

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**POSTGRADO DE INGENIERIA**



**EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS,  
UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA SAN MARTIN CON  
CEMENTO ASFALTICO PEN60/70 Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1HP**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**

**AUTOR :**

Br. Marco Antonio Ramírez Montenegro

**ASESOR :**

Mg. Enrique Francisco Luján Silva

N° de Registro: .....

TRUJILLO – PERU

2015



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**POSTGRADO DE INGENIERIA**



**EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD DE MEZCLAS ASFÁLTICAS,  
UTILIZANDO AGREGADOS DE LA CANTERA SAN MARTIN CON  
CEMENTO ASFALTICO PEN60/70 Y EMULSIÓN ASFÁLTICA CSS-1HP**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN  
TRANSPORTES Y CONSERVACIÓN VIAL**

**AUTOR :**

Br. Marco Antonio Ramírez Montenegro

**ASESOR :**

Mg. Enrique Francisco Luján Silva

N° de Registro: .....

TRUJILLO – PERU

2015



## **DEDICATORIA**

**A Dios** por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría, todo es posible y para aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio, para poder lograr mis objetivos, ya que sin él no hubiera podido.

A mis padres: **MARCO ANTONIO RAMÍREZ GÁLVEZ, LUZ EDELINDA MONTENEGRO DE RAMIREZ, Y** a mi hermana **PATRICIA PAOLA RAMIREZ MONTENEGRO,** quienes con su ejemplo, amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de formación como persona y profesional, y que sobre todo siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles que han sido incentivos en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestro **SEÑOR DIOS TODO PODEROSO**.

Al Ingeniero **ENRIQUE FRANCISCO LUJAN SILVA**, patrocinador de tesis por su valioso aporte brindado en el asesoramiento y culminación del presente proyecto y a todas aquellas personas que de una y otra manera contribuyeron a la culminación de la tesis.

### **A NUESTROS PROFESORES**

Quisiéramos agradecer a la **UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**, a la honorable Escuela de Postgrado la Sección de Ingeniería y a todos los profesores que a lo largo de los estudios de maestría nos brindaron su apoyo y la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para poderse llamar maestro.

### **A NUESTROS AMIGOS**

Por haberme apoyado en cada una de mis etapas en la facultad, y por haberme motivado a siempre seguir adelante.

## RESUMEN

El objetivo de estudio fue determinar el grado de compatibilidad de los agregados, su porcentaje óptimo y su diseño de mezcla asfáltica en caliente y frío elaboradas con cemento asfáltico PEN 60/70, emulsión asfáltica CSS-1HP y los agregados proveniente de la cantera San Martín, estas son las que determinan mediante el método Marshall, en la ciudad de Trujillo – La Libertad, obteniendo a través de métodos de ensayos en laboratorios de mecánicas de suelos y pavimentos con mezclas asfálticas en Caliente y en Frío, para facilitar el procesamiento de dichos ensayos se utilizó, tablas, gráficos, imágenes, etc. Además con el apoyo de normas y parámetros propuestos por el MTC, ASSHTO y ASTM respectivamente. Este proyecto se realizó con la cantera San Martín ubicada en el Kilómetro 590+700 en la carretera Panamericana Norte, Según los análisis de los resultados de ensayos mediante el método Marshall el porcentaje óptimo de mezcla asfáltica en caliente empleando cemento asfáltico PEN 60/70 tiene un valor de 6% con un diseño de 55% de agregado grueso y 45% de agregado fino. En el resultado realizado también con el método Marshall de mezcla asfáltica en frío su porcentaje óptimo empleado emulsión asfáltica CSS-1HP tiene un valor de 6% con un diseño de 55% de agregado grueso y 45% de agregado fino, además debemos de tener en cuenta que para la mezcla tenemos un 60% de emulsión asfáltica y 40% de agua. De acuerdo con el comportamiento de estabilidad de la mezcla asfáltica en Caliente tenemos como resultado de 11817 N (1205 Kg) y para una mezcla asfáltica en Frío tiene un valor de 10963N (1118Kg), estos resultados cumplen las especificaciones para un tránsito pesado de carpeta y base, según mencionados por el instituto de Asfalto americano para el diseño Marshall.

## **ABSTRACT**

The objective of study was to determine the degree of compatibility of aggregates, their optimum percentage and design of hot-mix asphalt and cold asphalt cement prepared with PEN 60/70 and asphalt emulsion CSS-1 HP and aggregates from the quarry San Martin these are the ones that determined through the Marshall method, in the city of Trujillo - La libertad, It through obtaining laboratory test methods for mechanical soil and asphalt pavements Mixes in hot and cold, to facilitate the processing of these tests are utilized, tables, graphs, images, etc. In addition to the support of standards and parameters proposed by MTC, AASHTO and ASTM respectively. This project was made with the quarry San Martin located at Kilometer 590 + 700 on the North Panamerican Highway, According to the analysis of the results of tests by Marshall method the optimum percentage of asphalt hot mix asphalt cement by employing PEN 60/70 has a value of 6% with a design 55% of coarse aggregate and 45% fine aggregate. In the result also it made to the Marshall method of mix asphalt cold its optimum percentage employed asphalt emulsion CSS-1 HP has a value of 6% with a design of 55% coarse aggregate and 45% fine aggregate, we must also take into for the mixture that We have a 60% asphalt emulsion and 40% water. According to the stability performance of hot mix asphalt have as a result of 11817 N (1205 Kg) and an asphalt mixture cold is worth 10963N (1118Kg), these results conform to the specifications for heavy traffic the folder and base, according to mentioned by the American institute for Marshall design asphalt.



## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2.1 CANTERA SAN MARTIN.....	4
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4 ALCANCE.....	7
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.6 FORMULACION DEL PROBLEMA .....	8
1.7 HIPOTESIS.....	9
1.8 OBJETIVOS .....	9
1.8.1 Objetivo General.....	9
1.8.2 Objetivos Especificaciones .....	9
II. MATERIALES Y METODOS .....	10
2.1 MATERIALES .....	10
2.1.1 Población .....	10
2.1.2 Muestra .....	10
2.2 METODOS.....	10
2.2.1 Tipo de Estudio.....	10
2.2.2 Diseño de la Investigación.....	10
2.2.3 Procedimientos de Recolección de Datos.....	11
2.2.4 Métodos de Análisis de Datos.....	11
2.2.5 Variable Independiente .....	11
2.2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
III. MARCO TEORICO.....	14
3.1 Fundamentación teórica .....	14
3.1.1 Pavimentos.....	14
3.1.2 Clasificación de Pavimentos .....	14
3.1.3 Materiales de la Carpeta Asfáltica .....	17
3.1.4 Cemento Asfáltico. ....	20
3.1.5 Cemento Asfáltico PEN 60/70.....	22

3.1.6	Emulsión Asfáltica.....	25
3.1.7	Emulsión asfáltica css-1hp.....	31
3.1.8	Mezcla Asfáltica .....	33
3.1.9	Comportamiento de la Mezcla Asfáltica.....	33
IV.	RESULTADOS.....	39
4.1	Ensayos de Material de Cantera.....	39
4.1.1	Cantera San Martin .....	39
4.1.2	Análisis Granulométrico .....	41
4.1.3	Contenido de humedad .....	42
4.1.4	Peso Especifico .....	43
4.1.5	Equivalente de Arena.....	45
4.1.6	Abrasión de agregado Grueso con la Maquina de los Ángeles.....	45
4.1.7	Limite Liquido .....	46
4.1.8	Limite Plástico e Índice de Plasticidad .....	47
4.1.9	Durabilidad al Sulfato de Magnesio .....	47
4.1.10	Sales Solubles en suelos .....	49
a)	Objetivos.....	50
4.1.12	Valor de azul de metileno .....	51
4.1.13	Ensayo de Caras Fracturados en Agregado Grueso .....	51
4.1.14	Índice de durabilidad de agregados.....	52
4.2	Ensayo de Emulsión Asfáltica CSS-1HP.....	54
4.2.1	Pruebas a la Emulsión Asfáltica .....	54
4.2.2	Pruebas al residuo por Destilación.....	55
4.3	Ensayo al Cemento Asfaltico PEN 60/70 .....	58
4.3.1	Pruebas de ensayo al Cemento Asfaltico PEN 60/70 .....	58
4.4	Diseño Marshall en mezcla asfáltica en Caliente.....	60
4.4.1	Introducción .....	60
4.4.2	Objetivos.....	61
4.4.3	Resultados.....	62
4.4.4	Ensayo de Adherencia de agregados (Stripping) MTC E517 .....	68
4.4.5	Gravedad Especifica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas (RICE) .....	69
4.5	Diseño Marshall en mezcla asfáltica en Frio. ....	70
4.5.1	Introducción.....	70

4.5.2	Objetivos.....	71
4.5.3	Resultados.....	71
4.5.4	Gravedad Especifica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas (RICE) .....	75
V.	DISCUSIÓN .....	76
5.1	Análisis y Resultado.....	76
5.2	Determinación de las características de los materiales de cantera .....	76
5.3	Determinación de Ensayo de Emulsiona Asfáltica CSS-1HP.....	78
5.4	Determinación de Ensayo de Cemento Asfáltico PEN60/70.....	79
5.5	Determinación de diseño Marshall en mezcla Asfáltica en Caliente .....	79
5.7	Comparación de resultados para mezclas asfálticas en frio y caliente con CSS- 1HP y PEN60/70 respectivamente .....	82
5.8	Ventajas de la mezcla asfáltica con emulsión CSS-1HP contra la mescla asfáltica con diluidos PEN60/70.....	84
5.9	ventajas económicas .....	85
VI.	CONCLUSIONES. ....	89
VII.	RECOMENDACIONES .....	91
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	92

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable Independiente .....	12
Tabla 2. Mezclas en Caliente .....	23
Tabla 3. Especificaciones del Cemento Asfáltico clasificado por Penetración .....	24
Tabla 4. Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad.....	25
Tabla 5. Características técnicas de la emulsión CSS-1HP .....	32
Tabla 6. Granulometría para piedra Chancada de 1/2" .....	41
Tabla 7. Granulometría para Agregado Fino: Arena Gruesa .....	41
Tabla 8. Contenido de Humedad, piedra chancada de 1/2" .....	42
Tabla 9. Contenido de Humedad. Arena Gruesa.....	42
Tabla 10. Peso Específico y Absorción del agregado grueso .....	44
Tabla 11. Peso Específico y Absorción del agregado fino.....	44
Tabla 12. Resultado de Equivalente de Arena .....	45
Tabla 13. Resultado de Abrasión con la Máquina de los Ángeles.....	46
Tabla 14. Resultado de Límite Líquido .....	46
Tabla 15. Resultado de Límite Plástico e Índice de Plasticidad .....	47
Tabla 16. Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio agregado fino.....	48
Tabla 17. Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio agregado grueso.....	49
Tabla 18. Resultado de Sales Solubles.....	50
Tabla 19. Resultado de Angularidad del agregado fino .....	50
Tabla 20. Resultado de Sales Solubles.....	51
Tabla 21. Resultado de Caras Fracturadas .....	52
Tabla 22- Resultado de Índice de Durabilidad en agregado grueso.....	53
Tabla 23. Resultado de Índice de Durabilidad en agregado fino .....	53
Tabla 24. Pruebas a la Emulsión Asfáltica .....	55
Tabla 25. Pruebas al residuo por destilación.....	58
Tabla 26. Pruebas sobre el material bituminoso .....	60
Tabla 27. Pruebas sobre la película delgada a 163° C.....	60
Tabla 28. Análisis Granulométrico para diseño Marshall.....	62
Tabla 29. Características Marshall.....	64
Tabla 30. Control de Mezcla Asfáltica en Campo .....	66
Tabla 31. Ensayo de Adherencia de agregado Grueso.....	68
Tabla 32. Ensayo de Adherencia de agregado fino.....	69

Tabla 33. Ensayo de Gravedad Específica Máxima Teórica (RICE).....	70
Tabla 34. Características Marshall en frío .....	72
Tabla 35. Control en Campo mezcla asfáltica en frío.....	74
Tabla 36. Ensayo de Gravedad Específica Máxima Teórica (RICE).....	75
Tabla 37. Análisis de costo unitario de producción de mezcla asfáltica con PEN 60/70 .	85
Tabla 38. Análisis de costo unitario de producción de mezcla asfáltica con emulsión ....	86
Tabla 39. Análisis de costo unitario para colocación de mezcla asfáltica con diluido .....	86
Tabla 40. Análisis de costo unitario para colocación de mezcla asfáltica con emulsión ..	87
Tabla 41. Análisis de costo unitarios para imprimación con cemento asfáltico .....	87
Tabla 42. Análisis de costo unitarios para imprimación con emulsión asfáltic .....	87

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la cantera San Martín.....	6
Figura 2. Diagrama esquemático de una emulsión .....	26
Figura 3. Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica .....	28
Figura 4. Representación de los Volúmenes en una Briqueta Compactada de Mezcla Asfáltica .....	36
Figura 5. Gráficas del diseño Marshall en Caliente .....	65
Figura 6. Gráficas del diseño Marshall en Frío Fuente: Elaboración propia. ....	72
Figura 7. Peso Específico vs Contenido de asfalto .....	83
Figura 8. Vacíos (%) vs Contenido de asfalto .....	83
Figura 9. Estabilidad (Kg) vs Contenido de asfalto Fuente: Elaboración propia.....	84

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 ANTECEDENTES**

En las últimas dos décadas, mucho esfuerzo científico y tecnológico se ha dedicado al desarrollo de materiales asfálticos para la construcción de carreteras, ya que las especificaciones de éstas son cada día más estrictas.

La tecnología en materia asfáltica se ha enfocado al desarrollo de este tipo de carpeta, buscando que cumpla con: una mayor duración, menor ahuellamientos al paso de vehículos, significativa repelencia al agua (alta hidrofobicidad), resistencia a la radiación ultravioleta, resistencia a la lluvia, aumento al agarre con la llanta, mejor adhesión entre el asfalto y el material pétreo, facilidad para la reparación de baches, etc. Todas estas condiciones impuestas al asfalto, dan como resultado una intensa investigación en este campo, llevando al desarrollo de nuevos materiales asfálticos así como nuevas formas en las cuales éste puede ser aplicado al substrato pétreo.

Estos y otros aspectos relacionados a la compatibilidad asfalto-agregado han sido tratados por diversos autores algunos de los cuales se indican a continuación.

Betancourt, A., Delgado, J. y Gil, E. (2005) *Análisis comparativo de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con agregados de cantera y rio* (Tesis de Pregrado). Universidad del Zulia, Zulia, Venezuela. Este trabajo Especial de Grado, permitió analizar las Mezclas Asfálticas en Caliente Tipo III, elaboradas con agregados de Cantera y Rio, el mismo tuvo como finalidad compararlas desde el punto de vista técnico y económico. El diseño de dichas mezclas se realizó mediante Metodología Marshall. De manera particular se realizaron los ensayos respectivos a los agregados de canteras y de rio; conociendo así la influencia de la abrasión, su resistencia y comportamiento, mediante los siguientes ensayos: Desgaste de los Ángeles, Equivalente de Arena, Colorimétrico, Petrografía, Caras

Fracturadas, Peso Específico y granulometría, garantizando la calidad de estos, para cumplir con los objetivos propuestos por esta investigación. La metodología empleada permitió determinar la semejanza que representa el análisis técnico de ambos diseños de mezclas. En lo referente al análisis económico, se realizó una comparación arrojando como resultado una notable diferencia entre el agregado de río y de cantera, siendo más costoso este último, permitiendo recomendar el uso del agregado de río para las mezclas en calientes por ser más económico y realizar un estudio de desintegración a los sulfatos del material empleado en las Mezclas Asfálticas en Caliente Tipo III.

Arroyo, T. y Rodríguez M. (2010) *Análisis comparativo de diseños de mezclas asfálticas en caliente, empleando cemento asfáltico AC-20 y AC-30, utilizando agregados de la empresa agremaca* (tesis de pregrado). Universidad Rafael Urdaneta, Maracaibo, Venezuela. El propósito de esta investigación es de analizar variables comparativas entre dos tipos de cementos asfálticos AC-20 y AC-30 empleando ensayos avalados por la norma COVENIN. Este trabajo de investigación en la actualidad es sumamente importante ya que a través de él podemos dar fin parcialmente al mal diseño de pavimentos, debido a que existen muchos problemas con respecto a disponibilidad de trabajo en cuanto a la intermitencia de despacho de ligante asfáltico a las plantas productoras de asfalto del país, ya que dependiendo a la situación geográfica de cada planta refinadora se generan tipos específicos de cemento asfáltico. Este trabajo tiene como objetivo principal crear un diseño de mezcla característico dependiendo del tipo de agregados a utilizar que en este caso es de una planta productora de piedra ubicada en el estado de Falcón llamada AGREMACA (AGREGADOS MANA URE C.A), la cual genera agregados derivados para mezclas tipo IV según las especificaciones de la norma COVENIN, obteniendo así mediante la metodología Marshall un porcentaje óptimo de cemento asfáltico, necesario para la comparación



entre dichos ligantes asfálticos. Datos que son de relevante importancia para el buen funcionamiento y durabilidad en las mezclas asfálticas en caliente tipo IV. Este trabajo es de tipo descriptivo se busca especificar las propiedades características y rasgos de la mezcla asfáltica empleando dos tipos de cemento asfáltico y así obtener la condición ideal de cemento óptimo para dicha mezcla. Mediante los ensayos se obtuvo un óptimo de 5.0% de cemento asfáltico empleando un ligante asfáltico tipo AC-20 y un óptimo de 5.4% de cemento asfáltico empleando un ligante asfáltico tipo AC-30, datos necesarios para el análisis comparativos de ambos diseños.

Ramírez, M. (2014). *Optimización De Las Mezclas Asfálticas En Frio Utilizando Asfalto Liquido Mc-30 Y Agregados De Las Canteras San Martin Y Cerro Campana, Trujillo – La Libertad* (tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú. El presente trabajo de investigación para optar el grado de Ingeniero civil, El objetivo de estudio fue determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico para las mezclas asfálticas en frio elaboradas con asfalto líquido MC-30 y los agregados de las canteras San Martin y Cerro Campana, y estas son las que determinan mediante el método Marshall, en la ciudad de Trujillo - La libertad, obteniendo a través de métodos de ensayos en laboratorios de mecánica de suelos y pavimentos con mezclas asfálticas en frio y para facilitar el procesamiento de dichos ensayos se utilizó tablas, gráficos, imágenes, etc. con el apoyo de normas y parámetros propuestos por el MTC, AASHTO y ASTM respectivamente. Este proyecto se realizó en dos canteras mencionadas anteriormente, la primera cantera se encuentra localizada en el Kilómetro 590+700 en la carretera Panamericana Norte, y su nombre es “San Martin” y la segunda cantera se encuentra localizada en el Kilómetro 529+500 en la carretera Panamericana Norte, y su nombre es “Cerro Campana”. Según los análisis de los resultados de ensayos mediante el método Marshall el porcentaje óptimo de asfalto líquido MC-30 en la cantera San Martin es de 5.41% y de la cantera Cerro Campana es de

5.08%, y de acuerdo con los ensayos realizados en la cantera San Martin se obtiene una estabilidad de 1543 lb (700.58kg), y estos resultados cumplen para los de transito mediano de carpeta y base, según las especificaciones del Instituto de Asfalto (U.S.A) para el diseño Marshall.

## **1.2 UBICACIÓN DE LA CANTERA**

### **1.2.1 CANTERA SAN MARTIN**

A continuación describimos las canteras para el desarrollo de nuestra tesis

**UBICACIÓN** : Carretera Panamericana Norte KM 590+700

**ACCESO** : Directo, al lado derecho de la carretera Panamericana Norte

**POTENCIA BRUTA** : Mas de 100,000 m<sup>3</sup>, aprox.

**TIPO DE MATERIAL** : Agregado Grueso, agregado fino y Afirmado

**USO** : Material para el Afirmado, concreto.

**TRATAMIENTO** : Acumulación, Zarandeo.

**PERIODO DE EXPLOTACIÓN:**

Todo el año, empleándose cargador frontal u tractor sobre orugas, así como volquetes.

**PROPIETARIO** : COMERCIAL

Los materiales de cantera son básicos para la construcción de carreteras y vías urbanas. Tienen que soportar los principales esfuerzos que se

producen en la vía y han de resistir el desgaste por rozamiento de la superficie. Por tales motivos es importante conocer las propiedades y características de las canteras.

**A. NOMBRE:**

Cantera “San Martin”

**B. UBICACIÓN:**

Está ubicada en el Km. 590+700, margen derecha de la Panamericana Norte.

**C. ACCESOS:**

El acceso para llegar a esta cantera es a través de la Panamericana Norte, que es una vía asfaltada, más 100 m. de longitud de trocha carrosables en lado derecho de la carretera

**D. TIPO DE AGREGADOS:**

Agregado Fino (arena)

Agregado Grueso (piedra de ½'', ¾'', etc.)

Afirmado

**E. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO:**

ESTRUCTURA:

Suelta.

Se realizó los siguientes ensayos para material de agregados para mezcla asfáltica:

- Análisis granulométrico.
- Análisis contenido de humedad.
- Análisis de peso Específico y Absorción

- Ensayo de Equivalente de Arena
- Ensayo de Abrasión con la máquina de los Ángeles



**Figura 1. Ubicación de la cantera San Martín**

**Fuente:** Google Earth

### 1.3 JUSTIFICACIÓN

La creciente necesidad de encontrar alternativas que armonicen con el medio ambiente está llevando a prescindir cada vez más de las formas tradicionales antes mencionadas, ya que toda actividad realizada por el hombre debe orientarse a un desarrollo sostenible, es por ello que el diseño de mezclas asfálticas para el uso en las vías nacionales requiere mayor control en cuanto al tema ambiental.

Por lo tanto el análisis de compatibilidad en la preparación de mezclas asfálticas en caliente y frío, con la adherencia de los materiales de agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico tipo PEN60/70 y emulsión asfáltica CSS-1HP cumplan con los estándares de calidad necesario para su proceso de desarrollo.

## **1.4 ALCANCE**

El alcance del proyecto será el de mostrar un enfoque cuantitativo de las mezclas asfálticas en caliente y en frío, utilizando los agregados de la cantera San Martín en la ciudad de Trujillo, La Libertad; con la finalidad de establecer cuál es la mejor calidad de material de agregados mediante los parámetros establecidos por el MTC y su grado de compatibilidad de mezclas asfálticas en caliente y en frío, para una mejor calidad de carpeta asfáltica.

## **1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde el principio de la historia, el hombre, en la necesidad por mantener un estado de vida óptimo, ha creado vías de comunicación para permitir la conexión de un sitio con otro. Actualmente, el planeta se encuentra interconectado por un importante sistema de carreteras y autopistas; para ello anualmente en el mundo, se construyen miles de kilómetros de vías pavimentadas con mezclas asfálticas en caliente, desde grandes autopistas múltiples a vías rurales de un solo carril.

Por más de 100 años, las mezclas asfálticas o mezclas de concreto asfáltico han sido uno de los materiales mayormente utilizados en la construcción del sistema vial; es por ello que los institutos viales conjuntamente con ingenieros, han realizado investigaciones para brindar métodos de diseño que reúnan condiciones de excelente calidad

Se ha verificado que la carpeta asfáltica construidas en las carreteras, avenidas y calles en la ciudad de Trujillo, vienen presentando fallas de diverso tipo, como: fisuras, grietas tipo piel de cocodrilo, desprendimiento, ahuellamientos, hundimientos y otros, que afectan la calidad de tránsito. Como fuente tenemos por informe periodístico de La República. (22 de

abril del 2013). *En Trujillo, pistas están “dinamitadas” en calles y avenidas*. Trujillo, Perú. La Republica. Recuperado de <http://larepublica.pe/22-04-2013/en-trujillo-pistas-estan-dinamitadas-en-calles-y-avenidas>

El incremento de tráfico en los últimos años está ocasionando que los pavimentos existentes, sobre todo aquellos que tienen más años de uso, han sobrepasado las condiciones para las cuales fueron diseñados, por ello se evidencia que se están reduciendo su vida útil.

En la ciudad de Trujillo se presenta un cambio en las condiciones de medio ambiente que se traduce en lluvias en épocas de verano, que esto genera el deterioro prematuro de las calles de la ciudad de Trujillo.

La acción conjunta del tráfico y medio ambiente sobre la superficie de rodadura incrementa los niveles de deterioro observándose desprendimiento de material superficial debido a la acción abrasiva de los neumáticos sobre la superficie de rodadura mostrando una débil adherencia entre el material asfáltico y el material inerte o agregado lo cual incrementa el deterioro de las calles; Como fuente tenemos por informe periodístico Valle Chicama (13 de marzo del 2016). *Calles de Trujillo se hundes por redes de agua y desagüe obsoletos*. Trujillo, Perú. Vallechicama.com. Recuperado por <http://www.vallechicama.com/2016/03/calles-de-trujillo-se-hunden-por-redes.html>

## **1.6 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿En qué medida la compatibilidad de los agregados de la cantera de San Martín, con el cemento asfáltico PEN60/70 y la Emulsión Asfáltica CSS-1HP, influye en la calidad y resistencia en un diseño de mezcla asfáltica?

## **1.7 HIPOTESIS**

La compatibilidad de los agregados de la cantera San Martín con el cemento asfáltico PEN 60/70 y la emulsión asfáltica CSS-1HP, influye significativamente en la calidad de la mezcla asfáltica resultante.

