

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UDH**  
UNIVERSIDAD DE HUANUCO  
<http://www.udh.edu.pe>

**TESIS**

**“USO DE LA FIBRA DE CABUYA PARA EL ANALISIS DEL  
COMPORTAMIENTO MECANICO DE UNA MEZCLA  
ASFALTICA EN CALIENTE – 2019”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**TESISTA:**

**Bach. Auriola, MEZA LORENZO**

**ASESOR:**

*Mg. Ericka Selene, GARCÍA ECHEVARRÍA*

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2019**



**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
*Facultad de Ingeniería*

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:05 horas del día 28 del mes de enero del año 2020, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el

**Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. Johnny Prudencio JACHA ROJAS (Presidente)

Mg. Hamilton Deniss ABAL GARCÍA (Secretario)

Mg. Carlos Antonio TORRES PONCE (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 004-2020-D-FI-UDH, para evaluar la

**Tesis** intitulada:

" USO DE LA FIBRA DE CABUYA PARA EL ANALISIS  
DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA  
EN CALIENTE - 2019 "

presentado por el (la) Bachiller Auriola MEZA LORENZO, para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) aprobada por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de Suficiente. (Art. 47)

Siendo las 16:48 horas del día 28 del mes de enero del año 2020, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

  
\_\_\_\_\_  
Vocal

## **DICATORIA**

El presente trabajo de investigación dedico a mis padres Ethel Meza, Edita Lorenzo con el mismo cariño a mis hermanos Miguel, Magaly, Josué y Edith. No podría dejar de mencionar a mi sobrino Mateo y mi abuelo Teodoro personas muy especiales que son fuente de motivación e inspiración.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia por su comprensión su tiempo sus palabras y por estar siempre presentes en todo momento.

A mis amigos por su apoyo y sus palabras de motivación para poder seguir y terminar con una etapa importante de un profesional.

A los ingenieros evaluadores del proyecto de tesis que me orientaron y me encaminaron en esta etapa de investigación.

A mi alma mater por haberme recibido en sus aulas y permitirme pasar los mejores momentos de estudiante.

Al laboratorio JBO que permitió realizar los diferentes ensayos.

# ÍNDICE GENERAL

|                                                |      |
|------------------------------------------------|------|
| DICATORIA .....                                | ii   |
| AGRADECIMIENTO .....                           | iii  |
| ÍNDICE GENERAL.....                            | iv   |
| LISTA DE TABLAS .....                          | vii  |
| LISTA DE FIGURAS .....                         | viii |
| RESUMEN.....                                   | ix   |
| SUMMARY.....                                   | x    |
| INTRODUCCIÓN.....                              | xi   |
| CAPITULO I.....                                | 13   |
| 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....              | 13   |
| 1.1 Descripción del problema .....             | 13   |
| 1.2 Formulación del problema .....             | 15   |
| 1.2.1 Problema general.....                    | 15   |
| 1.2.2 Problema específico.....                 | 15   |
| 1.3 Objetivo general.....                      | 16   |
| 1.4 Objetivo específico.....                   | 16   |
| 1.5 Justificación de la investigación .....    | 16   |
| 1.6 Limitaciones de la investigación .....     | 17   |
| 1.7 Viabilidad de la investigación.....        | 17   |
| CAPITULO II.....                               | 18   |
| 2 MARCO TEÓRICO .....                          | 18   |
| 2.1 Antecedentes de la investigación .....     | 18   |
| 2.1.1 Antecedentes internacionales .....       | 18   |
| 2.1.2 Antecedentes nacionales .....            | 21   |
| 2.1.3 Antecedentes locales .....               | 22   |
| 2.2 Bases teóricas .....                       | 22   |
| 2.2.1 Asfalto .....                            | 22   |
| 2.2.1.1 Obtención de asfalto en refinería..... | 23   |
| 2.2.1.2 Composición Química.....               | 24   |
| 2.2.2 Mezclas Asfálticas.....                  | 25   |

|                   |                                                            |    |
|-------------------|------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.2.1           | Propiedades de mezcla asfáltica convencional .....         | 26 |
| 2.2.2.2           | Clasificación de mezcla asfáltica por su temperatura ..... | 28 |
| 2.2.3             | Agregados.....                                             | 30 |
| 2.2.3.1           | Propiedades de los agregados.....                          | 34 |
| 2.2.3.2           | Ensayos en agregados.....                                  | 36 |
| 2.2.4             | Cemento Asfáltico .....                                    | 44 |
| 2.2.5             | Método De Diseño.....                                      | 46 |
| 2.2.6             | Mezcla asfáltica modificada .....                          | 49 |
| 2.2.6.1           | Procesos de modificación del asfalto.....                  | 51 |
| 2.2.6.2           | Tipo de modificadores .....                                | 52 |
| 2.3               | Definiciones conceptuales .....                            | 57 |
| 2.4               | Hipótesis.....                                             | 59 |
| 2.4.1             | Hipótesis General.....                                     | 59 |
| 2.4.2             | Hipótesis específico .....                                 | 59 |
| 2.5               | Variables.....                                             | 59 |
| 2.5.1             | Variable dependiente .....                                 | 59 |
| 2.5.2             | Variable independiente.....                                | 59 |
| 2.6               | Operacionalización de variable.....                        | 60 |
| CAPITULO III..... |                                                            | 61 |
| 3                 | METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....                       | 61 |
| 3.1               | Tipo de investigación .....                                | 61 |
| 3.1.1             | Enfoque.....                                               | 61 |
| 3.1.2             | Alcance o nivel.....                                       | 61 |
| 3.1.3             | Diseño.....                                                | 62 |
| 3.2               | Población y muestra .....                                  | 62 |
| 3.2.1             | Para la recolección de datos .....                         | 62 |
| 3.2.2             | Para la presentación de datos.....                         | 63 |
| 3.2.3             | Para el análisis e interpretación de datos.....            | 64 |
| CAPITULO IV.....  |                                                            | 65 |
| 4                 | RESULTADOS.....                                            | 65 |
| 4.1               | Procesamiento de datos .....                               | 65 |
| 4.1.1             | Caracterización de los materiales .....                    | 65 |
| 4.1.1.1           | Agregados .....                                            | 65 |

|                 |                                                |    |
|-----------------|------------------------------------------------|----|
| 4.1.1.2         | Mezcla de agregados .....                      | 71 |
| 4.1.1.3         | Cemento asfáltico.....                         | 72 |
| 4.1.1.4         | Fibra de cabuya.....                           | 72 |
| 4.1.2           | Diseño Marshall de la mezcla convencional..... | 73 |
| 4.1.3           | Resultados del ensayo de estabilidad .....     | 78 |
| 4.1.3.1         | Estabilidad .....                              | 78 |
| 4.1.3.2         | Flujo.....                                     | 80 |
| 4.2             | Contrastación de hipótesis.....                | 82 |
| 4.2.1           | Hipótesis general.....                         | 82 |
| 4.2.2           | Hipótesis específico .....                     | 84 |
| 4.2.2.1         | Hipótesis específico 1 .....                   | 84 |
| 4.2.2.2         | Hipótesis específico 2 .....                   | 86 |
| CAPITULO V..... |                                                | 89 |
| 5               | DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                   | 89 |
| 5.1             | Contrastación de los resultados.....           | 89 |
|                 | CONCLUSIONES .....                             | 91 |
|                 | RECOMENDACIONES.....                           | 92 |
|                 | BIBLIOGRAFÍA.....                              | 93 |
|                 | ANEXO .....                                    | 96 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1:</b> Requerimiento para el agregado grueso .....                       | 33 |
| <b>Tabla 2:</b> Requerimiento para el agregado fino .....                         | 33 |
| <b>Tabla 3:</b> Gradación para agregados MAC .....                                | 44 |
| <b>Tabla 4 :</b> Cemento asfáltico – EG-2013 .....                                | 44 |
| <b>Tabla 5:</b> Clasificado por penetración. ....                                 | 45 |
| <b>Tabla 6 :</b> Clasificado por viscosidad. ....                                 | 46 |
| <b>Tabla 8:</b> Operacionalización de variable .....                              | 60 |
| <b>Tabla 9 :</b> Programa de recolección de datos.....                            | 63 |
| <b>Tabla 10:</b> Requerimiento para los agregados gruesos EG-2013 .....           | 66 |
| <b>Tabla 11 :</b> Resultados de los requerimientos de agregado grueso .....       | 67 |
| <b>Tabla 12 :</b> Granulométricos de agregados gruesos MTC E 204 – 2016.....      | 67 |
| <b>Tabla 13 :</b> Requerimiento para los agregados finos. ....                    | 69 |
| <b>Tabla 14 :</b> Resultados de los requerimientos de agregado finos.....         | 69 |
| <b>Tabla 15 :</b> Usos granulométricos MTC .....                                  | 71 |
| <b>Tabla 16 :</b> Porcentaje de combinación de agregados .....                    | 71 |
| <b>Tabla 17:</b> Requisitos para mezcla de concreto bituminoso .....              | 73 |
| <b>Tabla 18 :</b> Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional .....   | 75 |
| <b>Tabla 19 :</b> Promedio del resultado del ensayo Marshall.....                 | 75 |
| <b>Tabla 20 :</b> Peso de la fibra de cabuya por porcentaje. ....                 | 76 |
| <b>Tabla 21:</b> Diseño Marshall mezcla modificada con porcentajes de fibra ..... | 77 |
| <b>Tabla 22 :</b> Promedio del diseño de mezcla modificada con fibra de cabuya    | 77 |
| <b>Tabla 23:</b> Relación de Estabilidad y Flujo .....                            | 82 |
| <b>Tabla 24:</b> t de student para medias independientes de la muestra.....       | 83 |
| <b>Tabla 25:</b> Estabilidad de las mezclas.....                                  | 84 |
| <b>Tabla 26:</b> t de student para las medias independientes de estabilidad.....  | 85 |
| <b>Tabla 27:</b> Flujo .....                                                      | 86 |
| <b>Tabla 28:</b> t de student para el flujo de la mezcla.....                     | 87 |



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Refinado de petróleo.....                                        | 23 |
| Figura 2 : Fabricación de asfalto.....                                     | 24 |
| Figura 3: Maquina de abrasión los ángeles .....                            | 38 |
| Figura 4 : Equipo Marshall y Martillo de compactación.....                 | 49 |
| Figura 5: Cabuya azul (Agave americana).....                               | 54 |
| Figura 6 : Curva Granulométrica de agregado grueso.....                    | 68 |
| Figura 7 : Curva granulométrica de arena natural.....                      | 70 |
| Figura 8 : Curva granulométrica de arena Chancada .....                    | 70 |
| Figura 9 : Curva granulométrica de la mezcla de agregados.....             | 72 |
| Figura 10 : Fibras de cabuya .....                                         | 72 |
| Figura 11: Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.30% de fibra de cabuya .... | 78 |
| Figura 12: Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya .... | 78 |
| Figura 13: Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya .... | 79 |
| Figura 14: Relación de estabilidad vs. Porcentaje de fibra. ....           | 79 |
| Figura 15: Flujo de la mezcla con 0% y 0.30% de fibra de cabuya.....       | 80 |
| Figura 16: Flujo de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya.....       | 80 |
| Figura 17: Flujo de la mezcla con 0% y 0.70% de fibra de cabuya.....       | 81 |
| Figura 18: Relación de Flujo vs. Porcentaje de fibra.....                  | 81 |
| Figura 19: comportamiento mecánico de la mezcla.....                       | 83 |
| Figura 20: Curva normal para el intervalo de aceptación.....               | 83 |
| Figura 21: Estabilidad .....                                               | 85 |
| Figura 22: Curva normal para el intervalo de aceptación.....               | 85 |
| Figura 23: Deformación de la mezcla .....                                  | 87 |
| Figura 24: Curva normal para el intervalo de aceptación.....               | 87 |

## RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad analizar la fibra de cabuya (agave americano) con los cuales se pretende diseñar una mezcla asfáltica de acuerdo a las condiciones de cada lugar de acuerdo a la normativa nacional. Para luego poder establecer la relación de causalidad entre las variables; para la obtención de los materiales se realizó la visita a la cantera de Anda bamba para los agregados, la fibra de cabuya se adquirió de la casa artesanal La casa de la cabuya y el asfalto fue proporcionado por Repsol. Se realizó una investigación de enfoque cuantitativo de nivel exploratorio descriptivo y diseño de tipo experimental puro con un diseño pos prueba únicamente. La técnica empleada fue observacional y para la recolección de datos de laboratorio se empleó formatos para la granulometría y diseño de mezcla por el método Marshall. El proceso del método Marshall se desarrolla de acuerdo a la norma MTC E 504, ASTM D 1559, AASHTO T 225.

Los resultados obtenidos tanto para estabilidad y flujo de la mezcla modificada con fibra de cabuya tuvieron una disminución en la estabilidad y un incremento en la deformación por cada porcentaje de fibra de cabuya. Para medir la significancia de las medias de las dos variables se empleó el método estadístico t de student con lo que se puede concluir que el comportamiento mecánico de la mezcla se ve afectado por las fibras, pero, la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada con fibra de cabuya cumplen con los criterios de diseño de mezcla de acuerdo a la normativa del Perú la EG-2013.

**Palabra clave:** Mezcla asfáltica, Marshall, fibras

## SUMMARY

The purpose of the research was to analyze the fiber of cabuya (American agave) with which it is intended to design an asphalt mixture according to the conditions of each place according to national regulations. To then be able to establish the causality relationship between the variables; In order to obtain the materials, a visit to the quarry of Anda bamba for the aggregates was made, the cabuya fiber was acquired from the artisan house The house of the cabuya and the asphalt was provided by Repsol. A quantitative approach investigation of descriptive exploratory level and pure experimental type design was conducted with a specific post-test design. The technique used was observational and for the collection of laboratory data formats for granulometry and mixing design by the Marshall method were used. The Marshall method process is developed according to MTC E 504, ASTM D 1559, AASHTO T 225.

The results obtained for both stability and flow of the modified mixture with cabuya fiber had a decrease in stability and an increase in deformation for each percentage of cabuya fiber. To measure the significance of the means of the two variables, the statistical method t of student was used, with which it can be concluded that the mechanical behavior of the mixture is affected by the fibers, but the conventional asphalt mixture and the modified asphalt mixture with fiber of cabuya with the criteria of design of mixture according to the norm of Peru the EG-2013.

**Keyword:** Asphalt mix, Marshall, fibers

## INTRODUCCIÓN

El asfalto es uno de los materiales más antiguos usados en la construcción de carreteras, indicios históricos nos muestran que su primer uso para la construcción de carreteras ocurrió en Babilonia, 625 A.C. Por el año de 1852 se construyó la carretera Paris-Perpiña con asfalto de Vals Travers. Que significó el comienzo de una nueva forma de construcción vial. En Londres se introduce en el año 1869, en los Estados Unidos por el año 1870. Estos fueron los inicios donde se implantaron sólidamente su empleo en las vías urbanas y propiciaron su uso en la ingeniería vial.

Las vías en el Perú como en cualquier otro lugar del mundo son un elemento primordial que nos permite la interconexión de pueblos generando desarrollo social, económico y cultural. En los últimos años el gobierno ha gestionado la elaboración y ejecución de obras viales de gran envergadura a nivel nacional.

Algo que se debe de saber es que, el Perú, debido a su diversidad climática y su incremento de la carga vehicular requiere de diseños de pavimentos y mezclas asfálticas específicas para cada región, conociendo sus propiedades favorables y desfavorables de la mezcla. La investigación propone el uso de la fibra de cabuya (agave americano) como elemento modificador de la mezcla, fibra que espera mejorar la calidad de la mezcla asfáltica. Pues según (Bejarano & Caicedo, 2017) nos menciona que en cada diseño de mezcla asfáltica modificada con materiales fibrosos, se ha notado que el agente modificador ha sido de gran apoyo, la muestra convencional se ve superada en sus propiedades por la mezcla modificada. Por lo que estos diseños son una alternativa en la industria de la mezcla asfáltica cuya finalidad es la optimización. Entonces como problema general tenemos ¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente? La hipótesis general es que el uso de la fibra de cabuya mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente. El objetivo general es analizar el uso la fibra de cabuya, para el diseño de mezclas asfálticas en caliente, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla a través de ensayos de laboratorio.

Para desarrollar la investigación se ha estructurado en cinco capítulos. En el capítulo I, se presenta la problemática los objetivos la justificación y las limitaciones de la investigación. En el capítulo II, marco teórico se define los conceptos de mezcla asfáltica, caracterización de materiales la descripción del método Marshall y se pone de conocimiento la normativa peruana para el diseño de mezclas asfálticas. En el capítulo III, se da a conocer la metodología llevada para la elaboración de este documento. En el capítulo IV se realizó la caracterización de los materiales de acuerdo a los ensayos establecidos por la norma, seguido se hizo el ensayo Marshall para determinar el óptimo de asfalto para el diseño. Con un óptimo de asfalto y uso granulométrico determinado se procedió a realizar la mezcla modificada con fibras de cabuya en dosificaciones de 0.3%,0.5% y 0.7% el proceso de adición de fibra de cabuya fue por vía seca. Por cada porcentaje de fibra de cabuya se hizo 3 briquetas de acuerdo como indica la normativa, las briquetas fueron sometidos a 75 golpes por cada cara para un tránsito pesado luego se somete a un baño maría por un tiempo de media hora para simular la exposición de una carpeta expuesta a humedad y cambio de temperatura finalmente la briketa es puesta en la mordaza perimetral para soportar una carga vertical el cual al momento de la falla marca la estabilidad y flujo. En el capítulo V se presenta las conclusiones y recomendaciones.

# CAPITULO I

## 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Descripción del problema

La carpeta es la capa de pavimento que soporta las cargas de manera directa a través de los neumáticos, del mismo modo la carpeta al ser la capa superior tiene como función transmitir las cargas a las capas inferiores del pavimento. Por lo tanto los factores a tener en cuenta al momento del diseño son los siguientes.

El primero es el aumento progresivo durante las últimas décadas de la carga (tonelaje) vehicular, producto del desarrollo tecnológico a nivel mundial, el cual impulsa el uso de vehículos de carga cada vez con mayor capacidad.

El segundo factor, es el incremento en el flujo de tránsito a nivel nacional, ello debido a una creciente demanda de compra de vehículos, incrementando de manera constante el flujo de vehículos que transitan en el Perú y por ende, la exigencia cada vez mayor de la mezcla asfáltica usada en la pavimentación.

