, etc., para lograr un trabajo eficiente y sin demoras que afecten a la obra.

Además, el Fiscalizador rechazará todas las mezclas heterogéneas, sobrecalentadas o carbonizadas, todas las que tengan espuma o presenten indicios de humedad y todas aquellas en que la envoltura de los agregados con el asfalto no sea perfecta.

Una vez transportada la mezcla asfáltica al sitio, será vertida por los camiones en la máquina terminadora, la cual esparcirá el hormigón asfáltico sobre la superficie seca y preparada. Para evitar el desperdicio de la mezcla debido a lluvias repentinas, el contratista deberá disponer de un equipo de comunicación confiable, entre la planta de preparación de la mezcla y el sitio de distribución en la vía .

La colocación de la carpeta deberá realizarse siempre bajo una buena iluminación natural o artificial. La distribución que se efectúe con las terminadoras deberá guardar los requisitos de continuidad, uniformidad, ancho, espesor, textura, pendientes, etc., especificados en el contrato.

El Fiscalizador determinará el espesor para la distribución de la mezcla, a fin de lograr el espesor compactado especificado. De todos modos, el máximo espesor de una capa será aquel que consiga un espesor compactado de 7.5 centímetros. El momento de la distribución se deberá medir los espesores a intervalos, a fin de efectuar de inmediato los ajustes necesarios para mantener el espesor requerido en toda la capa.

Las juntas longitudinales de la capa superior de una carpeta deberán ubicarse en la unión de dos carriles de tránsito; en las capas inferiores deberán ubicarse

a unos 15 cm. de la unión de los carriles en forma alternada, a fin de formar un traslape. Para formar las juntas transversales de construcción, se deberá recortar verticalmente todo el ancho y espesor de la capa que vaya a continuarse.

En secciones irregulares pequeñas, en donde no sea posible utilizar la terminadora, podrá completarse la distribución manualmente, respetando los mismos requisitos anotados arriba.

405.5.05.4 Compactación. La mejor temperatura para empezar a compactar la mezcla recién extendida, dentro del margen posible que va de 163 a 85 °C, es la máxima temperatura a la cual la mezcla puede resistir el rodillo sin desplazarse horizontalmente.

Con la compactación inicial deberá alcanzarse casi la totalidad de la densidad en obra y la misma se realizará con rodillos lisos de ruedas de acero vibratorios, continuándose con compactadores de neumáticos con presión elevada. Con la compactación intermedia se sigue densificando la mezcla antes que la misma se enfríe por debajo de 85 °C y se va sellando la superficie.

Al utilizar compactadores vibratorios se tendrá en cuenta el ajuste de la frecuencia y la velocidad del rodillo, para que al menos se produzcan 30 impactos de vibración por cada metro de recorrido. Para ello se recomienda usar la frecuencia nominal máxima y ajustar la velocidad de compactación. Con respecto a la amplitud de la vibración, se deberá utilizar la recomendación del fabricante para el equipo en cuestión.

En la compactación de capas delgadas no se debe usar vibración y la velocidad de la compactadora no deberá superar los 5 km/hora. Además, ante mezclas asfálticas con bajas estabilidades el empleo de compactadores neumáticos deberá hacerse con presiones de neumáticos reducidas.

Con la compactación final se deberá mejorar estéticamente la superficie, eliminando las posibles marcas dejadas en la compactación intermedia. Deberá realizarse cuando la mezcla esté aún caliente empleando rodillos lisos metálicos estáticos o vibratorios (sin emplear vibración en este caso)

En capas de gran espesor o ante materiales muy calientes se recomienda dar las dos primeras pasadas sin vibración para evitar marcas difíciles de eliminar posteriormente. Ante esta situación, si se utilizaran rodillos neumáticos, se aconseja comenzar a compactar con presiones bajas en los neumáticos aumentando paulatinamente la misma según el comportamiento de la capa.

Se deben realizar tramos de prueba para establecer el patrón de compactación para minimizar el número de pasadas en la zona apropiada de temperatura y obtener la densidad deseada. El patrón de compactación

podrá variar de proyecto en proyecto, según las condiciones climáticas, los equipos utilizados, el tipo de mezcla, el patrón de recorrido, etc. La secuencia de las operaciones de compactación y la selección de los tipos de compactadores tiene que proveer la densidad de pavimentación especificada. El Fiscalizador deberá aprobar el patrón de compactación propuesto por el Contratista para la obra en cuestión.

A menos que se indique lo contrario, la compactación tiene que comenzar en los costados y proceder longitudinalmente paralelo a la línea central del camino, recubriendo cada recorrido la mitad del ancho de la compactadora, progresando gradualmente hacia el coronamiento del camino. Cuando la compactación se realice en forma escalonada o cuando limite con una vía colocada anteriormente, la junta longitudinal tiene que ser primeramente compactada, siguiendo con el procedimiento normal de compactación. En curvas peraltadas, la compactación tiene que comenzar en el lado inferior y progresar hacia el lado superior, superponiendo recorridos longitudinales paralelos a la línea central.

Para impedir que la mezcla se adhiera a las compactadoras, puede que sea necesario mantener las ruedas adecuadamente humedecidas con agua, o agua mezclada con cantidades muy pequeñas de detergente u otro material aprobado. No se admitirá el exceso de líquido ni el empleo de fuel oil para este fin.

En los lugares inaccesibles a los rodillos se deberá efectuar la compactación de la mezcla con pisonos mecánicos, hasta obtener la densidad y acabado especificados.

La capa de hormigón asfáltico compactada deberá presentar una textura lisa y uniforme, sin fisuras ni rugosidades, y estará construida de conformidad con los alineamientos, espesores, cotas y perfiles estipulados en el contrato. Mientras esté en proceso la compactación, no se permitirá ninguna circulación vehicular.

Cuando deba completarse y conformarse los espaldones adyacentes a la carpeta, deberán recortarse los bordes a la línea establecida en los planos.

El contratista deberá observar cuidadosamente la densidad durante el proceso de compactación mediante la utilización de instrumentos nucleares de la medición de la densidad para asegurar que se está obteniendo la compactación mínima requerida.

405-5.05.5.Sellado.- Si los documentos contractuales estipulan la colocación de una capa de sello sobre la carpeta terminada, ésta se colocará de acuerdo con los requerimientos correspondientes determinados en la subsección 405-6 y cuando el Fiscalizador lo autorice, que en ningún caso será antes de una semana de que la carpeta haya sido abierta al tránsito público.

405-5.06. Medición.- Las cantidades a pagarse por la construcción de las carpetas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta, serán los metros cuadrados de superficie cubierta con un espesor compactado especificado. La medición se efectuará en base a la proyección en un plano horizontal del área pavimentada y aceptada por el Fiscalizador.