## **1.8 OBJETIVOS**

### **1.8.1 Objetivo General**

Determinar el grado de compatibilidad de los agregados de la cantera San Martín, en la preparación de mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico tipo PEN 60/70 y preparación de mezclas asfálticas en frío con Emulsión Asfáltica CSS-1HP, Trujillo, región la libertad.

### **1.8.2 Objetivos Específicos.**

- a) Determinar las características físicas mecánicas de los materiales de agregados en las canteras San Martín, teniendo en cuenta las normas MTC.
- b) Ensayos de Cemento Asfáltico tipo PEN60/70, para una mezcla asfáltica en caliente.
- c) Ensayos de Emulsión Asfáltica tipo CSS-1HP, para una mezcla Asfáltica en frío.
- d) Diseñar mezclas de prueba, y determinar la dosificación óptima a través de ensayos de laboratorio, que cumpla con los requisitos establecidos por la Metodología Marshall Modificada.

## II. MATERIALES Y METODOS

### 2.1 MATERIALES

#### 2.1.1 Población

El estudio y análisis al cual va dirigido la investigación son las canteras de la ciudad de Trujillo que pertenecen al Departamento de La Libertad

#### 2.1.2 Muestra

Cuatro sacos de material de agregados finos y gruesos de la cantera San Martin de la ciudad de Trujillo, La Libertad, Perú. Además se utilizó 40 briquetas para el diseño de mezcla asfáltica en caliente y frio.

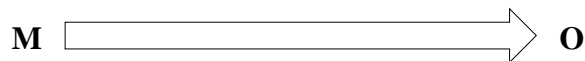
### 2.2 METODOS.

#### 2.2.1 Tipo de Estudio

El presente es un estudio de tipo descriptivo por que busca mostrar características de los agregados de la cantera y además su diseño óptimo de compatibilidad con asfáltico líquidos y emulsión asfáltica, para un mejoramiento de diseño y construcción.

#### 2.2.2 Diseño de la Investigación.

El esquema a utilizar es el siguiente:



**M:** Representa el lugar donde se realizan los estudios del proyecto y a la población involucrada.

**O:** Representa la información obtenida del proyecto.



### **2.2.3 Procedimientos de Recolección de Datos.**

Los datos se recogerán, mediante la ejecución de ensayos de laboratorios siguiendo la guía de observación y teniendo en cuenta los procedimientos establecidos en las guías de laboratorio de instituciones reconocidas como AASHTO, ASTM y MTC. Con el apoyo de instrumentos de laboratorio de suelos y software para el desarrollo del Proyecto.

### **2.2.4 Métodos de Análisis de Datos.**

Para Facilitar el procedimiento de los datos se utilizara tablas, gráficos, figuras, etc. Con el apoyo de normas técnicas y parámetros establecidos por el MTC, AAHSTO y ASTM respectivamente, además con el apoyo de software especializado para tener un mayor grado de confiabilidad para nuestros ensayos y muestras de los agregados de cantera, cemento asfáltico y emulsión asfáltico, con estos datos podemos determinar su grado de compatibilidad de diseño de mezcla en caliente y frio.

### **2.2.5 Variable Independiente**

Compatibilidad entre los agregados de la cantera San Martin con el cemento asfáltico PEN 60/70 y Emulsión Asfáltica CSS-1HP

### **2.2.6 Operacionalización de variables**

#### **a. Variable Independiente**

Compatibilidad entre los agregados de la cantera San Martin con el cemento asfáltico PEN 60/70 y Emulsión Asfáltica CSS-1HP

**Tabla 1 Variable Independiente**

Definición Conceptual	Definición Conceptual	Indicadores	Escala de medición	
<b>Evaluación de compatibilidad en Mezclas Asfálticas, Utilizando Los Agregados De La Cantera San Martín Con Cemento Asfáltico PEN60/70 Y Emulsión Asfáltica CSS-1HP,</b>	Ensayos de los agregados Finos y Gruesos	Granulometría	(%)	
		Peso específico y Absorción	(%)	
		Equivalente de Arena	(%)	
		Desgaste los Ángeles	(%)	
		Contenido de Humedad	(%)	
		Índice de Plasticidad	(%)	
		Durabilidad ( al sulfato de Magnesio)	(%)	
		Azul de Metileno	(%)	
		Caras Fracturadas	(%)	
		Sales Solubles Totales	(%)	
	Ensayos de Cemento Asfáltico PEN 60/70	Penetración a 25°C, 100 g, 5 s	-----	
		Punto de inflamación (Cleveland copa abierta)	(C°)	
		Ductilidad a 25°C, 5 cm/min.	(cm)	
		Solubilidad en Tricloroetileno	(%)	
		Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica)	(%)	
		Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs	(%)	
		Ensayos de Emulsión Asfáltica CSS-1HP	Destilación de Aceite	(%)
			Penetración, 25°C, 100g, 5s	(%)

	Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	(%)
	Solubilidad en Tricloroetileno	(%)
	Lavado Asfáltico (incluye Tricolor etileno)	(%)
Ensayo de Mezcla Asfáltica en Caliente y Frio	Adherencia de Agregado Grueso	(%)
	Diseño de Mezcla asfáltica mediante el ensayo Marshall	(%)

---

**Fuente:** Elaboración Propia

### **2.2.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se realizaran ensayos en los laboratorios de la Universidad Privada Antenor Orrego y en JBO Ingenieros, para su respectivo análisis de los materiales. El trabajo de campo solo se realizara el acoplo de materiales de agregado fino y grueso en las canteras mencionadas anteriormente.

### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Fundamentación teórica**

##### **3.1.1 Pavimentos**

Son las estructuras de la carretera formada por una o más capas de material granular seleccionado y colocado directamente sobre la sub-rasante del suelo natural, lo cual posteriormente es protegido por una capa asfáltica de rodamiento o una de concreto de cemento Portland, con o sin armadura metálica. Lynch (como se citó en Arroyo y Rodríguez, 2010, p.19)

También es definido como toda estructura artificialmente alisada en su superficie y destinada a transmitir a la sub-rasante sobre la que descansa, los efectos de la cargas estáticas o en movimiento, resistiendo los efectos destructivos del tránsito y los agentes atmosféricos, y está formado por los capas de sub-base, base, rodamiento y sello.

##### **3.1.2 Clasificación de Pavimentos**

Los pavimentos pueden clasificarse de diferentes maneras, atendiendo a las consideraciones siguientes:

###### **A.- Por el lugar en que prestan servicio.**

**A.1. Pavimentos para viviendas.-** Son aquellos que se construyen en las viviendas y zonas aledañas. Debido a reducidas cargas que soportan su función principal es ornamental. En este tipo de pavimentos se debe prestar atención a la textura, suavidad, color, condiciones acústicas y térmicas. Podemos citar como ejemplo los pisos de granito, parquet, cerámico, losetas, etc.

**A.2. Pavimentos para zonas urbanas.-** Los que se construyen en calles, avenidas, paseos, parques, etc. Se incluyen veredas, zonas peatonales de parques y plazas, pavimentos de calles, que se construyen en las zonas urbanas. También debe considerarse el

aspecto ornamental. Se puede utilizar losas de concreto, lajas de piedra, bloques de granito, ladrillo, prefabricados, etc.

**A.3. Pavimentos para carreteras.-** Los utilizados en vías carrosables, de uno o más carriles. Consta de una o más capas y sus dimensiones deben diseñarse estructuralmente, para soportar las solicitaciones del tránsito vehicular, teniendo en consideración además, la calidad del terreno de fundación y de los materiales empleados. Pueden utilizarse suelos estabilizados, pavimentos asfálticos, de concreto de cemento Portland o una combinación de estos.

**A.4. Pavimento para aeropuertos.-** Aquellos que se construyen en las pistas de aterrizaje y zonas de parqueo de aviones en los aeropuertos. Soportan grandes cargas así como efectos muy altos de abrasión, lo que exige consideraciones especiales para el diseño estructural y de la calidad de los materiales, por lo que su costo resulta elevado. En este caso se utilizan concretos asfálticos o de cemento Portland y los pavimentos mixtos.

**A.5. Pavimento para malecones portuarios y muelles.-** Necesitan un tratamiento especial, ya que se construyen sobre estructuras artificiales como son los muelles y generalmente soportan cargas estáticas, debido a la presencia de grúas.

**B.- Por la forma en que transmiten la carga a la subrasante.**

**B.1. Pavimento flexibles.-** Son aquellos que tienen una base flexible o semirrígida, sobre la cual se puede construir una capa de rodamiento formada por una mezcla bituminosa de alquitrán, brea o asfalto. Por ser flexibles se adaptan al terreno y a ciertos asentamientos diferenciales de sí mismos.

**B.2. Pavimento rígidos.-** Son aquellos en los cuales la capa de rodamiento está formada por concreto de cemento Portland, con o sin armadura metálica.

**B.3. Pavimento mixtos, o compuestos.-** Son aquellos que resultan de la combinación de los tipos anteriores. Se construyen cuando la resistencia requerida del pavimento es muy alta, o para la rehabilitación de pavimentos existentes.

**C.- Por los materiales con los que están hechos.**

**C.1.Suelos estabilizados.-** Son los pavimentos compuestos de una mezcla controlada de suelos nativos y de "aditivos", como asfalto, cemento Portland, cloruro de calcio y, en ciertas ocasiones, arcilla y arena u otro material granular; con la finalidad de aumentar su resistencia al corte y a los esfuerzos abrasivos, usados sobre todo para tráfico bajo y liviano. Los suelos estabilizados también servir como excelente base para ciertos tipos de pavimentos.

**C.2.Pavimento bituminosos.-** Se agrupan en esta categoría aquellos pavimentos cuya superficie de rodadura lo constituye una mezcla de agregados y material bituminoso, generalmente asfalto, asentados sobre una o más capas de material granular. Su comportamiento estructural es de tipo flexible, pero si las capas inferiores lo forman suelos estabilizados de alta rigidez y resistencia mecánica, su flexibilidad puede disminuir y a veces desaparecer, adoptando un comportamiento semirrígido o rígido.

**C.3.Pavimento de concreto de cemento Portland.-** Son estructuras en las que la losa absorbe los esfuerzos producidos por las cargas del tránsito y los transmite en grandes áreas del terreno de fundación directamente o a través de una o más capas de material granular. Las losas pueden ser de concreto simple, armado, o tensionado y su comportamiento es de naturaleza rígida.

**C.4.Pavimentos varios.-** Se agrupan bajo esta clasificación los pavimentos contruidos de piedra, ladrillo, madera, láminas metálicas, fibra sintética, etc. que cubren requisitos estéticos, térmicos o de otro tipo.

**D.- Por su calidad.**

**D.1.Pavimentos económicos.-** Son los de menor costo de construcción, dentro de los que podemos considerar a los suelos estabilizados y a los tratamientos superficiales.

**D.2.Pavimento de tipo intermedio.-** Costo un poco más elevado que los anteriores, como generalmente lo son las mezclas baratas de asfalto in situ o en planta, macadam de penetración y similares.

**D.3.Pavimento de tipo superior.-** Son más costosos, utilizados generalmente en carreteras de primera clase, carreteras duales y en aeropuertos importantes. Aquí se incluyen los pavimentos de concretos asfálticos, concretos de cemento Portland, mixtos, los mosaicos, etc.

**D.4.Pavimentos de lujo.-** Son los que además de cumplir requisitos estructurales especiales, cumplen funciones estéticas y ornamentales. Podemos considerar dentro de este tipo, los pavimentos de adoquines de vidrio, enlosados, etc.

Horna, L. (2011). *Vías de comunicación: Pavimentos*. Trujillo, Perú. (s.n)

**3.1.3 Materiales de la Carpeta Asfáltica.**

Están conformados por agregados o áridos, y asfalto líquido, los cuales al ser combinados mediante distintos métodos forman las mezclas asfálticas, y estas mezclas a su vez pueden ser frías o en caliente, según la forma en que son preparadas.

**a) Agregados.**

Es cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento de mezclas asfálticas en caliente. Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria y polvo de roca. El comportamiento de la mezcla se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante.

En los concretos asfálticos, los agregados normalmente constituyen del 90 al 95% del peso total o entre el 80 y el 85% del volumen de la mezcla. Son los principales responsables de la capacidad de soportar las cargas de las mezclas asfálticas; por ello se hace necesario realizar un análisis de sus propiedades para el buen diseño y comportamiento de las mezclas asfálticas. Según Lynch (como se citó en Arroyo y Rodríguez, 2010, p.24)

**b) Agregado Grueso**

El agregado grueso (MTC E207) es la fracción del Agregado que queda retenida en el tamiz N° 8. Y este debe tener las siguientes propiedades características:

- Debe estar limpio y no debe tener más del 5%, de su peso, de trozos alargados o planos.
- El porcentaje de desgaste, determinado según la norma MTC E207 no debe ser mayor del 25% para las mezclas asfálticas usadas en carpeta de rodamiento, ni mayor de 40% para mezclas asfálticas usadas como carpeta intermedia o como carpeta base.



**c) Agregado Fino.**

**c.1) Equivalente de arena (ASTM D-2419).** Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y características del material fino presente en una muestra de ensayo formado por suelo granular que pasa el tamiz N°4 (4.75 mm). El término “Equivalente de Arena” transmite el concepto que la mayoría de los suelos granulares y agregados finos son mezcla de partículas gruesas, arenas y generalmente finos.

Para determinar el porcentaje de finos en una muestra, se incorpora una medida de suelo y solución de cloruro de calcio (Ca Cl<sub>2</sub>) en una probeta plástica graduada que luego de ser agitada separa el recubrimiento de finos de las partículas de arena; después de un período de tiempo, se pueden leer las alturas de arcilla y arena en la probeta. El equivalente de arena es la relación de la altura de arena respecto a la altura de arcilla, expresada en porcentaje.

**c.2) Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM D-128).** Este ensayo tiene como objetivo la determinación del peso específico aparente, lo mismo que la cantidad de agua que se absorbe en el agregado fino cuando se sumerge en agua por un periodo de 24 horas, expresada como un porcentaje en peso.

El peso específico aparente es la relación entre el peso al aire del sólido y el peso del agua correspondiente a su volumen aparente.

El procedimiento para realizar este ensayo es el descrito en la norma ASTM D-128.

**c.3) Análisis granulométrico (ASTM D-422).** El análisis granulométrico tiene como objeto, que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de partículas esté presente en la mezcla de pavimentación en ciertos porcentajes.

Esta distribución de varios tamaños de partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla.

El método utilizado para determinar la graduación de los agregados es por tamizado seco, el mismo que tiene las siguientes características:

- Las muestras para el tamizado son reducidas por medio de un “cuarteador” de muestras.
- Los materiales finos y gruesos son separados utilizando un tamiz de 2.36 mm (N°8).
- Las muestras son secadas en el horno hasta un peso constante.
- Las muestras finas y las muestras gruesas son tamizadas separadamente.
- El peso de las fracciones (porciones) retenidas en cada tamiz, y el platón que está al final de los tamices es registrado, así como la graduación de cada muestra (parte fina y parte gruesa).

Para la elaboración de la mezcla asfáltica de investigación se va a trabajar con los agregados de la cantera San Martín respectivamente de la ciudad de Trujillo.

#### **3.1.4 Cemento Asfáltico.**

Se define como betún o bitumen a las “mezclas de hidrocarburos de origen natural o pirógeno, o de ambos tipos, frecuentemente acompañadas por sus derivados no metálicos, los cuales pueden ser gaseosos, líquidos, semi-sólidos y que son completamente solubles en bisulfuro de carbono”. Los betunes o bitúmenes empleados en la construcción de carreteras son de dos tipos a saber: Asfaltos y alquitranes.

El asfalto es un material aglomerante de color que varía de pardo oscuro a negro, de consistencia sólida, semisólida o líquida, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza o que se obtienen en la destilación del petróleo y el cual entra en proporciones variables en la constitución de la mayor parte de los crudos de petróleo. El asfalto es un producto cuyo empleo data de la antigüedad y fue usado de muchas formas en Mesopotamia, Siria, Egipto, etc., con fines de impermeabilización, mastic de unión entre los elementos de construcción, momificación, etc., incluso reservorios y piscinas fueron impermeabilizados con asfalto. Según Lynch (como se citó en Arroyo y Rodríguez, 2010, p.31)

La ASTM define a los asfaltos como “materiales aglomerantes sólidos o semi-sólidos de color que varía de negro a pardo oscuro y que se licuan gradualmente al calentarse, cuyos constituyentes predominantes son betunes que se dan en la naturaleza en forma sólida o semi-sólida o se obtienen de la destilación del petróleo, o combinaciones de estos entre sí o con el petróleo o productos derivados de estas combinaciones.

El asfalto es un material negro, cementante, que varía ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve líquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla en caliente. Durante el primer proceso de separación en la mayoría de las refinerías se obtienen 5 productos que pueden ser clasificados como sigue:

#### Base Parafinica

Aquellos en los cuales el material restante, después de la destilación de los constituyentes más volátiles, es principalmente parafina.

### Base Asfáltica

La porción pesada del Asfalto.

En su porción más pesada presentan una mezcla de parafina y asfalto. En pavimentación los asfaltos comúnmente usados son los cementos asfálticos y los asfaltos líquidos.

El cemento asfáltico es un asfalto refinado, o una combinación de asfalto refinado y aceite fluidificante; de consistencia apropiada para pavimentación. Los materiales clasificados como asfalto de penetración 40-50, 60-70, 85- 100, 120-150 y 200-300. El número indica el grado de dureza del material; a mayor penetración más blando el asfalto.

#### **3.1.5 Cemento Asfáltico PEN 60/70**

Esta especificación se refiere al suministro de cemento asfáltico en el sitio de colocación de mezclas asfálticas en caliente, en el que se utilice este material.

##### **a) Material bituminoso**

El material por suministrar será cemento asfáltico clasificado por grado de penetración o por viscosidad de acuerdo con las características del proyecto.

Los materiales por suministrar generan emisiones debido al proceso de calentamiento, por lo que se recomienda ubicar los tanques que contienen dichos elementos en zonas alejadas de centros urbanos o asentamientos humanos con el propósito de que dichas emisiones no afecten la salud de las personas. En caso de que los materiales sean vertidos accidentalmente, deberán recogerse incluyendo el suelo contaminado y colocarlos en las áreas de disposición de desechos que hayan sido autorizados por la autoridad correspondiente o donde el Supervisor estime conveniente.

## b) Cemento asfáltico

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por penetración, o por viscosidad absoluta. Su empleo será según las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía, tal como lo indica la Tabla N° 1, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

**Tabla 2. Mezclas en Caliente**

Temperatura Media Anual			
24 °C o más	24 °C - 15 °C	35 °C - 5 °C	Menos de 5 °C
40 – 50 o			
60 – 70 o	60-70	85 –100	Asfalto Modificado
Modificado		120 - 150	

**Fuente:** Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N°22 (MS-22)

### **Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración**

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen en las Tablas N°02 y N°03

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la adición de activantes rejuvenecedores, polímeros, asfaltos naturales o cualquier otro producto sancionado por la experiencia. En tales casos, las especificaciones que deberán cumplir tanto el ligante modificado como las mezclas asfálticas resultantes. La dosificación y dispersión homogénea del producto de adición deberán tener la aprobación del supervisor. Según Provias Nacional (2010). *Estudio definitivo de mantenimiento periódico de la red vial nacional, sector: Sullana – Aguas Verdes*. Recuperado <http://www.proviasnac.gob.pe/>

**Tabla 3. Especificaciones del Cemento Asfáltico clasificado por Penetración**

Características	Ensayo	Grado de Penetración							
		40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150	
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
Penetración 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	<b>MTC E 304</b>	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E 312	232	-	232	-	232	-	232	-
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	MTC E 302	99	-	99	-	99	-	99	-
Susceptibilidad Térmica	MTC E 316								
Ensayo de Película Delgada en Horno, 3.2 mm, 163°C, 5 hrs.		-	0,8	-	0,8	-	1,0	-	1,5
* Pérdida de masa, %	MTC E 304	55	-	52	-	47	-	42	-
* Penetración del residuo, % de la penetración original									
* Ductilidad del residuo, 25°C, 5 cm/min, cm.	MTC E 306	-	-	50	-	75	-	100	-
Índice de Susceptibilidad Térmica		- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0
Ensayo de la Mancha con solvente	MTC E 314								
Heptano – Xileno 20% (opcional)		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>	

**Fuente:** Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N°22 (MS-22)

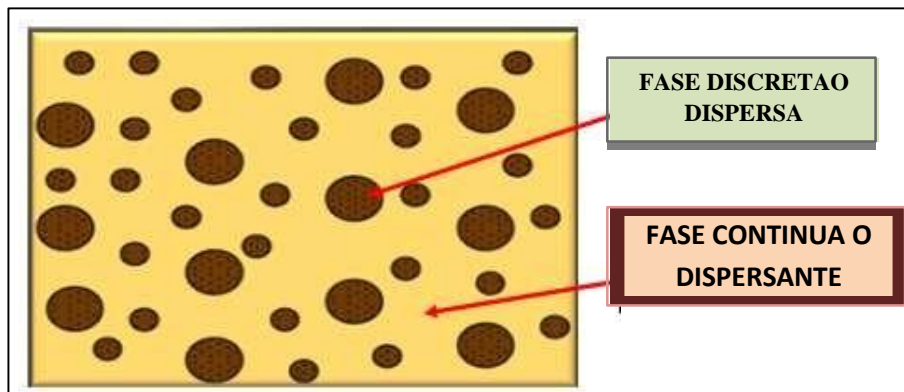
**Tabla 4. Especificaciones del Cemento Asfáltico Clasificado por Viscosidad**

Características	Ensayo	Grado de Viscosidad			
		AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta 60°C, Pa.s (Poises)	<b>MTC E 308</b>	50 ± 5 (500 ± 100)	100 ± 20 (1000 ± 200)	200 ± 40 (2000 ± 400)	400 ± 80 (4000 ± 800)
Viscosidad Cinemática, 135°C mm <sup>2</sup> /s, mínimo	<b>E 301</b>	100 MTC	150	210	300
Penetración 25°C, 100 gr. 5s mínimo	<b>MTC E 304</b>	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C, mínimo	<b>MTC E 303</b>	177	219	232	232
Solubilidad en Tricloroetileno % masa, mínimo	<b>MTC E 302</b>	99	99	99	99
Susceptibilidad Termina Ensayo de Película Delgada en Horno	<b>MTC E 316</b>	200	400	800	1600
* Viscosidad Absoluta, 60°C, Pa.s (Poises) máximo	<b>MTC E 304</b>	(2000)	(4000)	(8000)	(16000)
* Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm. Mínimo	<b>MTC E 306</b>	100	50	20	10
Ensayo de la mancha con solvente Heptano- xileno (opcional)	<b>MTC E 314</b>	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos de Mezclas Asfálticas en caliente del Asphalt Institute. Serie de Manuales N°22 (MS-22)

### 3.1.6 Emulsión Asfáltica

Se define una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra la fase discreta (o dispersa). Esto puede apreciarse en la Figura 01, en donde se muestra un dibujo esquemático de una emulsión.



**Figura 2. Diagrama esquemático de una emulsión**

Fuente: Guevara, M., Méndez, H. y Pimentel, J. (2010). *Diseño de mezclas Asfálticas densas en frío basado en el método Marshall modificado de la Universidad de Illinois* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Santa Ana, El Salvador.

Generalmente el tamaño de la fase discreta tiene alguna dimensión lineal entre 1 nanómetro y 1 micra. Son estos tamaños tan pequeños los que dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades. La ciencia que trata con las emulsiones es multidisciplinaria, ya que involucra física, química, biología, etc.

**a) Componentes de las Emulsiones Asfálticas.**

Para comprender porque las emulsiones asfálticas poseen un buen desempeño para elaborar mezclas asfálticas en frío, es esencial examinar el papel de los principales constituyentes (asfalto, agua y emulsivos).

Son tres los componentes básicos de una emulsión asfáltica: cemento asfáltico, agua y un agente emulsivo. También podrían ser parte de estos componentes aditivos, como estabilizadores, mejoradores de adherencia, mejoradores de recubrimiento, o agentes de control de rotura.



Es bien sabido que el agua y el asfalto no se mezclan, excepto en condiciones cuidadosamente controladas, utilizando equipos de alta especialización y aditivos químicos. Como el caso de lavarse las manos llenas de grasa con un jabón. Algunos de los mismos principios físicos y químicos se aplican a la formulación, producción y uso de emulsiones asfálticas.

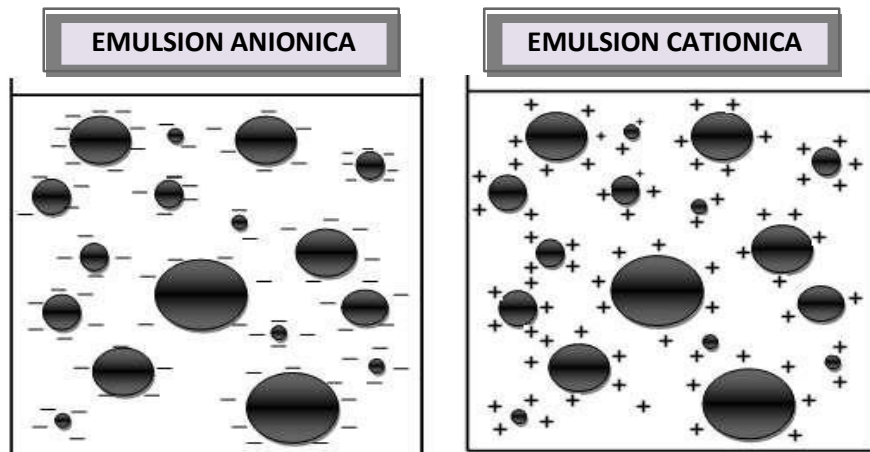
El objetivo es lograr una dispersión estable del cemento asfáltico en el agua, suficientemente estable para ser bombeada, almacenada durante tiempo prolongado, y mezclada. Más aún, la emulsión deberá romper rápidamente al entrar en contacto con el agregado en un mezclador, o al ser distribuida sobre la superficie a trabajar. La rotura es la separación del agua del asfalto, al curar el residuo asfáltico conserva toda la capacidad adhesiva, la durabilidad, y la impermeabilidad propias del cemento asfáltico con el cual fue elaborado.