El tercero son las distintas condiciones climáticas que presenta el Perú, el cual exige no solo un buen desempeño de la mezcla asfáltica, sino además mantener sus características a diferentes condiciones de temperatura.

Siendo estos tres factores los causantes de un deterioro prematuro y progresivo del pavimento. (Salazar, 2013)

Un pavimento deteriorado o en mal estado antes de cumplir su vida útil ocasiona gastos de mantenimiento no previstos, gastos a los usuarios en reparación de sus vehículos ocasionados por el mal estado de la vía y por ende se pierde la serviciabilidad para el cual fue diseñado.

“Panamá, Chile y Ecuador son los países con mejor calidad de vías de América Latina, mientras que Costa Rica, Paraguay y Haití, tienen el peor estado de sus carreteras, según un reporte de Competitividad Global publicado por el Foro Económico Mundial (FEM).” Velasquez, M. (2018,28 de

Septiembre). ¿Qué países de América Latina tienen las mejores vías? *CNN español* de <https://cnnespanol.cnn.com/2018/09/28/que-paises-de-america-latina-tienen-las-mejores-vias/>

“En una escala de 1 a 7, donde 1 es extremadamente pobre, y 7 extremadamente bien, la escala de la calidad de carreteras Perú tiene 3, según cifras del FEM.” Velásquez, M. (2018,28 de septiembre). ¿Qué países de América Latina tienen las mejores vías? *CNN español* de <https://cnnespanol.cnn.com/2018/09/28/que-paises-de-america-latina-tienen-las-mejores-vias/>

“En el Perú, como en otros países, la deformación permanente, en sus diferentes formas, es una de las fallas más importantes e incidentes en el comportamiento de los pavimentos asfálticos” (Huamán, 2011)

En el ámbito local en una fracción del diario Correo se lee:

El mal estado del pavimento y la continua aparición de los huecos hacen del transitar por las calles de Huánuco, una verdadera proeza. "Los huecos parecen parásitos urbanos, que se producen e imposibilitan la normal movilidad, crean trancones y en ocasiones causan accidentes", expresa el presidente de la Cámara de Comercio de Huánuco, Abelardo Ortiz. Puente, I. (2010, 27 de junio). 4,800 huecos hay en las calles de Huánuco, *Correo*. <https://diariocorreo.pe/peru/4-800-huecos-hay-en-las-calles-de-huanuco-365750/>

El aumento de las exigencias a las cuales se somete las vías ha llevado a que los ingenieros diseñadores tomen en cuenta el uso de diversos modificadores que mejoran las propiedades físico-mecánicas del asfalto. Entre los más empleados se tiene a los polímeros tanto elastómeros y plastómeros.

En la investigación realizada por Coinsky et al., (1994); Sheu, Storm y Mullins, (1995). Nos indica la importancia de un modificador.

Las mezclas asfálticas modificadas son realizadas para mejorar las propiedades de la mezcla convencional (las cuales dependen de su contenido de asfaltenos, resinas y aceites), mejorando a largo plazo el desempeño del pavimento. Si bien los modificadores pueden afectar muchas propiedades, intenta reducir en su mayoría la dependencia de la temperatura, el endurecimiento por oxidación del cemento asfáltico y

la susceptibilidad a la humedad de la mezcla asfáltica. Cuando se modifica el asfalto se reduce la tensión en la interface asfalto agregado del mismo modo se espera optimizar el desempeño mecánico, incrementar el comportamiento elástico de la mezcla asfáltica.

Sin embargo, el elevado costo de los modificadores ha hecho que su empleo no se haya masificado como debiera; entre tanto se busca alternativas para que el asfalto mejore sus propiedades.

Por lo que se planteó el uso de la fibra de cabuya azul (agave americana) como materia prima para modificar las propiedades de la mezcla asfáltica. Como se sabe la mezcla asfáltica convencional tiene un bajo desempeño en esfuerzo a la tensión. La solución que podemos emplear para esta problemática sería el uso de la fibra de cabuya azul (agave americano), la fibra también permitiría mejorar la cohesión de la mezcla reduciendo su rigidez a bajas temperaturas.

La cabuya azul pertenece a la familia Agavácea, género Agave y especie Agave Americana, materia prima que abunda en los cerros de la ciudad de Huánuco, dado a su gran producción y su bajo conocimiento la investigación está orientado a usar la fibra como modificador y obtener una mezcla asfáltica estable, materia que no tan solo permitirá la disminución de costo si no también se espera que cumpla con los parámetros establecidos por la norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya influye en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente, 2019?

### **1.2.2 Problema específico.**

¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, 2019?

¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra influye en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, 2019?



### **1.3 Objetivo general**

Analizar el uso de la fibra de cabuya, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfalta en caliente mediante ensayos de laboratorio, 2019.

### **1.4 Objetivo específico**

Analizar el uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, para mejorar la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, 2019.

Analizar el uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, para mejorar el flujo en mezclas asfálticas en caliente, 2019.

### **1.5 Justificación de la investigación**

Esta investigación experimental nos permitirá aplicar nuevos procedimientos y así ampliar conocimientos en el campo de la construcción vial. Procedimientos que nos permitirán mejoras en la elaboración, colocación y desempeño de la mezcla asfáltica modificado con fibras de cabuya (Agave americano) todo esto con el único propósito de mejorar las propiedades físico-mecánico de la mezcla asfáltica.

Al tener a la fibra de cabuya (Agave americano) como modificador principal nos permitirá hacer uso de una planta natural que abunda por los cerros de la ciudad de Huánuco y otro de los beneficios que se espera, que al mezclar los componentes fibra, asfalto y agregados unan sus ventajas manteniendo un nivel de costo aceptable para la construcción de carreteras.

Los ensayos que permiten determinar la calidad de los materiales; corresponderán nada más a aquellos que sean de utilidad para el diseño de la mezcla asfáltica en caliente. El diseño obtenido de la mezcla asfáltica en caliente, se analizará para un tráfico alto ya que representa las condiciones más desfavorables a las cuáles se puede someter un pavimento en las carreteras.

La investigación fue orientada al diseño teórico y el diseño de laboratorio, excluyendo producción de la mezcla en planta y la realización de tramos de prueba.

Por lo tanto, una vía en buenas condiciones significa un impacto positivo en la sociedad la economía las cuales deben ser reflejadas en el desarrollo de vidas peruanas que necesitan no solo cantidad sino calidad en la infraestructura vial del territorio local y nacional.

### **1.6 Limitaciones de la investigación**

La limitación más relevante es que el tema no ha sido ampliamente estudiado en el país pero se tiene conocimiento que países como Colombia, Brasil, España y México, desarrollaron diversas investigaciones para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente ya sea con polímeros, cauchos, plásticos y fibras naturales.

### **1.7 Viabilidad de la investigación**

El tema de investigación no ha sido muy visto en el Perú pero se cuenta con investigaciones de países vecinos al cual se cuenta con acceso através de internet.

El plazo de desarrollo de la investigación fue de 8 meses desde la obtención de la resolución de validación del proyecto de tesis, obtención de materiales fibra, agregados y asfalto. Luego se procederá con los ensayos necesarios en el laboratorio y finalmente se realizaran trabajos de gabinete.

Con respecto al financiamiento fue cubierto por el tesista.

## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 Antecedentes internacionales

(Bejarano & Caicedo, 2017) Titulado “Análisis del comportamiento físico - mecánico de la mezcla asfáltica tipo mdc.19 con fibra natural de caña de azúcar”.

El presente trabajo investigativo se fundamenta en la experiencia exitosa por medio de la cual se demostró un mejora considerable en las características y comportamiento de la mezcla asfáltica MDC-19, se mejoraron características como la resistencia a la tracción, un menor desgaste en el ensayo de cántabro etc., gracias al porcentaje de bagazo de caña presente en la mezcla.

Para la mezcla asfáltica modificada en primer lugar se debe caracterizara a los materiales como es el cemento asfaltico, agregados y la fibra de la caña de azúcar, seguido se realizan los especímenes para someter a ensayos de estabilidad y deformación a la mezcla convencional por medio del aparato Marshall una vez obtenido los resultados se realiza un nuevo ensayo Marshall usando cuatro dosificaciones el 0.25%, 0.5%, 1% y el 3%, con estos porcentajes se ejecutaron los ensayos de estabilidad y flujo, densidad Bulk y desgaste de cántabro.

En la dosificación de 0.5% se ven mejoras considerables en la estabilidad de la mezcla de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio por lo tanto se recomienda tener en cuenta y que de uno u otra forma mejoran las propiedades fisicomecanicas del producto resultante.

(Preciado & Sierra, 2013) Titulado “Utilización de fibras desechas de procesos industriales como estabilizador de mezclas asfálticas SMA”

El enfoque del trabajo de grado fue buscar una alternativa para emplear de manera eficiente la fibra de celulosa; para esto se utilizaron dos fibras producto de desechos industriales en el país, como son la fibra de polipropileno proveniente de la producción de elementos de higiene y seguridad, y la fibra de la cáscara de coco. Estos productos, al ser desechos industriales, no generan mayores costos en la elaboración de la mezcla asfáltica tipo SMA, comparado con la mezcla SMA elaborada con fibra de celulosa. Para ello se diseñó una mezcla asfáltica de tipo SMA con fibra de celulosa peletizada premezclada con asfalto, así como también con fibras de polipropileno y coco. Estas tres mezclas fueron sometidas a pruebas de desempeño mecánico como módulo resiliente, deformación plástica, y susceptibilidad a la humedad. Los resultados obtenidos en este trabajo indicaron que las fibras producto de desechos industriales son capaces de inhibir el escurrimiento del asfalto y no alteran de forma considerable las propiedades mecánicas estudiadas de la mezcla asfáltica tipo SMA comparado con los resultados obtenidos en esta mezcla con fibra de celulosa.

(Tovar & Landinez, 2015) Titulado “Mezclas densas en caliente a partir de asfalto natural con adición de fibra de coco.”

Este trabajo tuvo como finalidad la identificación de materiales con los cuales fueran posibles generar una mezcla asfáltica que creen un impacto ambiental menor a los métodos convencionales y un ahorro considerable de recursos económicos. Al generar el filtro de acuerdo a los anteriores parámetros fue posible identificar dos materiales que cumplieran con lo anterior, fue de esa manera que se decidió usar el asfalto natural o Mapia siendo este una herramienta de origen natural

presente en el suelo Colombiano en distintos lugares o sitios del país, lo que facilita la extracción y uso del mismo. Para continuar con la investigación se decidió implementar la adición de cierto porcentaje de fibra de coco a la mezcla, esto debido a la cualidades físicas que esta podría adicionar a la misma, siendo este un material desechado luego de consumir el fruto presente en su centro, la fibra de coco ofrece una alternativa económica y de fácil acceso. Con el fin de evaluar el comportamiento de las mezclas de asfalto natural con adición de fibra de coco se crean tres tipos de mezclas: la primera compuesta por el asfalto natural, la segunda con adición de fibra de coco al asfalto natural y la tercera una mezcla compuesta por asfalto natural, agregados pétreos y fibra de coco. Se elaboran briquetas de los tres tipos de mezclas y se llevaron al equipo Marshall para evaluar la resistencia de las mezclas en caliente. Luego de realizar los distintos cálculos fue posible identificar las diferentes cualidades alteradas al adicionar fibra de coco en primer caso y agregados pétreos en última instancia, además de analizar el si el porcentaje de fibra de coco fue el indicado para mejorar las condiciones iniciales del asfalto natural. Finalmente se presentan una serie de reflexiones las cuales aportan ciertas conclusiones y recomendaciones a futuro con el fin de continuar con dicha investigación.

(Jimenez, 2016) Titulado “Análisis comparativo de la estabilidad y la deformación del pavimento asfáltico con fibras celulósicas y pavimento asfáltico tradicional”

El presente trabajo, se realizó con el objetivo de proporcionar un pavimento asfáltico con características adecuadas y capaces de disminuir la presencia de fisuras, para lo cual fue necesario recolectar los materiales adecuados para su posterior utilización en la investigación los materiales fueron proporcionados por; JEAL CONSTRUCCIONES ubicada en la ciudad de Ambato sector La Península, como también fue necesario recolectar la

cáscara de coco desechada para su posterior extracción de la fibra de coco. En primer instancia fue necesario determinar si los agregados tanto fino como grueso cumplían con las normas INEN Y ASTM, establecidas para la realización de un pavimento asfáltico, con estos antecedentes se procedió a realizar la granulometría correspondiente al tipo de agregado comprobando que se encuentren dentro de los límites establecido por MOP – 001 – F 2002. Concluido y determinado este se procedió a realizar las probetas mediante el método Marshall que recomienda realizar 3 briquetas por cada contenido de asfalto empezando desde un porcentaje igual a 5% hasta 7% con intervalos de 0,5%, así mismo para posterior comparación se realizaron 3 briquetas para cada porcentaje de cemento asfáltico utilizado y adicionalmente en estas briquetas fue añadida la fibra en un porcentaje igual a 0,3% en peso calculado sobre la mezcla total.

Las briquetas ensayadas mediante el procedimiento Marshall el cual permitió tabular los datos de forma correcta para su posterior representación mediante gráficas de cada una de sus propiedades, determinando así los porcentajes óptimos de cada uno de los pavimentos asfálticos. De los resultados obtenidos y realizada la comparación de la estabilidad y deformación con los porcentajes óptimos de asfalto, se determina que el pavimento asfáltico tradicional posee una mayor estable que el pavimento asfáltico con fibras siendo que el pavimento asfáltico tradicional es un 19,35% más estable que el pavimento asfáltico con fibras, no obstante, los dos tipos de pavimento cumplen con los criterios de diseño de un pavimento usable, con la diferencia que el pavimento asfáltico tradicional es menos costos que el pavimento asfáltico con fibras.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

(Cahuana & Limas, 2018) Titulado “Análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con

Betutec ic + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional” Universidad de San Martín de Porres, Lima.

La finalidad de la investigación fue mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada incorporando Betutec IC + aditivo Warmix, a fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan al asfalto y consecuentemente a la carpeta asfáltica. Para lo cual se obtuvieron las características de los agregados y el cemento asfáltico, se procedió a realizar Ensayos Marshall para determinar la densidad, estabilidad, fluidez, vacíos del agregado mineral y espacios vacíos en la mezcla asfáltica convencional y modificada con Betutec IC + aditivo Warmix a fin de evaluar su comportamiento mecánico. Los resultados reflejan en la muestra mejoras en el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada, lo cual permitió concluir que la incorporación del Betutec IC + aditivo Warmix en una mezcla asfáltica presenta: menor pérdida de resistencia por efecto del agua, mayor resistencia a la deformación, mayor cohesión y resistencia al esfuerzo cortante; los cuales se traducen en una mayor durabilidad ante los agentes agresores e incrementa la vida útil del pavimento.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

No se cuenta con antecedentes locales directamente relacionados con el tema.

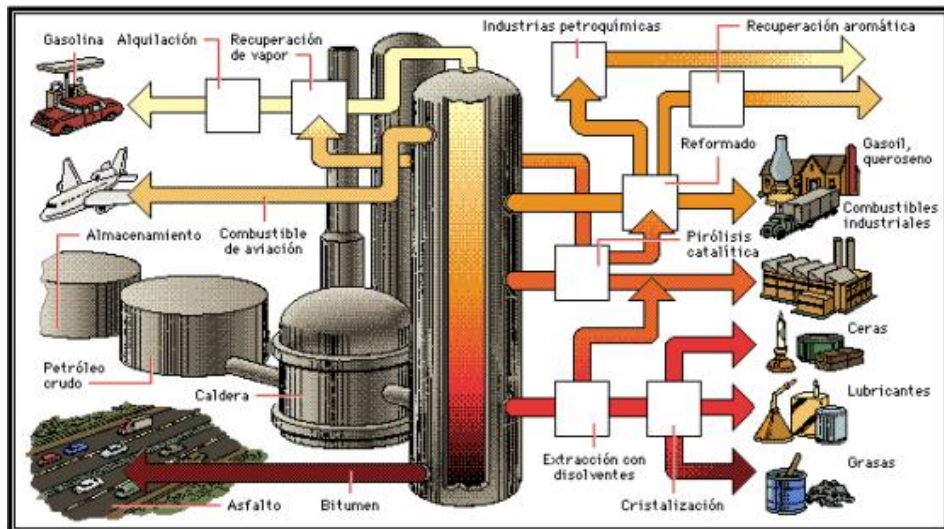
## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Asfalto**

Según Alejandro Padilla Rodríguez en su manual Materiales básicos dice:

Los asfaltos son una mezcla compleja de hidrocarburos de peso molecular elevado, que se presenta en forma de cuerpo viscoso más o menos elástico, no cristalino y de color negro. Son productos de la destilación natural o artificial del petróleo. Una vez extraído los componentes más ligeros y volátiles el asfalto es el residuo sólido que queda.

El asfalto puede verse como un producto de gran calidad por más que se haya conseguido del residuo, sobre el que se fundamenta gran parte de la construcción de los firmes flexibles, denominados también firmes asfálticos o firmes bituminosos, en virtud de este dúctil, flexible y tenaz material que los constituye y caracteriza.



Fuente: Piura, 2015.