En casos especiales la medición para el pago podrá también ser efectuada en toneladas de mezcla efectivamente usada para la construcción de la carpeta, de acuerdo con los planos, especificaciones y más estipulaciones contractuales. En este caso, se computarán para el pago las toneladas pesadas y transportadas en los volquetes.

En todo caso, la forma de pago estará determinada en el contrato, sea en toneladas de hormigón suelto o en metros cuadrados de carpeta compactada al espesor requerido.

405-5.07. Pago.- Las cantidades determinadas en cualquiera de las formas establecidas en el numeral anterior, serán pagadas a los precios señalados en el contrato para los rubros siguientes.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por el suministro de los agregados y el asfalto, la preparación en planta en caliente del hormigón asfáltico, el transporte, la distribución, terminado y compactación de la mezcla, la limpieza de la superficie que recibirá el hormigón asfáltico; así como por la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas en el completamiento de los trabajos descritos en esta sección.

| Nº del Rubro de Pago y Designación | Unidad de Medición |
|---|----------------------------------|
| 405-5 Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta de....cm. de espesor..... | Metro cuadrado (m ²) |
| 405-5 (1) Capa de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta..... | Tonelada (t) |

405-5(E) Hormigón Asfáltico Mezclado en Planta y en frío

405-5.01. Descripción.- Este trabajo consistirá en la construcción de capas de rodadura de hormigón asfáltico mezclado en planta y en frío, constituido por agregados en la granulometría especificada, relleno mineral, si es necesario, y asfalto emulsionado, mezclado en una planta central, y colocado sobre una base debidamente preparada o un pavimento existente, de acuerdo con lo establecido en los documentos contractuales.

405.5.02 Materiales. El tipo y grado de emulsión que deberá emplearse en la mezcla se determinará en la fórmula de trabajo.

Los agregados que se emplearán en la mezcla en planta, podrán estar

ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

1. Granulometría General, Granulometría de 3/4, 3/8 y arena

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | |
|--|--------|---|---------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| PROYECTO: | | DISEÑO DE HORMIGÓN ASFÁLTICO CON MATERIALES PROVENIENTES DE LA PL | | | | | | |
| MUESTRA: | | | REVISO: | | | | | |
| OPERADOR: | | | JUDITH DOTA | | FECHA: 13 de enero de 2020 | | | |
| CÁLCULO: | | | | | | | | |
| DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: MATERIAL TRITURADO | | | | | | | | |
| TAMIZ | | | CANTIDAD | CANTIDAD | CANTIDAD | PORCENTAJE | | OBSERVA CIÓN |
| N° | Pulg. | mm | RETENIDA PARCIAL | RETENIDA ACUMULADA | QUE PASA ACUMULADA | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 1 1/4 | 0 | | | | | | |
| * | 1 | 0 | 121,30 | 121,30 | 5160,10 | 2,30 % | 97,70 % | |
| * | 3/4 | 19 | 1749,80 | 1871,10 | 3410,30 | 35,43 % | 64,57 % | |
| | 5/8 | 16 | | | | | | |
| | 1/2 | 12,5 | 2700,70 | 4571,80 | 709,60 | 86,56 % | 13,44 % | |
| | 7/16 | 11,2 | | | | | | |
| * | 3/8 | 9,5 | 534,30 | 5106,10 | 175,30 | 96,68 % | 3,32 % | |
| *4 | 0,1870 | 0 | 166,80 | 5272,90 | 8,50 | 99,84 % | 0,16 % | |
| FONDO | | | 8,5 | 5281,40 | 0,00 | 100,00 % | 0,00 % | |
| TOTAL | | | 5281,40 | | | | | |
| PESO ANTES DEL TAMIZADO= | | | 5283,30 g | | | | | |
| PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO= | | | 5281,40 g | | | | | |
| ERROR (PAT - PDT) / PAT *100 = | | | 0,036 % | | | | | |
| MATERIAL PASANTE DEL TAMIZ #200 = | | | 8,50 g | | | | | |

FAJAS GRANULOMÉTRICAS " INSTITUTO DEL ASFALTO" TABLA II-4 COMPOSICIÓN DEL ASFALTO Y AGREGADOS

DESIGNACIÓN DE LA MEZCLAS USANDO EL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL **Arena asfáltico Fino asfáltico**

| ABERTURA PUL | 1 1/2 | 1 | 3/4 | 1/2 | 3/8 | N°4 | N°16 |
|--------------|-------|----|-----|-----|-----|------|------|
| ABERTURA mm | 37,5 | 25 | 19 | 12 | 9,5 | 4,75 | 1,18 |

GRADUACIÓN TOTAL DE LOS AGREGADOS (INCLUIDOS, FINOS Y FILLER MINERAL)

| | | | | | | | |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 2 in (50mm) | 100 | | | | | | |
| 1 1/2 in (37,5 mm) | 90 a 100 | 100 | | | | | |
| 1 in (25mm) | | 90 a 100 | 100 | | | | |
| 3/4 in (19 mm) | 56 a 80 | | 90 a 100 | 100 | | | |
| 1/2 in (12,5 mm) | | 56 a 80 | | 90 a 100 | 100 | | |
| 3/8 in (9,5 mm) | | | 56 a 80 | | 90 a 100 | 100 | |
| N°4 (4,75 mm) | 23 a 53 | 29 a 59 | 35 a 65 | 44 a 74 | 55 a 85 | 80 a 100 | 100 |
| N°8 (2,36 mm) | 15 a 41 | 19 a 45 | 23 a 49 | 28 a 58 | 32 a 67 | 65 a 100 | 95 a 100 |
| N°16 (1,18 mm) | | | | | | 40 a 80 | 85 a 100 |
| N°30 (600mm) | | | | | | 20 a 65 | 70 a 95 |
| N°50 (300 m) | 4 a 16 | 5 a 17 | 5 a 19 | 5 a 21 | 7 a 23 | 7 a 40 | 45 a 75 |
| N°100 (150 mm) | | | | | | 3 a 20 | 20 a 40 |
| N°200 (76mm) | 0 a 6 | 1 a 17 | 2 a 8 | 2 a 10 | 2 a 10 | 2 a 10 | 9 a 20 |

CEMENTO ASFÁLTICO PORCENTAJE EN PESO DEL TOTAL DE LA MEZCLA.