**b) Asfalto (también llamado cemento asfáltico):** Este es el elemento básico de la emulsión y, en la mayoría de los casos, constituye entre un 50 y un 75% de la emulsión. La química del asfalto es una materia compleja, y no es necesario para el caso, examinar todas sus propiedades. Algunas de las propiedades sí afectan significativamente la emulsión final, sin embargo, no hay una correlación exacta entre las propiedades del asfalto y la facilidad con que él puede ser emulsionado. Si bien la dureza de la base del cemento asfáltico puede variar, la mayoría de las emulsiones es hecha con asfalto con un rango de penetraciones 6 - 25 mm

**c) Los Emulsificantes:** son compuestos orgánicos de peso molecular relativamente elevado (entre 100 y 300 g/mol); tienen una parte hidrofóbica (generalmente es una cadena hidrocarbonada ya sea lineal o cíclica) que es soluble en el medio orgánico (en nuestro caso

en el asfalto) y una parte hidrofílica (generalmente es un grupo polar de tipo orgánico o inorgánico), soluble en el medio acuoso.

Los emulsificantes están compuestos generalmente por un radical alquilo R el cual es hidrofóbico y un componente hidrofílico, que se encuentran unidos y con el contacto con el agua se disocian, quedando con cargas negativas o positivas según el tipo de emulsificante. En la figura 02, se muestra una representación pictórica de la emulsión aniónica y la catiónica:



**Figura 3. Representación esquemática de una emulsión aniónica y de una catiónica**

Fuente: Guevara, M., Méndez, H. y Pimentel, J. (2010). *Diseño de mezclas Asfálticas densas en frío basado en el método Marshall modificado de la Universidad de Illinois* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Santa Ana, El Salvador.

#### **d) Clasificación de las emulsiones asfálticas.**

Podemos mencionar que existen dos tipos de emulsiones:

- ❖ Emulsiones formadas por macromoléculas en solución (sistemas de una fase)
- ❖ Emulsiones formadas por materia finamente dividida (sistema de 2 o más fases)

Las podemos dividir en:

**Liofílicas:** si la partícula no repele el solvente

**Liofóbicas:** si la partícula repele el solvente. Si el medio es agua, entonces:

***Liofílico = Hidrofílico y Liofóbico = Hidrofóbico.***

Las emulsiones liofílicas son Verdaderas soluciones (desde el punto de vista termodinámico), por lo que no es fácil hablar de la superficie de la emulsión.

Por el contrario, para emulsiones liofóbicas, debido a la diferencia de fases entre las partículas en la emulsión y el medio donde se encuentran dispersas, no existe ningún problema para definir la superficie de la emulsión. Por lo tanto, el concepto de superficie sólo es aplicable a sistemas multifásicos.

Las emulsiones asfálticas pueden ser clasificadas de acuerdo al tipo de estabilizador usado. En este caso podemos hablar de dos tipos, aniónicas y catiónicas:

✓ **Emulsiones Aniónicas:**

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad negativa a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga negativa.

✓ **Emulsiones Catiónicas:**

En este tipo de emulsiones el agente emulsificante le confiere una polaridad positiva a los glóbulos, o sea que éstos adquieren una carga positiva.

Respecto a la estabilidad de las emulsiones asfálticas, éstas se pueden clasificar en los siguientes tipos:

**1) De Rompimiento Rápido:**

Estas se utilizan para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.

**2) De Rompimiento Medio:**

Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al 2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, renivelaciones y sobrecarpetas.

**3) De Rompimiento Lento:**

Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

**4) Para Impregnación:**

Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.

**e) VENTAJAS DE LAS EMULSIONES ASFALTICAS.**

En la sección se detallan las ventajas que tienen las emulsiones asfálticas sobre los asfaltos rebajados y las mezclas asfálticas en fundido.

- i. Es un ligante asfáltica que no es contaminante ni es peligroso, ya que contiene del 35% al 40% de agua como solvente.
- ii. Su manejo es sencillo y seguro, gracias a su baja viscosidad a temperatura ambiente.
- iii. Tiene un límite de almacenamiento y es muy amplio, ya que puede ser almacenado por semanas o meses, debido entre otras cosas a la proximidad que existe en la igualdad de las densidades de sus componentes.

- iv. Tiene una gran adhesión con cualquier agregado pétreo, a pesar de condiciones de humedad adversas debido a la enorme dispersión de las partículas de asfalto de tamaño muy pequeño y al uso de agentes emulsificante de tipo catiónico.
- v. Se aplica en un lapso muy corto de tiempo, lo que permite la pronta funcionalidad de la obra en que se esté usando.
- vi. Presenta un bajo costo de la fase dispersante, que es el agua.
- vii. Se emplean materiales pétreos locales, lo que elimina la transportación de este tipo de materiales por grandes distancias.
- viii. El equipo de aplicación es mucho más sencillo debido a que todos sus componentes se aplican a temperatura ambiente.
- ix. Por su aplicación en frío, ayuda a no alterar el medio ambiente y queda suprimida la emisión de humos o gases tóxicos a la atmosfera.
- x. El empleo del agua como solvente no crea problema de su desperdicio ya que es recuperable.

Según Guevara, M., Méndez, H. y Pimentel, J. (2010). *Diseño de mezclas Asfálticas densas en frío basado en el método Marshall modificado de la Universidad de Illinois* (tesis de pregrado). Universidad de El Salvador, Santa Ana, El Salvador.

### **3.1.7 Emulsión asfáltica css-1hp**

Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta Modificada con polímeros (CSS-1HP), tiene muy buena habilidad para mezclar con los agregados, es decir el asfalto demora un buen tiempo en sufrir coalescencia, el tiempo de rotura le permite alcanzar una buena trabajabilidad. Esta emulsión está dentro de la clasificación de Norma Peruana NTP 321.141 (Especificaciones para emulsiones asfálticas modificadas con polímeros) y la Norma Española 322.

Las emulsiones con polímeros aportan mayor durabilidad en las aplicaciones que se vayan a efectuar. Estas emulsiones están diseñadas

para reaccionar lentamente con el agregado y revertir del estado de emulsión al de asfalto.

Esta presencia de polímero en la emulsión permite que al asfalto base modifique su reología, mejorándolo ostensiblemente, variando las características mecánicas donde cambia su resistencia a las deformaciones producidas por factores climatológicos y del tránsito, a esta característica se le llama susceptibilidad térmica: el asfalto a temperaturas altas se rigidiza y a temperaturas bajas aumenta su elasticidad.

**a) Características fisicoquímicas.**

Su composición se basa de Agua y Asfalto con un color Marrón Oscuro con aspecto de líquido viscoso, con una gravedad específico a 20°C de 0.95 – 1.00

Sus Características técnicas de la emulsión CSS-1ho se puede mostrar en la Tabla. N°04

**Tabla 5. Características técnicas de la emulsión CSS-1HP**

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA EMULSION CSS-1HP</b>		
	<b>Valores</b>	<b>Especificaciones</b>
Viscosidad Sayboll Furol a 25° C	22	20 – 100
Carga de partículas	Positivo	Positivo
Contenido de Agua (en volumen)	39.5	40 máx.
<b>DESTILACION</b>		
Betún asfáltico Residual, %	60.5	60 min
Contenido de Disolvente por destilación %	0.0	0.0 máx.
Sedimentación, 7días, %	4.0	5.0 máx.
Tamizado (Retenido en T-20) %	0.05	0.1 máx.
Estabilidad almacenamiento 24hr %	0.6	1.0 % máx.

Fuente: Bituper S.A.C. (2013). *Ficha técnica: Emulsión Asfáltica catiónica tipo Súper estable CSS-1HP*. Recuperado de [http://www.bituper.com/media/file/seccion/Ficha\\_T%C3%A9cnica.\\_CSS-1HP-\\_2013\\_.pdf](http://www.bituper.com/media/file/seccion/Ficha_T%C3%A9cnica._CSS-1HP-_2013_.pdf)

### **3.1.8 Mezcla Asfáltica**

Las mezclas asfálticas en frío son elaboradas, extendidas y compactadas en frío tanto en plantas como en el sitio donde se deseen colocar, requieren de un curado para que liberen la volatilidad.

Este tipo de mezclas solo es utilizado en vías secundarias o de poca importancia. Se dividen en arena asfalto en frío y emulsiones. Una mezcla en caliente de pavimento asfáltico consiste en una mezcla uniforme de asfalto y agregado caliente. Es el tipo de mezcla de mayor protección para bases flexibles, colocadas en caliente. Poseen una gran resistencia estructural y debidamente diseñadas y compactadas son mucho menos penetrables por el agua que las mezclas asfálticas en frío, por lo tanto son apropiadas para todos los tipos de tráfico.

De acuerdo con el Asphalt Institute en una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación, el asfalto y el agregado son combinados en proporciones exactas. Las proporciones relativas de estos materiales determinan las propiedades físicas de la mezcla y, eventualmente, el desempeño de la misma como pavimento terminado. Se dividen en arena asfalto en caliente y en concretos asfálticos.

Los concretos asfálticos consisten en una o varias capas compactadas de una mezcla de agregados minerales y cemento asfáltico, producido en las plantas destinadas a este fin, o en la vía. Este tipo de concreto asfáltico se puede emplear como capa de rodamiento para tráfico liviano, mediano o pesado.

### **3.1.9 Comportamiento de la Mezcla Asfáltica**

Una muestra de mezcla de pavimento preparada en el laboratorio puede ser analizada para determinar su posible desempeño en la estructura del pavimento. El análisis está enfocado hacia cuatro características de la mezcla (ver figura 03), y la influencia que estas puedan tener en el

comportamiento de la mezcla. Las cuatro características según Maila (2013) son:

- Densidad de la mezcla.
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos.
- Vacíos en el agregado mineral.
- Contenido de asfalto.

**a) Densidad.-** La densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de mezcla). La densidad es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado, para obtener un rendimiento duradero.

En las pruebas y el análisis de diseño de mezclas, la densidad de la muestra compactada se expresa, generalmente, en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) o libras por pie cúbico ( $\text{Lb/ft}^3$ ).

La densidad se calcula al multiplicar la gravedad específica total de la mezcla por la densidad del agua ( $1000\text{Kg/m}^3$  o  $62.416\text{Lb/ft}^3$ ). La densidad obtenida en el laboratorio se convierte en la densidad patrón, y es usada como referencia para determinar si la densidad del pavimento terminado es, o no adecuado. Las especificaciones usualmente requieren que la densidad del pavimento sea un porcentaje de la densidad del laboratorio. Esto se debe a que muy rara vez la compactación in-situ logra las densidades que se obtienen usando los métodos normalizados de compactación del laboratorio. (Maila, 2013, p.28)

**b) Vacíos de aire (o simplemente vacíos).-** Los vacíos de aire son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto



porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios a donde pueda fluir el asfalto durante esta compactación adicional. El porcentaje permitido de vacíos (en muestra de laboratorio) para capas de base y capas superficiales está entre 3 y 5 por ciento, dependiendo del diseño específico.

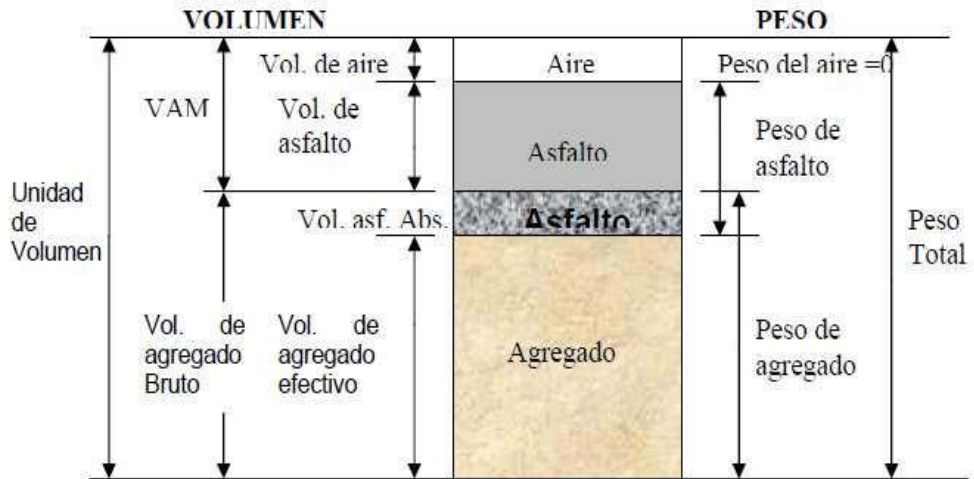
La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menos va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona pasajes a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

La densidad y el contenido de vacíos están directamente relacionados. Entre más alta la densidad, menor es el porcentaje de vacíos en la mezcla, y viceversa. Las especificaciones de la obra requieren, usualmente, una densidad que permita acomodar el menor posible (en la realidad) de vacíos; preferiblemente menos del 8 por ciento.

- c) **Vacíos en el agregado mineral.-** Los vacíos en el mineral (VAM) son los espacios de aire que existen entre las partículas del agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

El VAM representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde, por absorción en el agregado). Y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuando mayor sea el VAM, más espacio habrá disponible para las películas de asfalto. Existen valores mínimos para VAM 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 de agregado, más durable será la mezcla.



**Figura 4. Representación de los Volúmenes en una Briqueleta Compactada de Mezcla Asfáltica**

Fuente: Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)*. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

Para que pueda lograrse un espesor durable de película de asfalto, se debe tener valores mínimos de VAM. Un aumento en la densidad de la graduación del agregado, hasta el punto donde se obtengan valores VAM por debajo del mínimo especificado, puede resultar en películas delgadas de asfalto y en mezclas de baja durabilidad y apariencia seca. Por lo tanto, es contra prudente y perjudicial, para la calidad del pavimento, disminuir el VAM para economizar en el contenido de asfalto. (Maila, 2013, p.30)

c) **Contenido de asfalto.-** La proporción de asfalto en la mezcla es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlar con precisión en la obra. El contenido de asfalto de una

mezcla particular se establece usando los criterios dictados por el método de diseño seleccionado.

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado, tales como la granulometría y la capacidad de absorción.

La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo de asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir uniformemente todas las partículas. Por otro lado, las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

La relación entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más pronunciada cuando hay relleno mineral. Los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber literalmente gran parte del contenido de asfalto resultando en una mezcla inestable y seca. Las pequeñas disminuciones tienen el efecto contrario; poco relleno mineral resulta en una mezcla muy rica (húmeda).

Cualquier variación en el contenido de relleno mineral, causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a húmeda. Si una mezcla contiene poco o demasiado relleno mineral cualquier ajuste arbitrario para corregir la situación, probablemente la empeora. En vez de hacer ajustes arbitrarios, se deberá efectuar un muestreo en unas pruebas apropiadas para determinar las causas de las variaciones y si es necesario establecer otro diseño de mezcla.

La capacidad de absorción (habilidad para absorber asfalto) del agregado utilizado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto. Esto se debe a que se tiene que agregar

suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción, y para que además se pueda cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto.

Los técnicos hablan de dos tipos de asfalto cuando se refieren al asfalto absorbido y al no absorbido; contenido total de asfalto y contenido efectivo de asfalto.

El contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado, es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre las superficies de los agregados.

El contenido efectivo de asfalto se obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto.

La capacidad de absorción de un agregado es, obviamente, una característica importante en la definición del contenido de asfalto de una mezcla. Generalmente se conoce la capacidad de absorción de las fuentes comunes de agregado, pero es necesario efectuar ensayos cuidadosos cuando son usadas fuentes nuevas. Según Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)*. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador.

#### **IV. RESULTADOS**

##### **4.1 Ensayos de Material de Cantera.**

###### **4.1.1 Cantera San Martin**

A continuación describimos las canteras para el desarrollo de nuestra tesis

UBICACIÓN : Carretera Panamericana Norte KM 590+700

ACCESO : Directo, al lado derecho de la carretera Panamericana Norte

POTENCIA BRUTA : Mas de 100,000 m<sup>3</sup>, aprox.

TIPO DE MATERIAL : Agregado Grueso, agregado fino y Afirmado

USO : Material para el Afirmado, concreto.

TRATAMIENTO : Acumulación, Zarandeo.

PERIODO DE EXPLOTACIÓN:

Todo el año, empleándose cargador frontal u tractor sobre orugas, así como volquetes.

PROPIETARIO : COMERCIAL

Los materiales de cantera son básicos para la construcción de carreteras y vías urbanas. Tienen que soportar los principales esfuerzos que se producen en la vía y han de resistir el desgaste por rozamiento de la superficie.

Por tales motivos es importante conocer las propiedades y características de las canteras.

**a) Nombre:**

Cantera “San Martín”

**b) Ubicación:**

Está ubicada en el Km. 590+700, margen derecha de la Panamericana Norte.

**c) Accesos:**

El acceso para llegar a esta cantera es a través de la Panamericana Norte, que es una vía asfaltada, más 100 m. de longitud de trocha carrosable en lado derecho de la carretera

**d) Tipo de agregados:**

Agregado Fino (arena)

Agregado Grueso (piedra de ½”, ¾”, etc.)

Afirmado

**e) Características del suelo:**

Estructura:

Suelta.

Se realizó los siguientes ensayos para material de agregados para mezcla asfáltica:

- Análisis granulométrico.
- Análisis contenido de humedad.
- Análisis de peso Específico y Absorción
- Ensayo de Equivalente de Arena
- Ensayo de Abrasión con la máquina de los Ángeles

#### 4.1.2 Análisis Granulométrico

##### a) Objetivo del Ensayo

- Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.
- La norma ASTM D-422 describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta la malla de 74 mm (N° 200).

##### b) Resultado del Ensayo

**Tabla 6. Granulometría para piedra Chancada de 1/2"**

MALLAS	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RET. ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
N° 2"	50.00	0.00	0.00	100
N° 1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.50	3.75	04	96
N° 3/8"	9.50	20.00	41	59
N° 4	4.75	66.25	90.00	10.00
FONDO		10	100.00	0.00
<b>T.M.N.</b>			<b>3/8 "</b>	

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 7. Granulometría para Agregado Fino: Arena Gruesa**

MALLAS	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
N° 3/8"	9,500	0.00	0.00	100
N°4	4,750	-	-	100
N° 8	2,360	9.48	10	90
N° 16	1,180	11.23	24	76
N° 30	0,600	16.25	35	65
N° 50	0,300	15.58	45	55
N° 100	0,150	26.91	70	30
FONDO		17.60	100.00	0.00
<b>M.F</b>			<b>2.2</b>	

Fuente: Elaboración Propia

### 4.1.3 Contenido de humedad

#### a) Objetivos.

- El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.
- La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

#### b) Resultados del Ensayo.

**Tabla 8. Contenido de Humedad, piedra chancada de 1/2"**

DESCRIPCIÓN		M1	M2
Peso de Tarro	(gr.)	20.20	18.70
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	(gr.)	73.80	74.25
Peso de Tarro + Suelo Seco	(gr.)	73.50	73.95
Peso de Suelo Seco	(gr.)	53.30	55.25
Peso de Agua	(gr.)	0.30	0.30
% de Humedad	(%)	0.56	0.54
<b>% De Humedad Promedio</b>	<b>(%)</b>		<b>0.55</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 9. Contenido de Humedad. Arena Gruesa**

DESCRIPCIÓN		M1	M2
Peso de Tarro	(gr.)	19.72	22.20
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	(gr.)	66.15	65.65
Peso de Tarro + Suelo Seco	(gr.)	66.05	65.56
Peso de Suelo Seco	(gr.)	46.33	43.36
Peso de Agua	(gr.)	0.10	0.09
% de Humedad	(%)	0.22	0.21
<b>% De Humedad Promedio</b>	<b>(%)</b>		<b>0.21</b>

Fuente: Elaboración Propia



#### **4.1.4 Peso Especifico**

##### **a) Objetivos**

La presente NTP establece un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado fino.

Esta norma describe el procedimiento para determinar la gravedad específica y absorción del agregado grueso. La gravedad específica puede ser expresada como la gravedad específica bulk, gravedad específica bulk (SSD), o gravedad específica aparente. La gravedad específica bulk (SSD) y la absorción, se basan en agregados sumergidos en agua después de 24 horas. Este ensayo no debe ser usado en agregados de bajo peso.

Absorción : Aumento en el peso de los agregados debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje del peso seco.

Gravedad Específica: relación entre la masa (o peso en el aire) de una unidad de volumen de un material a la masa del mismo volumen de agua a una temperatura indicada. Los valores son adimensionales.

Gravedad Especifica Aparente: Relación entre el peso en el aire de una unidad de volumen de la parte impermeable del agregado a una temperatura indicada a el peso en el aire de un igual volumen de agua destilada libre de gas a una temperatura dada.

## b) Resultados

**Tabla 10. Peso Específico y Absorción del agregado grueso**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	<b>1042.4</b>
Peso material saturado y superficie seca (en agua)	(g)	<b>650.4</b>
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	<b>392.0</b>
Peso material seco a 105°C	(g)	<b>1030.7</b>
Volumen de masa	(cm <sup>3</sup> )	<b>380.3</b>
Peso bulk base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.629</b>
Peso bulk base saturada	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.659</b>
Peso aparente base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.710</b>
Absorción	(%)	<b>1.14</b>

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 11. Peso Específico y Absorción del agregado fino**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	RESULTADO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	<b>300.0</b>
Peso fiola + H <sub>2</sub> O	(g)	<b>651.0</b>
Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material	(g)	<b>951.0</b>
Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material saturado y superficie seca	(g)	<b>840.3</b>
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	<b>110.7</b>
Peso material seco a 105°C	(g)	<b>298.0</b>
Volumen de masa	(cm <sup>3</sup> )	<b>108.7</b>
Peso bulk base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.692</b>
Peso bulk base saturada	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.710</b>
Peso aparente base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.741</b>
Absorción	(%)	<b>0.67</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.5 Equivalente de Arena

##### a) Objetivos

Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.

##### b) Resultados.

**Tabla 12. Resultado de Equivalente de Arena**

ENSAYO	M-1	M-2
Lectura del Nivel de Muestra + Agua	250	250
Lectura del Nivel de Arena	228.4	229.1
SE (%)	91.36%	91.64%

**CALCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA**

<b>PROMEDIO</b>	<b>91.50%</b>
-----------------	---------------

**Fuente:** Elaboración Propia

#### 4.1.6 Abrasión de agregado Grueso con la Máquina de los Ángeles

##### a) Objetivos

Se refiere al procedimiento que se debe seguir para realizar el ensayo de desgaste de los agregados gruesos hasta de 37.5mm (1 ½´´) por medio de la máquina de los ángeles.

El método se emplea para determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, empleando la citada máquina con una carga abrasiva.

**b) Resultados.**

**Tabla 13. Resultado de Abrasión con la Máquina de los Ángeles**

<b>Mallas que Pasa - Retiene</b>	<b>Peso Inicial (gr)</b>	<b>Peso después del Ensayo retenido en malla N°12 (gr)</b>	<b>Peso que pasa T.N°12 después del ensayo (gr)</b>	<b>Porcentaje de Abrasión del agregado (%)</b>
		-	-	-
1 1/2" - 1"	1500	-	-	-
1" - 3/4"	1500	-	-	-
3/4" - 1/2"	1500	1229.17	270.83	18.06
1/2" - 3/8"	1500	-	-	-
<b>LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASIÓN DE :</b>				<b>18.06%</b>

Fuente: Elaboración Propia

**4.1.7 Limite Liquido**

**a) Objetivos**

- El Limite Liquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando este se halla en el límite entre el estado plástico y estado liquido
- El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

**b) Resultados**

**Tabla 14. Resultado de Límite Líquido**

**RESULTADOS DE ENSAYO**

Limite Liquido (%)	<b>NP</b>
--------------------	-----------

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.8 Limite Plástico e Índice de Plasticidad

##### a) Objetivos

- Es la Determinación en el Laboratorio del Limite Plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el limite Liquido (L.L.) del mismo suelo
- Se denomina Limite Plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

##### b) Resultados

**Tabla 15. Resultado de Límite Plástico e Índice de Plasticidad**

<b>RESULTADOS DE ENSAYO</b>		
Limite Plástico	(%)	<b>NP</b>
Índice de Plasticidad	(%)	<b>NP</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.9 Durabilidad al Sulfato de Magnesio

##### a) Objetivos

- Describe el procedimiento que debe seguirse, para determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.
- Este método suministra una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes

atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climáticas de la obra.