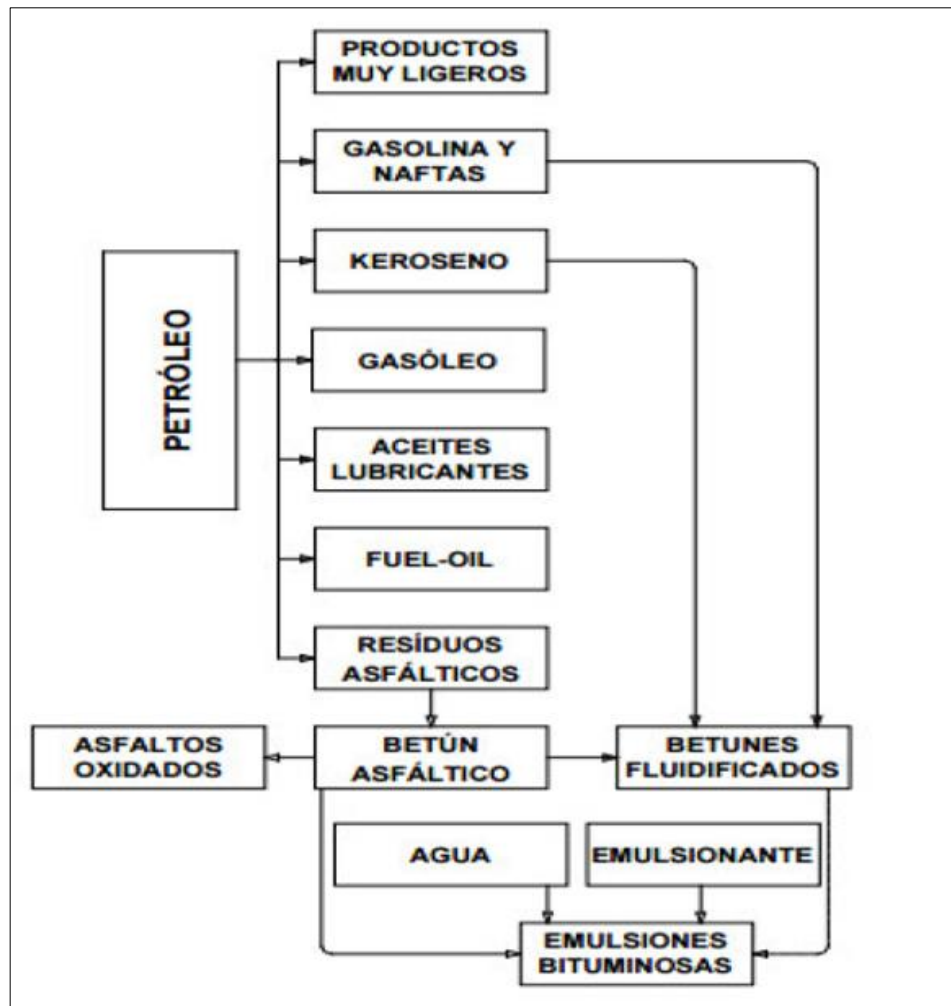
Figura 1: Refinado de petróleo

### 2.2.1.1 Obtención de asfalto en refinería

#### ➤ Destilación primaria:

Es la etapa donde el petróleo extraído está sometido a temperaturas elevadas en hornos tubulares hasta llegar a una temperatura de 375 °C, junto con a la presión atmosférica. Los productos livianos como el keroseno, gasolina, aceites lubricados, gasóleo y otros productos livianos se transforman en vapor, estos vapores se mezclan y el líquido que queda pasa a una columna fraccionadora, el líquido producto de esta destilación producida se junta todo en el fondo de la columna y se comienza bombear a otras plantas de refinería; como se muestra en la figura 1. (Piura, 2015)





Fuente: Piura, 2015.

**Figura 2 :** Fabricación de asfalto

### 2.2.1.2 Composición Química

Salazar, F(2013) nos dice que básicamente está constituida por cadenas de moléculas compuestas principalmente por carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y complejos de vanadio, níquel, hierro, calcio y magnesio.

Si la temperatura es favorable, el estado y nivel de consistencia varían de sólido a semisólido e incluso a líquido viscoso con facilidad el cual se le conoce como propiedad termoplásticas.

La composición del asfalto se subdivide en dos grandes grupos, asfaltenos y maltenos.

Dentro del grupo de los maltenos, podemos diferenciar a tres grupos estructurales con propiedades definidas, los cuales son los saturados, aromáticos y resinas.

➤ **Asfáltenos.**

Son compuestos orgánicos que se encuentran en el petróleo, es de gran importancia conocer la estructura para poder diseñar compuestos que inhiban su agregación. Los asfáltenos tiene un color de negro a marrón las cuales tienen nitrógeno, nitrógeno, azufre, oxígeno y carbono. Va tener una estructura dada dependiendo de qué lugar y profundidad se obtuvo el petróleo. Salazar, F (2013)

➤ **Resinas.**

Son mezclados de carbón, hidrógeno y cantidades menores de nitrógeno, oxígeno y azufre. Las resinas son materiales muy adherentes y actúan como dispersantes o peptizantes de los asfaltos. Salazar, F(2013)

➤ **Aromáticos.**

De la composición total de los asfaltos los aromáticos constituyen entre el 40 y 65%, son las fracciones de menor peso molecular en la estructura de los asfaltos, simbolizan la mayor proporción de los dispersantes de los asfaltos peptizados. Las moléculas insaturadas son compuestos que predominan, de peso molecular entre 300 a 2000, no polares, con capacidad para actuar como disolventes de otras cadenas hidrocarbonadas de alto peso molecular. Salazar, F (2013)

### **2.2.2 Mezclas Asfálticas**

Alejandro Padilla Rodríguez, hace mención en su manual mezclas asfálticas cap. III: Menciona que “las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato”,

“En la construcción de Carreteras, Aeropuertos, Pavimentos Industriales se emplea la mezcla asfáltica. Sin olvidar que se utilizan en las capas inferiores de los firmes para tráficos pesados intensos”.

“Las mezclas asfálticas están constituidas aproximadamente por un 90 % de agregados pétreos grueso y fino, un 5% de polvo mineral (filler) y otro 5% de ligante asfáltico”. “Los componentes mencionados anteriormente son de gran importancia para el correcto funcionamiento del pavimento y la falta de calidad en alguno de ellos afecta el conjunto”.

“La función de mezclas asfálticas es proporcionar una superficie de rodamiento cómoda, segura y económica a los usuarios, facilitando la circulación de los vehículos, aparte de transmitir suficientemente las cargas debidas al tráfico a la explanada para que sean soportadas por ésta”.

“Las cualidades funcionales del firme son: La adherencia del neumático al firme, las proyecciones de agua en tiempo de lluvia, el desgaste de los neumáticos, el ruido en el exterior y en el interior del vehículo, la comodidad y estabilidad en marcha, las cargas dinámicas del tráfico, la resistencia a la rodadura (consumo de carburante)”.

#### **2.2.2.1 Propiedades de mezcla asfáltica convencional**

**Estabilidad:** Depende de la cohesión interna el cual tiene la capacidad para resistir desplazamiento y deformación bajo cargas.

La cohesión resulta de la capacidad ligante del asfalto la cual está relacionada con las particularidades del agregado tales como forma y textura.

La estabilidad obtendrá valores mayores siempre y cuando los agregados sea más angular y más áspera su textura.

**Durabilidad:** Está relacionado a la resistencia de separación de películas de asfalto, cambio en las propiedades de asfalto y desintegración del agregado. El clima y el transito puede representar a estos factores. Una graduación densa de agregado firme, duro y resistente a la separación, contribuye a la durabilidad

del pavimento. Una graduación densa facilita un contacto más cercano entre las partículas de agregado, lo cual mejora la impenetrabilidad de la mezcla.

**Impermeabilidad:** Es la firmeza al paso de aire y agua hacia su capa inferior. El tamaño de vacíos es el indicador del grado de impermeabilidad, sin importar si está o no conectados y por el exceso que tienen a la superficie del pavimento.

**Trabajabilidad:** Una mezcla puede ser colocada y compactada con facilidad. Las mezclas gruesas tienen tendencia a separarse durante su manejo y también pueden ser difíciles de compactar. La trabajabilidad es fundamentalmente importante en sitios donde se requiere ubicar y rastrillar a mano cantidades considerables de mezcla, como por ejemplo alrededor de tapas de alcantarillado, curvas marcadas y otros obstáculos similares.

**Flexibilidad:** Es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la Subrasante.

**Resistencia a la Fatiga:** “Es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Así mismo un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga”.

**Resistencia al Deslizamiento:** “Es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie está mojada”.

“Una superficie áspera y rugosa de pavimento tendrá mayor resistencia al deslizamiento que una resistencia lisa”. “La mejor resistencia al deslizamiento se obtiene con un agregado de textura áspera, en una mezcla de graduación abierta y con tamaño máximo de 9.5 mm”.

### 2.2.2.2 Clasificación de mezcla asfáltica por su temperatura

#### **Mezcla asfáltica en caliente.**

Este tipo de mezclas son las más usadas en el país.

Este tipo de mezclas; se caracterizan porque se la realiza en caliente con agregados bien gradados, previamente calentados a una temperatura que debe estar entre 130 – 160 °C este tipo de mezcla se compone mayormente de agregados gruesos. Posee vacíos de aire menores al 6% por que posee una granulometría densa. (Corrales, T. 2015)

- **Mezcla asfáltica de granulometría densa:** Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos bien gradados, con tamaño nominal entre treinta y siete coma cinco (37,5) milímetros (1 ½ in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros (3/8 in). Regularmente se utiliza en la construcción de carpetas asfálticas de firmes nuevos en los que se requiere una alta resistencia estructural, o en renivelaciones y refuerzo de pavimentos existentes.
- **Mezcla asfáltica de granulometría abierta:** Es la mezcla en caliente, uniforme, similar y con un alto porcentaje de vacíos, elaborada con cemento asfáltico y materiales pétreos de granulometría uniforme, con tamaño nominal entre doce coma cinco (12,5) milímetros (1/2 in) y seis coma tres (6,3) milímetros (1/4 in). No tienen función estructural y generalmente se utilizan para formar capas de rodadura, se construyen sobre una carpeta de granulometría densa, con el propósito principal de satisfacer los requerimientos de calidad de rodamiento del tráfico, al permitir que el agua de lluvia sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando los vacíos de la carpeta, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodadura, se mejora la visibilidad de la señalización horizontal de la vía y

se minimiza el hidropelaje reduciendo la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes.

- **Mezcla asfáltica de granulometría discontinua:** Es la mezcla en caliente, uniforme y homogénea, hecha con asfáltico y materiales pétreos de granulometría discontinua, con tamaño nominal entre diecinueve coma cero (19,0) milímetros (3/4 in) y nueve coma cinco (9,5) milímetros (3/8 in). Pueden utilizarse en capas inferiores en carreteras de alto tránsito pero normalmente se utilizan para formar capas de rodadura. Su finalidad principal es mejorar las condiciones de circulación de los vehículos respecto a una carpeta asfáltica convencional cuando son usadas como capas de rodadura. Se impide que el agua de lluvia forme una película continua sobre la superficie del pavimento al tener una elevada macro textura. Se minimiza el hidropelaje con lo que se incrementa la fricción de las llantas; se reduce la cantidad de agua que se programa sobre los vehículos adyacentes; se mejora la visibilidad de la señalización horizontal de la vía y se reduce el sonido hacia el medio por la fricción entre las llantas y el área de rodadura.
- **Mezcla asfáltica drenante:** Se definen por poseer un elevado porcentaje de vacíos interconectados en las mezclas asfálticas entre sí (16 a 25% o más, dependiendo del uso, cabe destacar que no solo son usadas como superficie de rodadura, sino también, están contempladas como capa de alivio de fisuras). Estos huecos permiten el paso del agua a través de la misma, ayudando su expulsión en la superficie del camino, y presentando una alta macrotextura y microtextura, ésta última como consecuencia de la calidad de los agregados usados.

### **Mezcla Asfáltica en Frío.**

Son las mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, y su importante campo de aplicación es en la construcción y en el

mantenimiento de calzadas secundarias. Para retardar el envejecimiento de las mezclas abiertas en frío se suele recomendar el sellado por medio de lechadas asfálticas.

Se identifican por su trabajabilidad tras la fabricación incluso durante semanas, la cual se debe a que el ligante permanece un largo periodo de tiempo con una viscosidad baja debido a que se emplean emulsiones con asfalto fluidificado: el aumento de la viscosidad es muy lento en los acopios

Haciendo viable el almacenamiento, pero después de la puesta en obra en una capa de espesor reducido, el endurecimiento es relativamente rápido en las capas ya extendidas debido a la evaporación del fluidificante. Existe un grupo de mezclas en frío, el cual se fabrica con una emulsión de rotura lenta, sin ningún tipo de fluidificante, pero es menos usual, y pueden compactarse después de haber roto la emulsión. El proceso de aumento paulatino de la resistencia se le suele llamar maduración, que consiste básicamente en la evaporación del agua procedente de la rotura de la emulsión con el consiguiente aumento de la cohesión de la mezcla.

### **Mezclas asfálticas tibias**

Es una mezcla asfáltica que garantiza la elaboración y puesta en obra a menores temperaturas, por lo general entre 30° C Y 50° C por debajo de las empleadas para la elaboración de mezclas asfálticas en caliente, y ligeramente por encima de los 100° utilizándose los mismos asfaltos y dosificaciones que en una mezcla asfáltica en caliente, empleándose las mismas plantas de mezclado existentes, y con propiedades mecánicas similares a la de una mezcla asfáltica en caliente convencional.

### **2.2.3 Agregados**

Material de carácter pétreo o no, de naturaleza inerte, proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca madre.

Es muy importante tener en cuenta que en las distintas capas que intervenga el agregado estos tienen que contribuir a la resistencia de la capa solo en su rozamiento interno nunca en función de una eventual cohesión, realmente lo que supone es un grave riesgo de deterioro frente a la presencia del agua. El agregado es un condicionante esencial para la mezcla por su cantidad otro punto a tener en cuenta es la distancia de cantera.

Los agregados empleados para la realización de cualquier tratamiento o mezcla bituminosa deberán poseer una naturaleza tal, que al aplicarse una capa del material asfáltico, ésta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito. Sólo se aceptará el empleo de agregados con características hidrófilas, si se añade algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una adecuada adherencia.

Para efecto de las presentes especificaciones, se denominará agregado grueso a la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4); agregado fino a la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante la que pase el tamiz de 75 µm (N.º 200)

El agregado grueso deberá proceder de la pulverización de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. Estará exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan impedir la adhesión con el asfalto. Sus requisitos básicos de calidad se presentan en cada especificación.

El agregado fino estará constituido por arena de trituración o una mezcla de ella con arena natural. La proporción admisible de esta última será establecida en el diseño aprobado correspondiente.

El polvo mineral o llenante provendrá de los procesos de trituración de los agregados pétreos o podrá ser de aporte de productos comerciales, generalmente cal hidratada o cemento portland. Podrá usarse una fracción del material proveniente de la clasificación, siempre que se



verifique que no tenga actividad y que sea no plástico. Su peso unitario aparente, determinado por la norma de ensayo MTC E 205, deberá encontrarse entre 0,5 y 0,8 g/cm<sup>3</sup> y su coeficiente de emulsibilidad (NLT 180) deberá ser inferior a 0,6.

La mezcla de los agregados grueso y fino y el polvo mineral deberá ajustarse a las exigencias de la respectiva especificación, en cuanto a su granulometría. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG- 2013).

Los agregados pueden ser clasificados de 3 formas: Según su naturaleza, tamaño y granulometría.

### **Naturaleza**

- **Agregado Natural:** constituidos por piedras provenientes de la alteración de las rocas por los procesos de intemperismo o producidos por desgaste: canto rodado, guijarros, britas, arenas, etc. (Escalante, 2007).
- **Agregado Artificial:** Productos o subproductos de un proceso industrial por transformación física y química del material: escoria de alto horno, arcilla calcinada, arcilla expandida. (Escalante, 2007).

### **Tamaño**

- **Agregado Grueso:** Es el material retenido en la malla n° 4 (4.75 mm): britas, grava, guijarros, etc. (Escalante, 2007).  
En la tabla número 1. Se da a conocer el requerimiento de acuerdo al manual de carreteras.
- **Agregado Fino:** Material que pasa en la malla n° 4 (4.75 mm) y queda retenido en la malla n° 200 (0.075 mm): polvo de piedra, arena, etc. (Escalante, 2007).  
En la tabla número 2. Se da a conocer el requerimiento de acuerdo al manual de carreteras.

**Tabla 1:** Requerimiento para el agregado grueso

| Ensayos                              | Norma     | Requerimiento  |           |
|--------------------------------------|-----------|----------------|-----------|
|                                      |           | Altitud (msnm) |           |
|                                      |           | ≤3.000         | >3.000    |
| Durabilidad (al Sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | 18% máx.       | 15% máx.  |
| Abrasión Los Ángeles                 | MTC E 207 | 40% máx.       | 35% máx.  |
| Adherencia                           | MTC E 517 | +95            | +95       |
| Índice de Durabilidad                | MTC E 214 | 35% mín.       | 35% mín.  |
| Partículas chatas y alargadas        | ASTM 4791 | 10% máx.       | 10% máx.  |
| Caras fracturadas                    | MTC E 210 | 85/50          | 90/70     |
| Sales Solubles Totales               | MTC E 219 | 0,5% máx.      | 0,5% máx. |
| Absorción *                          | MTC E 206 | 1,0% máx.      | 1,0% máx. |

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.
- La notación "85/50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

Fuentes: EG-2013

**Tabla 2:** Requerimiento para el agregado fino

| Ensayos                               | Norma        | Requerimiento      |           |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|-----------|
|                                       |              | Altitud (m.s.n.m.) |           |
|                                       |              | ≤ 3.000            | > 3.000   |
| Equivalente de Arena                  | MTC E 114    | 60                 | 70        |
| Angularidad del agregado fino         | MTC E 222    | 30                 | 40        |
| Azul de metileno                      | AASTHO TP 57 | 8 máx.             | 8 máx.    |
| Índice de Plasticidad (malla N.º 40)  | MTC E 111    | NP                 | NP        |
| Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)  | MTC E 209    | -                  | 18% máx.  |
| Índice de Durabilidad                 | MTC E 214    | 35 mín.            | 35 mín.   |
| Índice de Plasticidad (malla N.º 200) | MTC E 111    | 4 máx.             | NP        |
| Sales Solubles Totales                | MTC E 219    | 0,5% máx.          | 0,5% máx. |
| Absorción* *                          | MTC E 205    | 0,5% máx.          | 0,5% máx. |

\*\*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

Fuentes: EG-2013

- **Filler (material de relleno):** Es el material que pasa por lo menos el 65% en la malla n° 200 (0.075 mm): cal extinta, cemento portland, polvo de chimenea, etc. (Escalante, 2007).

## **Granulometría**

- **Agregado de granulometría densa:** Presenta una curva granulométrica continua representativa de material bien graduado y con cantidad de material fino suficiente para rellenar los vacíos entre las partículas mayores. (Escalante, 2007).
- **Agregado de granulometría abierta:** Presenta una curva granulométrica, e material mal graduado, con insuficiencia de material fino, para rellenar los vacíos entre las partículas mayores. (Escalante, 2007)

### **2.2.3.1 Propiedades de los agregados.**

#### **Propiedades Físicas**

##### ➤ **Granulometría**

La granulometría hace clasificar las partículas según su tamaño y su respectiva distribución a partir de la masa del agregado en el cual se debe hacer el muestreo.