| | | | | | | |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3 A 8 | 3 A 9 | 4 A 10 | 4 A 11 | 5 A 12 | 6 A 12 | 8 A 12 |
|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA PLANTA
MUESTRA: **TUTOR:** ING. WILMER ZAMBRANO
OPERADOR: JUDITH DOTA **FECHA:** 13 de enero de 2020
CALCULO:
DESCRIPCION DEL MATERIAL: 3/4

| TAMIZ | | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBSERVACIÓN |
|--------------|--------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| Nº | Pulg. | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| | 4 | 0 | | | | | | ESPECIFIC. |
| | 1 3/4 | 0 | | | | | TMN=3/4 | |
| * | 1 1/2 | 0 | | | | | | |
| | 1 1/4 | 0 | | | | | | |
| * | 1 | 0 | 91.50 | 91.50 | 5030.02 | 1.79 % | 98.21 % | 100 |
| * | 3/4 | 19 | 1424.20 | 1515.70 | 3605.82 | 29.59 % | 70.41 % | 90-100 |
| * | 3/8 | 9.5 | 2822.40 | 4338.10 | 783.42 | 84.70 % | 15.30 % | 56-80 |
| *4 | 0.1870 | 0 | 726.10 | 5064.20 | 57.32 | 98.88 % | 1.12 % | 35-65 |
| 8 | 0.0937 | 0 | 1.20 | 5065.40 | 56.12 | 98.90 % | 1.10 % | 23-49 |
| 50 | 0.0117 | 300 micron | 9.97 | 5075.37 | 46.15 | 99.10 % | 0.90 % | 5--19 |
| *200 | 0.0029 | 75 micron | 33.80 | 5109.17 | 12.35 | 99.76 % | 0.24 % | 2--8 |
| FONDO | | | 12.35 | 5121.52 | 0.00 | 100.00 % | 0.00 % | |
| TOTAL | | | 5121.52 | | | | | |

PESO ANTES DEL TAMIZADO= 5128,70 g
PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO= 5121,52 g
ERROR (PAT - PDT) / PAT *100 = 0,140 %
MATERIAL PASANTE DEL TAMIZ # 200 = 12,35 g

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA PLANTA ASF
MUESTRA: **TUTOR:** ING. WILMER ZAMBRANO
OPERADOR: JUDITH DOTA **FECHA:** 13 de enero de 2020
CALCULO:
DESCRIPCION DEL MATERIAL: 3/8

| TAMIZ | | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBSERVACIÓN |
|--------------|--------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| Nº | Pulg. | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| * | 1 | 0 | 0.00 | 0.00 | 5265.47 | 0.00 % | 100.00 % | 100 |
| * | 3/4 | 19 | 17.80 | 17.80 | 5247.67 | 0.34 % | 99.66 % | 90-100 |
| * | 3/8 | 9.5 | 534.80 | 552.60 | 4712.87 | 10.49 % | 89.51 % | 56-80 |
| *4 | 0.1870 | 0 | 2629.00 | 3181.60 | 2083.87 | 60.42 % | 39.58 % | 35-65 |
| 8 | 0.0937 | 0 | 598.63 | 3780.23 | 1485.24 | 71.79 % | 28.21 % | 23-49 |
| 50 | 0.0117 | 300 micron | 1089.42 | 4869.65 | 395.82 | 92.48 % | 7.52 % | 5--19 |
| *200 | 0.0029 | 75 micron | 251.11 | 5120.76 | 144.71 | 97.25 % | 2.75 % | 2--8 |
| FONDO | | | 144.71 | 5265.47 | 0.00 | 100.00 % | 0.00 % | |
| TOTAL | | | 5265.47 | | | | | |

PESO ANTES DEL TAMIZADO= 5281,10 gr
PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO= 5265,47 gr
ERROR (PAT - PDT) / PAT *100 = 0,296 %
MATERIAL PASANTE DEL TAMIZ # 200 = 144,71 gr

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA PLANTA ASF

MUESTRA: **TUTOR:** ING. WILMER ZAMBRANO

OPERADOR: JUDITH DOTA **FECHA:** 13 de enero de 2020

CÁLCULO:

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: Arena

| TAMIZ | | | CANTIDAD RETENIDA PARCIAL | CANTIDAD RETENIDA ACUMULADA | CANTIDAD QUE PASA ACUMULADA | PORCENTAJE | | OBSERVACIÓN |
|--------------|--------|------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------------|-------------|
| N° | Pulg. | mm | | | | RETENIDO ACUMULADO | PASANTE ACUMULADO | |
| * | 1 | 0 | 0,00 | 0,00 | 585,56 | 0,00 % | 100,00 % | 100 |
| * | 3/4 | 19 | 0,00 | 0,00 | 585,56 | 0,00 % | 100,00 % | 90-100 |
| * | 3/8 | 9,5 | 0,00 | 0,00 | 585,56 | 0,00 % | 100,00 % | 56-80 |
| *4 | 0,1870 | 0 | 8,87 | 8,87 | 576,69 | 1,51 % | 98,49 % | 35-65 |
| 8 | 0,0937 | 0 | 41,54 | 50,41 | 535,15 | 8,61 % | 91,39 % | 23-49 |
| 50 | 0,0117 | 300 micron | 457,43 | 507,84 | 77,72 | 86,73 % | 13,27 % | 5--19 |
| *200 | 0,0029 | 75 micron | 70,12 | 577,96 | 7,60 | 98,70 % | 1,30 % | 2--8 |
| FONDO | | | 7,6 | 585,56 | 0,00 | 100,00 % | 0,00 % | |
| TOTAL | | | 585,56 | | | | | |

PESO ANTES DEL TAMIZADO= 587,40 gr MF= 1,96
PESO DESPUÉS DEL TAMIZADO 585,56 gr
ERROR (PAT - PDT) / PAT *100 : 0,313 %
MATERIAL PASANTE DEL TAMIZ # 7,60 gr

2. Abrasión

| ENSAYO DE ABRASION CON EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--|--|---------------|--|--------|------|---------|---|------|------|----------------|------|------|----------------|-------|--|----------------|
| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROYECTO: | | DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVENIENTES DE LA PLANTA ASFALT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA: | | TUTOR: ING. WILMER ZAMBRANO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OPERADOR: JUDITH DOTA | | FECHA: 13 de enero de 2020 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>MÉTODO B = 11 esferas Planta Asfáltica de Machala</p> <p>según norma</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 10px 0;"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRANULOMETRÍA</th> <th>MÉTODO</th> </tr> <tr> <th>PASA</th> <th>RETIENE</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td style="text-align: center;">+ 2500 - 10</td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>1/4"</td> <td style="text-align: center;">+ 2500 - 10</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">TOTAL</td> <td style="text-align: center;">+ 5000 - 10</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pasante del tamiz N° 12 a las 500 Revoluciones = 498,80 gr</p> <p>Cálculo del desgaste a las 500 Revoluciones:</p> $D_{500} = \frac{\text{Pasante del tamiz N° 12 a las 500 Revoluciones}}{5000,00 \text{ gr}} \times 100$ $D_{500} = \frac{498,80 \text{ gr}}{5000,20 \text{ gr}} \times 100$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; margin: 10px 0;"> $D_{500} = 10,0 \%$ </div> <p>$D_{500} \leq 40\%$ para agregado grueso OK</p> | | | | GRANULOMETRÍA | | MÉTODO | PASA | RETIENE | B | 1/2" | 3/8" | + 2500 - 10 | 3/8" | 1/4" | + 2500 - 10 | TOTAL | | + 5000 - 10 |
| GRANULOMETRÍA | | MÉTODO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PASA | RETIENE | B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1/2" | 3/8" | + 2500 - 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3/8" | 1/4" | + 2500 - 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | + 5000 - 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. Gravedad Específica de los Agregados