- Se advierte el hecho que los resultados que se obtengan varían según la sal que se emplee; y que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo, dado que su precisión es limitada, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes, no puede darse únicamente con él; se deben confirmar con resultados de otros ensayos más ligeros a las características del material
- Los valores de porcentaje de pérdidas admisibles, resultante de aplicar este método, generalmente difieren para agregados finos y agregados gruesos

**b) Resultados.**

**Tabla 16. Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio agregado fino**

ABERTURA MALLA		N°	PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)		Pérdida	Gradación	Pérdida
PASA	RET.	TARRO	ANTES	DESPUES	total (%)	original (%)	corre. (%)
3/8"	N°4						
N°4	N° 8	499	100.00	88.0	12.0	10.0	2.67
N° 8	N° 16	497	100.00	85.2	14.8	14.0	4.60
N° 16	N° 30	17	100.00	82.8	17.2	11.0	4.20
N° 30	N° 50	20	100.00	87.1	12.9	10.0	2.87
<b>PERDIDA TOTAL (%)</b>							<b>14.3</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 17. Resultado de Durabilidad al sulfato de magnesio agregado grueso**

ABERTURA MALLA		N°	PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)		Pérdida	Gradación	Pérdida
PASA	RET.	TARRO	ANTES	DESPUES	total (%)	original (%)	corre. (%)
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	122	672.1	919.8	8.3	41.0	3.40
1/2"	3/8"	384	331.1				
3/8"	N° 04	156	300.7	263.2	12.5	59.0	7.38
<b>PERDIDA TOTAL (%)</b>							<b>10.8</b>

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.10 Sales Solubles en suelos

##### a) Objetivos

- Esta Norma Técnica Peruana (NTP 339.152) establece la preparación de un extracto acuoso para la determinación del contenido de sales solubles en los suelos. Luego el método de ensayo que se indica es ampliamente conocido como determinación de sólidos disueltos en aguas (TDS), por lo que también es aplicable, en segundo caso a una muestra de agua subterránea.
- Los datos que se obtengan con estos procedimientos pueden ser de utilidad principalmente en la construcción civil.
- Esta Norma Técnica Peruana se aplica a muestras de suelos y Aguas Subterráneas

**b) Resultados.**

**Tabla 18. Resultado de Sales Solubles**

<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>SALES SOLUBLES (%)</b>
Arena	<b>0.3155</b>
Piedra	<b>0.2626</b>

Fuente: Elaboración Propia

**4.1.11 Ensayo de Angularidad del agregado Fino**

**a) Objetivos.**

- Se define como Angularidad del agregado fino el porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2.36mm levemente compactados.
- Determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y la Angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia al ahuellamientos

**b) Resultados**

**Tabla 19. Resultado de Angularidad del agregado fino**

<b>METODO DE ENSAYO</b>	<b>PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>VACIOS SIN COMPACTAR (%)</b>
<b>C</b>	2.692	39.0

Fuente: Elaboración Propia



#### 4.1.12 Valor de azul de metileno

##### a) Objetivos.

- Determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) presente en la fracción fina de un agregado mediante la determinación del Valor de Azul de Metileno.
- Este método puede requerir materiales, operaciones u equipos peligrosos. este ensayo no pretende considerar todos los problemas de seguridad asociado con su uso. Es responsabilidad de lo quien emplee el establecimiento de prácticas seguras a favor de la salud y la seguridad y la determinación de la aplicación de limitaciones regulatorias antes de su uso.

##### b) Resultados

**Tabla 20. Resultado de Valor de Azul de Metileno**

MUESTRA	VALOR DE AZUL DE METILENO (mg/g)
Cantera San Martin	0.50

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.13 Ensayo de Caras Fracturados en Agregado Grueso

##### a) Objetivos

- Se pretende realizar una clasificación del agregado grueso de acuerdo a la forma y textura de la superficie del mismo; se utiliza el porcentaje de fractura miento determinado en las caras de la partícula para realizar una catalogación general del material.
- Determinación principalmente cualitativa del material grueso optimo que genera alta resistencia a cortante dentro de un diseño.

- Utilizar alguno de los criterios de la norma MTC E210 en pro de la compresión de la relación conceptual en que mayor número de caras fracturadas, implica mayor fricción que se refleja en mayor resistencia

## b) Resultados

**Tabla 21. Resultado de Caras Fracturadas**

ABERTURA MALLA		Peso de la fracción de ensayo (g)	Numero de Partículas	Partículas Fracturadas (g)	Caras Fracturadas (%)	Gradación original (%)	Promedio de caras fractu.
PASA	RET.						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	106.4	31	106.4	100.0	34.2	3415.0
1/2"	3/8"	216.4	120	216.4	100.0	65.9	6585.0
<b>TOTAL</b>					200	100	10,000.0
<b>PARTICULAS CON UNA A MAS CARAS FRACTURA (%)</b>							<b>100.0%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia

### 4.1.14 Índice de durabilidad de agregados

#### a) Objetivos

- Determinar la durabilidad de agregados. El índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso, cuando se somete a los métodos de degradación mecánica.
- Fue desarrollado para permitir la precalificación de los agregados, propuestos para uso en la construcción de vías. Básicamente, el ensayo establece una resistencia de los agregados a generar finos, cuando son agitados en presencia de agua. Procedimientos de ensayo separado y diferente son usados para evaluar las porciones gruesas y finas del material.

**b) Resultados.**

**Tabla 22- Resultado de Índice de Durabilidad en agregado grueso**

<b>(Muestra preparada para el Ensayo)</b>		
<b>ABERTURA MALLA</b>		<b>PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)</b>
<b>PASA</b>	<b>RETENIDO</b>	
3/4"	1/2"	995.0
1/2"	3/8"	658.7
3/8"	N° 04	840.9

<b>INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (Dc)</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO</b>
Cantera San Martin	71 %

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 23. Resultado de Índice de Durabilidad en agregado fino**

<b>(Muestra preparada para el Ensayo)</b>		
<b>ABERTURA MALLA</b>		<b>GRADACIÓN PARA ENSAYO (%)</b>
<b>PASA</b>	<b>RETENIDO</b>	
N°4	N° 8	65.8
N° 8	N° 16	84.7
N° 16	N° 30	59.2
N° 30	N° 50	44.6
N° 50	N° 100	23.9
N° 100	N°200	71.7
N°200	-200	50.1

<b>INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (Df)</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>RESULTADO</b>
Cantera San Martin	63 %

Fuente: Elaboración Propia

## **4.2 Ensayo de Emulsión Asfáltica CSS-1HP**

### **4.2.1 Pruebas a la Emulsión Asfáltica**

#### **A. Viscosidad Saybolt Furol de Emulsión Asfálticas, 25°C**

##### **Objetivos:**

- Describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la viscosidad o consistencia de las emulsiones asfálticas por medio del viscosímetro Saybolt Furol.
- Las determinaciones se realizan a 25°C o 50°C, pudiendo emplearse el viscosímetro, aun en el caso en que el tiempo empleado para fluir, sea menor a 20 segundos.

#### **B. Tamizado por las Emulsiones Asfálticas**

##### **Objetivos:**

- Describe el procedimiento que debe seguirse para la realización del ensayo de tamizado de las emulsiones asfálticas.
- Mediante este ensayo se determina la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que hay en la emulsión. Los Grumos, así como la película que se forma en la parte superior, pueden ser debidos a la rotura de la emulsión, contaminaciones, mala fabricación, etc.

#### **C. Carga de Partícula de las Emulsiones Asfálticas**

##### **Objetivos:**

- Describe el procedimiento que debe seguirse para la identificación de las emulsiones asfálticas, aniónicas y catiónicas.
- El ensayo está basado en la diferente carga eléctrica, negativa o positiva, que poseen las partículas bituminosas en las emulsiones aniónicas o catiónicas, y consiste en introducir en la emulsión una pareja de electrodos unidos a una fuente de alimentación de corriente continua, observando, al cabo de un tiempo, en que electrodo se ha depositado la película de ligante

## D. Resultados.

Tabla 24. Pruebas a la Emulsión Asfáltica

PRUEBAS DE EMULSION			
ENSAYOS	Unidad	Resultados	Especificaciones NTP 321.059.02
A.- Viscosidad Saybolt de Emulsión asfálticas	Seg.	27	20 min
B.- Tamizado de las Emulsiones Asfálticas	-	0.01	0.1 Max
C.- Carga de Partícula de las Emulsiones Asfálticas	(+)	(+)	Positivo
D.- Estabilidad al Almacenamiento 24h	%	0.3	1.0 Max.

Fuente: Elaboración Propia

### 4.2.2 Pruebas al residuo por Destilación.

#### A. Residuo por Evaporación

##### Objetivos:

- Describe el procedimiento para la determinación del residuo por evaporación a 163°C de las emulsiones asfálticas.
- Mediante este ensayo se determina el porcentaje de asfalto que contiene una emulsión, evaporando el agua y pesando el residuo.
- Se describe dos procedimientos según sea o no, necesario realizar ensayos sobre dicho residuo.

#### B. Penetración de los materiales Asfálticos. 25°C.

##### Objetivos.

- Describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la consistencia de los materiales asfálticos sólidos o semisólidos en los cuales el único o el principal componente es un asfalto.

- La penetración se define como la distancia, expresada en decimas de milímetro hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura. Normalmente, el ensayo se realiza a 25°C durante un tiempo de 5s y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100 g aunque pueden emplearse otras condiciones previamente definidas.
- Los aparatos y el procedimiento descrito en esta norma son de aplicación general en productos asfálticos con una penetración máxima a 350.

### **C. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 5°C**

#### **Objetivos.**

- Método de ensayo para determinar la ductilidad de los materiales asfálticos, de consistencia sólida y semisólidas.
- Consiste en someter una probeta del material asfáltico a un ensayo de tracción, en condiciones determinadas de velocidad y temperatura, en un baño de agua de igual densidad, siendo la ductilidad la distancia máxima en cm, que se estira la probeta hasta el instante de la rotura.
- Normalmente, el ensayo se realiza con una velocidad de tracción de 5cm/min.± 5.0% y la temperatura de 25 ± 0.5°C; aunque puede realizarse en otras condiciones de temperatura y velocidad de acuerdo a especificaciones.

#### **D. Punto de Ablandamiento de anillo y bola 5°c**

##### **Objetivos.**

- El punto de ablandamiento es útil para clasificar productos bituminosos y es un valor índice de la tendencia del material a fluir cuando está sometido a temperaturas elevadas durante su vida de servicio. También puede servir para establecer la uniformidad de los embarques o fuentes de abastecimiento.
- Este ensayo de punto de ablandamiento debe determinarse por medio de un método arbitrario fijo pero definido, que produzca resultados reproducibles y comparables.
- La determinación del punto de ablandamiento de productor bituminoso en el intervalo de 30 a 157 ° C, utilizando el aparato de anillo y bola, sumergido en agua destilada glicerina USP, o glicol etileno.

#### **E. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C**

##### **Objetivos.**

- Describe el procedimiento que se debe seguir para determinar el grado de elasticidad que presenta los asfaltos modificados es particular con polímeros, de aplicación en construcción de carreteras.
- En casos particulares de clima, orográficas o de tránsito, se pueden utilizar productos, generalmente polímeros, que incorporados al ligante asfáltico modifican las características de este, con el objeto de mejorarlo funcionalmente.
- En el procedimiento que se describe, un cilindro de dimensiones especificadas se sumerge en la muestra del ligante bituminoso modificado. Mediante un dispositivo de torsión se gira el cilindro 180° y se determina, después de 30 minutos, el ángulo recuperado por él.

## F. Resultados.

**Tabla 25. Pruebas al residuo por destilación**

<b>PRUEBAS AL RESIDUO POR DESTILACIÓN</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificaciones NTP 321.059.02</b>
A.- Residuo por Evaporación	%	62	20 min
B.- Penetración de los materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	57	50-90
C.- Ductilidad de los materiales bituminosos, 5°C	Cm	15	10 min.
D.- Punto de ablandamiento de anillo y bola	°C	58	55 min.
E.- Recuperación Elástica por torsión, 25°C	%	22	12 min

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3 Ensayo al Cemento Asfáltico PEN 60/70

#### 4.3.1 Pruebas de ensayo al Cemento Asfáltico PEN 60/70

##### A. Punto de Inflamación mediante la copa abierta.

###### Objetivos.

- Este método describe la determinación del punto de inflamación de asfaltos líquidos que tengan punto de inflamación menores de 99.3°C mediante el aparato de copa abierta TAG.
- Generalmente las especificaciones asignan el método de la copa abierta Cleveland para asfaltos sólidos y asfaltos líquidos que tengan puntos de inflamación por encima de 79.5°C.



## **B. Solubilidad de materiales asfálticos en Tricloroetileno.**

### **Objetivos.**

- Determinar el grado de solubilidad en Tricloroetileno de materiales asfálticos que tengan poco material mineral o que carezcan de él.
- Este método es una medida de la solubilidad del asfalto en Tricloroetileno y la parte que sea soluble representa los constituyentes cementantes activos.

## **C. Ensayo de la Mancha (oliensis) materiales asfálticos.**

### **Objetivos.**

- Este método de ensayo es aplicable solamente a productos asfálticos derivados del petróleo y no será aplicado a asfaltos naturales que contienen materiales no bituminosos insolubles en xileno.
- Los materiales, los cuales para el uso del solvente standard son clasificados como positivos, pueden ser posteriormente ensayados para determinar el grado de positividad por medio de su equivalente xileno. El equivalente xileno será el % más bajo por volumen en un solvente compuesto de xileno y nafta standard o xileno y heptano normal como se especifica, que produce una mancha negativa, por el material problema. Estas serán conocidas como el xileno equivalente y equivalente heptano xileno respectivamente. El porcentaje de xileno en los solventes serán establecidos en incrementos constantes de % cuando no es especificado ninguno de los equivalentes xileno, la nafta standard puede ser solamente usada como solvente.

## D. Resultados.

**Tabla 26. Pruebas sobre el material bituminoso**

<b>PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL BITUMINOSO</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificaciones NTP 321.059.02</b>
1.- Penetración a 25°C, 100 g, 5s, 0.1mm	0.1mm	64	60 - 70
2.- Punto de inflamación, °C	°C	299	232min.
3.- Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	Cm	134	100 min.
4.- Solubilidad en Tricloro-etileno, %	%	99.85	99 min.
5.- Índice de Penetración	%	-0.5	-1 - 1
6.- Ensayo de La mancha (Oliensis)	-	-	-
Solvente Nafta. Xileno, %Xileno	%	30%	Negativo

**Fuente:** Elaboración Propia

**Tabla 27. Pruebas sobre la película delgada a 163° C**

<b>PRUEBAS SOBRE LA PELICULA DELGADA A 163°C, 3.2mm, 5h</b>			
<b>ENSAYOS</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>	<b>Especificaciones NTP 321.059.02</b>
1.- Pérdida de Masa	%	0.8	0.8 máx.
2.- Penetración retenida después del ensayo de la película fina, %	0.1mm	68.8	52min.
3.- Ductilidad del residuo , 25°C, 5cm/min, cm	Cm	53.4	50 min.

**Fuente:** Elaboración Propia

### 4.4 Diseño Marshall en mezcla asfáltica en Caliente

#### 4.4.1 Introducción

El concepto del método de diseño de mezclas bituminosas fue desarrollado por Bruce Marshall en el departamento de Carreteras de Mississippi, Estados Unidos. En su forma actual, este ensayo surgió de una investigación iniciada por el cuerpo de ingenieros del ejército de pistas de aeropuertos durante la segunda Guerra Mundial. El cuerpo de ingenieros decidió adoptar el método Marshall debido en parte a que utilizaba un equipo de fácil manejo, portátil y que podía utilizarse rápidamente en obra. Se realizaron muchos tramos de pruebas haciendo

servir un tráfico simulado para determinar el comportamiento de las mezclas variando su composición y para establecer la energía de compactación necesaria al fabricar las probetas con densidad similar a la obtenida en obra.

El propósito del método de dosificación Marshall es determinar el contenido óptimo de betún para una combinación específica de áridos. Se trata de un ensayo mecánico que consiste en romper probetas cilíndricas de 101.6 mm de diámetro por 63.5 mm de altura preparadas y compactadas mediante un martillo de peso y altura de caída normalizados. Posteriormente se calientan a una temperatura de 60°C y se rompen en la prensa Marshall mediante la aplicación de una carga vertical a través de una mordaza perimetral y una velocidad de deformación constante de 50.8 mm/min para determinar su estabilidad y deformación. Este método establece densidades y contenidos óptimos de huecos que se han de cumplir durante la construcción del pavimento.

Es importante saber que este ensayo es uno de los más conocidos y utilizados tanto para la dosificación de mezclas bituminosas como para su control en planta mediante la verificación de los parámetros de diseño de las muestras tomadas.

#### **4.4.2 Objetivos**

- Determinar la proporción adecuada de cemento asfáltico en la mezcla hecha en el laboratorio.
- Medir la Estabilidad y flujo de las muestras.
- Determinar la cantidad de asfalto suficiente para recubrir completamente los agregados.
- Realizar un análisis de densidad – vacíos de la mezcla

### 4.4.3 Resultados

**Tabla 28. Análisis Granulométrico para diseño Marshall**

MALLAS		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN IV-b
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050		100.0	100
1/2"	12.700	7.0	93.0	80 - 100
3/8"	9.525	14.0	79.0	70 - 90
1/4"	6.350	22.0	57.0	
Nº 4	4.760	8.0	49.0	50 - 70
Nº 6	3.360	1.0	48.0	
Nº 8	2.380	4.0	44.0	35 - 50
Nº 10	2.000	1.0	43.0	
Nº 16	1.190	5.0	38.0	
Nº 20	0.840	3.0	35.0	
Nº 30	0.590	3.0	32.0	18 - 29
Nº 40	0.426	2.0	30.0	
Nº 50	0.297	3.0	27.0	13 - 23
Nº 8	0.177	7.0	20.0	
Nº 100	0.149	5.0	15.0	8 - 16
Nº 200	0.074	9.0	6.0	4 - 10
Nº 200	ASTM C 117 - 04	6.0		

Fuente: Elaboración Propia

#### RESUMEN DE ENSAYO

##### PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS

- (1) Piedra chancada (Cantera San Martin) = 51%
- (2) Arena natural (Cantera San Martin) = 48%
- (3) Filler (Cal Hidratada) = 01%

##### PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE

- AGREGADO GRUESO = 51%
- AGREGADO FINO = 49%

**A. Ensayo Tentativo de Mezclas Asfálticas en Caliente Método Marshall**

**Mezcla De Agregados (Proporción En Peso)**

Cantera	: San Martin
Piedra chancada	: 51 %
Arena natural	: 48 %
Arena chancada	: 0 %
Filler (Cal hidratada)	: 1 %
T. Máximo	: 3/4 pulg

**Aditivo Mejorador De Adherencia**

IDENTIFICACIÓN	: Aditivo tipo líquido
DOSIFICACIÓN	: 0.5% en peso del Asfalto

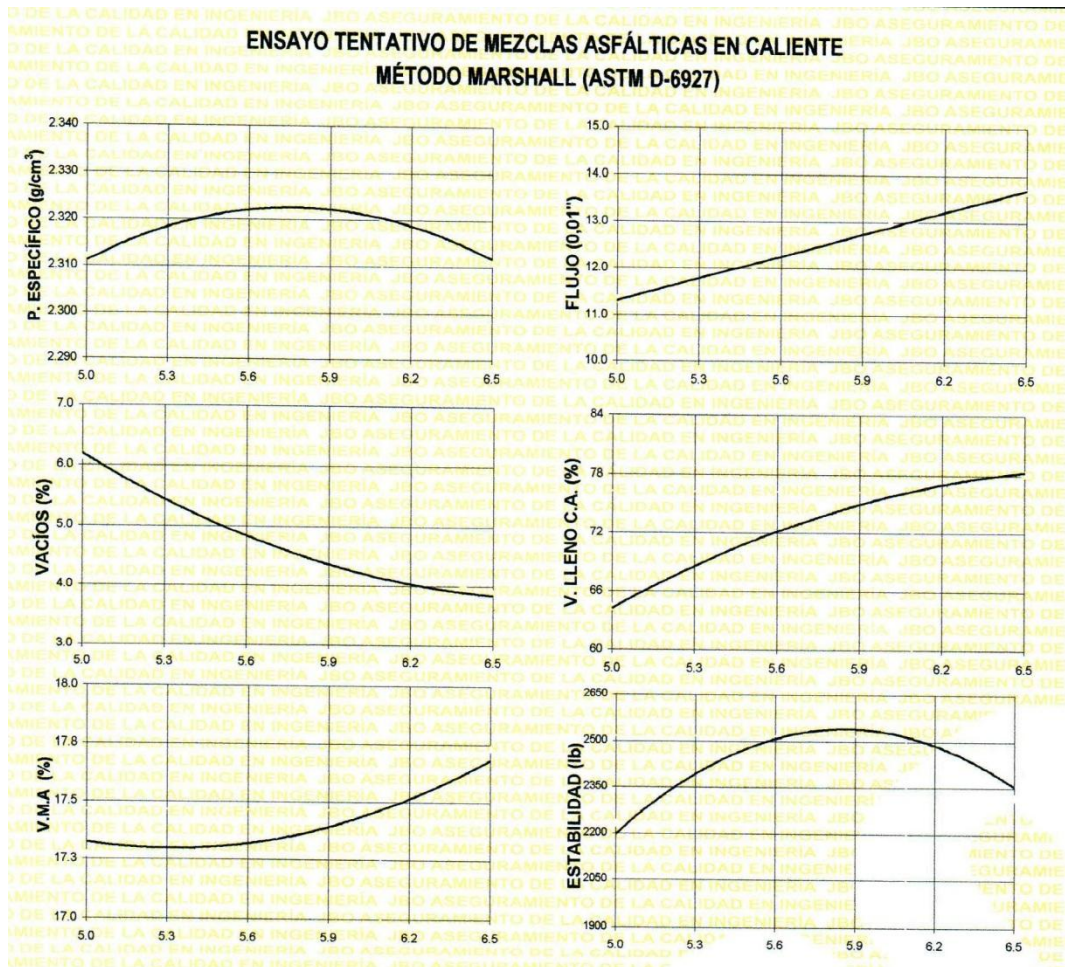
**Ligante Bituminoso**

TIPO DE ASFALTO	: Sólido
CLASIFICACIÓN	: PEN 60/70
ORIGEN	: - .-
<b>ÓPTIMO CONT. ASFALTO</b>	<b>: 6.1%</b>
TEMP. DE MEZCLA (°C)	: 145.0
ADITIVO	: Amina (líquido) (0,5% en peso del asfalto)

**Tabla 29. Características Marshall**

<b>CARACTERÍSTICAS MARSHALL</b>				
Nº DE GOLPES			75	
CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)	(%)	5.8	6.1	6.4
PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> ) (ASTM D-1188)	(g/cm <sup>3</sup> ) (ASTM D-1188)	2.323	2.32	2.314
ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)	(lb) (ASTM D-1559)	2532	2516	2420
FLUJO (0,01") (ASTM D-1559)	(0,01") (ASTM D-1559)	12.5	13.1	13.5
VACIOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)	(%) (ASTM D-3203)	4.6	4.1	3.9
VACIOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559)	(%) (ASTM D-1559)	17.3	17.5	17.6
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)	(%) (ASTM D-1559)	73.9	76.2	77.6
ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4469)	(%) (ASTM D-4469)		0.2	
ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)	(Kg/cm) (ASTM D-1559)	3609	3443	3192
RELACIÓN POLVO - ASFALTO		1.1	1	1
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)	(°C)		145	

Fuente: Elaboración Propia





**Figura 5. Gráficas del diseño Marshall en Caliente**

Fuente: Elaboración propia.

**MATERIALES:**

Agregado de la Cantera San Martín

- Piedra chancada 51%
- Arena natural 48%
- Arena chancada 0%
- Filler (Cal hidratada) 1%
- T. Máximo 3/4 pulg

**OBSERVACIONES:**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.

**Tabla 30. Control de Mezcla Asfáltica en Campo**

Nº	DENOMINACIÓN	MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)												
		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	(%)		5.0			5.5			6.0			6.5	
2	AGREGADO GRUESO N° 4 EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		48.45			48.2			47.94			47.69	
3	AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		45.60			45.36			45.12			44.88	
4	FILLER MÍNIMO 65% PASA N° 300 EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		0.95			0.95			0.94			0.94	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	(gl/cm)		1.000			1.000			1.000			1.000	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCADO BULK BASE SECA	(gl/cm)		2.629			2.629			2.629			2.629	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - BULK BASE SECA	(gl/cm)		2.692			2.692			2.692			2.692	
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	(gl/cm)		2.300			2.300			2.300			2.300	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	(cm)	6.70	6.70	6.60	6.80	6.70	6.70	6.70	6.70	6.60	6.60	6.70	6.60
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (1)		1214.5	1208.7	1215.5	1220.2	1221.2	1217.1	1231.6	1221.1	1227.3	1235.2	1232.9	1232.2
11	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2)		1215.5	1211.1	1217.3	1221.6	1222.4	1218.9	1232.4	1223.3	1228.5	1236.4	1234.0	1233.2
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA		690.0	689.0	691.0	695.0	696.0	694.0	702.3	698.2	700.3	702.8	702.6	697.0
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA		525.5	522.1	526.3	526.6	526.4	524.9	530.1	525.1	528.2	533.6	531.4	536.2
14	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA		2311	2.315	2.310	2.317	2.32	2.319	2.323	2.325	2.324	2.315	2.320	2.298
15	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ASTM D-2041)			2.464			2.445			2.423			2.404	
16	VACÍOS	(%)	6.2	6.0	6.2	5.2	5.1	5.1	4.2	4.1	4.1	3.7	3.5	4.4
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL			2.655			2.655			2.655			2.655	
18	VACIOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A)	(%)	17.3	17.2	17.3	17.5	17.4	17.5	17.3	17.2	17.3	17.6	17.4	18.2
19	VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	64.2	64.9	64.1	70.2	70.8	70.6	76.0	76.4	76.3	78.9	79.8	75.7
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL			2.669			2.669			2.666			2.665	
21	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	(%)		0.20			0.20			0.15			0.14	
22	ASALTO EFECTIVO	(%)		4.8			5.3			5.9			6.4	
23	FLUJO		11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR		1024.5	986.4	1119	1124	1123	1124	1245	1265.5	1245.2	1104.0	1110.0	1115.0
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
26	ESTABILIDAD CORREGIDA		983.5	986.4	1074.2	1079.0	1078.1	1079.0	1195.2	1205.2	1195.4	1059.8	1065.6	1037.0
27	RELACIÓN ESTAB/FLUJO		3520	3530	3524	3540	3537	3540	3620	3650	3620	3210	2997	2916
28	RELACIÓN POLVO/ASFALTO			1.2			1.1			1.0			0.9	

**Fuente:** Elaboración Propia



### **Asfalto en la Mezcla (%)**

#### **Materiales:**

Agregado de la Cantera San Martín

- |                          |          |
|--------------------------|----------|
| - Piedra chancada        | 51%      |
| - Arena natural          | 48%      |
| - Arena chancada         | 0%       |
| - Filler (Cal hidratada) | 1%       |
| - T. Máximo              | 3/4 pulg |

- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.