Estas partículas se deben hacer pasar por una serie de tamices según el ensayo que se desee realizar. (Padilla, A. 2004).

##### ➤ **Textura**

La textura de un agregado se define como lisa o rugosa donde se puede evaluar la trabajabilidad, la resistencia al deslizamiento y su adherencia con la mezcla asfáltica.

##### ➤ **Forma de la partícula**

La forma de la partícula es importante destacarla ya que por esta propiedad es donde se puede evaluar la trabajabilidad, en el cual puede ser de forma redondeada, angulosa, irregular y entre otras. Cuando un agregado pétreo tiene forma irregular y angulosa esta posee buenas propiedades. (Padilla, A. 2004).

## **Propiedades mecánicas.**

### **➤ Resistencia**

Esta propiedad está relacionada más al desgaste que pueda tener un agregado al momento de estar expuesto a la abrasión o a impactos, en el cual se puede medir con varios ensayos como lo es en el ensayo de los ángeles. (Padilla, A. 2004).

### **➤ Tenacidad**

La tenacidad del agregado puede estar relacionada con respecto a la resistencia al deformarse el material para que no se fracture; sin embargo, El agregado que obtiene un buen valor de tenacidad requiere un gran impacto para poder fracturar al agregado, por lo que es de vital importancia que el agregado que se emplee para pavimentar tenga valores aceptables de acuerdo a la normativa vigente. Esto permitirá que la granulometría tenga un buen comportamiento. (Padilla, A. 2004).

### **➤ Adherencia**

Cuando el agregado presenta una formas de poca angulosidad o son redondeadas al mismo tiempo estos agregados no presenta una buena proporción de textura rugosa se dice que el agregado no presenta una buena adherencia por lo que un material de rio no es el adecuado para utilizarlo ya que este posee textura lisa y forma redondeada, es por eso que la mayoría del agregado a utilizar en una mezcla asfáltica a mezcla para concreto hidráulico se utilizan material de cantera o piedra chancada. (Padilla, A. 2004).

### **➤ Dureza**

Esta propiedad evalúa la resistencia al desgaste al cual puedan estar sometido las partículas del agregado ya que de esto depende al momento de ser colocado y compactado en el sitio. (Padilla, A. 2004).

### **2.2.3.2 Ensayos en agregados.**

#### **Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio MTC – E 209**

Sirve para determinar el grado de solidez de los agregados tanto grueso como fino que serán empleados para un diseño de mezcla, estos agregados estarán sujetos a la acción de desgaste por medio de soluciones saturadas como es el sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Los agregados ensayados estarán sometidos a estas soluciones por un tiempo de 16h y como un máximo de 18h, la solución debe de cubrir por completo a los agregados. Luego de la exposición al sulfato debe separarse el agregado se debe escurrir por un tiempo de 15+-5 min, luego se debe secar en el horno a 110°C aproximadamente hasta obtener un peso constante. Para verificar el peso de secará la muestra a intervalos no menores de 4h ni mayores de 18h. Se considera que se alcanzó un peso constante cuando dos pesadas sucesivas de una muestra, no difiere más de 0.1gr. En el caso del agregado fino, o no difieren más de 1.0gr. En caso del agregado grueso. Al finalizar los ciclos el agregado se lava para eliminar los sulfatos se puede hervir si es que fuese necesario para la eliminación del sulfato. Finalmente se debe realizar un lavado con agua destilada seguido secar los agregados para realizar el tamizados para hacer la comparación.

Suministra información útil para juzgar la alterabilidad de los agregados sometidos a la acción de la intemperie, particularmente cuando no se dispone de información adecuada sobre el comportamiento del material expuesto a condiciones atmosféricas reales.

Se advierte el hecho de que los resultados obtenidos por el uso de las dos sales, difieren considerablemente y se debe tener el cuidado en establecer los límites correctos en especificaciones que puedan incluir requerimientos para estos ensayos. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

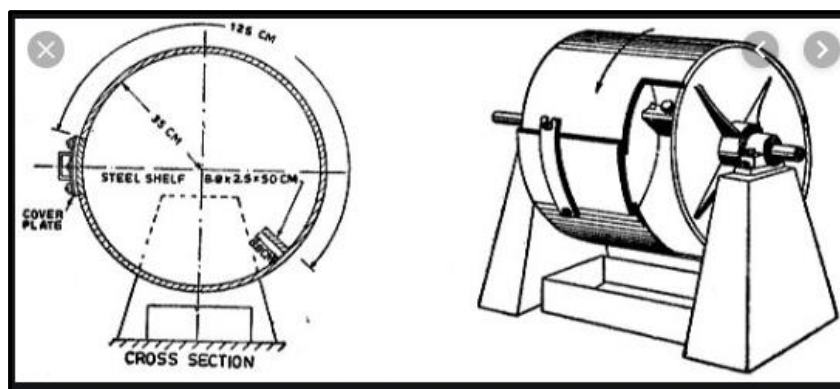
## **Abrasión los ángeles MTC E – 207**

Los equipos a emplear la máquina de los ángeles para cual debe de cumplir de acuerdo a la normativa del ministerio de transporte y comunicaciones, también tenemos los tamices que deben estar de acuerdo a la norma NTP 350.001, balanza y el horno. El procedimiento es el siguiente: fijamos el tamaño máximo nominal de agregado el cual nos indica la cantidad de material a utilizar tal como lo indica la norma MTC E 201. Seguido se reduce el material de acuerdo a la norma ASTM C 702 el cual indica tres métodos, el método mecánico, el método de cuarteo y muestreo de pilas miniatura. En este caso se realizó por el método de cuarteo.

Se utilizó 12 boles de acero los cuales fueron las cargas abrasivas.

Se tamiza los agregados y el material retenido en la malla que se requiera se debe de pesar y finalizado debe de mezclarse los agregados y luego llevar a la máquina de los ángeles, poner la carga abrasiva y los agregados seguido prende la maquina la cual girara a una velocidad comprendida entre 30 y 33 revoluciones por minuto con un número total de 500 vueltas.

Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida. (Manual de ensayo de materiales, 2016)



Fuente: Google

**Figura 3:** Máquina de abrasión los ángeles

### **Caras fracturadas MTC – E 210**

Algunas especificaciones contienen requerimientos relacionados al porcentaje de partículas fracturadas en los agregados gruesos. Un propósito de tales requerimientos es maximizar el esfuerzo cortante mediante incremento de fricción inter-partícula tanto en las mezclas de agregados sueltos o compactados. Otro propósito es suministrar estabilidad a los tratamientos de superficies de agregados y proporcionar fricción incrementada por la textura para los agregados usados en los pavimentos de superficies granulares. Este método de ensayo proporciona un procedimiento estándar para la determinación de la aceptabilidad del agregado grueso con respecto a tales requerimientos.

Las especificaciones difieren tanto en el número de caras de fractura requeridas sobre una partícula fracturada, y ellas también difieren del porcentaje por masa o porcentaje por cantidad de partícula a ser considerada. Si la especificación no lo especifica, usar los criterios de al menos una cara fracturada y calcular el porcentaje por masa.

Cara fracturada, n.- una superficie angular, áspera y rugosa, o rota de un agregado ocasionada por chancado u otro medio artificial, o por medio natural (Ver Terminología ASTM D 8).

Discusión- para esta norma, una cara se considerará “una cara fracturada” sólo si tiene un área proyectada al menos tan larga como un cuarto del área máxima proyectada (área transversal-sección máxima) de la partícula y la cara tiene borde bien definido, esta excluye picaduras o quiebres pequeños.

Partícula fracturada, n.- una partícula de agregado que tiene al menos un número mínimo de caras fracturadas especificadas (usualmente una o dos).

Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional serán considerados como estándar. Los valores entre paréntesis son proporcionados solo como información. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

### **Prueba de ensayo estándar para índice de durabilidad del agregado MTC – 214**

Esta prueba asigna un valor empírico a la cantidad relativa, finura y el carácter de material arcilloso que puede ser generado en un agregado cuando se somete a degradación mecánica.

Los resultados de este procedimiento se han correlacionado con un rendimiento global en aplicaciones de construcción diferentes, entre ellas: la base de agregado, material permeable para el relleno, agregado fino de hormigón, y escollera de protección de taludes en roca.

Un índice de durabilidad mínimo ha sido especificado para prohibir el uso de un agregado, en varias aplicaciones de construcción, propensas a degradación y consecuente generación de finos de comportamiento arcilloso.

Este método de ensayo proporciona una prueba de diagnóstico rápido para la evaluación de la calidad de una fuente de agregado. Las investigaciones han indicado que puede también usarse, en cambio del ensayo de durabilidad frente a la acción de una solución de sulfato de sodio, para evaluar la durabilidad del agregado fino



de uso en el concreto, reduciendo así el consumo de tiempo y los costos incurridos en el ensayo de durabilidad. Aunque la aplicación de este método ha sido limitada a los agregados de construcción para usos específicos, Existe la posibilidad de expansión de la aplicación de este método para controlar la calidad de los agregados utilizados en otras áreas de construcción, tales como agregados para uso de mezclas bituminosas de pavimentación, agregado grueso para estructuras de hormigón de cemento portland, y el agregado para el uso del ferrocarril. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

### **Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles MTC – 219**

Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a la temperatura de ebullición, hasta la extracción total de las sales. La presencia de éstas se detecta mediante reactivos químicos que, al menor indicio de sales, forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado se toma una alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes.

El método es aplicable en controles de obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación del contenido de sales. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

### **Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC-206**

Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente. Luego se retira del agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua.

Finalmente la muestra es secada al horno y se pesa una tercera vez. Usando los pesos así obtenidos y fórmulas en este modo

operativo, es posible calcular tres tipos de peso específico y de absorción. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

### **Equivalente de arena MTC – 114**

Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, fineza, y carácter del material arcilloso presente en el espécimen de ensayo.

Se puede especificar un valor mínimo del equivalente de arena para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados.

Este método de ensayo provee un método rápido de campo para determinar cambios en la calidad de los agregados durante la producción o colocación.

Método para determinar la proporción dañina que tiene el material que es el polvo fino y arcilla en la fracción de agregado que pasa el tamiz N°4 es decir en el agregado fino, y se hace un registro de lecturas en una probeta y se toma la lectura de arcilla y lectura de arena. En la figura 9 se presenta un equipo de equivalente de arena.

### **Azul de metileno ASTHO TP 57**

Por medio de este ensayo se puede evaluar que tan dañina esta la muestra con respecto al material arcilloso o a la materia orgánica utilizando el azul de metileno en la muestra mezclándolo y dejándolo caer una gota en papel filtro, en el cual se debe añadir azul de metileno hasta que la gota que cae en el papel filtro forme un anillo alrededor de este. Cuando esto suceda se registra el valor de miligramos de azul por gramo del suelo.

### **Angularidad del agregado fino MTC - 222**

Se define como angularidad del agregado fino el porcentaje de vacíos con aire presente en las partículas menores de 2,36 mm (pasante malla N° 8), levemente compactados.

Este modo operativo no intenta indicar todo lo concerniente acerca de la seguridad que se debe tener al momento de realizar la prueba. Es responsabilidad del usuario de este modo operativo establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

### **Partículas chatas y alargadas en agregados MTC – 223**

Las partículas chatas o alargadas pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales.

Este método provee el medio para verificar si se cumple con las especificaciones que limitan tales partículas o, para determinar la forma característica del agregado grueso.

### **Adherencia MTC – 517**

Este método no debería ser usado como una medida del desempeño en campo, porque una correlación semejante no ha sido establecida.

Este procedimiento es sugerido como una prueba que califica o no califica al nivel de 95%, porque su precisión no es satisfactoria para la aplicación para niveles menores.

No debe hacerse ningún esfuerzo para evaluar la retención de una película por debajo de 95%. Esta es una limitación del método y no implica de alguna manera que la combinación agregadobitumen falle en retener un 95% de recubrimiento por este procedimiento de laboratorio que dará un rendimiento poco satisfactorio en campo.

## **Índice de plasticidad MTC – 111**

Se denomina límite 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

Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241).

Para determinar el límite líquido se debe realizar un ensayo el cual debe de realizarse con la cuchara de casa grande. Este ensayo es extensamente usado para correlacionarlo con sus comportamientos de resistencia al corte, contracción y expansión, permeabilidad, compatibilidad y la compresibilidad.

Los plásticos de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad.

### **2.1.1.1. Gradación**

La gradación de los agregados pétreos para la producción de la mezcla asfáltica en caliente deberán ajustarse a alguna de las siguientes gradaciones y serán propuestas por el Contratista y aprobadas por el Supervisor. Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino según lo establecido párrafos arriba, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de terrones de arcilla y se aceptará como máximo el 1% de partículas deleznable según ensayo MTC E 212. Tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales deletéreos.

(Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

➤ **Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC):**

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 2.3 Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**Tabla 3:** Gradación para agregados MAC

| Tamiz            | Porcentaje que pasa |        |       |
|------------------|---------------------|--------|-------|
|                  | MAC -1              | MAC-2  | MAC-3 |
| 25,0 mm (1")     | 100                 |        |       |
| 19,0 mm (3/4")   | 80-100              | 100    |       |
| 12,5 mm (1/2")   | 67-85               | 80-100 |       |
| 9,5 mm (3/8")    | 60-77               | 70-88  | 100   |
| 4,75 mm (N.º 4)  | 43-54               | 51-68  | 65-87 |
| 2,00 mm (N.º 10) | 29-45               | 38-52  | 43-61 |
| 425 µm (N.º 40)  | 14-25               | 17-28  | 16-29 |
| 180 µm (N.º 80)  | 8-17                | 8-17   | 9-19  |
| 75 µm (N.º 200)  | 4-8                 | 4-8    | 5-10  |

Fuente: EG-2013

## 2.2.4 Cemento Asfáltico

El cemento asfáltico debe tener una determinada calidad para ser usado en el pavimento se espera que tenga un buen performance tanto para pavimento y riego de liga empleados en las mezclas asfálticas en caliente. Para su elección del cemento asfáltico de acuerdo a lo que establece la norma nacional nos indica tener en cuenta el clima del lugar de trabajo tal como se muestra en la Tabla 4. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**Tabla 4 :** Cemento asfáltico – EG-2013

| Temperatura Media Anual          |             |                   |                    |
|----------------------------------|-------------|-------------------|--------------------|
| 24°C o más                       | 24°C - 15°C | 15°C - 5°C        | Menos de 5°C       |
| 40-50 ó<br>60-70 o<br>modificado | 60-70       | 85-100<br>120-150 | Asfalto Modificado |

Fuente: EG – 2013

Los requisitos de calidad del cemento asfáltico son los que establecen las Tablas 5 y 6. El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a la temperatura de 175°C.

El cemento asfáltico podrá modificarse mediante la inclusión de aditivos de diferente naturaleza tales como: rejuvenecedores, polímeros, o cualquier otro producto garantizado, con los ensayos correspondientes.

En tales casos, las especificaciones particulares establecerán el tipo de aditivo y las especificaciones que deberán cumplir tanto el cemento asfáltico modificado como las mezclas asfálticas resultantes, que serán aprobadas por el Supervisor, al igual que la dosificación y dispersión homogénea del aditivo incorporado. (Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, 2013).

**Tabla 5:** Clasificado por penetración.

| Tipo                                                           |             | Grado Penetración |     |           |     |            |     |             |     |             |     |
|----------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|-----|-----------|-----|------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|
| Grado                                                          | Ensayo      | PEN 40-50         |     | PEN 60-70 |     | PEN 85-100 |     | PEN 120-150 |     | PEN 200-300 |     |
|                                                                |             | min               | máx | min       | máx | min        | máx | min         | máx | min         | máx |
| Pruebas sobre el Material Bituminoso                           |             |                   |     |           |     |            |     |             |     |             |     |
| Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0,1 mm                         | MTC E 304   | 40                | 50  | 60        | 70  | 85         | 100 | 120         | 150 | 200         | 300 |
| Punto de Inflamación, °C                                       | MTC E 312   | 232               |     | 232       |     | 232        |     | 218         |     | 177         |     |
| Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm                                  | MTC E 306   | 100               |     | 100       |     | 100        |     | 100         |     | 100         |     |
| Solubilidad en Tricloro-etileno, %                             | MTC E 302   | 99,0              |     | 99,0      |     | 99,0       |     | 99,0        |     | 99,0        |     |
| Índice de Penetración (Susceptibilidad Térmica) <sup>(1)</sup> | MTC E 304   | -1                | +1  | -1        | +1  | -1         | +1  | -1          | +1  | -1          | +1  |
| Ensayo de la Mancha (Oliensies) <sup>(2)</sup>                 |             |                   |     |           |     |            |     |             |     |             |     |
| Solvente Nafta – Estándar                                      | AASHTO M 20 | Negativo          |     | Negativo  |     | Negativo   |     | Negativo    |     | Negativo    |     |
| Solvente Nafta – Xileno, %Xileno                               |             | Negativo          |     | Negativo  |     | Negativo   |     | Negativo    |     | Negativo    |     |
| Solvente Heptano – Xileno, %Xileno                             |             | Negativo          |     | Negativo  |     | Negativo   |     | Negativo    |     | Negativo    |     |
| Pruebas sobre la Película Delgada a 163°C. 3.2 mm, 5 h         |             |                   |     |           |     |            |     |             |     |             |     |
| Pérdida de masa, %                                             | ASTM D 1754 |                   | 0,8 |           | 0,8 |            | 1,0 |             | 1,3 |             | 1,5 |
| Penetración retenida después del ensayo de película fina, %    | MTC E 304   | 55+               |     | 52+       |     | 47+        |     | 42+         |     | 37+         |     |
| Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm <sup>(3)</sup>     | MTC E 306   |                   |     | 50        |     | 75         |     | 100         |     | 100         |     |

(1), (2) Ensayos opcionales para su evaluación complementaria del comportamiento geológico en el material bituminoso indicado.

(3) Si la ductilidad es menor de 100 cm, el material se aceptará si la ductilidad a 15,5 °C es mínimo 100 cm a la velocidad de 5 cm/min.