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS | | | |
|---|---------------------------------|------------------------------|---------|
| Proyecto: Diseño de mezcla asfáltica | | | |
| Muestra: 3/4" | | Operador: Judith Dota | |
| Fecha: 14 de enero de 2020 | | Reviso: Ing. Wilmer Zambrano | |
| <p>DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO GRUESOS MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 3/4" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ 3/8"</p> | | | |
| MUESTRA N° | | 1 | 2 |
| Peso del recipiente (g) | P1 | 0,00 | 0,00 |
| Rec + agregado sss (g) | P2 | 1046,05 | 1034,72 |
| Rec + agregado seco (g) | P3 | 1038,56 | 1026,73 |
| Peso de la canastilla sumergida (g) | P4 | 1052,50 | 1052,50 |
| Peso de la canast.+agreg. sumergido (g) | P5 | 1754,20 | 1743,30 |
| Peso del agregado sss (g) | A = P2 - P1 | 1046,05 | 1034,72 |
| Peso del agregado sumergido (g) | B = P5 - P4 | 701,70 | 690,80 |
| Volumen del agregado (cm ³) | C = A - B | 344,35 | 343,92 |
| Peso del agregado seco (g) | D = P3 - P1 | 1038,56 | 1026,73 |
| Densidad del agregado SSS (g/cm ³) | D _{sss} = A / C | 3,038 | 3,009 |
| Densidad del agregado MASA (g/cm ³) | D _{masa} = D / C | 3,016 | 2,985 |
| Densidad del agregado APARENTE (g/cm ³) | D _{ap} = D / (D - B) | 3,083 | 3,056 |
| Porcentaje de Absorción % | Abs % = ((A - D) / D) * 100 | 0,721 | 0,778 |
| | | | |
| Densidad del agreg. SSS (g/cm ³) | PROMEDIO | 3,023 | |
| Densidad del agreg. MASA (g/cm ³) | PROMEDIO | 3,001 | |
| Densidad del agreg. APARENTE (g/cm ³) | PROMEDIO | 3,070 | |
| Porcentaje de Absorción % | PROMEDIO | 0,750 | |
| | | | |
| OBSERVACIONES: | | | |
| El agregado que se utiliza para el ensayo debe estar saturado por 24 horas. | | | |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Diseño de mezcla asfáltica | |
| Muestra: 3/8" | Operador: Judith Dota |
| Fecha: 14 de enero de 2020 | Revisó: Ing. Wilmer Zambrano |

DENSIDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADO GRUESOS
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ 3/8" Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 4

| MUESTRA N° | | 1 | 2 |
|---|-------------------------------|---------|---------|
| Peso del recipiente (g) | P1 | 0,00 | 0,00 |
| Rec + agregado sss (g) | P2 | 827,70 | 805,38 |
| Rec + agregado seco (g) | P3 | 819,98 | 798,65 |
| Peso de la canastilla sumergida (g) | P4 | 1052,50 | 1052,50 |
| Peso de la canast. + agreg. sumergido (g) | P5 | 1610,80 | 1558,10 |
| Peso del agregado sss (g) | A = P2 - P1 | 827,70 | 805,38 |
| Peso del agregado sumergido (g) | B = P5 - P4 | 558,30 | 505,60 |
| Volumen del agregado (cm ³) | C = A - B | 269,40 | 299,78 |
| Peso del agregado seco (g) | D = P3 - P1 | 819,98 | 798,65 |
| Densidad del agregado SSS (g/cm ³) | D _{sss} = A / C | 3,072 | 2,687 |
| Densidad del agregado MASA (g/cm ³) | D _{masa} = D / C | 3,044 | 2,664 |
| Densidad del agregado APARENTE (g/cm ³) | D _{ap} = D / (D - B) | 3,134 | 2,725 |
| Porcentaje de Absorción % | Abs % = ((A - D) / D) * 100 | 0,941 | 0,843 |
| | | | |
| Densidad del agreg. SSS (gr/cm ³) | PROMEDIO | 2,879 | |
| Densidad del agreg. MASA (gr/cm ³) | PROMEDIO | 2,854 | |
| Densidad del agreg. APARENTE (gr/cm ³) | PROMEDIO | 2,929 | |
| Porcentaje de Absorción % | PROMEDIO | 0,892 | |

OBSERVACIONES:

El agregado que se utiliza para el ensayo debe estar saturado por 24 horas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE COMPORTAMIENTO DE MATERIALES
DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADOS

| | |
|---|-------------------------------------|
| Proyecto: Diseño de mezcla asfáltica | |
| Muestra: Arena | Operador: Judith Dota |
| Fecha: 14 de enero de 2020 | Revisó: Ing. Wilmer Zambrano |

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS AGREGADO FINOS
MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ N° 4 Y ES RETENIDO EN EL TAMIZ N° 200

| MUESTRA N° | | 1 | 2 |
|---|-------------------------------------|-------|-------|
| Peso del recipiente (g) | P1 | 9,53 | 9,72 |
| Rac + agregado sss (g) | P2 | 59,53 | 59,72 |
| Peso del agregado sss (g) | A = P2 - P1 | 50,00 | 50,00 |
| Volumen inicial del frasco (cm ³) | Vo | 0,00 | 0,00 |
| Volumen final del frasco (cm ³) | Vf | 23,50 | 23,60 |
| Volumen final del agregado (cm ³) | C = Vf - Vo | 23,50 | 23,60 |
| Peso del agregado seco (g) | W | 48,47 | 48,51 |
| Densidad del agregado SSS (g/cm ³) | D _{sss} = A / C | 2,128 | 2,119 |
| Densidad del agregado MASA (g/cm ³) | D _{masa} = W / C | 2,063 | 2,056 |
| Densidad del agregado APARENTE (g/cm ³) | D _{ap} = W / (C - (A - W)) | 2,206 | 2,194 |
| Porcentaje de Absorción % | Abs % = ((A - W) / W) * 100 | 3,157 | 3,072 |
| | | | |
| Densidad del agreg. SSS (g/cm ³) | PROMEDIO | 2,123 | |
| Densidad del agreg. MASA (g/cm ³) | PROMEDIO | 2,059 | |
| Densidad del agreg. APARENTE (g/cm ³) | PROMEDIO | 2,200 | |
| Porcentaje de Absorción % | PROMEDIO | 3,114 | |

OBSERVACIONES:

El agregado que se utiliza para el ensayo debe estar saturado por 24 horas.