#### **Observaciones:**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.

#### 4.4.4 Ensayo de Adherencia de agregados (Stripping) MTC E517

##### Objetivos.

- Describe el procedimiento que debes seguirse para evaluar, el efecto de la acción del agua sobre la película asfáltica que recubre un agregado, mediante un ensayo de adhesividad pasiva (Stripping), que intenta poner de manifiesto la afinidad recíproca entre ambos materiales.
- El ensayo debe aplicarse tan solo para los materiales que se van a utilizar en forma de tratamientos superficiales y mezclas de granulometría abierta, pero no se empleara como medida del comportamiento en la obra ya que no se han podido establecer correlaciones satisfactorias.
- El procedimiento se ejecutara fundamentalmente con los agregados y asfaltos que se van a utilizar en la obra. También podrá utilizarse para juzgar un agregado con respecto a un ligante asfaltico tipo o recíprocamente así mismo, se puede emplear para valorar la acción de los aditivos que se utilicen para mejorar la adhesividad.
- El ensayo se puede aplicar a todos los tipos de asfaltos que se emplean en la construcción de asfaltos.

##### Resultados.

**Tabla 31. Ensayo de Adherencia de agregado Grueso**

<b>ESTADO</b>		<b>RESULTADO</b>
Recubrimiento	(%)	100
Adherencia	(%)	+95

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 32. Ensayo de Adherencia de agregado fino**

DENOMINACION			Desprendimiento Árido - Asfalto	Resultados
<b>Agua Destilada</b>		0	NULO	
	M/256	1	NULO	
	M/128	2	NULO	
	M/64	3	NULO	<b>PARCIAL : Grado 4</b>
	M/32	4	PARCIAL	
<b>Concentración de Carbonato Sódico</b>	M/16	5	PARCIAL	
	M/8	6	PARCIAL	<b>TOTAL: Grado 9</b>
	M/4	7	PARCIAL	
	M/2	8	PARCIAL	
	M/1	9	TOTAL	

Fuente: Elaboración Propia

#### **4.4.5 Gravedad Especifica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas (RICE)**

##### **Objetivos.**

- Este método se refiere al procedimiento para la determinación de la gravedad específica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos a 25°C, sin compactar.
- Los valores se deben expresar en unidades SI.
- Esta norma no considera los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

## Resultados.

Tabla 33. Ensayo de Gravedad Específica Máxima Teórica (RICE)

GRAVEDAD ESPECÍFICA MAX. TEORICA (RICE)					
N°	DENOMINACIÓN	1B	2B	3B	4B
01	Peso Específico Máximo (ASTM D-2041)	2.464	2.445	2.423	2.404

Fuente: Elaboración Propia

### 4.5 Diseño Marshall en mezcla asfáltica en Frio.

#### 4.5.1 Introducción.

Las preocupaciones por la conservación del medio ambiente a nivel mundial, hacen que las mezclas en frio representen una alternativa viable, pues la producción de estas mezclas implica un ahorro en el consumo de energía, así como, una reducción en la generación de vapores tóxicos y polvo.

Como ventaja de este tipo de mezclas esta su versatilidad, pues permite utilizar una gran variedad de agregados y tipos de emulsiones, asfalto líquido, además, pueden ser utilizadas en condiciones ambientales diversas, ya que uno de los requerimiento es cumplir con una temperatura mayor que 10°C, condición térmica que se puede cumplir en la mayoría de las zonas del país.

Para la reparación de los tipos de deterioro como roturas de la superficie, que penetren hasta la baso o por debajo de ella, se podrán utilizar las mezclas en frio seleccionando, la que más adecue a la medida de la rotura, de acuerdo con sus características granulométricas y textura superficial.

Debido a estas razones es importante profundizar en el conocimiento de esta tecnología, en sus posibles usos y especificaciones para poder aplicarla correctamente en nuestro medio. También es necesario realizar una revisión de los ensayos de laboratorio que se utilizan para el diseño y caracterización de desempeño de estas mezclas, tanto para los componentes como para la combinación de los mismos.

La decisión del uso de estas mezclas, dependerá de algunas condiciones tales como: la comparación técnica-económica, la magnitud y lugar de emplazamiento de la obra, el tránsito, las condiciones climáticas predominantes, entre otras. La finalidad de esta investigación será brindar las bases para que esta alternativa de pavimentación influya de manera positiva en el desarrollo de nuestra ciudad.

#### **4.5.2 Objetivos**

- El objetivo principal de este estudio es proveer el soporte técnico relacionado con los conceptos teóricos y prácticos, de la utilización de las mezclas asfálticas en frío, para la implementación de esta alternativa de pavimentación, para lo cual se consideran los siguientes pasos
- La definición de mezclas en frío y las diferentes formas de clasificaciones.
- Los procedimientos de ensayo de laboratorio (diseño y desempeño)

#### **4.5.3 Resultados**

##### **Ensayo Tentativo de Mezclas Asfálticas en Frío Método Marshall**

##### **Mezcla De Agregados (Proporción En Peso)**

Cantera	: San Martin
Piedra chancada	: 51 %
Arena natural	: 48 %
Asfalto en emulsión	: 60 %
Agua en emulsión	: 40 %
T. Máximo de agregados	: 3/4 pulg

## LIGANTE BITUMINOSO

Tipo de asfalto : Emulsión asfáltica

Clasificación : Emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1HP

PTIMO CONT. ASFALTO : 6.2%

Temp. De Mezcla (°C) : Ambiente

Tabla 34. Características Marshall en frío

CARACTERÍSTICAS MARSHALL				
Nº DE GOLPES			75	
CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL	(%)	5.9	6.2	6.5
PESO ESPECÍFICO SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.113	2.123	2.136
ESTABILIDAD MODIFICADA	(lb)	2394	2472	2239
VACIOS (AIRE MAS AGUA)	(%)	4.6	3.7	3.0
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT.	(°C)	TEMPERATURA AMBIENTE		

Fuente: Elaboración Propia

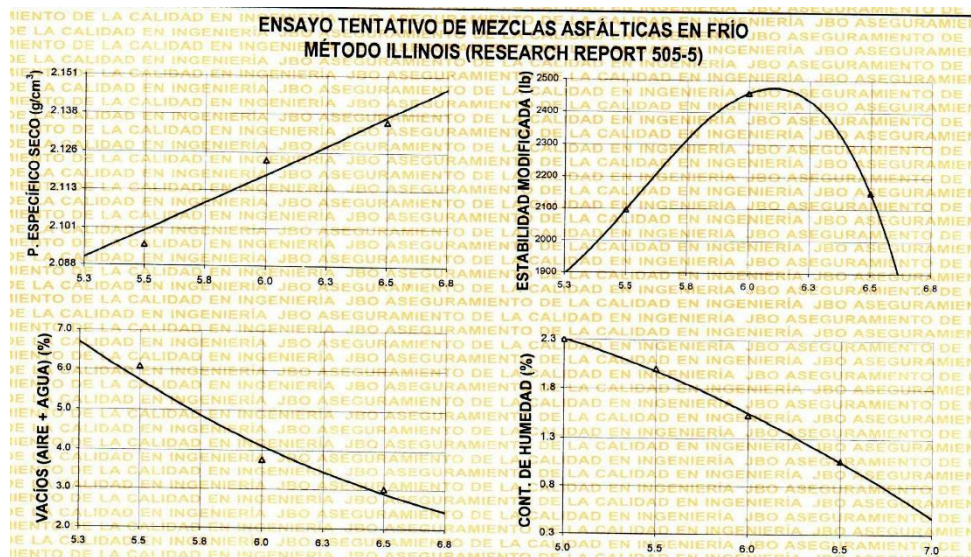


Figura 6. Gráficas del diseño Marshall en Frío

Fuente: Elaboración propia.

**MATERIALES:**

Agregado de la Cantera San Martín

- Agregado Grueso	51%
- Agregado Fino	48%
- Asfalto en Emulsión	0%
- Agua en emulsión	1%
- T. Máximo	3/4 pulg

**OBSERVACIONES:**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Emulsión asfáltica proporcionada por el solicitante.
- Curado de los testigos a medio ambiente por 48 horas.

**Tabla 35. Control en Campo mezcla asfáltica en frío**

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)														
Nº	DENOMINACIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	
1	CEMENTO ASFÁLTICO RESIDUAL	(%)	5.0			5.5			6.0			6.5		
2	AGREGADO GRUESO NATURAL (<Nº 4)	(%)	48.94			48.68			48.42			48.17		
3	AGREGADO FINO NATURAL (>Nº 4)	(%)	46.06			45.82			45.58			45.33		
4	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	(gl/cm <sup>3</sup> )	1.000			1.000			1.000			1.000		
5	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	(cm)	6.40	6.50	6.50	6.50	6.50	6.40	6.50	6.40	6.50	6.50	6.40	
6	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	(g)	1149.8	1156.1	1146.0	1158.2	1157.7	1151.0	1165.0	1165.3	1157.6	1152.3	1158.3	1153.3
7	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	(g)	1150.4	1156.7	1146.7	1161.7	1158.8	1152.2	1165.8	1166.5	1158.8	1153.1	1159.0	1154.0
8	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	(g)	610.0	615.0	609.0	620.0	618.0	612.0	626.0	625.0	622.0	619.0	622.0	620.0
9	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	(cm <sup>3</sup> )	540.4	541.7	537.7	541.7	540.8	540.2	539.8	541.5	536.8	534.1	537.0	534.0
10	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA	(gl/cm <sup>3</sup> )	2.128	2.134	2.131	2.138	2.141	2.131	2.158	2.152	2.156	2.157	2.157	2.160
11	PESO ESPECIFICO BULK SECO DE LA BRIQUETA	(gl/cm <sup>3</sup> )	2.078	2.086	2.085	2.096	2.097	2.091	2.122	2.120	2.126	2.134	2.136	2.136
12	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ASTM D-2041)	(gl/cm <sup>3</sup> )		2.409					2.380				2.390	
13	VACÍOS	(%)	7.8	7.5	7.5	6.0	6.0	6.2	3.8	3.9	3.6	3.1	3.0	3.0
14	PESO DEL ESPECIMEN FALLADO	(g)	941.0	928.0	956.3	889.7	901.4	911.0	946.6	913.2	953.1	946.6	913.2	953.1
15	PESO DEL ESPECIMEN FALLADO SECO	(g)	917.3	905.5	934.0	867.9	880.8	891.9	929.1	897.7	938.0	934.8	902.9	941.4
16	CONTENIDO DE HUMEDAD		2.4	2.3	2.2	2.0	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.1	1.0	1.1
17	ESTABILIDAD MODIFICADA SIN CORREGIR	(Kg)	881.0	882.0	889.0	1020.0	1022.0	1030.0	1205.0	1202.0	1200.0	1030.0	1025.0	1033.0
18	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.96	0.93	0.96
19	ESTABILIDAD MODIFICADA CORREGIDA	(Kg)	819.3	820.3	826.8	948.6	950.5	957.9	1120.0	1117.9	1116.0	988.3	953.3	991.7

**Fuente:** Elaboración Propia



#### **4.5.4 Gravedad Especifica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas (RICE)**

Este método se refiere al procedimiento para la determinación de la gravedad específica máxima teórica y densidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos a 25°C, sin compactar.

Los valores se deben expresar en unidades SI.

Esta norma no considera los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien la emplee establecer prácticas apropiadas de seguridad y salubridad y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su empleo.

#### **Resultados.**

**Tabla 36. Ensayo de Gravedad Específica Máxima Teórica (RICE)**

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA MAX. TEORICA (RICE)</b>					
<b>N°</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>1B</b>	<b>2B</b>	<b>3B</b>	<b>4B</b>
01	Peso Específico Máximo (ASTM D-2041	2.409	2.395	2.380	2.390

**Fuente:** Elaboración Propia

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1 Análisis y Resultado**

En este capítulo se presentara los resultados obtenidos durante el proceso de la investigación, estos se derivan del análisis y la deducción de los ensayos efectuados en el laboratorio, los cuales producen datos suficientes para dar respuesta a los objetivos planteados.

Los resultados obtenidos se presentan por medio de un resumen informativo, los cuales provienen de planillas y/o tablas de informes que a su vez se llenan con los datos obtenidos en el laboratorio y mediante el cálculo de ecuaciones si el caso así lo requiera.

Los resultados obtenidos se muestran siguiendo un orden dado por las variables e indicadores.

Para el análisis de los resultados fue tomado en cuenta valores del manual de ensayos de materiales (EM 2000) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Para los efectos de la presente investigación se emplearon los criterios, normas y procedimientos para el diseño de mezclas asfálticas en el manual de especificaciones técnicas para la construcción de carreteras en su apartado del capítulo 4 sección 424.

### **5.2 Determinación de las características de los materiales de cantera**

Para el logro de este objetivo, se llevó a cabo la recolección de agregados de las canteras ya mencionadas anteriormente. La adquisición de los agregados se realizó tomándolos directamente de las pilas de material presente en dicha cantera, la cual esta seleccionada por dos tipos de agregados piedra chancada de ½'' y arena gruesa

Seguidamente son llevados a un laboratorio de control de calidad de la

Universidad Privada Antenor Orrego y del laboratorio Huertas ingenieros S.A.C, y se procedió a realizar los ensayos pertinentes a los agregados obtenidos.

En los ensayos mostrados podemos concluir que según los parámetros SUCS para la piedra o grava son pobremente graduada para ambas canteras y para la arena gruesa según los parámetros de AASHTO el tipo de material de suelo es un A3, también para ambas canteras.

Además podemos observar la tabla N°05 y 06 en el ensayo de granulometría, pudimos determinar que con la malla  $\frac{3}{4}$ '' pasa un 100% y con la malla  $\frac{1}{2}$ '' pasa un 96.25%, se puede determinar que la cantera San Martin cumple los parámetro de una piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ '' . Según MTC (2003).

Para el ensayo de contenido humedad en la tabla N°08 y 09 pudimos observar que para agregad grueso piedra  $\frac{1}{2}$ '' tienen una muestra de 0.55% y 0.54% esto quiere decir que cumple con los parámetros establecidos por el MTC de  $\pm 1\%$  y así mismo para el agregado de arena gruesa tiene una muestra 0.22% y 0.21% y está dentro del parámetro indicado.

Para el ensayo de Equivalente de arena, observamos en la tabla N°10 muestra un porcentaje de 91.50%, por lo tanto se indica que para un tráfico en ejes equivalentes de  $>3 - 30$  (millones), debe satisfacer por lo menos un 50%, en consecuencia se afirma que el material de las canteras cumplen con los parámetros establecidos.

Para el ensayo de abrasión con la máquina de los ángeles, con el material de agregado grueso de la cantera San Martin presenta una resistencia a la abrasión de un 18.06% (ver tabla N°12), este resultado cumple con los parámetros establecidos por el MTC E207 de  $\leq 3000$  msnm es un 40% como máximo.

En el ensayo de índice de Plasticidad (malla, N°200) su resultado es que No Presenta ningún Porcentaje simbólico, y si cumple los parámetros establecidos por el MTC E111 que dice que  $4_{max}$  en  $\leq 3000$  msnm.

Al observar el ensayo de Durabilidad al sulfato de Magnesio, en los agregados grueso y fino tienen un porcentaje de 10.8 % y 14.3% respectivamente, estos resultados cumplen con las especificaciones técnicas establecida por el MTC E 2019 que para el agregado grueso y fino es 18% $_{max}$  y NP para  $\leq 3000$  msnm.

En el ensayo de Sales solubles en agregados tenemos como resultado 0.3155% para el agregado fino y 0.2626 para el agregado grueso estos resultados proceden con los parámetros establecidos por el MTC E 219 con un 0.5% máx. Para el agregado fino y grueso respectivamente.

En el ensayo de Angularidad del agregado fino tenemos como resultado de 39.0% este resultado cumple con los parámetros establecidos del MTC E 222 con un 30% máx.  $\leq 3000$  msnm.

Para el ensayo de azul de metileno tenemos como resultado 0.50mg/g este valor está dentro de las especificaciones técnicas del AASTHO TP 57 de 8 máx.  $\leq 3000$  msnm.

Para el ensayo del Índice de durabilidad unos de los ensayos más importantes para el diseño Marshall hemos obtenido un valor de 71% para el agregado grueso y 63% para el agregado fino, estos valores cumplen con los parámetros establecidos del MTC E214 con 35% máx.  $\leq 3000$  msnm.

### **5.3 Determinación de Ensayo de Emulsiona Asfáltica CSS-1HP**

Los ensayos realizados en el laboratorio mostraron un reporte de calidad para la emulsión asfáltica CSS-1HP, los cuales se reflejan en la tabla N° 18 y 19. Al observar, podemos determinar que si cumplen con las

especificaciones técnicas, según INDECOPI en la Norma Técnica Peruana 321.141. Este tipo de emulsión asfáltica catiónica con rotura lenta, tiene muy habilidad para mezclas con los agregados.

#### **5.4 Determinación de Ensayo de Cemento Asfáltico PEN60/70**

Para este tipo de ensayo se tuvo que realizar en laboratorios de alta capacidad técnica, este ensayo se realizó en REPSOL S.A y mostraron un reporte de calidad para el cemento asfáltico PEN60/70, los cuales se reflejan en la tabla N° 20 y 21. Al observar, podemos determinar que si cumplen con las especificaciones técnicas, según INDECOPI en la Norma Técnica Peruana 321.051.

#### **5.5 Determinación de diseño Marshall en mezcla Asfáltica en Caliente**

Según los ensayos realizados en el capítulo 4, tanto el agregado fino como el agregado grueso de la cantera San Martín presentan una buena adherencia en mezclas para asfalto líquido PEN60/70. De las curvas podemos describir lo siguiente.

De las curvas de diseño graficadas para determinar el contenido óptimo de asfalto se encuentran en la fig. 04, se puede observar lo siguiente.

El porcentaje de V.M.A y el porcentaje de V.F.A (Vacíos Llenos) aumentan de porcentaje durante su desarrollo de incremento de porcentaje de asfalto, por otro lado el porcentaje de Vacíos disminuye durante el incremento de porcentaje de asfaltos.

El peso específico aumenta durante el incremento de porcentajes de contenido de asfalto hasta llegar su máximo de 6.0% relativamente, si seguimos esa tendencia el porcentaje disminuye alcanzando su valor

máximo para un determinado contenido de asfalto y así formando un parábola invertida.

En la curva Flujo vs contenido de asfalto presenta una clara tendencia de aumento cada vez que aumentamos el porcentaje de asfalto

En general se puede apreciar en las gráficas mantienen un comportamiento típico. Teniendo en cuenta que el diseño de mezclas fue echo para un tránsito pesado, es importante resaltar lo siguiente:

El valor de estabilidad vs el contenido de asfalto de 6% tiene un valor de 11817N. Este valor tiene un incremento de 47.6% mayor que lo recomendado por el instituto de asfalto americano. Por lo este diseño de mezcla es recomendable para su tipo de construcción en carreteras en la ciudad de Trujillo.

Para el contenido óptimo de asfalto de 6% tiene un valor de VMA de 17.4%, siendo el mínimo exigido de 11%

Los parámetros que debería encontrarse el porcentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA) están comprendido entre 65-75%. Y los resultados obtenidos son de 75% con el contenido de asfalto óptimo.

Para el valor de fluencia (flujo) es de 12.8% con el porcentaje óptimo de diseño este valor está dentro del parámetro establecido por el instituto de asfalto americano de 8-14%.

En resumen tenemos unas características y adherencia de agregados de la cantera San Martín que podrían ser útiles para un diseño de mezcla en caliente con asfalto líquido Pen 60/70 de tránsito pesado y presentar una conducta favorable en su construcción y durabilidad.

## **5.6 Determinación de diseño Marshall en mezcla asfáltica en Frio.**

De la figura N°06 de diseños obtenidos para determinar el contenido óptimo de asfalto, se muestra en lo siguiente:

El peso específico Bulk y la estabilidad Marshall alcanzan un máximo para un determinado contenido de asfalto para su óptimo, este tiene como resultado una parábola invertida para la estabilidad.

Es importante resaltar las gráficas obtenidas que entre el rango de 5% y 6.5% de cemento asfáltico y el peso específico disminuye con el aumento en el contenido de asfalto, esto es coherente. Además, el máximo valor del peso específico se obtiene con 5%, pero no concuerda con el óptimo contenido de asfalto correspondiente a su valor de estabilidad (6%).

Teniendo en cuenta que la mezcla asfáltica en frío tiene un diseño de para un tránsito pesado, se puede rescatar lo siguiente:

Para el contenido óptimo de asfalto, 6%, la estabilidad de las briquetas ensayadas alcanzan un promedio de 10963N. Este valor se encuentra aproximadamente un 37% mayor que lo especificado por instituto del asfalto americano, que es 8006N. Por lo tanto, se puede concluir que el diseño es satisfactorio, verificando así el uso de mezclas asfálticas en frío con emulsión en el diseño de mezclas asfálticas para un tránsito pesado.

Para el contenido óptimo de asfalto el porcentaje de vacíos es aproximadamente de 3.8%, podemos deducir que si cumple con los parámetros establecidos.

Para el contenido de húmeda con las gráficas obtenidas que entre el rango de 5% y 6.5% de cemento asfáltico y el contenido de humedad disminuye con el aumento en el contenido de asfalto, esto se deduce es coherente.

### **5.7 Comparación de resultados para mezclas asfálticas en frío y caliente con CSS-1HP y PEN60/70 respectivamente**

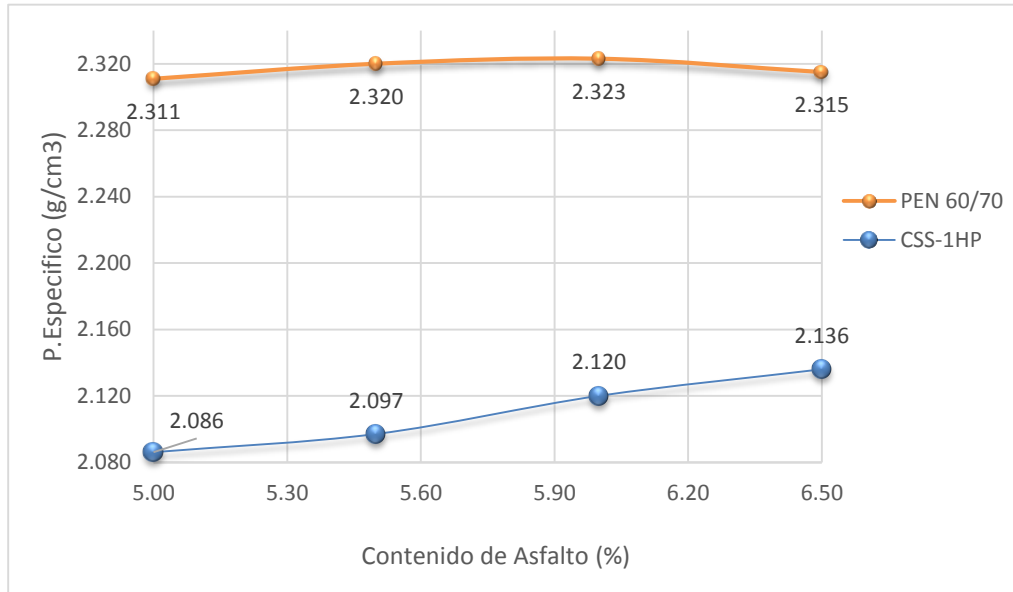
La comparación hará a partir de las gráficas de porcentaje de vacíos, peso específico y estabilidad, tal como se muestra en la figura N°08.

En general el porcentaje de vacíos tiende a disminuir con el aumento de con tenido de asfalto tanto para el PEN 60/70 y para la emulsión CSS-1HP. Estas tendencias son congruentes ver fig. N°08.

Para los parámetros de contenido de cemento asfáltico PEN60/70 (5-6.5%), el peso específico tiene una forma de parábola invertida llegando a su máxima capacidad con su óptimo contenido de asfalto de 6%. Con la emulsión asfáltica CSS-1HP el peso específico tiene un rango de aumento durante el incremento de contenido de asfalto, teniendo su resultado mayor en con el 6.5% de asfalto ver fig. N°07.