Fuente: EG - 2013

**Tabla 6 : Clasificado por viscosidad.**

| Características                                      | Grado de Viscosidad |          |           |           |           |
|------------------------------------------------------|---------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                      | AC-2,5              | AC-5     | AC-10     | AC-20     | AC-40     |
| Viscosidad Absoluta a 60°C, Poises                   | 250±50              | 500±100  | 1.000±200 | 2.000±400 | 4.000±800 |
| Viscosidad Cinemática, 135°C St mínimo               | 80                  | 110      | 150       | 210       | 300       |
| Penetración 25°C, 100gr, 5 s mínimo                  | 200                 | 120      | 70        | 40        | 20        |
| Punto de Inflamación CDC, °C mínimo                  | 163                 | 177      | 219       | 232       | 232       |
| Solubilidad en tricloroetileno, % masa, mínimo       | 99                  | 99       | 99        | 99        | 99        |
| Pruebas sobre el residuo del ensayo de película fina |                     |          |           |           |           |
| ➤ Viscosidad Absoluta, 60°C, Poises máximo           | 1.250               | 2.500    | 5.000     | 10.000    | 20.000    |
| ➤ Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm, mínimo              | 100                 | 100      | 50        | 20        | 10        |
| Ensayo de la Mancha (Ollensies) <sup>(1)</sup>       |                     |          |           |           |           |
| Solvente Nafta – Estándar                            | Negativo            | Negativo | Negativo  | Negativo  | Negativo  |
| Solvente Nafta – Xileno, %Xileno                     | Negativo            | Negativo | Negativo  | Negativo  | Negativo  |
| Solvente Heptano – Xileno, %Xileno                   | Negativo            | Negativo | Negativo  | Negativo  | Negativo  |

(1) Porcentajes de solvente a usar, se determinara si el resultado del ensayo indica positivo.

Fuente: ASTM D 3381, NTP

Fuente: EG - 2013

## 2.2.5 Método De Diseño

### Método Marshall

Este modo operativo está destinado para su empleo con mezclas densas bituminosas de laboratorio y aquellas producidas en planta, con agregados hasta de 25 mm de tamaño máximo y para recompactación de muestras de pavimentos asfálticos.

Los especímenes de mezclas bituminosas compactadas, moldeadas por este procedimiento son empleados para varios ensayos físicos tales como estabilidad, flujo, resistencia a tracción indirecta y módulos. El análisis de densidad y vacíos también es conducido sobre especímenes para diseño de mezcla y evaluación de la compactación en campo.

Nota 1. Las mezclas no compactadas son empleadas para la determinación del peso específico teórico máximo.

Los valores de estabilidad Marshall y flujo junto con la densidad, vacíos de aire de la mezcla total, vacíos en el agregado mineral ó simplemente vacíos ó ambos, llenados con asfalto; son empleados para el diseño de mezclas en laboratorio así como para la evaluación de mezclas asfálticas. Así también la estabilidad y flujo Marshall pueden ser

empleados para monitorear los procesos de producción de mezclas bituminosas en planta. También pueden ser empleados como referencia para evaluar diferentes mezclas y los efectos de acondicionamientos tales como con agua.

La estabilidad y flujo Marshall son características de las mezclas bituminosas determinadas a partir de especímenes compactados de una geometría específica y en una manera prescrita. La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga. La magnitud de la estabilidad Marshall varía con el tipo y gradación del agregado y grado del bitumen empleado así como su cantidad. Varias agencias establecen criterios para los valores de la estabilidad Marshall. El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad.

No existe un valor ideal pero hay límites aceptables. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica ó inestable, y si está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida.

Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. El rango de contenido de ligante generalmente es seleccionado en base a la experiencia y datos históricos de los materiales componentes, pero puede incluir también juicio y error para incluir el rango deseable de las propiedades de la mezcla.

Las mezclas densas generalmente mostrarán un pico en la estabilidad a un determinado contenido de ligante. Este pico en el contenido de ligante puede ser promediado con otros contenidos de ligante tal como el contenido de ligante en el contenido de la máxima densidad de la curva ligante-densidad y el contenido de ligante en los vacíos de aire deseados y vacíos llenados.



La estabilidad y flujo Marshall efectuados en laboratorio de campo, obtenida de especímenes hechos de mezclas producidas en planta pueden variar significativamente de los valores de diseño obtenidos en el laboratorio debido a las diferencias del mezclado que hay entre una planta y la efectuada en laboratorio. Esto también incluye la eficiencia en el mezclado y el envejecimiento producido.

Las diferencias significativas en la estabilidad y flujo Marshall de un grupo de ensayos a otro ó de un valor promedio de un grupo numerosos de datos ó especímenes preparados de una mezcla producida en planta puede indicar pobre mezclado, técnicas incorrectas de ensayo, cambio de gradación, cambio del contenido de ligante, ó mal funcionamiento del proceso de planta. La fuente de la variación deberá ser averiguada y el problema resuelto.

Los especímenes a menudo serán preparados empleando el método indicado aquí, pero pueden ser preparados empleando otros tipos de procedimientos de compactación. Otros tipos de compactación pueden hacer variar las características de resistencia en comparación con los preparados por el método Marshall.

Los valores de estabilidad y flujo Marshall pueden ser determinados también empleando núcleos provenientes de un pavimento para información y evaluación. Sin embargo estos resultados no pueden ser comparados con resultados de especímenes preparados en laboratorio y no deberán ser empleados para propósitos de especificación ó aceptación.



Fuete: google

**Figura 4 :** Equipo Marshall y Martillo de compactación.

### **2.2.6 Mezcla asfáltica modificada**

Se presentan casos en los que las características de las mezclas asfálticas obtenidas con los cementos asfálticos convencionales no son capaces de resistir a la acción conjunta del tránsito y del clima, por lo que resulta necesaria la utilización de ligantes modificados que presenten mejores propiedades reológicas, un mayor grado de adherencia, mayor resistencia al envejecimiento y menor susceptibilidad térmica.

Según (Reyes, F. 2003) las mezclas asfálticas elaboradas con estos ligantes modificados presentan altos valores de stiffness a temperaturas altas de servicio, lo que disminuye el ahuellamiento, y bajos stiffness a temperaturas bajas, que reducen el riesgo de aparición prematura de fisuras. De igual manera, el grado de afinidad ligante-agregado en presencia de agua se mejora sustancialmente.

Algunas de estas propiedades pueden mejorarse mediante el empleo de ligantes más duros, pero esto reduciría su flexibilidad a

temperatura ambiente y proveerá al ligante de un mayor grado de fragilidad a temperaturas bajas.

Para mejorar las propiedades citadas sin producir efectos negativos secundarios, se están usando a escala mundial los cementos asfálticos modificados con polímeros. Con la utilización de los modificadores y aditivos, se puede lograr:

- Mejorar el stiffness del cemento asfáltico a temperaturas altas de servicio, minimizando el riesgo de ahuellamiento.
- Obtener mezclas más flexibles a temperaturas bajas de servicio para minimizar la aparición de fisuras asociadas a los cambios térmicos.
- Mejorar la resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas.
- Mejorar la afinidad ligante-agregado pétreo, con el fin de reducir el riesgo de stripping o pérdida de adherencia.
- Mejorar la resistencia a la abrasión de las mezclas asfálticas.
- Rejuvenecer el cemento asfáltico.
- Minimizar los problemas durante el proceso de colocación y compactación de la mezcla asfáltica.
- Mejorar las características elásticas del cemento asfáltico.
- Permitir un mayor espesor de la película de ligante alrededor de las partículas del agregado, con el propósito de aumentar la durabilidad de la mezcla.
- Reducir la probabilidad de exudación del cemento asfáltico.
- Disminuir los espesores de las estructura del pavimento.
- Mejorar el comportamiento general de toda la estructura del pavimento.

Una mezcla asfáltica ideal debe tener las siguientes características:

- Baja rigidez o viscosidad a las temperaturas normales de manejo en planta y colocación en obra.
- Alta rigidez a las temperaturas altas de servicio para reducir el ahuellamiento.

- Baja rigidez y buenas características elásticas a temperaturas bajas de servicio para reducir el riesgo de la aparición de fisuras por cambios de temperatura.

Buenas características adherentes en presencia de humedad, con el propósito de reducir el stripping. Según Figueroa & Reyes (2012), el stripping se puede definir como la pérdida de adherencia entre la película de asfalto y la superficie del agregado en la mezcla asfáltica, debido a la acción del agua, la cual rompe la unión adhesiva entre ambos, produciendo una pérdida de funcionalidad de la mezcla asfáltica.

En el pasado, algunas de estas propiedades se podían obtener con los cementos asfálticos tradicionales. Ahora, con el incremento del volumen de tránsito y de la presión de inflado, el aumento en las sobrecargas de los vehículos pesados y la aparición de nuevos crudos, se necesitan modificadores y aditivos para obtener mezclas asfálticas que cumplan con la mayor parte de estos requerimientos.

Debido a que el asfalto es el responsable del comportamiento visco-elástico de las mezclas asfálticas, sus propiedades determinan muchos aspectos del comportamiento de las mismas en las vías.

Uno de los principales objetivos de un asfalto modificado es aumentar la resistencia a la deformación permanente en temperaturas de servicio altas, sin afectar adversamente las propiedades a otras temperaturas.

#### **2.2.6.1 Procesos de modificación del asfalto**

La modificación de las mezclas asfálticas se pueden dar por dos métodos llamados procesos húmedos y procesos seco.

##### **Proceso por vía seca:**

Es cualquier método donde el material a adicionar se le adiciona mezclándolo con los agregados antes de adicionar el cemento asfáltico.

Cuando el material se quiere adicionar como un agregado más en la mezcla asfáltica por lo general constituyendo una parte del

agregado fino lo cual puede estar entre el 1 y 3 % del peso total de los agregados de la mezcla. Por ello este método no necesita de un equipo especial solo una forma de adicionarla la cantidad necesaria en el momento adecuado para que se mezcle con el agregado cuando estos llegan a alcanzar una temperatura determina antes de añadirle el ligante.

### **Proceso por vía húmeda.**

En el proceso húmedo, el modificador es mezclado con el cemento asfáltico.

La modificación de un asfalto ligante depende de varios factores entre ellos; el tamaño, tipo, textura y proporción de plástico, tipo de asfalto, temperatura, tiempo durante el mezclado.

### **2.2.6.2 Tipo de modificadores**

#### **Polímeros**

##### **Termoestable**

Estos tipos de materiales son aquellos que por sometimiento a elevadas temperaturas y presión pueden manejarse solo una vez, es decir que después de estos hace que estos sean infusibles, además de ellos poseen la característica de tener mejor resistencia al impacto e insolvente. (València, 2010).

Los termoestables catalogados pueden ser las resinas, poliésteres y los poliuretanos como lo muestra

##### **Termoplásticos**

Este tipo de polímero es un material que puede ser deformable y a la vez manejable a temperaturas elevadas, y seguido a ello puede derretirse, sin embargo, posee una alta resistencias a temperaturas ambientes y bajas.

Estas se pueden clasificar en plastomeros y elastómeros. (València, 2010)

➤ **Plastomeros**

Los plastomeros son aquellos donde tienen poca deformación a elevadas temperaturas, en cual al momento de ser estirado no puede recuperar su forma original, estos materiales pueden ser:

PVC (policloruro de vinilo)

EVA (etileno acetato de vinilo)

PE (polietileno)

PP (polipropileno)

➤ **Elastómeros**

Estos a diferencia de los plastomeros pueden reparar su forma original después de deformarse y además de ello su capacidad de deformación es alta, decir son muy elásticos; uno de los productos más utilizados para la modificación del asfalto son los cauchos de llantas reciclados mostradas. Estos pueden mejorar los daños de las mezclas asfálticas respecto al ahuellamiento. Entre ellos están catalogados los siguientes:

SBR (butadieno-estireno)

SBS (estireno-butadieno-estireno)

Caucho naturales

Cauchos artificiales

**No polímeros**

Estos tipos de modificadores provienen a partir de diferente origen o composición química, sin limitar el material que se requiera utilizar, estos en su mayoría son productos que no son reciclables, algunos de ellos se nombran a continuación:

Oxidantes

Antioxidantes

Fibras

Llenantes

Activantes

### **Fibra de cabuya**

La cabuya es una planta endémica del Perú. Crece en toda la costa a excepción del cerro Chimbote y el cerro Campana, en Trujillo. En la sierra, crece desde los 1450 hasta los 3000 msnm. Esta planta se desarrolla en las regiones costa, yunga y quechua. La cabuya se encuentra distribuida desde América Central hasta América del Sur.

La cabuya es una planta silvestre y cultivada. Se encuentra en el Perú, Ecuador y Bolivia. Actualmente el nombre maguey también se usa para nombrar a la planta *Agave americana* L., la cual fue introducida al Perú desde México.

Descripción Botánica: Herbácea grande, de hojas azules, largas y delgadas, provistas de espinas en las puntas; escapo sólido y pesado. Sus hojas son carnosas y muy fibrosas. Posee flores amarillas. Se reproduce por renuevos que brotan del contorno de sus raíces.



**Figura 5:** Cabuya azul (*Agave americana*)

El uso de la fibra de cabuya se hace por ser un material que posee varias facultades y mínimo impacto según las consideraciones siguientes:

- Presenta características mecánicas aptas requeridas para reforzar el material suelo.
- Es un recurso de la zona (estas fibras podrían producirse y están disponibles en la localidad y región).
- Es fácilmente regenerable, porque se cultiva, además está presente de manera silvestre en cercas y laderas.

### **Propiedades de la fibra de cabuya.**

Las fibras vegetales tienen una buena resistencia mecánica, en especial la cabuya debido a que es liviana y tiene una densidad de 1,3 g/cm<sup>3</sup>. Esto hace que las fibras de cabuya sean atractivas para diferentes industrias, debido a que se puede obtener un ahorro de energía gracias a su textura liviana y su resistencia a la tracción (Checa & Jurado, 2001).

La gran resistencia de la fibra de cabuya obedece especialmente a sus propiedades mecánicas (Checa & Jurado, 2001):

- Densidad : 1,3 g/cm<sup>3</sup>
- Resistencia a la Tracción : 305,15 MPa
- Módulo de Elasticidad : 7,5 GPa
- Elongación a la fractura : 4,96 %

Las fibras de cabuya tienen la siguiente composición química (Checa & Jurado, 2001):

- Celulosa (% peso) : 62,7
- Lignina (% peso) : 15,5
- Pentosas (% peso) : 17,7

### **Extracción de la fibra de cabuya**

#### **➤ Cortado (Cosecha)**

Consiste en desprender de la planta cierta cantidad de hojas, el corte debe ser recto desde la base del pencho maduro utilizando un machete o cuchillo muy afilado, quedando la planta con un mínimo de 15 y 20 hojas y teniendo cuidado de no



lastimar a las hojas restantes para que continúen su proceso biológico de crecimiento.

➤ **Desfibrado**

Inicia con la separación de la corteza de las fibras que están en el interior de las hojas, mediante un proceso de macerado y raspado hasta dejar libre la fibra. La extracción de las fibras se lo realiza de forma manual o utilizando una máquina desfibradora.

➤ **Lavado**

La fibra se sumerge en tanques con agua limpia con la finalidad de retirar los residuos que acompañan a la fibra, es recomendable utilizar tanques para evitar la contaminación de las aguas.

➤ **Secado**

Se realiza colocando la fibra previamente lavada sobre alambres o secadores aéreos con la finalidad de que la misma se seque a temperatura ambiente.

➤ **Escarmentado**

Esta fase se procese desenredando las fibras de cabuya, pasándola a través de un cepillo de clavos o colocándola en una maquina peinadora donde aspas a gran velocidad liberan la cabuya de impurezas que quedaron en la fase de lavado.

### **Usos de la fibra de cabuya**

La fibra de esta planta es considera rústica, inadecuada para la confección de vestimenta, pero muy utilizada en la elaboración de hilos, cuerdas y costales, en la ciudad de Huánuco es usado para artesanías.

### 2.3 Definiciones conceptuales

**Agregado:** Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños. (Glosario MTC, 2018)

**Agregado fino:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general pasa la malla N° 4 (4,75 mm). (Glosario MTC, 2018)

**Agregado grueso:** Material proveniente de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría es determinada por las especificaciones técnicas correspondientes. Por lo general es retenida en la malla N°4 (4,75 mm). (Glosario MTC, 2018)

**Asfalto:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (Glosario MTC, 2018)

**Asfalto Modificado:** es cualquier asfalto al que se le ha adicionado algún otro componente que le modifica sus propiedades originales, por ejemplo, para volverlo menos viscoso, para modificar su punto de ablandamiento, para hacerlo más rígido, etc., según la característica que nos interese mejorar o potenciar. (Glosario MTC, 2018)

**Cabuya:** Es una planta típica de las yungas y vertientes occidentales andinas.

La cabuya es una planta endémica del Perú. Crece en toda la costa a excepción del cerro Chimbote y el cerro Campana, en Trujillo. En la sierra, crece desde los 1450 hasta los 3000 msnm. Esta planta se desarrolla en las regiones costa, yunga y quechua. La cabuya se encuentra distribuída desde América Central hasta América del Sur. (Glosario MTC, 2018)

**Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. (Glosario MTC, 2018)

**Ensayo marshall:** Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa. (Glosario MTC, 2018)

**Fibra:** Filamento de origen natural, artificial o sintético, apto para ser hilado y tejido, que generalmente presenta gran finura y buena flexibilidad. (Glosario MTC, 2018)

**Granulometría:** Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas. (Glosario MTC, 2018)

**Mezcla asfáltica:** es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en proporciones exactas previamente especificadas, en general es una combinación de asfalto y agregados minerales pétreos en proporciones exactas que se utiliza en la construcción de afirmados, se usa como capa impermeable y de rodadura para las carreteras. (Glosario MTC, 2018)

**Pavimento:** Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura. (Glosario MTC, 2018)

**Pavimento flexible:** Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivo (Glosario MTC, 2018)

**Viscosidad:** Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto. (Glosario MTC, 2018)

**Volumen de vacíos:** Cantidad total de espacios vacíos en una mezcla compactada. (Glosario MTC, 2018)

## **2.4 Hipótesis**

### **2.4.1 Hipótesis General**

El uso de la fibra de cabuya, mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.