DENSIDAD ESPECÍFICA DE LA MEZCLA DE AGREGADOS

| MEZCLA DE AGREGADOS | | | |
|---|-------------|------------|--|
| MUESTRA: | PORCENTAJES | SIMBOLOGÍA | DENSIDAD |
| TOLVA 3/4" | 40 % | D1 | 3,001 gr/cm ³ |
| TOLVA 3/8" | 30 % | D2 | 2,854 gr/cm ³ |
| ARENA | 30 % | D3 | 2,059 gr/cm ³ |
| Densidad de agregados (gr/cm ³) | | | D _{agr} = 100 / (38/D1 + 45/D2 + 17/D3) |
| | | | D_{agr} = 2,60 gr/cm³ |

4. Peso Específico del Cemento Asfáltico


| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE PAVIMENTOS GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CEMENTO ASFÁLTICO | | | |
|--|---|------------------------------|----------|
| Proyecto: DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA PI | | | |
| Muestra: Cemento Asfáltico | | Operador: JUDITH DOTA | |
| Fecha: 15 de enero de 2020 | | Reviso: Ing. Wilmer Zambrano | |
| Fórmula: $G.ESP.C.A. = \frac{C - A}{[B - A] - [D - C]}$ | | | |
| " A " | Peso del picnómetro + Tapa | = | 19,96 gr |
| " B " | Peso del picnómetro + Tapa + Agua | = | 38,88 gr |
| " C " | Peso del picnómetro + Asfalto + Tapa | = | 37,78 gr |
| " D " | Peso del picnómetro + Asfalto + Tapa + Agua | = | 39,03 gr |
| $G.ESP.C.A. = \frac{37,78 \text{ gr}}{[38,88 \text{ gr} - 19,96 \text{ gr}]} - \frac{19,96 \text{ gr}}{[39,03 \text{ gr} - 37,78 \text{ gr}]}$ | | | |
| <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px;"> G.ESP.C.A. = 1,008 gr/cm³ </div> | | | |

5. Consistencia del Cemento Asfáltico

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE PAVIMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|--|----|----------|--|------------|------------|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|---|----|----|----|----|----|-----------------|------|------|-----------------|----------------|--|--------------|
| ENSAYO DE PENETRACIÓN DEL C.A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto: | DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestra: | Cemento Asfáltico | Operador: JUDITH DOTA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha: | 15 de enero de 2020 | Reviso: Ing. Wilmer Zambrano | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="margin: 20px auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3">MEDICIONES Y CALCULOS</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Nº</th> <th colspan="2">LECTURAS</th> </tr> <tr> <th>(Rec. 1)</th> <th>(Rec. 2)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>84</td><td>81</td></tr> <tr><td>2</td><td>90</td><td>85</td></tr> <tr><td>3</td><td>89</td><td>82</td></tr> <tr><td>4</td><td>90</td><td>86</td></tr> <tr><td>5</td><td>89</td><td>87</td></tr> <tr><td>6</td><td>86</td><td>85</td></tr> <tr><td>7</td><td>86</td><td>85</td></tr> <tr><td>8</td><td>88</td><td>85</td></tr> <tr><td>9</td><td>85</td><td>89</td></tr> <tr><td>10</td><td>87</td><td>88</td></tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>87,4</td> <td>85,3</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td colspan="2" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle;">86,35 %</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> </tr> </tbody> </table> | | | MEDICIONES Y CALCULOS | | | Nº | LECTURAS | | (Rec. 1) | (Rec. 2) | 1 | 84 | 81 | 2 | 90 | 85 | 3 | 89 | 82 | 4 | 90 | 86 | 5 | 89 | 87 | 6 | 86 | 85 | 7 | 86 | 85 | 8 | 88 | 85 | 9 | 85 | 89 | 10 | 87 | 88 | PROMEDIO | 87,4 | 85,3 | PROMEDIO | 86,35 % | | TOTAL |
| MEDICIONES Y CALCULOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº | LECTURAS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | (Rec. 1) | (Rec. 2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 84 | 81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 90 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 89 | 82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 90 | 86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 89 | 87 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 86 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 86 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 88 | 85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 85 | 89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 87 | 88 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 87,4 | 85,3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 86,35 % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>El grado de consistencia del cemento asfáltico es:</p> <table border="1" style="margin: 20px auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Grado del cemento asfáltico:</td> <td style="padding: 5px; text-align: center;">85 - 100</td> </tr> </table> | | | Grado del cemento asfáltico: | 85 - 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Grado del cemento asfáltico: | 85 - 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