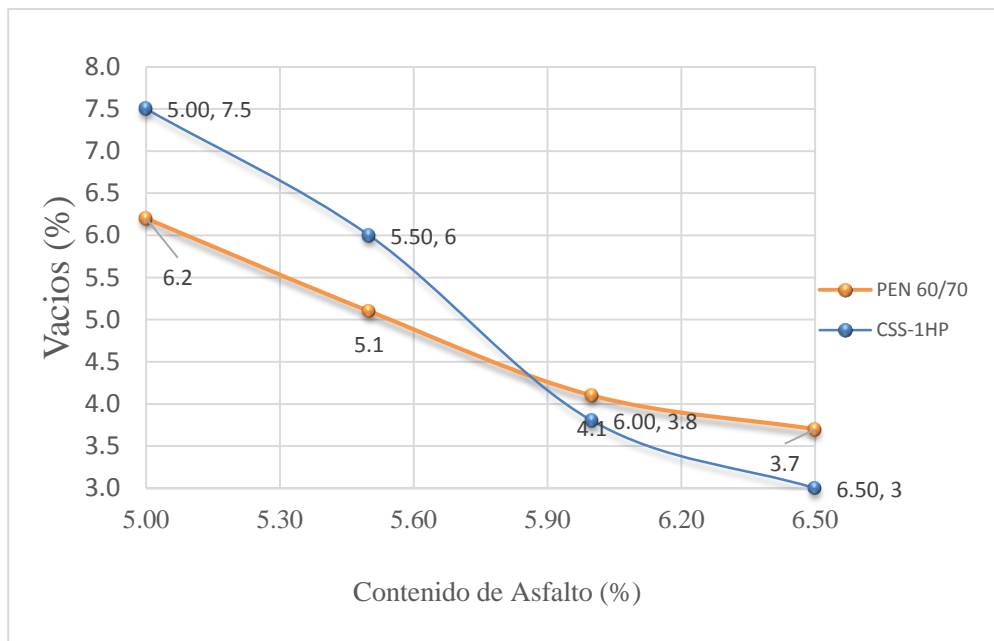
En la curva de estabilidad tiene la forma de parábola invertida, alcanzando un máximo para un determinado contenido de asfalto. Esto es válido como para el cemento asfáltico PEN 60/70 y la emulsión asfáltica CSS-1HP. Para el óptimo contenido de asfalto de PEN60/70 es de 6% y a su vez para la emulsión asfáltico CSS-1HP también es de 6%, los resultados obtenidos tiene un incremento de 47% y 37% mayores que lo establecido respectivamente fig. N°09. Podemos decir que los valores obtenidos son satisfactorios y cumplen con los parámetros establecidos con el instituto de asfalto americano en diseño Marshall en tránsito pesado.





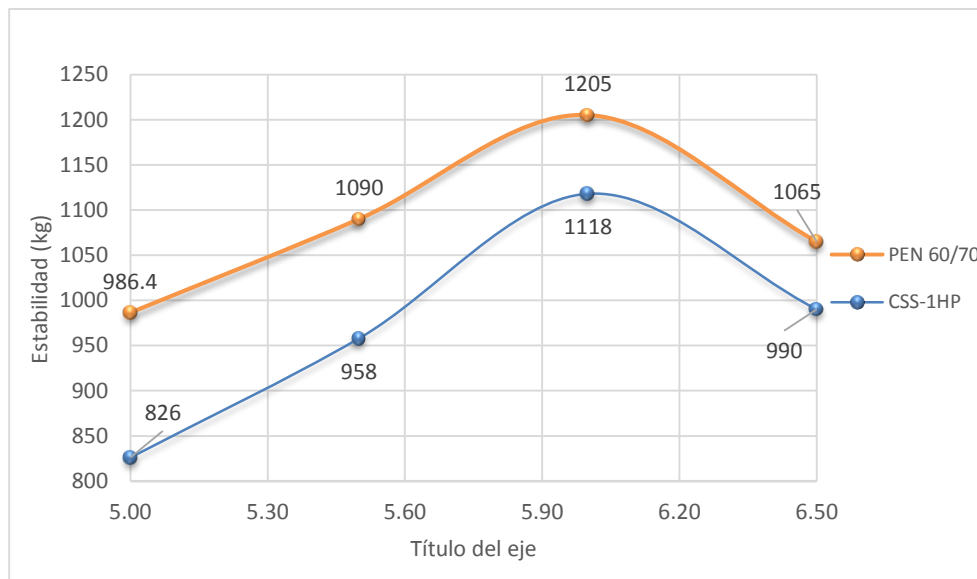
**Figura 7. Peso Específico vs Contenido de asfalto**

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8. Vacíos (%) vs Contenido de asfalto**

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 9. Estabilidad (Kg) vs Contenido de asfalto**

Fuente: Elaboración propia.

### 5.8 Ventajas de la mezcla asfáltica con emulsión CSS-1HP contra la mezcla asfáltica con diluidos PEN60/70

Con todo lo analizado y discutido anteriormente en ambas mezclas, se podrán reafirmar las ventajas de la emulsión frente a los diluidos. Estas ventajas podemos agruparlas de la siguiente manera:

**Técnicas:** Las emulsiones reemplazan a los diluidos en la mayoría de aplicaciones y en muchos casos con ventajas (como, por ejemplo, mejor adherencia, posibilidad de mezclar con agregados húmedos, mayor durabilidad, etc.)

**Económicas:** El uso de asfaltos diluidos involucra un gasto energético irrecuperable por la evaporación de los solventes del petróleo. En contraposición, el curado de una mezcla con emulsión sólo produce la evaporación de agua.

**De seguridad:** El manejo de asfaltos emulsionados elimina los riesgos

de inflamación que son inherentes a los diluidos.

De protección ambiental: La evaporación de agua hace que las emulsiones asfálticas sean no contaminantes, en tanto que los diluidos liberan solventes orgánicos a la atmósfera.

### 5.9 ventajas económicas

Para demostrar estas ventajas, se ha elaborado un análisis de costos unitarios de las partidas necesarias para la producción y colocación de mezclas asfálticas. Además, se muestra también un análisis de costos unitarios para la imprimación de bases antes de la colocación de la carpeta. En las Tablas N° 35 al 39, se muestran estos análisis tanto para mezclas asfálticas con diluido como para mezclas asfálticas con emulsión.

La experiencia ha demostrado que las carpetas fabricadas de una mezcla asfáltica con emulsión tienen un período de vida de 10 a 20 años. Por otro lado, en nuestra región las carpetas asfálticas con diluido, en el mejor de los casos, tienen una vida útil de 2 años. Este pues debería ser el verdadero elemento de juicio al elegir entre el uso de la emulsión o del diluido.

**Tabla 37. Análisis de costo unitario de producción de mezcla asfáltica con PEN 60/70**

<b>Partida: Producción de mezcla asfáltica PEN 60/70</b>						
<b>Rendimiento: 60,00 m3/día</b>			<b>Costo unitario Soles por M3</b>			<b>252.47</b>
<b>Descripción del insumo</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	<b>Subtotal</b>
<u>Materiales</u>						
Arena gruesa Piedra chancada	M3		0.8000	20.00	16.00	
Cemento asfáltico PEN 60/70	M3		0.6500	35.00	22.75	
Calentador de Aceite	GAL		28.0000	6.72	188.16	
	HM		0.0169	31.72	0.536	227.45
<u>Mano de Obra</u>						
Capataz	HH	0.10	0.0133	10.08	0.13	
Operario	HH	1.00	0.1333	8.40	1.12	
Peón	HH	3.00	0.4000	6.70	2.68	3.93
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	3.93	0.20	
Cargador frontal	HM	1.00	0.1333	158.17	21.09	21.29

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 38. Análisis de costo unitario de colocación de mezcla asfáltica PEN 60/70**

Partida: Colocación de mezcla asfáltica con diluido						
Rendimiento: 1200 m2/día			Costo unitario Soles por M2			<b>5.54</b>
Descripción del insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
<u>Materiales</u>						
<u>Mano de Obra</u> Capataz						
Operario Peón	HH	0.10	0.0007	10.08	0.01	
	HH	1.00	0.0067	8.40	0.06	
	HH	3.00	0.0200	6.70	0.13	0.20
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	0.20	0.01	
Cargador frontal Camión volquete 10m3	HM	1.00	0.0067	168.17	1.13	
	HM	3.00	0.0200	117.65	2.35	
Esparcidora de asfalto	HM	1.00	0.0067	160.00	1.07	
Rodillo liso vibratorio	HM	1.00	0.0067	42.58	0.29	5.34
Rodillo neumático	HM	1.00	0.0067	72.51	0.49	

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 39. Análisis de costo unitario de producción de mezcla asfáltica con Emulsión Asfáltica CSS-1HP**

Partida: Producción de mezcla asfáltica con emulsión						
Rendimiento: 100 m3/día			Costo unitario Soles por M3			<b>258.03</b>
Descripción del insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
<u>Materiales</u>						
Arena gruesa	M3		0.8000	20.00	16.00	
Piedra chancada	M3		0.6500	35.00	22.75	
Emulsión asfáltica CCS-1HP	GAL		32.0000	6.36	203.52	
Agua	GAL		25.0000	0.03	0.63	242.90
<u>Mano de Obra</u>						
Capataz	HH	0.10	0.0080	10.08	0.08	
Operario Peón	HH	1.00	0.0800	8.40	0.67	
	HH	3.00	0.2400	6.70	1.61	2.36
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	2.36	0.12	
Cargador frontal	HM	1.00	0.0800	158.17	12.65	12.77

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 40. Análisis de costo unitario para colocación de mezcla asfáltica con emulsión**

Partida: Colocación de mezcla asfáltica con diluido						
Rendimiento: 1200 m2/día			Costo unitario Soles por M2			<b>5.54</b>
Descripción del insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
<u>Materiales</u>						
<u>Mano de Obra</u> Capataz						
Operario Peón						
	HH	0.10	0.0007	10.08	0.01	
	HH	1.00	0.0067	8.40	0.06	
	HH	3.00	0.0200	6.70	0.13	0.20
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales						
Cargador frontal Camión	%MO		5.0000	0.20	0.01	
volquete 10m3 Esparcidora	HM	1.00	0.0067	168.17	1.13	
de asfalto Rodillo liso	HM	3.00	0.0200	117.65	2.35	
vibratorio Rodillo	HM	1.00	0.0067	160.00	1.07	
neumático	HM	1.00	0.0067	42.58	0.29	
	HM	1.00	0.0067	72.51	0.49	5.34

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41. Análisis de costo unitarios para imprimación con PEN 60/70**

Partida: Imprimación con diluido						
Rendimiento: 2800 m2/día			Costo unitario Soles por M3			<b>3.50</b>
Descripción del insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
<u>Materiales</u>						
Cemento asfáltico PEN 60/70	GAL		0.3200	6.72	2.15	
Kerosene industrial	GAL		0.0800	4.15	0.17	2.32
<u>Mano de Obra</u>						
Capataz	HH	0.10	0.0003	12.08	0.00	
Operario	HH	1.00	0.0029	10.40	0.03	
Peón	HH	2.00	0.0057	8.70	0.35	0.38
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	0.07	0.00	
Camión imprimador 1800 gln	HM	1.00	0.0029	61.35	0.18	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42. Análisis de costo unitarios para imprimación con CSS-1HP**

Partida: Imprimación con diluido						
Rendimiento: 2800 m2/día			Costo unitario Soles por M3			<b>2.18</b>
Descripción del insumo	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	Subtotal
<u>Materiales</u>						
Emulsión Asfáltica CSS-1HP	GAL		0.1800	6.36	1.45	
Agua	GAL		0.1800	0.03	0.17	1.62
<u>Mano de Obra</u>						
Capataz	HH	0.10	0.0003	12.08	0.00	
Operario	HH	1.00	0.0029	10.40	0.03	
Peón	HH	2.00	0.0057	8.70	0.35	0.38
<u>Equipo</u>						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	0.07	0.00	
Camión imprimador 1800 gln	HM	1.00	0.0029	61.35	0.18	0.18

Fuente: Elaboración propia

**Los costos Totales:**

Para el Cemento Asfáltico PEN 60/70	S/. 266.59 nuevos soles
Para la Emulsión asfáltica CSS-1HP	S/. 265.75 nuevos soles

## VI. CONCLUSIONES

- Los agregados gruesos de la cantera San Martín presentan características físicas angulares y/o alargadas ya que estos son formados naturalmente o triturados de piedra de cantera, estos tienen una resistencia al desgaste de 18.06%. De acuerdo a los estudios realizados se determinó que los agregados de dicha cantera con las especificaciones técnicas establecida por el ente normativo del MTC están dentro de los parámetros establecidos y su máxima resistencia es de 40% para  $\leq 3000$  msnm según MTC E207.
- De acuerdo a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio para la emulsión asfáltica CSS-1HP obtenidos de la empresa J&A Asphalt. S.A, podemos concluir que si cumplen con las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana NTP 321.141, como se comprueba por los resultados en los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa Carlos Amorós Heck Contratistas Generales S.A (CAH).
- Con respecto a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio para el cemento asfáltico PEN60/70 obtenidos por la empresa J&A Asphalt. S.A, podemos concluir que si cumplen con las especificaciones establecidas por la Norma Técnica Peruana NTP 321.051, como se comprueba por los resultados en los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa REPSOL S.A.
- La mezcla asfáltica óptima para un diseño de mezcla en caliente es de 6% con un cemento asfáltico PEN 60/70, con 55% de agregado grueso y 45% de agregado fino. Con respecto al diseño de mezcla asfáltica en frío con emulsión asfáltica CSS-1HP tiene un porcentaje óptimo de 6%, con 55% de agregado grueso y 45% de agregado fino, además debemos de tener en cuenta que para la mezcla tenemos un 60% de emulsión asfáltica y 40% de agua.

- El comportamiento de estabilidad de la mezcla asfáltica en Caliente con su óptimo contenido de asfalto 6% tiene un valor de 11817 N (1205 kg) con un incremento de 47.6% mayor que el parámetro del instituto del asfalto americano, en el diseño de mezcla asfáltica en frío con su óptimo contenido de asfalto de 6% tiene un valor de 10963N (1118Kg) con un incremento de 37% mayor con el parámetro indicado anteriormente.
- El uso de emulsiones asfálticas presenta ventajas técnicas, de seguridad y relativamente económicas y de protección ambiental frente a los cementos asfálticos, las cuales están siendo desaprovechadas en nuestra región. Las emulsiones asfálticas también podrían ser utilizadas para un diseño de mezcla asfáltica que soporta un tráfico pesado.



## **VII. RECOMENDACIONES.**

- Este estudio debe ser completamente comprobado en un tramo de calles en la ciudad de Trujillo que permita verificar en obra su funcionamiento y la mejora en las propiedades de mezclas asfálticas obtenidas en laboratorio.
- Se debe tener en cuenta que el cemento asfáltico y la emulsión asfáltica que llegan directamente de las plantas de producción hasta los trabajos de obra, cumplan con las especificaciones técnicas necesarias y mínimas, por lo que se recomienda realizar ensayos básicos de caracterización tales como punto de ablandamiento y penetración antes de iniciar la obra.
- Es importante que en los ensayos realizados en el laboratorio es conveniente que realice una sola persona para un proceso determinado, esto permitirá que los resultados no se vean afectados por las diferencias entre los técnicos del laboratorio.
- Es necesario realizar una revisión de los ensayos de laboratorio que se utilizan para el diseño y caracterización del desempeño de estas mezclas asfálticas, tanto para los componentes, como para las combinaciones de estos.
- Para la reparación de deterioro, como roturas de la superficie, se podrán utilizar las mezclas en frío, seleccionando la que más se adapte a las características del deterioro. Debido a estas razones es importante profundizar en el conocimiento de esta tecnología, en sus posibles usos y especificaciones para poder aplicarla correctamente en nuestra ciudad de Trujillo.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, T. & Rodríguez, M. (2010). *Análisis comparativo de diseños de mezclas asfálticas en caliente, empleando cemento asfáltico AC-20 y AC-30, utilizando agregados de la empresa Agremaca* (tesis de pregrado). Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Colombia.
- Corros, M, Urbáez, E. y Corredor, G. (2009). *Manual de Herramientas para la Evaluación Funcional y Estructural de Pavimentos Flexibles*. Lima, Perú. Editorial Universidad Nacional de Ingeniería
- Dávila, J. (2005). *Análisis Comparativo de Modulo Resiliente y Ensayos de Deformación Permanente en Mezclas Asfálticas del Tipo (MDC2) en Briquetas Compactadas con Matillo Marshall y Compactador Giratorio* (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Fonseca A. (2006). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Editorial La tercera
- Galván, L. (2015). *Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimento reciclado y emulsión asfáltica* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- López, S. & Veloz, Y. (2013). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba* (tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Sangolquí, Ecuador.

- Ministerio de Transporte y Comunicación (2013). *Manual de carreteras, Especificaciones Técnicas Generales para construcción*. Lima, Perú. Editorial El Ministerio.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2003), *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM-2000*. Lima, Perú. Editorial el Ministerio
- Monsalve, L, Giraldo, L. y Maya, J. (2012). *Diseño de Pavimento Flexible y Rígido*. Armenia, Colombia. Editorial Universidad del Quindío
- Minaya, S. y Ordoñez, A. (2006). *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos*. Lima, Perú. Editorial Instituto de la Construcción y Gerencia
- Maila, M. (2010). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA)* (tesis de pregrado). Universidad Central de Ecuador. Quito, Ecuador
- Rodríguez A. (1998). *Pavimentos Flexibles, Problemática Metodológicas. Publicación Técnica 104 de Diseño y Tendencias*. San Fandil, México. (s.n)
- Rolando, F. (2002). *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido RC-250 y Emulsión* (tesis de pregrado). Universidad de Piura. Piura, Perú.

ANEXOS N°01

Ensayo de Mecánica de suelos de la cantera San Martin

Carta para realizar ensayos de laboratorio en la empresa JBO Ingenieros.



JBO Ingenieros S.A.C.  
Calle Velazco 149  
Urb. Mayrazco II Etapa, Ate  
Lima, Perú  
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: Informes@jboingenieros.com

Lima, 27 de Mayo de 2016

**CARTA N° 4 19 - 2016-JBO.gt.-**

Atención:

**Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro**

Asunto : Entrega de Informes de Ensayos  
Proyecto: "Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas"

Referencia : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO

De nuestra consideración:

Adjunto al presente se encuentran los Informes de Ensayos cuyo Expediente es el N° 211-2016-JBO (25 folios), con los ensayos de Análisis Granulométrico de Suelos (ASTM D 422), Análisis Granulométrico del Agregado Fino, Grueso y Global (ASTM C 136), Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad en Suelos (ASTM D 4318), Peso Específico y Absorción del Agregado Fino (ASTM C 128), Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso (ASTM C 127), Inalterabilidad de Agregados por Medio de Sulfato de Magnesio (ASTM C 88), Índice de Durabilidad de Agregados (ASTM D 3744), Contenido de Vacíos Sin Compactar de Agregado Fino (AASHTO T 304), Porcentaje de Partículas Fracturadas en Agregados Gruesos (ASTM D 5821), Determinación Cuantitativa de Sales Solubles en Suelos y Agua Subterránea (NTP 339.152), Adhesividad de los Ligantes Bituminosos a los Áridos finos Procedimiento Riedel – Weber (MTC E 220), Recubrimiento y Desprendimiento de Mezclas Agregados – Bitumen- Stripping (AASHTO T 182), Ensayo Tentativo de Mezclas Asfálticas en Caliente Método Marshall (ASTM D 6927), Mezcla Asfáltica en Frío Método Illinois; efectuados a las muestras obtenidos del proyecto: "Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas"

Sin otro particular quedo de Ud.,

Atentamente,

JBO INGENIEROS S.A.C.  
Aseguramiento de la Calidad en Ingeniería  
  
JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO  
Gerente Técnico

Exp. N° 211

c.c.:  
G. General  
Archivo

# Ensayo de Granulometría para el agregado fino cantera San Martín



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Upto. 301, Trujillo UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GROSOS, FINOS Y GLOBAL MTC E 204 - 2000

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno  
 CANTIDAD : 100 kg aprox

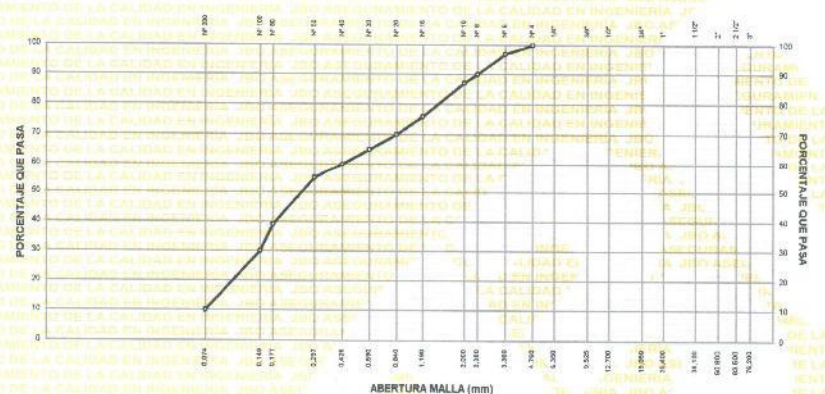
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000			
2 1/2"	62.500			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			
3/4"	19.000			
1/2"	12.500			
3/8"	9.500			
1/4"	6.250			
N° 4	4.750	-		100
N° 6	3.350	3	3	97
N° 8	2.360	7	10	90
N° 10	2.000	3	13	87
N° 16	1.180	11	24	76
N° 20	0.850	6	30	70
N° 30	0.600	5	35	65
N° 40	0.425	5	40	60
N° 50	0.300	5	45	55
N° 60	0.177	16	61	39
N° 100	0.150	9	70	30
N° 200	0.075	20	90	10
-200	MTC E 1140	10	100	-

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
Límite líquido (%) (MTC E 110 - 2000)	NP
Límite plástico (%) (MTC E 111 - 2000)	NP
Índice plástico (%) (MTC E 111 - 2000)	NP
Clasificación SUCS (ASTM D 2487-11)	SP SM
Clasif. para el uso en vías transporte (ASTM D 3282-08)	A-3(0)

Descripción de la muestra : Arena pobremente gradada con limo

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante

### CURVA GRANULOMÉTRICA



- Referencias:
- ASTM C 136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
  - ASTM D 4315-10e1 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
  - ASTM D 2487 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
  - ASTM D 3282 Standard practice for classification of soil-aggregate mixtures for highway construction purposes
  - ASTM D 1140 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve

Equipos usados:  
 - BAL-09 JLM00160316 (20-03-16)  
 - BAL-03 JLM00160316 (20-03-16)  
 - HOR-02 JLT-00040216 (20-03-16)

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

000 1

# Ensayo de Granulometría para el agregado grueso, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valledoid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informas@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE:** Bach, Marco Antonio Ramirez Montenegro  
**DIRECCIÓN:** Av. América Sur, N° 4048, Dpto. 301, Trujillo  
**REFERENCIA:** Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** Lima, 05 de mayo del 2016

**PROYECTO:** Evaluación de Competitividad de Mezclas Asfálticas  
**UBICACIÓN:** Trujillo, La Libertad  
**FECHA DE INICIO:** Lima, 05 de mayo del 2016

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS, FINOS Y GLOBAL MTC E 204 - 2000

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

**IDENTIFICACIÓN:** Cantera San Martín

**PRESENTACIÓN:** 03 Sacos de polipropileno  
**CANTIDAD:** 100 kg aprox

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000			
2 1/2"	62.500			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			
3/4"	19.000			100
1/2"	12.500	14	14	86
3/8"	9.500	27	41	59
1/4"	6.250	43	84	16
N° 4	4.750	16	100	
N° 6	3.350			
N° 8	2.360			
N° 10	2.000			
N° 16	1.180			
N° 20	0.850			
N° 30	0.600			
N° 40	0.425			
N° 50	0.300			
N° 80	0.177			
N° 100	0.150			
N° 200	0.075			
-200	MTC E 1140			

#### CARACTERIZACIÓN DEL SUELO

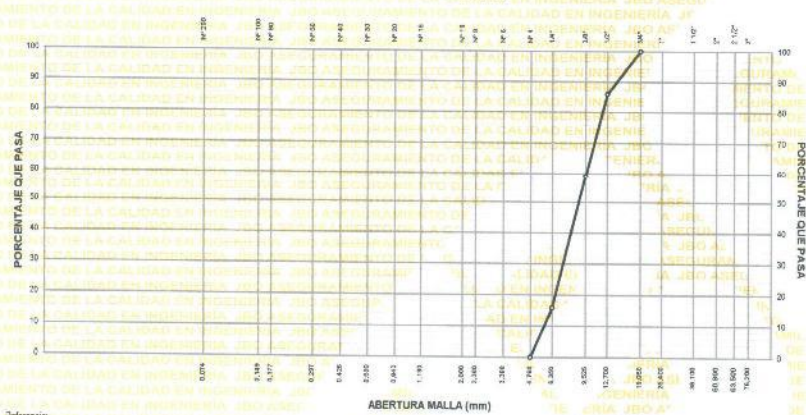
**Limite liquido (%) (MTC E 110 - 2000):** ...  
**Limite plástico (%) (MTC E 111 - 2000):** ...  
**Indice plástico (%) (MTC E 111 - 2000):** ...  
**Clasificación SUCS (ASTM D 2487-11):** ...  
**Clasif. para el uso en vías transporte (ASTM D 3292-09):** ...