### **2.4.2 Hipótesis específico**

El uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, mejora la estabilidad para las mezclas asfálticas en caliente.

El uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, mejora el flujo para las mezclas asfálticas en caliente.

## **2.5 Variables**

### **2.5.1 Variable dependiente**

Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente

- Estabilidad
- flujo de la mezcla asfáltica.

### **2.5.2 Variable independiente**

Fibra de cabuya azul (agave americano)

## 2.6 Operacionalización de variable

**Tabla 7:** Operacionalización de variable

**Objetivo general:** Analizar el uso de la fibra de cabuya, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfalta en caliente mediante ensayos de laboratorio, 2019.

| VARIABLE                                                   | CONCEPTUALIZACIÓN                                                                                                              | DIMENSIONES     | INDICADOR        | INDICE              | RANGO DE VARIABILIDAD | INSTRUMENTO                                                                                  | HERRAMIENTA                                                                           |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>                              |                                                                                                                                |                 |                  |                     |                       |                                                                                              |                                                                                       |
| Fibra de cabuya (agave americano)                          | El pavimento asfáltico con fibra de cabuya es una mezcla en caliente que se caracteriza por ser impermeable estable y durable. | Fibra de cabuya | peso             | Gramos (g)          | 0.3,0.5 y 0.7%        | Balanza                                                                                      | Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) |
|                                                            |                                                                                                                                |                 | tamaño           | Centímetros (cm)    | 4cm                   | Regla                                                                                        |                                                                                       |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>                                |                                                                                                                                |                 |                  |                     |                       |                                                                                              |                                                                                       |
| Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente | La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga.                              | Ensayo Marshall | Estabilidad (kg) | Porcentaje de fibra | -                     | Resistencia de mezclas bituminosas Empleando el aparato MARSHALL (ASTM D-1559) / (MTC-E 504) | Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción (EG-2013) |
|                                                            | El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad.     |                 | Flujo (pul)      | Porcentaje de fibra | -                     |                                                                                              |                                                                                       |

Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO III

### 3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Tipo de investigación

##### 3.1.1 Enfoque

El enfoque de la investigación es cuantitativa.

“Utiliza la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P, 2014)

##### 3.1.2 Alcance o nivel

**Nivel Exploratorio:** Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto de un contexto particular, indagar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras, o sugerir afirmaciones y postulados. (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P, 2014)

Exploratorio porque un diseño de mezcla asfáltica modificada con fibra de cabuya no se ha producido en el país porque no existe investigación que sustente la utilización. La investigación se enfocó en la toma de datos y comparación con el pavimento convencional.

**Nivel descriptivo:** En esta clase de estudios el investigador debe ser capaz de definir, o al menos visualizar, qué se medirá (qué conceptos, variables, componentes, etc.) y sobre qué o quiénes se recolectarán los datos (personas, grupos, comunidades, objetos, animales, hechos). (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P, 2014)

Descriptivo porque al finalizar las pruebas los datos obtenidos proporcionan una estadística del pro y los contras para la utilización de este tipo de pavimentos asfálticos.

### 3.1.3 Diseño

Para el presente trabajo de investigación será de tipo experimental Situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos). (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P, 2014)

**Experimento puro:** Los experimentos “puros” son aquellos que reúnen los dos requisitos para lograr el control y la validez interna:

1. Grupos de comparación (manipulación de la variable independiente).

2. Equivalencia de los grupos.

**Diseño con pos prueba únicamente y grupo de control:** Este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia. (Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P, 2014)

Efectivamente hubo dos muestras independientes uno con fibra de cabuya y el otro sin fibra.

## 3.2 Población y muestra

Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. (MTC E 504 - Manual de Ensayo de Materiales, 2016)

### 3.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.2.1 Para la recolección de datos

La técnica realizada es observacional, se realizaron ensayos previos de caracterización de los agregados y cemento asfáltico de acuerdo al Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales

para Construcción EG-2013 ya que se realizó mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada.

Se ejecutó el método Marshall para la realización de los ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas de la mezcla tales como: Estabilidad, Flujo, para los dos tipos de mezcla asfáltica.

**Tabla 8 :** Programa de recolección de datos

| <b>PREGUNTAS</b>    | <b>EXPLICACIÓN</b>                                                                                                                                                |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ¿Qué evaluar?       | Analizar el uso de la fibra de cabuya, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mediante ensayos de laboratorio, 2019. |
| ¿Sobre qué evaluar? | Sobre briquetas de mezclas asfálticas con fibras de cabuya y mezclas asfálticas convencionales.                                                                   |
| ¿Sobre qué aspecto? | Comparación de la estabilidad y flujo frente al asfalto tradicional.                                                                                              |
| ¿Quién?             | Bach. Meza Lorenzo Auriola                                                                                                                                        |
| ¿Dónde?             | Laboratorio de Ensayos de Materiales de JBO.                                                                                                                      |
| ¿Cómo?              | Mediante ensayos de probetas                                                                                                                                      |

Fuente: Elaboración propia.

### **Los instrumentos de recolección de datos fueron**

Los formatos para la toma inicial de información, donde los datos ya están establecidos en las normas nacionales e internacionales.

Para la ejecución de los diseños se utilizó el método Marshall y así poder determinar el comportamiento mecánico de ambas mezclas, ensayos como: Estabilidad y Flujo.

### **3.2.2 Para la presentación de datos**

El procesamiento y la obtención de resultados finales se realizaron mediante las hojas Excel donde se elaboraron los formatos para cada ensayo de laboratorio, lo que permitió obtener los resultados de la granulometría y diseño de mezcla para ambas muestras.



### **3.2.3 Para el análisis e interpretación de datos**

Después de haber realizado la recolección de datos en campo y su respectivo procesamiento a las hojas Excel para el análisis e interpretación de datos se utilizará el Manual de especificaciones técnicas EG – 2013 seguido se podrá optar por soluciones y recomendaciones para la mezcla convencional y mezcla modificada.

## **CAPITULO IV**

### **4 RESULTADOS**

#### **4.1 Procesamiento de datos**

Se desarrolló el trabajo de investigación y sus resultados fueron desarrollados mediante los siguientes documentos técnicos: Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (Ministerio de Transportes y Comunicaciones,2013), Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22 (Instituto del Asfalto,1982), Manual de Ensayo de Materiales (Ministerio de Transportes y Comunicaciones,2016), Norma ASTM, ASSHTO.

Fue necesario realizar una mezcla asfáltica en caliente convencional y una mezcla asfáltica modificada con fibras de cabuya azul (agave americano), con el propósito de comparar la variación del comportamiento mecánico. En los dos casos fueron analizados con los parámetros y características de acuerdo al Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.

Los Ensayos fueron llevados a cabo en el Laboratorio JBO ingenieros S.A.C. laboratorios de suelos, agregados, asfaltos, mezclas asfálticas, concreto de cemento portland y química. Ubicado en la Calle Valladolid 149,Urb. Mayorazgo II Etapa Ate – Lima.

#### **4.1.1 Caracterización de los materiales**

##### **4.1.1.1 Agregados**

Teniendo en cuenta el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, en la sección donde están establecidos ciertos parámetros de calidad, se seleccionan materiales con características adecuadas de dureza, textura y limpieza, producto de los agregados chancados y procesados. Son condiciones que benefician el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica.

Para el diseño de mezcla se utilizaron cuatro tipos de agregado piedra chancada, arena natural, arena chancada y cal.

- Piedra chancada 1/2"
- Piedra chancada 3/8"
- Piedra chancada N°4
- Arena Chancada
- Arena natural
- Cal

### I. Agregado Grueso.

Se aplicó lo especificado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-01.

**Tabla 9:** Requerimiento para los agregados gruesos EG-2013

#### *Requerimientos para los agregados gruesos*

| Ensayos                              | Norma     | Requerimiento  |           |
|--------------------------------------|-----------|----------------|-----------|
|                                      |           | Altitud (msnm) |           |
|                                      |           | ≤3.000         | >3.000    |
| Durabilidad (al Sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | 18% máx.       | 15% máx.  |
| Abrasión Los Ángeles                 | MTC E 207 | 40% máx.       | 35% máx.  |
| Adherencia                           | MTC E 517 | +95            | +95       |
| Índice de Durabilidad                | MTC E 214 | 35% mín.       | 35% mín.  |
| Partículas chatas y alargadas        | ASTM 4791 | 10% máx.       | 10% máx.  |
| Caras fracturadas                    | MTC E 210 | 85/50          | 90/70     |
| Sales Solubles Totales               | MTC E 219 | 0,5% máx.      | 0,5% máx. |
| Absorción *                          | MTC E 206 | 1,0% máx.      | 1,0% máx. |

\* Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las Propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado grueso para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla según lo señalado en la Subsección 430.02.

- La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

**Tabla 10** : Resultados de los requerimientos de agregado grueso

| ENSAYO                            | NORMA                                 | < 3000   | RESULTADOS   |           |
|-----------------------------------|---------------------------------------|----------|--------------|-----------|
| Durabilidad (sulfato de magnesio) | <b>MTC E 209</b>                      | 18% max  | 5.9%         | Cumple    |
| Abrasión los ángeles (%)          | <b>MTC E 207</b>                      | 40% Max  | 30 %         | Cumple    |
| Adherencia                        | <b>MTC E 517</b>                      | + 95     | Menor de 95% | No cumple |
| Índice de durabilidad             | <b>MTC E 214</b>                      | 35% min  | 60.4 %       | Cumple    |
| Partículas chatas y alargadas.    | <b>ASTMA 4791</b><br><b>MTC E 223</b> | 10% Max  | 1.1%         | Cumple    |
| Caras fracturadas                 | <b>MTC E 210</b>                      | 85/50    | 100%         | Cumple    |
| Sales solubles totales            | <b>MTC E 219</b>                      | 0.5% Max | 0.1518%      | Cumple    |
| Absorción                         | <b>MTC E 206</b>                      | 1 % Max  | 0.74%        | Cumple    |

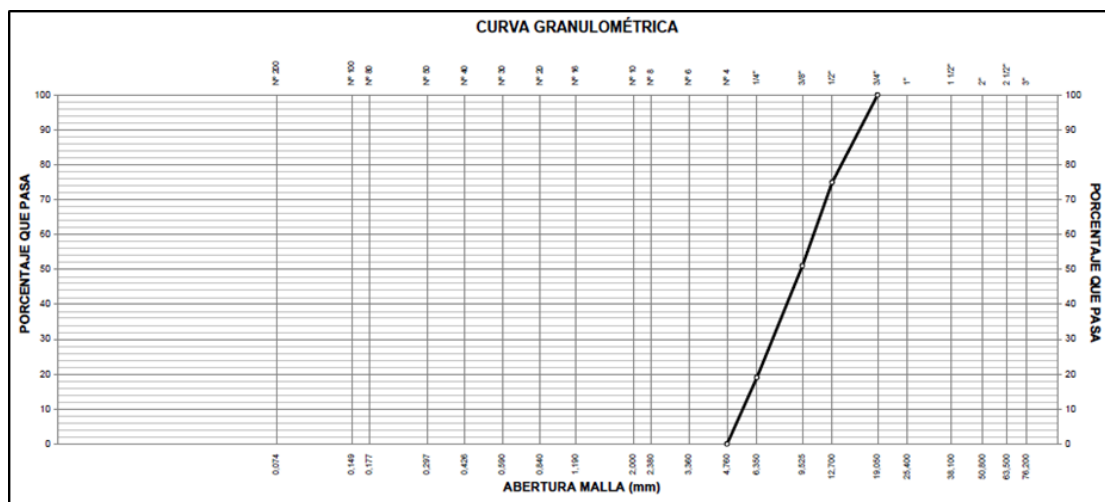
Fuente: Elaboración propia

Como el agregado grueso no cumple con la adherencia se le adiciono un aditivo tipo amina en una proporción de 0.5% en peso del asfalto para mejorar la adherencia entre asfalto y agregado.

**Tabla 11** : Granulométricos de agregados gruesos MTC E 204 – 2016

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS |                  |                         |                            |                              |             |
|-----------------------------------|------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|
| MALLAS                            |                  | PESO<br>RETENIDO<br>(g) | RETENIDO<br>PARCIAL<br>(%) | RETENIDO<br>ACUMULADO<br>(%) | PASA<br>(%) |
| SERIE<br>AMERICANA                | ABERTURA<br>(mm) |                         |                            |                              |             |
| 3"                                | 75.000           |                         |                            |                              |             |
| 2 1/2"                            | 62.500           |                         |                            |                              |             |
| 2"                                | 50.000           |                         |                            |                              |             |
| 1 1/2"                            | 37.500           |                         |                            |                              |             |
| 1"                                | 25.000           |                         |                            |                              |             |
| 3/4"                              | 19.000           |                         |                            |                              | 100.0       |
| 1/2"                              | 12.500           | 1295.0                  | 25.0                       | 25.0                         | 75.0        |
| 3/8"                              | 9.500            | 1243.2                  | 24.0                       | 49.0                         | 51.0        |
| 1/4"                              | 6.250            | 1657.6                  | 32.0                       | 81.0                         | 19.0        |
| N° 4                              | 4.750            | 984.2                   | 19.0                       | 100.0                        | 0.0         |
| 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                              | <b>MTC E 202</b> |                         |                            |                              |             |

Fuente: Laboratorio JBO



Fuente: Laboratorio JBO

Figura 6 : Curva Granulométrica de agregado grueso

## II. Agregado Fino

La granulometría de los agregados finos se realizó según el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, subsección 415-02(a), cumpliendo los requerimientos establecidos en la Tabla 423-02.

**Tabla 12 :** Requerimiento para los agregados finos.

*Requerimientos para los agregados finos*

| Ensayos                               | Norma        | Requerimiento      |           |
|---------------------------------------|--------------|--------------------|-----------|
|                                       |              | Altitud (m.s.n.m.) |           |
|                                       |              | ≤ 3.000            | > 3.000   |
| Equivalente de Arena                  | MTC E 114    | 60                 | 70        |
| Angularidad del agregado fino         | MTC E 222    | 30                 | 40        |
| Azul de metileno                      | AASTHO TP 57 | 8 máx.             | 8 máx.    |
| Índice de Plasticidad (malla N.° 40)  | MTC E 111    | NP                 | NP        |
| Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)  | MTC E 209    | -                  | 18% máx.  |
| Índice de Durabilidad                 | MTC E 214    | 35 mín.            | 35 mín.   |
| Índice de Plasticidad (malla N.° 200) | MTC E 111    | 4 máx.             | NP        |
| Sales Solubles Totales                | MTC E 219    | 0,5% máx.          | 0,5% máx. |
| Absorción* *                          | MTC E 205    | 0,5% máx.          | 0,5% máx. |

\*\*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

Fuente: EG- 2013

**Tabla 13 :** Resultados de los requerimientos de agregado finos

| ENSAYO                               | NORMA               | < 3000    | RESULTADOS |        |
|--------------------------------------|---------------------|-----------|------------|--------|
| Equivalente de arena                 | <b>MTC E 114</b>    | 60% min   | 78%        | cumple |
| Angularidad del agregado fino        | <b>MTC E 222</b>    | 30% min   | 46.8%      | Cumple |
| Azul de metileno                     | <b>AASTHO TP 57</b> | 8 Max     | 2.54       | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N. 40)  | <b>MTC E 111</b>    | NP        | NP         | Cumple |
| Durabilidad (sulfato de magnesio)    | <b>MTC E 209</b>    | -         | 6.9%       | Cumple |
| Índice de durabilidad                | <b>MTC E 214</b>    | 35 min    | 47%        | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N. 200) | <b>MTC E 111</b>    | 4 Max     | NP         | Cumple |
| Contenido de sales solubles          | <b>MTC 2019</b>     | 0.5 Max   | 0.1605%    | Cumple |
| Gravedad específica y absorción      | <b>MTC E 205</b>    | 0.5% máx. | 0.83%      | ojo    |

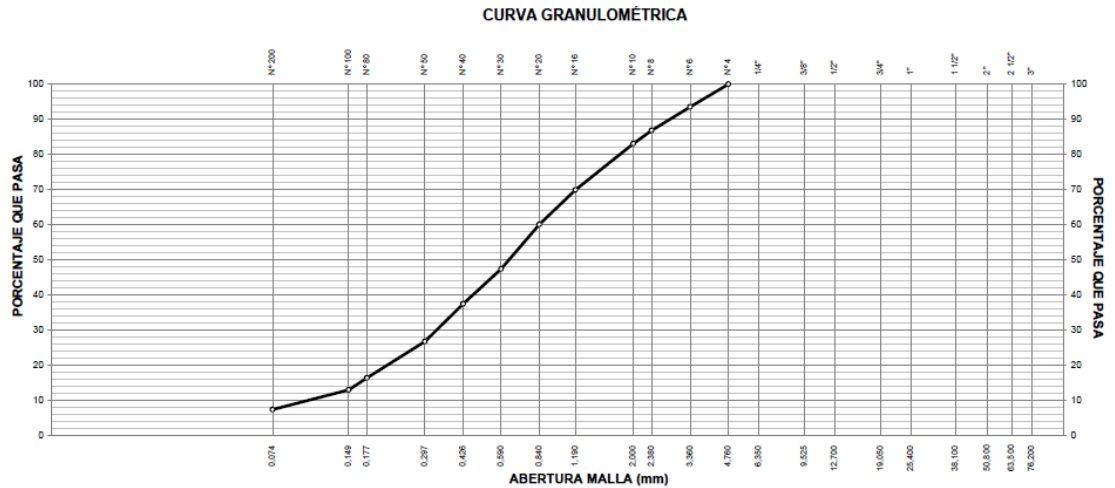
Fuente: Elaboración propia

En los resultados de Absorción se obtuvo un valor mayor a lo establecido (0.5 %) pero en las especificaciones de la Tabla 13 Requerimiento para los Agregados Finos acepta porcentajes mayores si se asegura las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

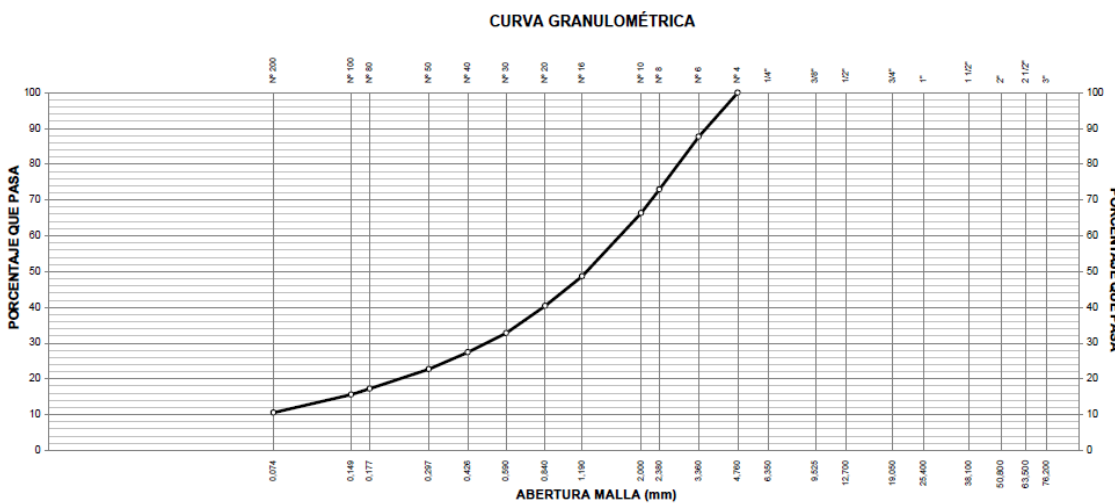
**Mezcla de agregado fino**

La mezcla de agregado fino se realizó mediante especificaciones del Manual de Ensayo de Materiales MTC E 204 Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, realizándose la granulometría de la arena natural y arena chancada.