6. Dosificación

DISEÑO DE LA MEZCLA BITUMINOSA (AGREGADOS) GRADUACION DE MATERIALES

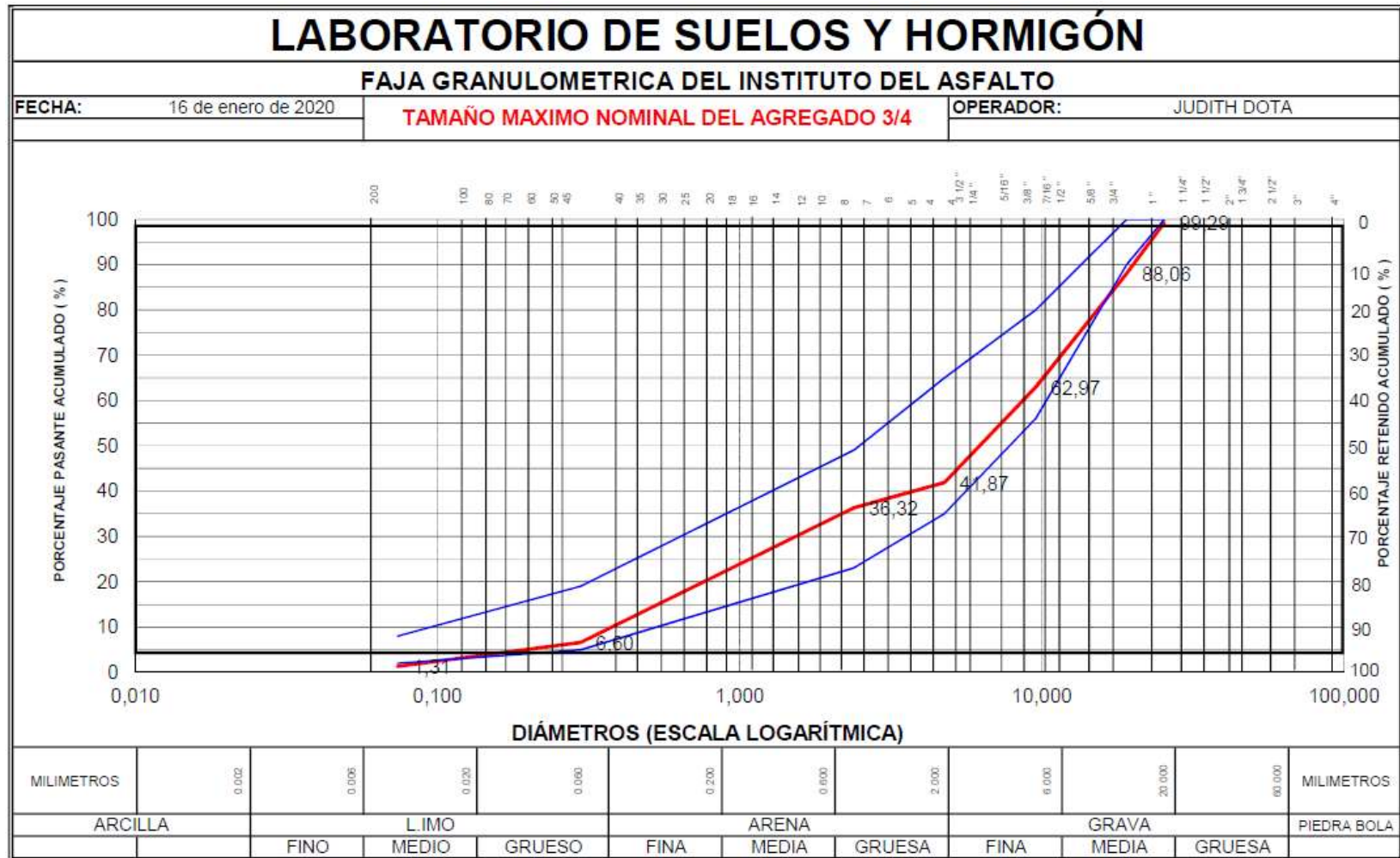
| AGREGADOS | TOLVA | PORCENTAJE QUE PASA EN PESO A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRA | | | | | | | | |
|--|-------|---|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | 1" | 3/4" | 3/8" | # 4 | # 8 | # 30 | # 50 | # 100 | # 200 |
| MATERIAL 3/4 | 1 | 98,21 | 70,41 | 15,30 | 1,12 | 1,10 | | 0,90 | | 0,24 |
| MATERIAL 3/8 | 2 | 100,00 | 99,66 | 89,51 | 39,58 | 28,21 | | 7,52 | | 2,75 |
| ARENA | 3 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 98,49 | 91,39 | | 13,27 | | 1,30 |
| E SPECIFICACIONES TECNICAS | | 100 | 90 | 56 | 35 | 23 | | 5 | | 2 |
| INSTITUTO DEL ASFALTO | | | 100 | 80 | 65 | 49 | | 19 | | 8 |
| E SPECIFICACIONES TECNICAS | | 100 | 90 | 56 | 35 | 23 | | 5 | | 2 |
| MTOF | | | 100 | 80 | 65 | 49 | | 19 | | 8 |
| E SPECIFICACIONES TECNICAS | | 100 | 80 | 60 | 48 | 35 | 18 | 13 | 7 | 2 |
| CORPE CUADOR ("C") | | | 100 | 80 | 65 | 50 | 30 | 23 | 15 | 8 |
| * E SPECIFICACION DE SE ADA | | 100 | 95 | 68 | 50 | 36 | | 12 | | 5 |
|  CEMENTO ASFALTICO PORCENTAJE EN PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 4 A 10 | | | | | | | | | | |

(*) E SPECIFICACION DE SE ADA CONSIDERANDOLAS E SPECIFICACIONES TECNICAS DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

DISEÑO DE LA MEZCLA BITUMINOSA (AGREGADOS) GRADUACION COMBINADA PARA LA MEZCLA

| AGREGADOS | TOLVA | % | PORCENTAJE QUE PASA EN PESO A TRAVÉS DE LOS TAMICES DE MALLA CUADRA | | | | | | | | |
|--|-------|------------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|-----|-------------|------|-------------|
| | | | USADO | 1" | 3/4" | 3/8" | # 4 | # 8 | # 30 | # 50 | # 100 |
| MATERIAL 3/4 | 1 | 40 | 39,29 | 28,16 | 6,12 | 0,45 | 0,44 | | 0,36 | | 0,10 |
| MATERIAL 3/8 | 2 | 30 | 30,00 | 29,90 | 26,85 | 11,87 | 8,46 | | 2,26 | | 0,82 |
| ARENA | 3 | 30 | 30,00 | 30,00 | 30,00 | 29,55 | 27,42 | | 3,98 | | 0,39 |
| | | 100 | | | | | | | | | |
| E SPECIFICACIONES TECNICAS | | | 100 | 90 | 56 | 35 | 23 | | 5 | | 2 |
| INSTITUTO DEL ASFALTO | | | | 100 | 80 | 65 | 49 | | 19 | | 8 |
| * E SPECIFICACION DE SE ADA | | | 100 | 95 | 68 | 50 | 36 | | 12 | | 5 |
| MEZCLA | | | 99,29 | 88,06 | 62,97 | 41,87 | 36,32 | | 6,60 | | 1,31 |
| CEMENTO ASFALTICO PORCENTAJE EN PESO TOTAL DE LA MEZCLA: 4 A 10 | | | | | | | | | | | |

7. Curva Marshall



8. Preparación de la Mezcla

PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

gr

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,95 | 1500 | 3 | 1710 |
| 3/8" | 0,3 | 0,95 | 1500 | 3 | 1282,5 |
| ARENA | 0,3 | 0,95 | 1500 | 3 | 1282,5 |
| C.A. | 0,05 | | 1500 | 3 | 225 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,945 | 1500 | 3 | 1701 |
| 3/8" | 0,3 | 0,945 | 1500 | 3 | 1275,75 |
| ARENA | 0,3 | 0,945 | 1500 | 3 | 1275,75 |
| C.A. | 0,055 | | 1500 | 3 | 247,5 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,94 | 1500 | 3 | 1692 |
| 3/8" | 0,3 | 0,94 | 1500 | 3 | 1269 |
| ARENA | 0,3 | 0,94 | 1500 | 3 | 1269 |
| C.A. | 0,06 | | 1500 | 3 | 270 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,935 | 1500 | 3 | 1683 |
| 3/8" | 0,3 | 0,935 | 1500 | 3 | 1262,25 |
| ARENA | 0,3 | 0,935 | 1500 | 3 | 1262,25 |
| C.A. | 0,065 | | 1500 | 3 | 292,5 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,93 | 1500 | 3 | 1674 |
| 3/8" | 0,3 | 0,93 | 1500 | 3 | 1255,5 |
| ARENA | 0,3 | 0,93 | 1500 | 3 | 1255,5 |
| C.A. | 0,07 | | 1500 | 3 | 315 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,925 | 1500 | 3 | 1665 |
| 3/8" | 0,3 | 0,925 | 1500 | 3 | 1248,75 |
| ARENA | 0,3 | 0,925 | 1500 | 3 | 1248,75 |
| C.A. | 0,075 | | 1500 | 3 | 337,5 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