**Descripción de la muestra:** Agregado grueso

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



- Referencias:**
- ASTM C 136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
  - ASTM D 4318-10c1 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
  - ASTM D 2487 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system)
  - ASTM D 3292 Standard practice for classification of soil-aggregate mixtures for highway construction purposes
  - ASTM D 1140 Standard test for amount of material in soils finer than the N° 200 (75 um) sieve

- Estados Usados:**
- DAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
  - BAL-03 JLM-00160316 (20-03-16)
  - HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)



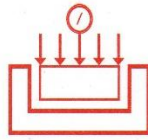
Personal:  
 - Tec. E.E.A.  
 - Rev. M.M.F.  
**JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

Fecha de emisión: Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

00 11

## Ensayo de Contenido de humedad para el agregado grueso, cantera San Martin



**HUERTAS INGENIEROS S.A.C.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: ANALISIS DE COMPATIBILIDAD DE LAS CANTERAS SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA  
SOLICITA: BACH. MARCO RAMIREZ MONTENEGRO  
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 09 DE SEPTIEMBRE DEL 2014  
CANTERA: SAN MARTIN

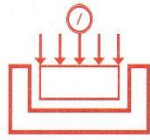
### CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	M-1 (AGREGADO GRUESO)	
	PROFUNDIDAD (m.):	
Peso Madera Húmeda(g)	73.80	74.25
Peso Madera Seca (g)	73.50	73.95
Peso del Agua(g)	0.30	0.30
Peso Cápsula(g)	20.20	18.70
Peso Madera Seca(g)	53.30	55.25
Porcentaje de Humedad(%)	0.56	0.54
Contenido de Humedad Promedio (%):	0.55	

HUERTAS INGENIEROS SAC  
Ing. José Huertas Polo  
CIP 34570



## Ensayo de contenido de Humedad para el agregado fino, cantera San Martin



**HUERTAS INGENIEROS S.A.C.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

OBRA: ANALISIS DE COMPATIBILIDAD DE LAS CANTERAS SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA  
SOLICITA: BACH. MARCO RAMIREZ MONTENEGRO  
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 09 DE SEPTIEMBRE DEL 2014  
CANTERA: SAN MARTIN

### CONTENIDO DE HUMEDAD

DESCRIPCION	M-2 (AGREGADO FINO)	
PROFUNDIDAD (m.):		
Peso Madera Húmeda(g)	66.15	65.65
Peso Madera Seca (g)	66.05	65.56
Peso del Agua(g)	0.10	0.09
Peso Cápsula(g)	19.72	22.20
Peso Madera Seca(g)	46.33	43.36
Porcentaje de Humedad(%)	0.22	0.21
Contenido de Humedad Promedio (%):	0.21	

HUERTAS INGENIEROS SAC

Ing. José Huertas Polo  
CIP 34570

# Ensayo de Peso Específico y Absorción para el agregado fino, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Competitividad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016  
 REFERENCIAS DE LA MUESTRA  
 IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo CANTIDAD : 100 kg aprox.

### MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO MTC E 205 - 2000

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO FINO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	300.0
Peso fiola + H <sub>2</sub> O	(g)	651.0
Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material	(g)	951.0
Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material saturado y superficie seca	(g)	840.3
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	110.7
Peso material seco a 105 °C	(g)	298.0
Volumen de masa	(cm <sup>3</sup> )	108.7
Peso bulk base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.692
Peso bulk base saturada	(g/cm <sup>3</sup> )	2.710
Peso aparente base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.741
Absorción	(%)	0.67

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia:

ASTM C 128-04a Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate

Equipos usados:  
 - BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)  
 - HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)  
 - FI-01 JLV-00030316 (03-03-16)

Personal:  
 - Tec.: E.E.A.  
 - Rev.: M.F.F.



Fecha de Emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**JUAN BERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

# Ensayo de Peso Especifico y Absorción para el agregado grueso, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN** : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**  
**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martín **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

### MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA EL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO MTC E 206 - 2000

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	AGREGADO GRUESO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	1042.4
Peso material saturado y superficie seca (en agua)	(g)	650.4
Volumen masa + volumen de vacíos	(cm <sup>3</sup> )	392.0
Peso material seco a 105 °C	(g)	1030.7
Volumen de masa	(cm <sup>3</sup> )	380.3
Peso bulk base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.629
Peso bulk base saturada	(g/cm <sup>3</sup> )	2.659
Peso aparente base seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.710
Absorción	(%)	1.14

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia:

ASTM C 127: Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate

#### Equipos usados:

- BAL-09\_ILM-00150316 (20-03-16)
- HCR-02\_ILT-00040316 (20-03-16)
- FI-01\_JLV-00030316 (03-05-16)

#### Personal:

- Tec: EEA
- Rev: M.M.F



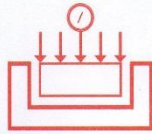
Fecha de Emisión: Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

**JUAN SERGIO SANCHEZ QUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

00112

## Ensayo de Equivalente de Arena para el agregado fino, cantera San Martin



# HUERTAS INGENIEROS S.A.C.

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

### ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA (NTP 339.146)

OBRA: ANALISIS DE COMPATIBILIDAD DE LAS CANTERAS SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA  
SOLICITA: BACH. MARCO RAMIREZ MONTENEGRO  
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 09 DE SEPTIEMBRE DEL 2014  
CANTERA: SAN MARTIN

ENSAYO	M-1	M-2
LECTURA DEL NIVEL DE MUESTRA + AGUA	250	250
LECTURA DEL NIVEL DE ARENA:	228.4	229.1
SE(%)	91.36%	91.64%

#### CALCULO DEL EQUIVALENTE DE ARENA:

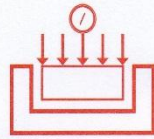
PROMEDIO	91.50%
----------	--------

NOTA: El laboratorio tomo la muestra del material en obra, según la progresiva señalada

HUERTAS INGENIEROS SAC

Ing. José Huertas Polo  
CIP 24570

Ensayo de Abrasión con maquina los ángeles para el agregado grueso, cantera San Martin



**HUERTAS INGENIEROS S.A.C.**

Laboratorio Geotécnico y Ensayos de Materiales de Construcción

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESGASTE  
EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

OBRA: ANALISIS DE COMPATIBILIDAD DE LAS CANTERAS SAN MARTIN Y CERRO CAMPANA  
SOLICITA: BACH. MARCO RAMIREZ MONTENEGRO  
UBICACIÓN: TRUJILLO - LA LIBERTAD  
FECHA: TRUJILLO, 09 DE SEPTIEMBRE DEL 2014

CANTERA : SAN MARTIN  
CLASE DE MATERIAL: AGREGADO GRUESO

**ENSAYO DE ABRASION**  
Graduación Maquina: 500 Revoluciones

Mallas que Pasa - Retiene	Peso Inicial (gr)	Peso después del ensayo retenido en Malla N° 12 (gr)	Peso que pasa T. N° 12 después del Ensayo (gr)	Porcentaje de Abrasión del Agregado (%)
1 1/2" - 1"	1500	-	-	-
1" - 3/4"	1500	-	-	-
3/4" - 1/2"	1500	1229.17	270.83	18.06
1/2" - 3/8"	1500	-	-	-
LA MUESTRA PRESENTA UN DESGASTE DE ABRASION DE :				<b>18.06 %</b>

NOTA:

El laboratorio no ha intervenido en la exploración y muestreo, solo se ha limitado a realizar el ensayo indicado a la muestra entregada, por tanto; solo responde por los resultados obtenidos en dicha muestra.

HUERTAS INGENIEROS SAC  
*[Signature]*  
Ing. José Huertas Polo  
CIP 34570

# Ensayo de Límite líquido, Limite Plástico e índice de Plasticidad para el agregado grueso, cantera San Martin

**JBO** Ingenieros S.A.C.  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach, Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN** : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

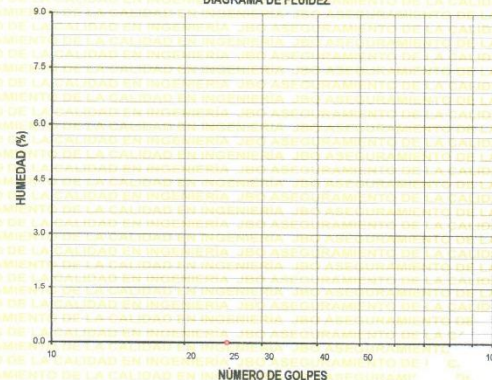
### DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (MTC E 110 - 2000), LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111 - 2000)

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martín **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno  
**DESCRIPCIÓN** : Arena pobremente gradada con limo **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°						
Peso cápsula + suelo húmedo (g)						
Peso cápsula + suelo seco (g)						
Peso del Agua (g)						
Peso de la cápsula (g)						
Peso del suelo seco (g)						
Contenido de humedad (%)						
Número de golpes						

#### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (%)	NP

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 200
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- No se pudo formar los rollos de 1/8" de diámetro, se desmorona.
- El límite plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por personal de JBO Ingenieros S.A.C.

Referencia: ASTM D4318 - 10e1 Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils

Equipos usados:  
 - BAL-03 JLM-00160316 (20-03-16)  
 - HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)



Fecha de emisión: Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

Personal:  
 - Téc: E.E.A.  
 - Rev: M.M.F. **JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP. N° 59781

001 2

# Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado fino, cantera San Martin



**JBO Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE:** Bach Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO:** Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN:** Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
**REFERENCIA:** Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **UBICACIÓN:** Trujillo, La Libertad  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO:** Lima, 05 de mayo del 2016

### DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209 - 2000

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

**IDENTIFICACIÓN:** Cantera San Martin **PRESENTACIÓN:** 03 Sacos de polipropileno  
**DESCRIPCIÓN:** Arena pobremente gradada con limo **CANTIDAD:** 100 kg aprox.

#### AGREGADO FINO

ABERTURA MALLA	N° TARRO	PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)	PERDIDA TOTAL (%)		GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PÉRDIDA CORREGIDA (%)
			ANTES	DESPUÉS		
PASA	RET.					
3/8"	N° 4					
N° 4	N° 8	499	100.0	88.0	12.0	2.67
N° 8	N° 16	497	100.0	85.2	14.8	4.60
N° 16	N° 30	17	100.0	82.8	17.2	4.20
N° 30	N° 50	20	100.0	87.1	12.9	2.87
<b>PÉRDIDA TOTAL (%)</b>					<b>14.3</b>	

#### OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia

ASTM C 88 Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate

#### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
- HCR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Tec. EEA
- Rev. M.M.F.

Fecha de emisión: Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



*Juan Sergio Sanchez Guando*

**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

000 4

# Ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio para el agregado grueso, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016

### DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DEL SULFATO DE SODIO Ó SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209 - 2000

REFERENCIAS DE LA MUESTRA  
 IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno  
 DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 100 kg aprox.

#### AGREGADO GRUESO

ABERTURA MALLA		N° TARRO	PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)		PÉRDIDA TOTAL (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PÉRDIDA CORREGIDA (%)
PASA	RET.		ANTES	DESPUÉS			
2 1/2"	1 1/2"						
1 1/2"	1"						
3/4"	3/8"	122	672.1	919.8	8.3	41.0	3.40
1/2"	3/16"	384	331.3				
3/8"	N° 4	156	300.7	263.2	12.5	59.0	7.38

PÉRDIDA TOTAL (%) 18.8

#### OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante

Referencia: ASTM C 88 Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate

Equipos usados:  
 - BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)  
 - HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Téc.: F.E.A
- Rev.: M.M.F.

**JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



00114



# Ensayo de Sales Solubles para el agregado fino y grueso, cantera San Martin

**JBO** Ingenieros S.A.C.  
 Calle Valledolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 683-0473 / 348-6919  
 E-mail: informas@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach, Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN** : Av. America Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

### MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA NTP 339.152

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martín **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno  
**DESCRIPCIÓN** : Arena pobremente gradada con limo **CANTIDAD** : 100 kg aprox.  
**CONDICIONES AMBIENTALES**  
**TEMPERATURA** : 25.1 °C **H. RELATIVA** : 68.3 %  
**TEMPERATURA DE LA MUESTRA** : 24.9 °C

IDENTIFICACIÓN	SALES SOLUBLES (%)
ARENA	0.3155
PIEDRA	0.2626

#### OBSERVACIONES

Muestra tomada e identificada por el solicitante

Referencia: LNY 8 (Chile) - Determinación del Contenido de Sales Solubles en Suelos

- Equipos usados:
- BAL-07 JLM-00170815A (09-08-15)
  - HOR-01 JLT-00080416 (14-04-16)
  - PI-01 JLV-00181216 (15-12-16)

Personal:  
 Qco.: D.C.J.  
 Rev.: M.M.F.



**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



000 7

# Ensayo de Angularidad para el agregado fino, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016

### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo CANTIDAD : 100 kg aprox.

### CONTENIDO DE VACÍOS SIN COMPACTAR DE AGREGADO FINO MTC E 222 - 2000

MÉTODO DE ENSAYO	PESO ESPECÍFICO BULK BASE SECA (g/cm <sup>3</sup> )	VACÍOS SIN COMPACTAR (%)
C	2.692	39.0

### OBSERVACIONES :

- Se optó por usar el método "C" debido a que éste emplea el material (arena pasante la malla N° 4), tal y como llega al laboratorio; es decir, sin lavar y sin ajustar a alguna gradación, tal como lo exigen los métodos "A" y "B".
- Muestra tomada e identificada por el solicitante

### Referencia:

- ASTM C 1252: Uncompacted void content of fine aggregate.
- ASTM C 128-04a: Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate.

### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
- HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

### Personal:

- Tec: E.E.A.
- Rev: M.M.F.



Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

# Ensayo valor de azul de metileno para el agregado fino, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valledolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Perú  
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016

### VALOR DE AZUL DE METILENO PARA ARCILLAS, RELLENOS MINERALES Y FINOS AASHTO TP 57-01

REFERENCIAS DE LA MUESTRA  
IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno  
DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo CANTIDAD : 100 kg. aprox.

MUESTRA	VALOR AZUL DE METILENO (mg/g)
Cantera San Martín	0.50

OBSERVACIONES:  
- Ensayo efectuado al material pasante la Malla N° 200.  
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia: AASHTO Designation, TP 57-01 (2004). Standard Method of Test for Methylene Blue Value of Clays, Mineral Fillers, and Finos

Téc. D.C.J.  
Rev. J.S.G.

Fecha de Emisión : Lima, 25 de mayo del 2016  
El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*Juan Sergio Sanchez Guando*  
**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 59781



# Ensayo de Caras Fracturadas para el agregado Grueso, cantera San Martin.



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladoid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN** : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

### MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE PARTÍCULAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS MTC E 210 - 2000

#### ESPECIMEN DE PRUEBA

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martín **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno  
**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

#### A) UNA A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA	RET.						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	106.4	31	106.4	100.0	34.2	3415.0
1/2"	3/8"	216.4	120	216.4	100.0	65.9	6585.0
				<b>TOTAL</b>	<b>200.0</b>	<b>100.0</b>	<b>10.000.0</b>

**PARTÍCULAS CON UNA A MÁS CARAS DE FRACTURA (%)** 100.0 %

#### B) DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA	RET.						
1 1/2"	1"						
1"	3/4"						
3/4"	1/2"	106.4	31	106.4	100.0	34.2	3415.0
1/2"	3/8"	216.4	120	216.4	100.0	65.9	6585.0
				<b>TOTAL</b>	<b>200.0</b>	<b>100.0</b>	<b>10.000.0</b>

**PARTÍCULAS CON DOS A MÁS CARAS DE FRACTURA (%)** 100.0 %

#### OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia:

ASTM D 5821: Standard test method for determining the percentage of fractured particles in coarse aggregate

#### Equipos usados:

BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)  
 HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Tec: E E A

- Rev: M M JUAN SERGIO SANCHEZ GUANO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

# Ensayo de Índice de Durabilidad para el agregado fino, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladaolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN** : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

### INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS MTC E 214 - 2000

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**  
**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martin **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
**DESCRIPCIÓN** : Arena pobremente gradada con limo **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

#### PROCEDIMIENTO "B"

##### AGREGADO FINO

(Granulometría original)		
ABERTURA MALLA	RET	GRADACIÓN (%)
PASA		
N° 4	N° 8	10
N° 8	N° 16	14
N° 16	N° 30	11
N° 30	N° 50	10
N° 50	N° 100	25
N° 100	N° 200	20
N° 200	-200	10

(Muestra preparada para el ensayo)		
ABERTURA MALLA	RET	GRADACIÓN PARA ENSAYO (%)
PASA		
N° 4	N° 8	65.8
N° 8	N° 16	84.7
N° 16	N° 30	59.2
N° 30	N° 50	44.6
N° 50	N° 100	23.9
N° 100	N° 200	71.7
N° 200	-200	50.1

#### INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO (DI)

MUESTRA	RESULTADO
Cantera San Martin	63 %

#### OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con agua destilada y solución stock (cloruro de calcio).  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

#### Referencia:

ASTM D 3744: Standard Test Method for Aggregate Durability Index

#### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150516 (20-03-16)  
 - HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Tec: E.E.A  
 - Rev: M.M.F.

**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

# Ensayo de Índice de Durabilidad para el agregado grueso, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. Aménca Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : Lima, 05 de mayo del 2016

### INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS MTC E 214 - 2000

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera San Martín PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 100 kg aprox.

#### PROCEDIMIENTO "A"

##### AGREGADO GRUESO

(Granulometría original)		
Serie Americana	% Ret. Parcial	% Pasa
3"		--
2 1/2"		100
2"		100
1 1/2"		100
1"		100
3/4"		100
1/2"	14	86
3/8"	27	59
1/4"	43	16
N° 4	16	--

(Muestra preparada para el ensayo)		
ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRAC. DE ENSAYO (g)
PASA	RET.	
3/4"	1/2"	995.0
1/2"	3/8"	658.7
3/8"	N° 4	840.9

#### INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO (Dc)

MUESTRA	RESULTADO
Cantera San Martín	71 %

#### OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con agua destilada.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia:

ASTM D 3744 - Standard Test Method for Aggregate Durability Index

#### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
- HOR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Tec. EEA
- Rev. M.M.F.

**JUAN BÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

# Ensayo de Adherencia para el agregado fino, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE :** Bach, Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO :** Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
**DIRECCIÓN :** Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **UBICACIÓN :** Trujillo, La Libertad  
**REFERENCIA :** Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN :** Lima, 05 de mayo del 2016  
**FECHA DE INICIO :** Lima, 05 de mayo del 2016

### ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS

#### PROCEDIMIENTO RIEDEL - WEBER MTC E 220

#### REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS

#### AGREGADO

#### LIGANTE BITUMINOSO

#### IDENTIFICACIÓN

#### TIPO DE ASFALTO

#### DESCRIPCIÓN

#### REFINERÍA

#### PRESENTACIÓN

#### PRESENTACIÓN

#### ADITIVO

#### DOSIFICACIÓN

DENOMINACIÓN	DESPRENDIMIENTO ÁRIDO - ASFALTO	RESULTADOS
AGUA DESTILADA	0	NULO
M/256	1	NULO
M/128	2	NULO
M/64	3	NULO
M/32	4	PARCIAL
M/16	5	PARCIAL
M/8	6	PARCIAL
M/4	7	PARCIAL
M/2	8	PARCIAL
M/1	9	TOTAL
		TOTAL : Grado 9

#### OBSERVACIONES :

- Asfalto PEN 60/70 proporcionado por el solicitante
- Aditivo tipo Amrina (líquido) proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante

#### Referencia

NLT-355/74 : Adhesividad a los Áridos Finos de los Ligantes Bituminosos (Riedel - Weber)

#### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
- HCR-02 JLT-00040316 (20-03-16)

#### Personal:

- Téc. EEA
- Rev. M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



0000110

# Ensayo de Adherencia para el agregado grueso, cantera San Martin



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro	PROYECTO	: Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas
DIRECCIÓN	: Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo	UBICACIÓN	: Trujillo, La Libertad
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO	FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 05 de mayo del 2016
FECHA DE RECEPCIÓN	: Lima, 05 de mayo del 2016	FECHA DE INICIO	: Lima, 05 de mayo del 2016

### CUBRIMIENTO DE LOS AGREGADOS CON MATERIALES ASFÁLTICOS EN PRESENCIA DEL AGUA (STRIPPING) MTC E 517 - 2000

#### REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS

AGREGADO		LIGANTE BITUMINOSO	
IDENTIFICACIÓN	: Cantera San Martín	TIPO DE ASFALTO	: PEN 60/70
DESCRIPCIÓN	: Agregado grueso	REFINERÍA	: Petropur - Conchán
PRESENTACIÓN	: 03 Sacos de polipropileno.	PRESENTACIÓN	: 01 lata de 1gl.
		ADITIVO	: Tipo Amina (en pasta)
		DOSIFICACIÓN	: 1.0 % respecto al peso del asfalto

ESTADO	RESULTADO
Recubrimiento (%)	100
Adherencia (%)	+95

#### OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- Asfalto PEN 60/70 proporcionado por el solicitante
- Aditivo tipo Amina (líquido) proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.

#### Referencia:

AASHTO T 182. Standard Method of Test for Coating and Stripping of Bitumen-Aggregate Mixtures

#### Equipos usados:

- BAL-09 JLM-00150316 (20-03-16)
- BMR-01 JLT-0050316 (20-03-16)

#### Personal:

- Tec. EEA
- Rev. M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



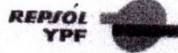
**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



ANEXOS N°02

Ensayo de Calidad de cemento Asfáltico PEN 60/70 y emulsión asfáltica  
CSS-1HP

Ensayo de Calidad del Cemento Asfaltico PEN 60/70



CERTIFICACIÓN DE CEMENTO ASFALTICO

LOTE No. 60/70-001-09-2012

REFINERÍA LA PAMPILLA	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	FECHA DE CERTIFICACIÓN
	03/03/2016 18:39:40	04/04/2016 15:22:07
PRODUCTO	TANQUE	DESTINO DEL PRODUCTO
Cemento Asfáltico 60/70	332A	Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA	VOLUMEN CERTIFICADO, m³	BUQUE TANQUE
Almacenamiento	4541	
PROPIEDADES	MÉTODOS	RESULTADOS
	ASTM/DTROS	
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	<del>D 5 / AASHTO T 49</del>	64
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	<del>D 113 / AASHTO T 51</del>	134.0
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Especifica a 15°C	D 70 / AASHTO T 228	1.0220
Punto de Inflamación, °C	<del>D 92 / ASTM D 92</del>	299.0
Gravedad API	D 70 / AASHTO T 228	7.0
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	50.1
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 445	2550
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	333
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, %m	<del>D 287 / AASHTO T 175</del>	0.11
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	88.8
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	53.4
<b>SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en tricloroetano, % m	<del>D 2042 / AASHTO T 44</del>	99.85
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	<del>UNE 104-251 / 1-5</del>	-0.5
Ensayo de la Mancha Spot Test	AASHTO T102	30% xifeno, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b>		
PRODUCTO CUMPLE CON LAS NORMAS: ASTM, AASHTO Y NTP		
<b>DISTRIBUCIÓN :</b>	<b>FECHA EMISIÓN:</b>	<b>LABORATORIO:</b>
Original : Operaciones de despacho Copia 1 : Movimiento de Productos Copia 2 : Laboratorio	05/09/2012	 Juan Carlos Maza REPSOL YPF Laboratorio

JHOASFAL E.I.R.L.  
RUC: 20544040856  
**ENTREGADO**

27/09/12

REPSOL COMERCIAL S.A.C.