A continuación de muestras las curvas granulométricas de cada uno de los agregados y la mezcla.



**Figura 7 :** Curva granulométrica de arena natural



**Figura 8 :** Curva granulométrica de arena Chancada

#### 4.1.1.2 Mezcla de agregados

La característica de la combinación de agregados debe de estar de acuerdo con las exigencias para mezclas bituminosas.

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 14. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Para el diseño de una mezcla asfáltica en caliente, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior), Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

**Tabla 14 : Usos granulométricos MTC**

| Tamiz            | Porcentaje que pasa |        |       |
|------------------|---------------------|--------|-------|
|                  | MAC-1               | MAC-2  | MAC-3 |
| 25,0 mm (1")     | 100                 |        |       |
| 19,0 mm (3/4")   | 80-100              | 100    |       |
| 12,5 mm (1/2")   | 67-85               | 80-100 |       |
| 9,5 mm (3/8")    | 60-77               | 70-88  | 100   |
| 4,75 mm (N.° 4)  | 43-54               | 51-68  | 65-87 |
| 2,00 mm (N.° 10) | 29-45               | 38-52  | 43-61 |
| 425 µm (N.° 40)  | 14-25               | 17-28  | 16-29 |
| 180 µm (N.° 80)  | 8-17                | 8-17   | 9-19  |
| 75 µm (N.° 200)  | 4-8                 | 4-8    | 5-10  |

Fuente: EG – 2013

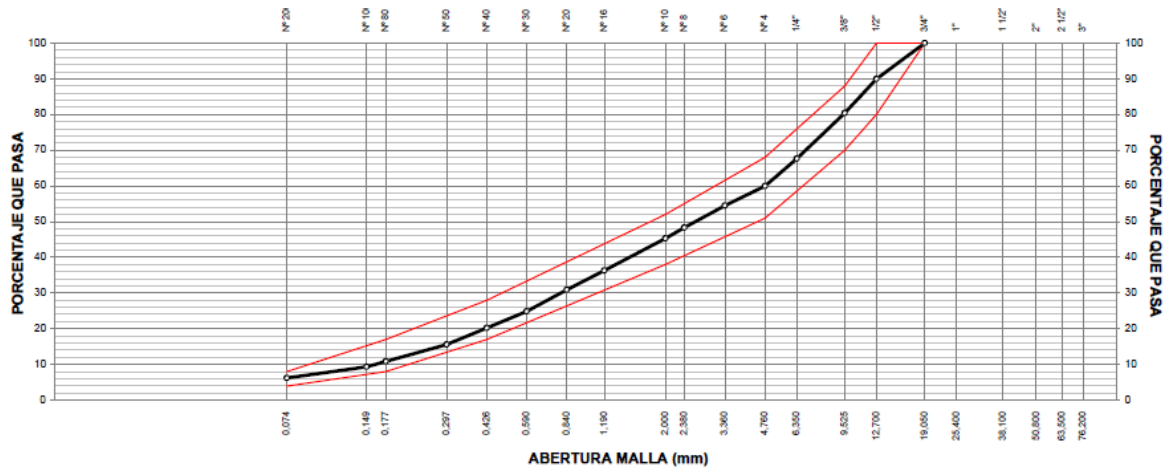
Se realiza la granulometría de acuerdo a la MAC-2 (ver Tabla 15 Porcentaje de combinación de agregados). Se muestra la curva granulométrica de la mezcla de agregados según la figura 10.

**Tabla 15 : Porcentaje de combinación de agregados**

| DESCRIPCIÓN     | %    |
|-----------------|------|
| Piedra chancada | 40   |
| Arena natural   | 31   |
| Arena chancada  | 28   |
| Filler          | 1    |
| TOTAL           | 100% |

Fuente: Elaboración propia





**Figura 9 :** Curva granulométrica de la mezcla de agregados

#### 4.1.1.3 Cemento asfáltico.

Para la investigación se eligió el cemento asfáltico 60-70. Este tipo fue otorgado por el proveedor de Repsol.

Su empleo será según las características climáticas de la región, teniendo en cuenta que la investigación se realizó en la ciudad de Huánuco, la selección se hace de acuerdo a la Tabla 415-01 del EG-2013. En la Tabla 4 se muestra la Selección del Tipo de Cemento Asfáltico según las condiciones climatológicas de Huánuco.

#### 4.1.1.4 Fibra de cabuya.

La fibra de cabuya fue comprada de la casa de cabuya de la localidad de Tomayquichua.



**Figura 10 :** Fibras de cabuya

#### 4.1.2 Diseño Marshall de la mezcla convencional

La cantidad de cemento asfáltico requerida se determina con el procedimiento Marshall, mediante la elaboración de briquetas con distintos contenidos de cemento asfáltico, con el cual se obtienen los parámetros Marshall que permiten determinar el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla.

El Método de Diseño Marshall permite obtener un contenido óptimo de cemento asfáltico para mezclas asfálticas en caliente. Los parámetros que se estudian durante el diseño son la Estabilidad, Fluidez, Densidad, Vacíos de la mezcla asfáltica y Vacíos en el agregado mineral. De acuerdo al criterio de diseño establecido, la determinación del contenido óptimo de asfalto se obtiene principalmente con la densidad, estabilidad y vacíos con aire en la mezcla asfáltica. Este método se encuentra descrito en MTC E-504 Manual de ensayo de materiales.

**Tabla 16:** Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

| Parámetro de Diseño                                                    | Clase de Mezcla                  |         |         |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------|---------|
|                                                                        | A                                | B       | C       |
| Marshall MTC E 504                                                     |                                  |         |         |
| 1. Compactación, número de golpes por lado                             | 75                               | 50      | 35      |
| 2. Estabilidad (mínimo)                                                | 8,15 kN                          | 5,44 kN | 4,53 kN |
| 3. Flujo 0,01" (0,25 mm)                                               | 8-14                             | 8-16    | 8-20    |
| 4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)                       | 3-5                              | 3-5     | 3-5     |
| 5. Vacíos en el agregado mineral                                       | <a href="#">Ver Tabla 423-10</a> |         |         |
| <b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>                              |                                  |         |         |
| 1. Resistencia a la compresión Mpa mín.                                | 2,1                              | 2,1     | 1,4     |
| 2. Resistencia retenida % (mín.)                                       | 75                               | 75      | 75      |
| Relación Polvo – Asfalto (2)                                           | 0,6-1,3                          | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 |
| Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)                                 | 1.700-4.000                      |         |         |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283 | 80 Mín.                          |         |         |

(1) A la fecha se tienen tramos efectuados en el Perú que tienen el rango 2% a 4% (es deseable que tienda al menor 2%) con resultados satisfactorios en climas fríos por encima de 3.000 m.s.n.m. que se recomienda en estos casos.

(2) Relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0,075 mm y el contenido de asfalto efectivo, en porcentaje en peso del total de la mezcla.

(3) Para zonas de clima frío es deseable que la relación Est. /flujo sea de la menor magnitud posible.

(4) El Índice de Compactabilidad mínimo será 5.

El Índice de Compactabilidad se define como: 
$$\frac{1}{\text{GEB } 50 - \text{GEB } 5}$$

Siendo GEB50 y GEB5, las gravedades específicas bulk de las briquetas a 50 y 5 golpes.

Fuente: EG - 2013

Para la determinación del contenido óptimo de asfalto en la mezcla convencional, se elaboraron mezclas con cuatro contenidos diferentes de asfalto. Los porcentajes utilizados fueron de 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Las diferentes probetas Marshall se preparan según el método descrito en MTC E-504 y se elaboran con 1100 g de peso, en moldes de 10.2 cm de diámetro, y con una energía de compactación de 75 golpes por cada cara.

Para cada contenido de asfalto se realizaron tres briquetas, las cuales se promediaron, se obtuvieron valores que no difieren entre ellos. En la Tabla 18 se presentan los Resultados del diseño Marshall de la Mezcla Asfáltica convencional (Ver Anexo)

**Tabla 17 : Resultado del Diseño Marshall de la Mezcla Convencional**

| <b>CEMENTO ASFALTICO</b>      | <b>5%</b> |       |       | <b>5.50%</b> |       |        | <b>6%</b> |        |        | <b>6.50%</b> |        |        |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|--------------|-------|--------|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------|
| <b>Densidad</b>               | 2.310     | 2.305 | 2.308 | 2.330        | 2.330 | 2.332  | 2.340     | 2.339  | 2.336  | 2.348        | 2.345  | 2.347  |
| <b>Estabilidad</b>            | 941.4     | 948.9 | 998.3 | 1065.7       | 1054  | 1050.6 | 1114.1    | 1130.9 | 1124.2 | 1136.2       | 1138.5 | 1141.1 |
| <b>Flujo</b>                  | 11        | 11    | 11    | 12           | 12    | 12     | 12        | 12     | 13     | 13           | 13     | 14     |
| <b>Vacíos</b>                 | 7         | 7.2   | 7.1   | 5.4          | 5.4   | 5.3    | 4.1       | 4.2    | 4.3    | 3            | 3.1    | 3      |
| <b>Vacío agregado mineral</b> | 18.2      | 18.4  | 18.3  | 18           | 18    | 17.9   | 17.6      | 17.6   | 17.7   | 17.3         | 17.4   | 17.4   |

**Tabla 18 : Promedio del resultado del ensayo Marshall**

| <b>Cemento asfaltico</b>      | <b>5%</b> | <b>5.50%</b> | <b>6%</b> | <b>6.50%</b> |
|-------------------------------|-----------|--------------|-----------|--------------|
| <b>Densidad</b>               | 2.308     | 2.331        | 2.338     | 2.347        |
| <b>Estabilidad</b>            | 962.87    | 1056.77      | 1123.07   | 1138.60      |
| <b>Flujo</b>                  | 11        | 12           | 12        | 13           |
| <b>vacíos</b>                 | 7         | 5            | 4         | 3            |
| <b>Vacío agregado mineral</b> | 18.3      | 18.0         | 17.6      | 17.4         |

Fuente: Elaboración propia

La determinación del contenido óptimo de asfalto para una carpeta de rodado, se realiza calculando el promedio entre los porcentajes de asfalto que entreguen la máxima Estabilidad, la máxima Densidad y 3-5% de Huecos en la Mezcla.

Para esta mezcla, el porcentaje óptimo de asfalto, se estima que estaría cercano al 6%. Con este porcentaje, la Estabilidad y los huecos en la mezcla, se encuentran dentro de las especificaciones para una carpeta de rodadura (Tabla 17).

#### 4.1.1. Mezcla asfáltica modificada con fibras de cabuya.

Este proceso se desarrolla para estudiar el efecto de la fibra de cabuya azul (agave americano) al adicionarse como una parte de los agregados en la elaboración de las mezclas asfálticas.

En esta investigación, la fibra de cabuya azul se adiciona en porcentajes de 0.3%, 0.5% y 0.7% con respecto al peso del árido y se utiliza una granulometría MAC-2

Se realizaron tres briquetas de mezcla por cada porcentaje de fibra, los cuales fueron analizadas mediante Ensayo Marshall.

**Tabla 19** : Peso de la fibra de cabuya por porcentaje.

| DESCRIPCIÓN              |       | FIBRA          |                |                |                |
|--------------------------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                          |       | 0.0%           | 0.3%           | 0.5%           | 0.7%           |
| <b>Cemento asfáltico</b> |       | 66.0           | 66.0           | 66.0           | 66.0           |
| <b>Piedra</b>            | 1/2"  | 110.0          | 109.7          | 109.5          | 109.2          |
| <b>chancada</b>          | 3/8"  | 105.6          | 105.3          | 105.1          | 104.9          |
|                          | N° 04 | 224.4          | 223.7          | 223.3          | 222.8          |
| <b>Arena natural</b>     |       | 341.0          | 340.0          | 339.3          | 338.6          |
| <b>Arena chancada</b>    |       | 308.0          | 307.1          | 306.5          | 305.9          |
| <b>Cal hidratada</b>     |       | 11.00          | 10.97          | 10.95          | 10.92          |
| <b>Fibra de cabuya</b>   |       | 0.00           | 3.29           | 5.47           | 7.65           |
| Total                    |       | <b>1100.00</b> | <b>1100.00</b> | <b>1100.00</b> | <b>1100.00</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20:** Diseño Marshall mezcla modificada con porcentajes de fibra

| <b>fibra</b>                  | <b>0%</b> |        |        | <b>0.30%</b> |        |        | <b>0.50%</b> |        |        | <b>0.70%</b> |       |       |
|-------------------------------|-----------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|-------|-------|
| <b>Densidad</b>               | 2.339     | 2.341  | 2.339  | 2.332        | 2.332  | 2.335  | 2.321        | 2.320  | 2.318  | 2.299        | 2.298 | 2.297 |
| <b>Estabilidad</b>            | 1140.5    | 1137.2 | 1139.9 | 1131         | 1132.8 | 1134.2 | 1072         | 1065.2 | 1067.8 | 980          | 975.3 | 977.1 |
| <b>Flujo</b>                  | 12        | 12     | 13     | 13           | 13     | 13     | 13           | 14     | 14     | 15           | 15    | 16    |
| <b>vacíos</b>                 | 4.2       | 4.1    | 4.2    | 4.4          | 4.4    | 4.3    | 4.8          | 4.8    | 4.9    | 5.7          | 5.7   | 5.8   |
| <b>Vacío agregado mineral</b> | 18.1      | 18     | 18.1   | 18.3         | 18.3   | 18.2   | 18.7         | 18.7   | 18.8   | 19.5         | 19.5  | 19.5  |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21 :** Promedio del diseño de mezcla modificada con fibra de cabuya

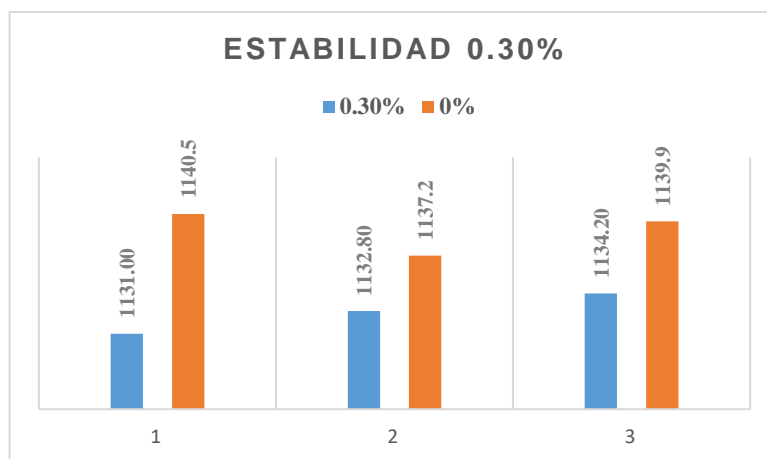
| <b>fibra</b>                  | <b>0%</b> | <b>0.30%</b> | <b>0.50%</b> | <b>0.70%</b> |
|-------------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Densidad</b>               | 2.340     | 2.333        | 2.320        | 2.298        |
| <b>Estabilidad</b>            | 1139.20   | 1132.67      | 1068.33      | 977.47       |
| <b>Flujo</b>                  | 12.33     | 13.00        | 13.67        | 15.33        |
| <b>Vacíos</b>                 | 4.2       | 4.4          | 4.8          | 5.7          |
| <b>Vacío agregado mineral</b> | 18.1      | 18.3         | 18.7         | 19.5         |

Fuente: Elaboración propia

### 4.1.3 Resultados del ensayo de estabilidad

flujo de mezcla asfáltica convencional Vs. mezcla asfáltica con fibras de cabuya.

#### 4.1.3.1 Estabilidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 11: Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.30% de fibra de cabuya

**Interpretación:** En la figura 11, se tiene que las muestras con 0.30% de fibra de cabuya (agave americana) tiene menor estabilidad en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor mínimo de 831.07kg para la estabilidad, por lo tanto se puede decir que 0.30% de fibra de cabuya cumple con el valor de estabilidad de acuerdo a la norma.