| MATERIAL UTILIZADO | PORCENTAJE REQUERIDO | PORCENTAJE DEL AGREGADO | CANTIDAD DE MATERIAL | NUMERO DE BRIQUETAS | TOTAL |
|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------|-------------|
| 3/4" | 0,4 | 0,92 | 1500 | 3 | 1656 |
| 3/8" | 0,3 | 0,92 | 1500 | 3 | 1242 |
| ARENA | 0,3 | 0,92 | 1500 | 3 | 1242 |
| C.A. | 0,08 | | 1500 | 3 | 360 |
| TOTAL | | | | | 4500 |

9. Gravedad Específica Rice

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE PAVIMENTOS GRAVEDAD MÁXIMA MEDIDA (RICE) | | | |
|--|---|------------------|--------------------------------|
| Proyecto: | DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVENIENTES DE LA PLANTA ASFALTADA | | |
| Muestra: | Sobrantes de briquetas | Operador: | JUDITH DOTA |
| Fecha: | 21 de enero de 2020 | Reviso: | Ing. Wilmer Zambrano |
| Fórmula: $Gmm (RICE) = B / (B + A - C)$ | | | |
| " A " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Agua | = | 2172 gr |
| ENSAYO N° 1 CEMENTO ASFÁLTICO AL 5.00 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 435 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2439 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,593 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 2 CEMENTO ASFÁLTICO AL 5.50 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 439 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2439 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,559 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 3 CEMENTO ASFÁLTICO AL 6.00 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 439 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2437 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,534 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 4 CEMENTO ASFÁLTICO AL 6.50 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 434 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2433 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,522 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 5 CEMENTO ASFÁLTICO AL 7.00 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 435 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2434 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,512 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 6 CEMENTO ASFÁLTICO AL 7.50 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 431 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2431 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,507 gr/cm³ |
| ENSAYO N° 7 CEMENTO ASFÁLTICO AL 8.00 % | | | |
| " B " | Peso de muestra | = | 432 gr |
| " C " | Peso del recipiente + Placa de vidrio + Muestra + Agua | = | 2430 gr |
| | $Gmm (RICE) =$ | | 2,494 gr/cm³ |

10. Peso Específico BULK

| ALTIMETRO, DIÁMETRO, VOLUMEN Y PESO ESPECÍFICO DE LAS BRIQUETAS | | | | | | | | | |
|---|--------------|--------------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|---|
| ENSAYO N° 1 | | | | | | | | | |
| CEMENTO ASFÁLTICO AL 5.00 % | | | | | | | | | |
| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1202,86 | 64,60 | 62,61 | 61,96 | 6,31 | 2,48 | 10,16 | 511,22 | 2,35 |
| 2 | 1189,96 | 62,10 | 64,12 | 63,23 | 6,32 | 2,49 | 10,16 | 511,98 | 2,32 |
| 3 | 1209,49 | 63,46 | 65,57 | 64,42 | 6,45 | 2,54 | 10,16 | 522,79 | 2,31 |
| ENSAYO N° 2 | | | | | | | | | |
| CEMENTO ASFÁLTICO AL 5.50 % | | | | | | | | | |
| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1150,55 | 61,04 | 60,40 | 57,89 | 5,98 | 2,35 | 10,16 | 484,63 | 2,37 |
| 2 | 1218,19 | 62,68 | 67,66 | 64,60 | 6,50 | 2,56 | 10,16 | 526,81 | 2,31 |
| 3 | 1199,59 | 64,84 | 64,46 | 62,84 | 6,40 | 2,52 | 10,16 | 519,25 | 2,31 |
| ENSAYO N° 3 | | | | | | | | | |
| CEMENTO ASFÁLTICO AL 6.00 % | | | | | | | | | |
| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1114,10 | 56,41 | 57,48 | 57,05 | 5,70 | 2,24 | 10,16 | 461,96 | 2,41 |
| 2 | 1171,95 | 61,25 | 60,87 | 61,28 | 6,11 | 2,41 | 10,16 | 495,63 | 2,36 |
| 3 | 1087,09 | 58,43 | 58,52 | 58,84 | 5,86 | 2,31 | 10,16 | 475,06 | 2,29 |
| ENSAYO N° 4 | | | | | | | | | |
| CEMENTO ASFÁLTICO AL 6.50 % | | | | | | | | | |
| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1234,04 | 65,41 | 64,75 | 63,90 | 6,47 | 2,55 | 10,16 | 524,44 | 2,35 |
| 2 | 1137,54 | 56,93 | 59,69 | 60,57 | 5,91 | 2,33 | 10,16 | 478,85 | 2,38 |
| 3 | 1207,55 | 62,69 | 64,85 | 62,32 | 6,33 | 2,49 | 10,16 | 513,09 | 2,35 |
| ENSAYO N° 5 | | | | | | | | | |
| CEMENTO ASFÁLTICO AL 7.00 % | | | | | | | | | |
| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1210,61 | 62,42 | 64,19 | 63,53 | 6,34 | 2,50 | 10,16 | 513,84 | 2,36 |
| 2 | 1220,56 | 63,54 | 62,74 | 62,31 | 6,29 | 2,47 | 10,16 | 509,65 | 2,39 |
| 3 | 1074,74 | 57,37 | 57,57 | 57,88 | 5,76 | 2,27 | 10,16 | 467,04 | 2,30 |

ALTURA, DIÁMETRO, VOLUMEN Y PESO ESPECÍFICO DE LAS BRIQUETAS

ENSAYO N° 6

CEMENTO ASFÁLTICO AL 7.50 %

| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
|---------------|--------------|--------------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|---|
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1235,23 | 63,99 | 65,01 | 63,83 | 6,43 | 2,53 | 10,16 | 521,11 | 2,37 |
| 2 | 1084,2 | 58,14 | 56,66 | 55,76 | 5,69 | 2,24 | 10,16 | 460,93 | 2,35 |
| 3 | 1067,46 | 59,31 | 59,99 | 59,38 | 5,96 | 2,34 | 10,16 | 482,87 | 2,21 |