05 SEP 2012

**RECIBIDO**

La recepción NO significa conformidad

## Ensayo de Calidad de Emulsión Asfáltica tipo CSS-1HP



42 AÑOS DE EXPERIENCIA

ESPECIALISTAS EN PAVIMENTACION, ASFALTOS EMULSIONADOS, MODIFICADOS CON POLIMEROS Y OBRAS EN GENERAL

### CONTROL DE CALIDAD DE EMULSIONES ASFALTICAS CATIONICAS

<b>Emulsión Asfáltica Catiónica de Rotura Lenta Modificada con Polimeros CSS-1HP</b>
--

DATOS GENERALES	
CLIENTE : CONCAR S.A CONCAR 11 : CONSERVACION VIAL LAMBAYEQUE	FECHA DE FABRICACION : 14-01-14 FECHA DE EMBARQUE : 08-02-14 LOTE N° : EMO113-01-14

PRUEBAS A LA EMULSION				
Ensayos	Unidad	Resultado	Especificación NTP 321.059.02	Método De Referencia
1. Viscosidad Saybol de Emulsiones Asfálticas, 25°C	seg.	27	20 Min	ASTM D 88 MTC E-403.00
2. Tamizado de las Emulsiones Asfálticas		0.01	0.1 Max	ASTM D 6933 MTC E-405.00
3.- Carga de Particula de las emulsiones asfálticas	(+)	(+)	Positivo	ASTM D 7402 MTC E-407.00
4. Estabilidad al almacenamiento, 24h	%	0.3	1.0 Max	ASTM D 6930-04

PRUEBAS AL RESIDUO POR DESTILACION				
Ensayos	Unidad	Resultado	Especificación NTP 321.059.02	Método De Referencia
1. Residuo por Evaporacion	%	62	60.0 Min	ASTM D 244 MTC E-411.00
2. Penetración de los Materiales Asfálticos, 25°C	0.1mm	57	50-90	ASTM D 5 MTC E-304.00
3. Ductilidad de los Materiales Bituminosos, 5°C	cm.	15	10 min	ASTM D 113 MTC E-306.00
4. Punto de ablandamiento de anillo y bola, 5°C	°C	58	55 min	ASTM D 36 MTC E-304.00
5. Recuperación Elástica por Torsión, 25°C	%	22	12 min	NLT 329

**OBSERVACIONES:**

- \* para largos periodos de almacenamiento se recomienda recircula la emulsión por lo menos una vez a la semana.
- \* La solución jabonosa se diseña con un valor de pH 2.0
- \* el peso específico de la emulsión es 1011 g/l

HECHO POR : Tec. Miguel Coila Durand  
 REVISADO POR : Ing. María Vergara Barranzuela  
 SUPERVISADO POR: Ing. Ivan Chávez Roldán  
 FECHA DE ENSAYO: 15-01-14



Planta de Emulsiones Asfálticas y Asfaltos Modificados con Polimeros  
 Callao: Calle 4-5, Urb. Grimanza Mz C, Lt 5 ----Telfs.: 5722457-- 572-3447-- 717-7388 Anexo Lab. 108-106 Nextel: 401\*6906

Av. República de Colombia 671 Of. 603 (Ex Av. Central) - San Isidro - Lima - Perú Telfs.: 4406239 - 4417577 - 4400064 - 4220440 - 4225221  
 CENTRAL TELEFÓNICA DIGITAL: 204-5100 Fax: Anexo (150)  
 E-mail: camohesa@terra.com.pe • www.camohesa.com

ANEXOS N°03

Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente

# Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente (1)



Ingenieros S.A.C.  
Calle Valladolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Perú  
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

**SOLICITANTE** : Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro **PROYECTO** : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas  
**DIRECCIÓN** : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo **Asfálticas**  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 211-JBO-2016 **UBICACIÓN** : Trujillo, La Libertad  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 05 de mayo del 2016 **FECHA DE INICIO** : Lima, 05 de mayo del 2016

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL ASTM C 136

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera San Martín

**PRESENTACIÓN** : 2 Sacos de polipropileno

**CANTIDAD** : 100 kg aprox.

MALLAS		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN IV-b
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050		100.0	100
1/2"	12.700	7.0	93.0	80 - 100
3/8"	9.525	14.0	79.0	70 - 90
1/4"	6.350	22.0	57.0	
N° 4	4.760	8.0	49.0	50 - 70
N° 6	3.360	1.0	48.0	
N° 8	2.380	4.0	44.0	35 - 50
N° 10	2.000	1.0	43.0	
N° 16	1.190	5.0	38.0	
N° 20	0.840	3.0	35.0	
N° 30	0.590	3.0	32.0	18 - 29
N° 40	0.425	2.0	30.0	
N° 50	0.297	3.0	27.0	13 - 23
N° 80	0.177	7.0	20.0	
N° 100	0.149	5.0	15.0	8 - 16
N° 200	0.074	9.0	6.0	4 - 10
- N° 200	ASTM C 117 - 04	6.0	-	

#### RESUMEN DE ENSAYO

##### PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS

(1) Piedra chancada (Cantera San Martín) = 51%  
(2) Arena natural (Cantera San Martín) = 48%  
(3) Filler (Cal Hidratada) = 01%

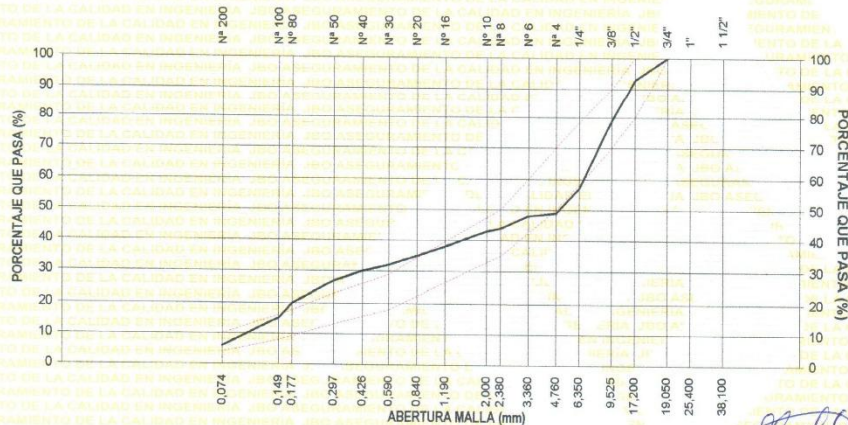
##### PROPORCIONES EN LA MEZCLA RESULTANTE

- AGREGADO GRUESO = 51%  
- AGREGADO FINO = 49%

#### OBSERVACIONES:

- Especificaciones del INSTITUTO DEL ASFALTO
- Muestras tomadas e identificadas por el solicitante.
- La Cal Hidratada fue proporcionada por el solicitante

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencias:  
ASTM C 136-05 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates  
ASTM C 117-04 Standard test method for materials finer than 75-µm (No. 200) sieve in mineral aggregates by washing  
ASTM D 3515-01 Standard specification for hot-mixed, hot-laid bituminous paving mixtures

Téc. E.E.A.  
Rev. M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 25 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 59781

## Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente (2)



**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valledora 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Perú  
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro	PROYECTO	: Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas
DIRECCIÓN	: Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo	UBICACIÓN	: Trujillo, La Libertad
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO	FECHA DE INICIO	: Lima, 05 de mayo del 2016
FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 05 de mayo del 2016		

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

<b>MEZCLA DE AGREGADOS (PROPORCIÓN EN PESO)</b>	<b>LIGANTE BITUMINOSO</b>
Cantera : San Martín	TIPO DE ASFALTO : Sólido
Piedra chancada : 51 %	CLASIFICACIÓN : PEN 60/70
Arena natural : 48 %	ORIGEN : --
Arena chancada : 0 %	ÓPTIMO CONT. ASFALTO : 6.1 %
Filler (Cal hidratada) : 1 %	TEMP. DE MEZCLA (°C) : 145.0
T. Máximo : 3/4 pulg	ADITIVO : Amina (líquido) (0,5% en peso del asfalto)

**ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA**

IDENTIFICACIÓN : Aditivo tipo líquido  
DOSIFICACIÓN : 0.5 % en peso del Asfalto

#### CARACTERÍSTICAS MARSHALL

		75		
N° DE GOLPES			75	
CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)		5.8	6.1	6.4
PESO ESPECÍFICO (g/cm³) (ASTM D-1188)		2.323	2.320	2.314
ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)		2532	2516	2420
FLUJO (0.01") (ASTM D-1559)		12.5	13.1	13.5
VACÍOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)		4.6	4.1	3.9
VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559)		17.3	17.5	17.6
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)		73.9	76.2	77.6
ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4489)			0.2	
ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)		3609	3443	3192
RELACIÓN POLVO - ASFALTO (*)		1.1	1.0	1.0
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)			145.0	

**OBSERVACIONES:**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- El aditivo mejorador de adherencia fue proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C

**Referencias :**

- ASTM D6927 - 06 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
- ASTM D 2726-(11) Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
- ASTM D 3203-05 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
- ASTM D 4489-92(1997) Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Téc.: E.E.A

Rev.: M.M.F

Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 59781



## Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente (3)



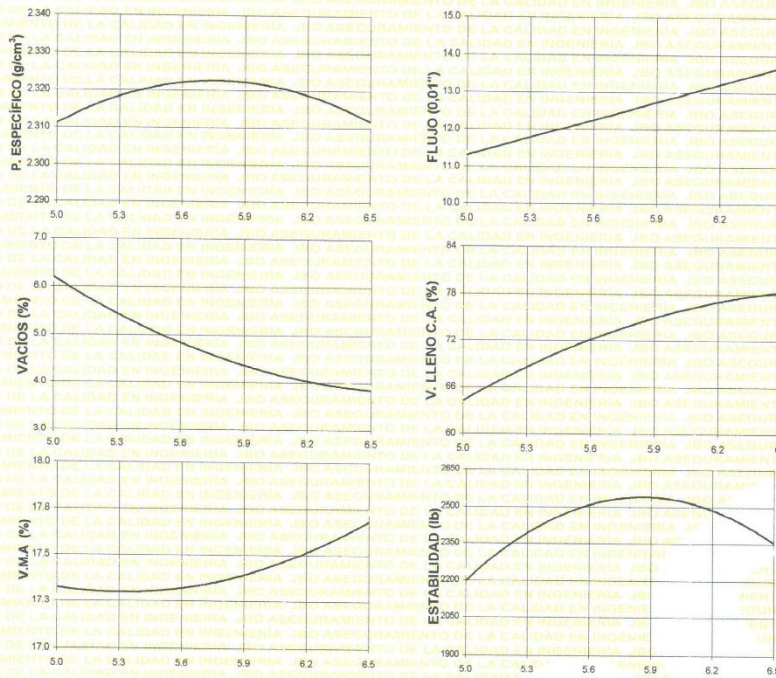
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro	PROYECTO	: Evaluación de Compatibilidad de Mezclas
DIRECCIÓN	: Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo		: Asfálticas
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO	UBICACIÓN	: Trujillo, La Libertad
FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 05 de mayo del 2016	FECHA ENSAYO	: Lima, 05 de mayo del 2016

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)



**MATERIALES :**

<b>ASFALTO EN LA MEZCLA (%)</b>	
Agregado de la Cantera San Martín	
- Piedra chancada	51 %
- Arena natural	48 %
- Filler (Cal hidratada)	1 %
- T. Máximo	3/4 pulg

**OBSERVACIONES :**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencias :**

ASTM D6927 - 06	Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726 (11)	Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4469-92(1997)	Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture



Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

*Juan Sergio Sanchez Guando*  
**JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

00 - 20

## Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente (4)



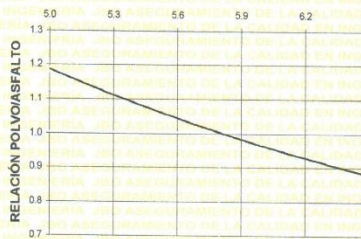
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: Informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE :	Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro	PROYECTO :	Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas
DIRECCIÓN :	Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo	UBICACIÓN :	Trujillo, La Libertad
REFERENCIA :	Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO	FECHA ENSAYO :	Lima, 05 de mayo del 2016
FECHA RECEPCIÓN :	Lima, 05 de mayo del 2016		

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)



ASfalto en la Mezcla (%)

<b>MATERIALES :</b> Agregado de la Cantera San Marin - Piedra chancada 51 % - Arena natural 48 % - Arena chancada 0 % - Filler (Cal hidratada) 1 % - T. Máximo 3/4 pulg	<b>OBSERVACIONES :</b> - Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante. - Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante. - Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
---	--

**Referencias :**

ASTM D6927 - 06	Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726 (11)	Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4468-92(1997)	Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Téc. E.E.A.  
 Rev. M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante



**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

001 21



# Ensayo de Diseño Marshall en Mezcla asfáltica en Caliente (5)



**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valladolid 149  
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
Lima, Perú  
Teléfono: 348-9494 / 348-6919  
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramirez Marteneiro	PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas
DIRECCION : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo	UBICACION : Trujillo, La Libertad
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO	FECHA ENSAYO : Lima, 05 de mayo del 2016
FECHA RECEPCION : Lima, 05 de mayo del 2016	

### CONTROL DE MEZCLA ASFALTICA EN CAMPO

REFERENCIA DE LA PRUEBA	TIPO DE ASFALTO : Sólido PEN 60/70
TIPO DE MEZCLA : Mezcla Asfáltica en Caliente	TEMP. COMPAC. (°C) : 145.0
MUESTRA : Mezcla de agregados: Piedra chancada 51%, Arena natural 48% y Cal Hidratada 01% Agregados de la Cantera San Martín	

### MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DENOMINACION	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	CEMENTO ASFALTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)		5.0			5.5			6.0			6.5	
2	AGREGADO GRUESO (p. N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)		48.45			48.20			47.94			47.69	
3	AGREGADO FINO (p. N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)		45.60			45.38			45.12			44.88	
4	FILLER (MÁXIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA (%)		0.95			0.95			0.94			0.94	
5	PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO - APARENTE (g/cm³)		1.000			1.000			1.000			1.000	
6	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCADO BULK BASE SECA (g/cm³)		2.629			2.629			2.629			2.629	
7	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - BULK BASE SECA (g/cm³)		2.692			2.692			2.692			2.692	
8	PESO ESPECIFICO DEL FILLER - APARENTE (g/cm³)		2.300			2.300			2.300			2.300	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BIRQUETA (mm)	6.70	6.70	6.60	6.60	6.70	6.70	6.70	6.60	6.60	6.60	6.70	6.60
10	PESO DE LA BIRQUETA AL AIRE (g)	1214.5	1208.7	1215.5	1220.2	1221.2	1217.1	1231.6	1221.1	1227.3	1235.2	1232.9	1232.2
11	PESO DE LA BIRQUETA AL AIRE (g)	1215.5	1211.1	1217.3	1221.9	1222.4	1218.9	1232.4	1223.3	1228.5	1236.4	1234.0	1233.2
12	PESO DE LA BIRQUETA EN EL AGUA (g)	690.0	685.0	691.0	695.0	696.0	694.0	702.3	698.2	700.3	702.8	702.6	697.0
13	VOLUMEN DE LA BIRQUETA (cm³)	525.5	522.1	526.3	526.6	526.4	524.9	530.1	528.2	533.6	531.4	536.2	536.2
14	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BIRQUETA (g/cm³)	2.311	2.315	2.310	2.317	2.320	2.319	2.323	2.325	2.324	2.315	2.320	2.298
15	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ASTM D-3018) (g/cm³)		2.464			2.445			2.423			2.404	
16	VACIOS (%)	6.2	6.0	6.2	5.2	5.1	5.1	4.2	4.1	4.1	3.7	3.5	4.4
17	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.655			2.655			2.655			2.655	
18	VACIOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A) (%)	17.3	17.2	17.3	17.5	17.4	17.5	17.3	17.2	17.3	17.6	17.4	18.2
19	VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFALTICO (%)	64.2	64.9	64.1	70.2	70.6	70.6	76.0	76.4	76.3	78.9	79.8	75.7
20	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)		2.669			2.669			2.666			2.665	
21	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		0.20			0.20			0.15			0.14	
22	ASFALTO EFECTIVO (%)		4.8			5.3			5.9			6.4	
23	FLUJO (g/100g)	11	11	12	12	12	12	13	13	13	13	14	14
24	ESTABILIDAD SIN CORRIOR (kg)	1024.5	986.4	1119.0	1124.0	1123.0	1124.0	1245.0	1255.5	1245.2	1104.0	1110.0	1115.0
25	FACTOR DE ESTABILIDAD (%)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
26	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	983.5	986.4	1074.2	1076.0	1078.1	1079.0	1195.2	1205.2	1195.4	1059.8	1095.6	1037.0
27	RELACION ESTAL-FLUJO (kg/m³)	3520	3530	3524	3540	3537	3540	3620	3650	3620	3210	2997	2916
28	RELACION POLVO/ASFALTO		1.2			1.1			1.0			0.9	

**OBSERVACIONES :**

- Muestra de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amaris (0.2% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.



Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

01 26

ANEXOS N°04

Ensayo de Diseño Marshall Modificado en Mezcla asfáltica en Frio

# Ensayo de Diseño Marshall Modificado en Mezcla asfáltica en Frio (1)



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 683-0473 / 348-6919  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach. Marco Antonio Ramírez Montenegro PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas  
 DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad  
 FECHA RECEPCIÓN : 05 de mayo del 2016 FECHA DE INICIO : 05 de mayo del 2016

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

#### MÉTODO ILLINOIS (RESEARCH REPORT 505-5)

##### MEZCLA DE AGREGADOS (PROPORCIÓN EN PESO)

Cantera : San Martín  
 Agregado grueso : 51 %  
 Agregado fino : 48 %  
 Asfalto en emulsión : 60 %  
 Agua en emulsión : 40 %  
 T. Máximo de Agregados : 3/4 pulg

##### LIGANTE BITUMINOSO

TIPO DE ASFALTO : Emulsión asfáltica  
 CLASIFICACIÓN : Emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1h  
 ÓPT. CONT. ASF. RESIDUAL : 6.2 %  
 TEMP. DE MEZCLA (°C) : Ambiente

#### CARACTERÍSTICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN FRÍO

N° DE GOLPES		75	
CONTENIDO DE ASFALTO RESIDUAL (%)	5.9	6.2	6.5
PESO ESPECÍFICO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	2.113	2.123	2.136
ESTABILIDAD MODIFICADA (lb)	2394	2472	2239
VACÍOS (AIRE MAS AGUA) (%)	4.6	3.7	3.0
TEMPERATURA MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)		TEMPERATURA AMBIENTE	

##### OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante
- Emulsión asfáltica proporcionada por el solicitante
- Curado de los testigos a medio ambiente por 48 horas.
- El asfalto residual está expresado en peso del agregado seco.

##### Referencias :

Development of Emulsified Asphalt - Aggregate Cold Mixture Design Procedure  
 Research Report 505-5, Project IHR-505, University of Illinois (1978)

Tec. E.E.A.

Rev. M.M.F.

Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781



001 23

# Ensayo de Diseño Marshall Modificado en Mezcla asfáltica en Frio (2)



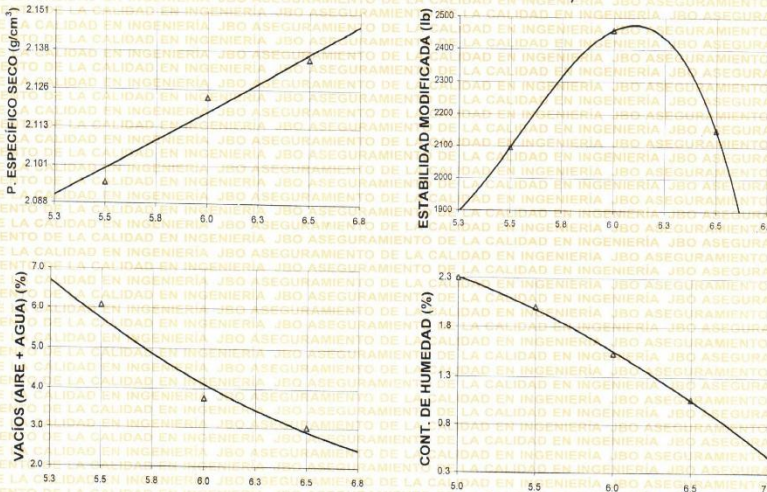
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 683-0473 / 348-6919  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

## INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: Bach. Marco Antonio Ramirez Montenegro PROYECTO: Evaluación de Compatibilidad de Mezclas  
 DIRECCIÓN: Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo UBICACIÓN: Trujillo, La Libertad  
 REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO FECHA RECEPCIÓN: Lima, 05 de mayo del 2016  
 FECHA ENSAYO: Lima, 05 de mayo del 2016

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO MÉTODO ILLINOIS (RESEARCH REPORT 505-5)



**MATERIALES** Cantera San Martín  
 - Agregado grueso 51 %  
 - Agregado fino 48 %  
 - Asfalto en emulsión 60 %  
 - Agua en emulsión 40 %  
 - T. Máximo de Agregados 3/4 pulg

**ASFALTO EN LA MEZCLA (%)** 60 %  
**OBSERVACIONES:** Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante  
 Emulsión asfáltica proporcionada por el solicitante  
 Curado de los testigos a medio ambiente por 48 horas

Referencias:  
 Development of Emulsified Asphalt - Aggregate Cold Mixture Design Procedure  
 Research Report 505-5, Project IHR-505, University of Illinois (1978)

*Juan Sergio Sanchez Guando*  
**JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 58781



Tec: E.E.A.  
 Rev: M.F.F.  
 Fecha de Emisión: Lima, 27 de mayo del 2016  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

## Ensayo de Diseño Marshall Modificado en Mezcla asfáltica en Frio (3)



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valladolid 149  
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 348-9494 / 348-6919  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 211-2016-JBO

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Bach, Marco Antonio Ramirez Montenegro DIRECCIÓN : Av. América Sur, N° 4349, Dpto. 301, Trujillo REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 211-2016-JBO FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de mayo del 2016	PROYECTO : Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas UBICACIÓN : Trujillo, La Libertad FECHA ENSAYO : Lima, 05 de mayo del 2016
--	--

### ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO MÉTODO ILLINOIS (RESEARCH REPORT 505-5)

<b>REFERENCIA DE LA PRUEBA</b> TIPO DE MEZCLA : Estabilización de suelos con emulsión asfáltica MUESTRA : Mezcla de agregados: Piedra chancada 51%, Arena natural 48% y Cal Hidratada 01% Agregados de la Cantera San Martín	TIPO DE ASFALTO : Emulsión asfáltica de rotura lenta CSS-1h Asfalto en Emulsión : 60% Agua en Emulsión : 40% TEMP. COMPAC. (°C) : Ambiente
---	---

N°	DENOMINACIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	CEMENTO ASFÁLTICO RESIDUAL (%)		5.0		5.5		6.0		6.0		6.5		6.5
2	AGREGADO GRUESO NATURAL (< N° 4) (%)		48.94		48.68		48.42		48.42		48.17		48.17
3	AGREGADO FINO NATURAL (< N° 4) (%)		46.05		45.82		45.58		45.58		45.33		45.33
4	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO -APARENTE (gr/cm³)		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000		1.000
5	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIOQUETA (cm)	6.40	6.50	6.50	6.50	6.50	6.40	6.50	6.40	6.50	6.50	6.50	6.40
6	PESO DE LA BRIOQUETA AL AIRE (g)	1149.6	1156.1	1146.0	1158.2	1157.7	1151.0	1165.0	1165.3	1167.6	1152.3	1158.3	1153.3
7	PESO DE LA BRIOQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (g)	1150.4	1156.7	1146.7	1161.7	1158.8	1152.2	1165.8	1166.5	1168.8	1153.1	1159.0	1154.0
8	PESO DE LA BRIOQUETA EN EL AGUA (g)	610.0	615.0	609.0	620.0	618.0	612.0	626.0	625.0	622.0	619.0	622.0	620.0
9	VOLUMEN DE LA BRIOQUETA (cm³)	540.4	541.7	537.7	541.7	540.8	540.2	539.8	541.5	536.8	534.1	537.0	534.0
10	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIOQUETA (gr/cm³)	2.128	2.134	2.131	2.138	2.141	2.131	2.158	2.152	2.156	2.157	2.157	2.150
11	PESO ESPECÍFICO BULK SECO DE LA BRIOQUETA (gr/cm³)	2.078	2.086	2.085	2.096	2.097	2.091	2.122	2.120	2.126	2.134	2.136	2.136
12	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041) (gr/cm³)		2.409			2.395			2.380			2.390	
13	VACÍOS (%)	7.8	7.5	7.5	6.0	6.2	3.8	3.8	3.9	3.6	3.1	3.0	3.0
14	PESO DEL ESPECIMEN FALLADO (g)	941.0	928.0	956.3	889.7	901.4	911.0	946.6	913.2	953.1	946.6	913.2	953.1
15	PESO DEL ESPECIMEN FALLADO SECO (g)	917.3	905.5	934.0	867.9	880.8	891.9	929.1	897.7	938.0	934.8	902.9	941.4
16	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.4	2.3	2.2	2.0	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.1	1.0	1.1
17	ESTABILIDAD MODIFICADA SIN CORREGIR (%)	881.0	882.0	889.0	1020.0	1022.0	1030.0	1205.0	1202.0	1200.0	1030.0	1025.0	1033.0
18	FACTOR DE ESTABILIDAD (%)	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.96	0.93	0.96
19	ESTABILIDAD MODIFICADA CORREGIDA (%)	819.3	820.3	826.8	948.6	950.5	957.9	1120.7	1117.9	1116.0	988.6	953.3	961.7

**OBSERVACIONES :**  
 - Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante  
 - Emulsión asfáltica proporcionada por el solicitante  
 - Curado de los testigos a medio ambiente por 48 horas.



Fecha de Emisión : Lima, 27 de mayo del 2016

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

**JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 59781

000 25

## Criterios del instituto del Asfalto (U.S.A.) para el Diseño Marshall.

*CURSO DE VIAS DE COMUNICACIÓN*

### Criterios del Instituto del Asfalto (U.S.A.) para el Diseño Marshall.

Criterios para mezcla del Método Marshall	Tránsito liviano Carpeta y Base		Tránsito Mediano Carpeta y Base		Tránsito Pesado Carpeta y Base	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta.	35		50		75	
Estabilidad N.	3336		5338		8006	
(lb)	(750)		(1200)		(1800)	
Flujo, 0.25 mm. (0.01 plg.)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA)	(Ver tabla adjunta.)					
Pocentaje de vacíos llenos de asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75

**NOTAS:**

1. Todos los criterios y no solo la estabilidad, deben ser considerados al diseñar una mezcla asfáltica de pavimentación. Las mezclas asfálticas en caliente de base que no cumplan estos criterios, cuando se ensayan a 60°C, se consideran satisfactorias si cumplen los criterios cuando se ensayan a 38°C, y si se colocan a 100 mm o más por debajo de la superficie. Esta recomendación se aplica solamente a las regiones que tengan una variedad de condiciones climáticas similar a la que prevalece en casi todas las regiones de Estados Unidos. En las regiones que tengan condiciones climáticas más extremas puede ser necesario usar temperaturas más bajas de ensayo.
2. Clasificación del tránsito:
  - » Liviano. Condiciones del tránsito que resultan en un EAL de diseño  $> 10^4$
  - » Mediano. Condiciones del tránsito que resultan en un EAL de diseño entre  $10^4$  y  $10^6$
  - » Pesado. Condiciones del tránsito que resultan en un EAL de diseño  $> 10^6$
3. Los esfuerzos de compactación en el laboratorio deberán aproximarse a la densidad máxima obtenida en el pavimento bajo el tránsito.
4. Los valores de fluencia se refieren al punto en donde la carga comienza a disminuir.
5. Cuando se esté calculando el porcentaje de vacíos, deberá permitirse cierta tolerancia en porción de cemento asfáltico perdida por absorción en las partículas de agregado.
6. El porcentaje de vacíos en el agregado mineral debe ser calculado con base en el peso específico total ASTM del agregado.