ENSAYO N° 7

CEMENTO ASFÁLTICO AL 8.00 %

| N° MUESTRA | PESO (gr) | ALTURAS (mm) | | | ALTURA PROMEDIO (cm) | ALTURA PROMEDIO (Pulg) | DIÁMETRO (cm) | VOLUMEN (cm ³) | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) |
|---------------|--------------|--------------|-------|-------|----------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|---|
| | | H 1 | H 2 | H 3 | | | | | |
| 1 | 1120,53 | 58,85 | 58,12 | 58,39 | 5,85 | 2,30 | 10,16 | 473,90 | 2,36 |
| 2 | 1197,64 | 61,17 | 62,36 | 61,68 | 6,17 | 2,43 | 10,16 | 500,52 | 2,39 |
| 3 | 1127,41 | 61,16 | 61,99 | 60,83 | 6,13 | 2,41 | 10,16 | 497,19 | 2,27 |

11. Diseño de la Mezcla Asfáltica

| UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------------------------|----------------|---------|------|--|-----------------|-----------------------|---------------|---|-----------------|------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LABORATORIO DE PAVIMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DISEÑO DE MEZCLA BITUMINOSA POR EL METODO MARSHALL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto: DISEÑO DE HORMIGON ASFALTICO CON MATERIALES PROVINIENTES DE LA PLANTA ASFALTADORA DE LA CII Grado del cemento asfáltico: | | | | | | | | | | | | | | | 85 - 100 | | |
| Gagr. = 2,60 gr/cm ³ Peso específico de agregados para diseño | | | | | | | | | | G asf.= 1,01 gr/cm ³ Peso específico del cemento asfáltico | | | | | | | |
| Nº de golpes: 75 golpes por cara de briqueta | | | | | | | | | | Operador: Judith Dota | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | Fecha: 22 de enero de 2020 | | | | | | | |
| MEZCLA | % ASF. | ESPESOR BRIQUETAS (Pulg) | PESO EN GRAMOS | | | PESO ESPECÍFICO (gr/cm ³) | | | % ASF. ABSOR. | VOLUMEN % TOTAL | | | VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES | % ASFALTO EFECTIVO | PESO UNITARIO Lb/pie ³ | ESTABILIDAD MEDIDA Lbf | FLUJO 0.01" CORREGIDA |
| | | | SECO | SSS | AGUA | BULK | Gmt MAX TEORICO | Gmm - RICE MAX MEDIDO | | AGREGADOS | VACÍOS CON AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r |
| 1 | 5,00 | 2,483 | 1202,86 | 1210,73 | 710 | 2,402 | | | | | | | | | | 2555,00 | 7,520 |
| | | 2,486 | 1189,96 | 1198,42 | 695 | 2,364 | | | | | | | | | | 3003,00 | 9,140 |
| | | 2,539 | 1209,49 | 1217,81 | 706 | 2,363 | | | | | | | | | | 3410,00 | 7,410 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,376 | 2,413 | 2,593 | 3,062 | 86,717 | 8,356 | 4,927 | 13,283 | 2,909 | 148,286 | 3003,00 | 8,023 |
| 2 | 5,50 | 2,353 | 1150,55 | 1156,89 | 678 | 2,403 | | | | | | | | | | 2582,00 | 6,530 |
| | | 2,558 | 1218,19 | 1224,24 | 713 | 2,383 | | | | | | | | | | 3670,00 | 14,810 |
| | | 2,522 | 1199,59 | 1209,42 | 705 | 2,378 | | | | | | | | | | 3657,00 | 8,870 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,388 | 2,395 | 2,559 | 2,852 | 86,677 | 6,681 | 6,642 | 13,323 | 2,695 | 149,001 | 3303,00 | 10,070 |
| 3 | 6,00 | 2,243 | 1114,10 | 1117,57 | 665 | 2,462 | | | | | | | | | | 3510,00 | 9,700 |
| | | 2,407 | 1171,95 | 1178,40 | 689 | 2,395 | | | | | | | | | | 4702,00 | 9,650 |
| | | 2,307 | 1087,09 | 1096,64 | 635 | 2,355 | | | | | | | | | | 4067,00 | 4,650 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,404 | 2,378 | 2,534 | 2,783 | 86,793 | 5,142 | 8,065 | 13,207 | 2,616 | 149,994 | 3510,00 | 8,000 |
| 4 | 6,50 | 2,547 | 1234,04 | 1240,22 | 730 | 2,419 | | | | | | | | | | 3180,00 | 12,990 |
| | | 2,325 | 1137,54 | 1142,83 | 672 | 2,416 | | | | | | | | | | 3881,00 | 9,070 |
| | | 2,492 | 1207,55 | 1217,04 | 715 | 2,405 | | | | | | | | | | 3627,00 | 9,610 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,413 | 2,361 | 2,522 | 2,930 | 86,675 | 4,327 | 8,998 | 13,325 | 2,740 | 150,591 | 3754,00 | 10,557 |
| 5 | 7,00 | 24,953 | 1210,61 | 1212,33 | 718 | 2,449 | | | | | | | | | | 2918,00 | 20,880 |
| | | 24,749 | 1220,56 | 1224,59 | 723 | 2,433 | | | | | | | | | | 5790,00 | 12,510 |
| | | 22,680 | 1074,74 | 1084,96 | 630 | 2,362 | | | | | | | | | | 7267,00 | 5,330 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,415 | 2,344 | 2,512 | 3,089 | 86,267 | 3,850 | 9,883 | 13,733 | 2,873 | 150,689 | 4354,00 | 12,907 |
| 6 | 7,50 | 25,306 | 1235,23 | 1236,83 | 730 | 2,437 | | | | | | | | | | 4620,00 | 14,940 |
| | | 22,383 | 1084,20 | 1086,25 | 646 | 2,463 | | | | | | | | | | 5927,00 | 12,090 |
| | | 23,449 | 1067,46 | 1079,24 | 625 | 2,350 | | | | | | | | | | 6318,00 | 6,150 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,417 | 2,327 | 2,507 | 3,362 | 85,865 | 3,616 | 10,519 | 14,135 | 3,110 | 150,797 | 4620,00 | 11,060 |
| 7 | 8,00 | 23,013 | 1120,53 | 1122,61 | 668 | 2,465 | | | | | | | | | | 3921,00 | 27,370 |
| | | 24,306 | 1197,64 | 1199,50 | 704 | 2,417 | | | | | | | | | | 5121,00 | 23,730 |
| | | 24,144 | 1127,41 | 1134,87 | 661 | 2,379 | | | | | | | | | | 5389,00 | 8,080 |
| PROMEDIO | | | | | | 2,420 | 2,311 | 2,494 | 3,475 | 85,532 | 2,940 | 11,528 | 14,468 | 3,197 | 151,029 | 3921,00 | 19,727 |

ENSAYO: Marshall

Cálculo: Judith Dota

Revisó: Ing. Wilmer Zambrano

12. Curvas