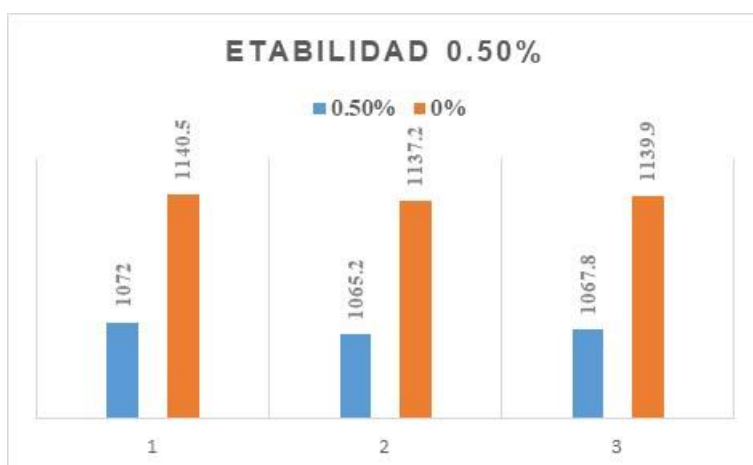
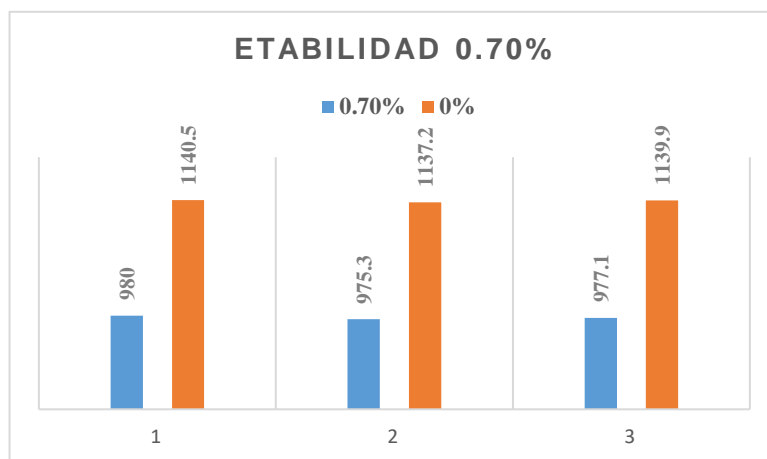


Figura 12: Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya

Fuente: Elaboración propia

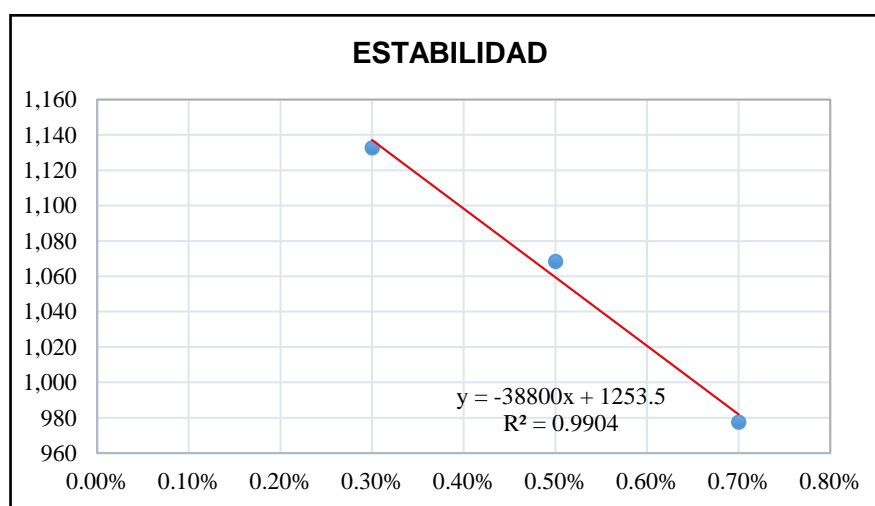
**Interpretación:** En la figura 12, se tiene que las muestras con 0.50% de fibra de cabuya (agave americana) tiene menor estabilidad en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor mínimo de 831.07kg para la estabilidad, por lo tanto se puede decir que 0.50% de fibra de cabuya cumple con el valor de estabilidad de acuerdo a la norma.



**Figura 13:** Estabilidad de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura 13, se tiene que las muestras con 0.70% de fibra de cabuya (agave americana) tiene menor estabilidad en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor mínimo de 831.07kg para la estabilidad, por lo tanto se puede decir que 0.70% de fibra de cabuya cumple con el valor de estabilidad de acuerdo a la norma.



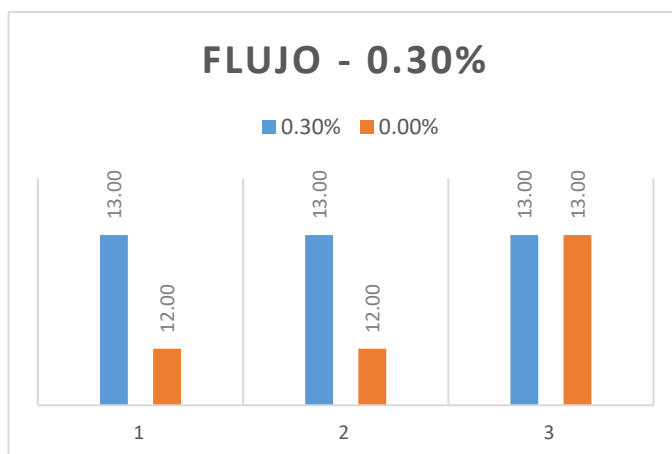
**Figura 14:** Relación de estabilidad vs. Porcentaje de fibra.



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura 14, la recta de regresión es negativo por lo tanto la relación es inversa a mayor porcentaje de fibra menor es el valor de la estabilidad.

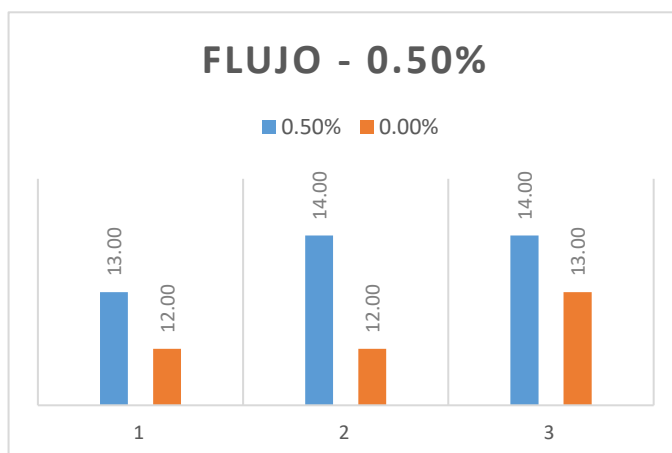
#### 4.1.3.2 Flujo.



**Figura 15:** Flujo de la mezcla con 0% y 0.30% de fibra de cabuya

Fuente: Elaboración propia

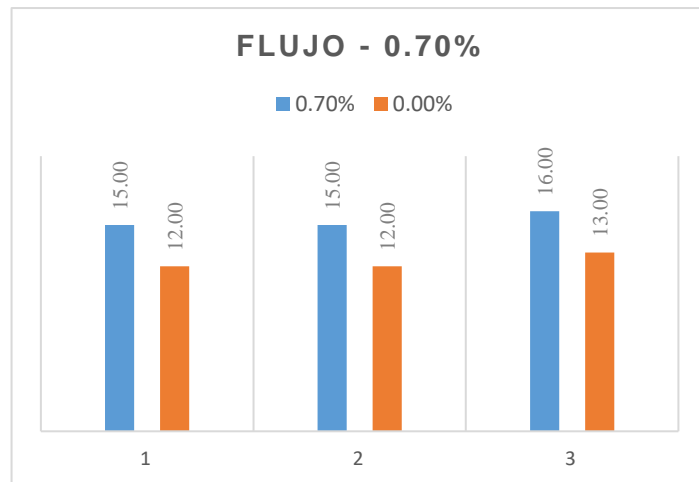
**Interpretación:** En la figura 15, se tiene que las muestras con 0.30% de fibra de cabuya (agave americana) tiene mayor valor de flujo en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor de 8 a 14 plg. para el flujo, por lo tanto se puede decir que 0.30% de fibra de cabuya cumple con el valor de flujo de acuerdo a la norma.



**Figura 16:** Flujo de la mezcla con 0% y 0.50% de fibra de cabuya

Fuente: Elaboración propia

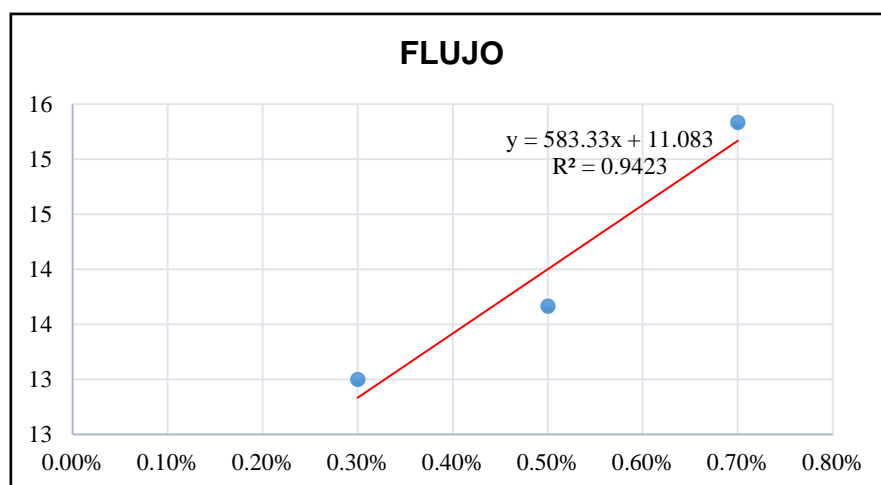
**Interpretación:** En la figura 16, se tiene que las muestras con 0.50% de fibra de cabuya (agave americana) tiene mayor valor de flujo en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor de 8 a 14 plg. Para el flujo, por lo tanto se puede decir que 0.50% de fibra de cabuya cumple con el valor de flujo de acuerdo a la norma.



**Figura 17:** Flujo de la mezcla con 0% y 0.70% de fibra de cabuya

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En la figura 17, se tiene que las muestras con 0.70% de fibra de cabuya (agave americana) tiene mayor valor de flujo en comparación con el convencional. El manual EG-2013 establece un valor de 8 a 14 plg. Para el flujo, por lo tanto se puede decir que 0.70% de fibra de cabuya no cumple con el valor de flujo de acuerdo a la norma. Valores mayores de flujo son desfavorable en el diseño de mezcla.



**Figura 18:** Relación de Flujo vs. Porcentaje de fibra.

**Interpretación:** En la figura 18, la recta de regresión es positivo por lo tanto la relación es directa a mayor porcentaje de fibra de cabuya mayor es el valor del flujo.

## 4.2 Contrastación de hipótesis

### 4.2.1 Hipótesis general

#### Hipótesis formulada

El uso de la fibra de cabuya, mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.

#### Hipótesis de estudio

H0: No hay diferencia significativa en el valor de las medias

H1: Si hay diferencia significativa entre medias

Tabla 22: Relación de Estabilidad y Flujo

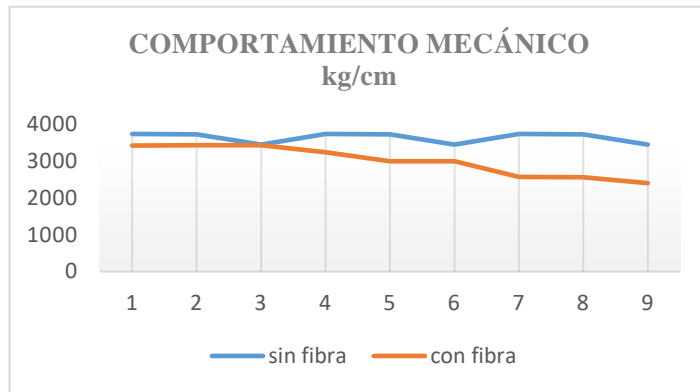
|               | <b>Comportamiento<br/>mecánico kg/cm</b> |                |
|---------------|------------------------------------------|----------------|
|               | Sin fibra                                | Con fibra      |
| 1             | 3742                                     | 3425           |
| 2             | 3731                                     | 3431           |
| 3             | 3452                                     | 3435           |
| 4             | 3742                                     | 3247           |
| 5             | 3731                                     | 2996           |
| 6             | 3452                                     | 3003           |
| 7             | 3742                                     | 2572           |
| 8             | 3731                                     | 2560           |
| 9             | 3452                                     | 2404           |
| <b>Media:</b> | <b>3641.67</b>                           | <b>3008.11</b> |

Fuente: Elaboración Propia

Para medir la significancia de las medias independientes se empleó el método estadístico t de student, cuyo propósito es verificar que la diferencia no solo sea aparente sino estadísticamente significativa. Para lo cual se establece el valor de significancia  $\alpha = 0.05$  y con 95% de confianza.

Si el valor de t estadístico es mayor al valor crítico se rechaza la hipótesis nula  
 $P\text{-valor} < 0.05 \rightarrow$  Rechaza la hipótesis nula y acepta la hipótesis alterna.

P- valor > 0.05 → Acepta la hipótesis nula

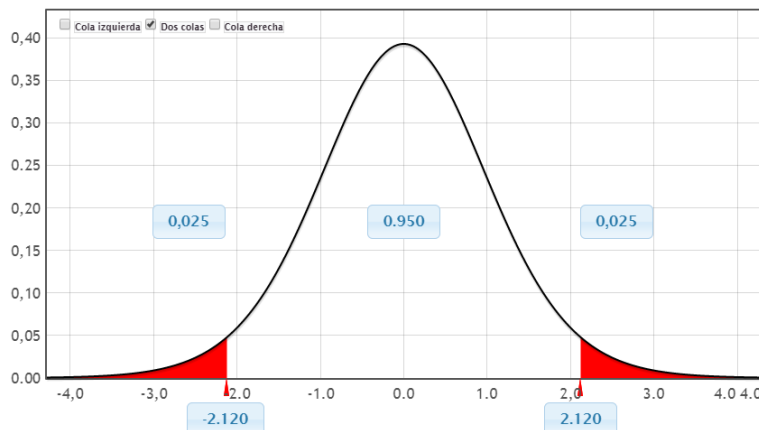


**Figura 19:** comportamiento mecánico de la mezcla  
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23: t de student para medias independientes de la muestra

| T - STUDENT                    | SIN FIBRA | CON FIBRA |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Media                          | 3641.67   | 3008.11   |
| Varianza                       | 20257.75  | 168506.61 |
| Observaciones                  | 9         | 9         |
| Grados de libertad             | 16        |           |
| Estadístico t                  | 4.37      |           |
| P(T<=t) dos colas              | 0.000471  |           |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.120     |           |

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 20:** Curva normal para el intervalo de aceptación.

**Interpretación:** El P-valor calculado es 0.000471 el cual es menor que 0.05 lo que nos indica que si hay diferencia significativa. Por lo tanto se rechaza la hipótesis de nulidad y se acepta la hipótesis alterna.

**Conclusión estadística:** Al tener diferencia significativa entre las dos medias se puede concluir que la mezcla asfáltica modificada con fibras no mejora el comportamiento mecánico de la mezcla.

#### 4.2.2 Hipótesis específico

##### 4.2.2.1 Hipótesis específico 1

##### Hipótesis formulada

El uso de la fibra de cabuya azul (agave americana) en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7% por volumen de muestra, aumenta la estabilidad para las mezclas asfálticas en caliente.

##### Hipótesis de estudio

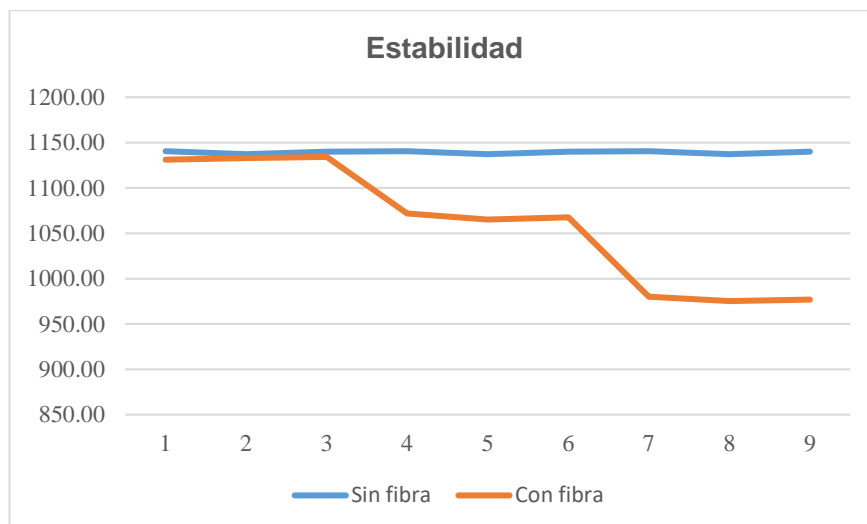
H0: No hay diferencia significativa en el valor de las medias

H1: Si hay diferencia significativa entre medias

Tabla 24: Estabilidad de las mezclas

| <b>Estabilidad kg</b> |                  |                  |
|-----------------------|------------------|------------------|
|                       | <b>Sin fibra</b> | <b>Con fibra</b> |
| <b>1</b>              | 1140.50          | 1131.00          |
| <b>2</b>              | 1137.20          | 1132.80          |
| <b>3</b>              | 1139.90          | 1134.20          |
| <b>4</b>              | 1140.50          | 1072.00          |
| <b>5</b>              | 1137.20          | 1065.20          |
| <b>6</b>              | 1139.90          | 1067.80          |
| <b>7</b>              | 1140.50          | 980.00           |
| <b>8</b>              | 1137.20          | 975.30           |
| <b>9</b>              | 1139.90          | 977.10           |
| <b>Media</b>          | <b>1139.20</b>   | <b>1059.40</b>   |

Fuente: Elaboración Propia



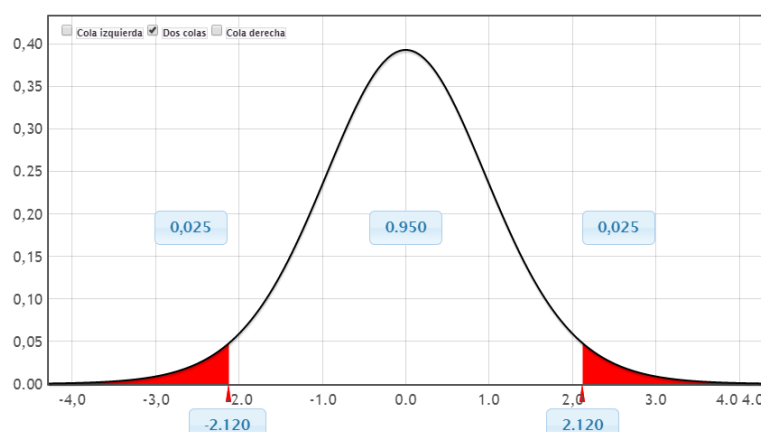
**Figura 21: Estabilidad**

Fuente: Elaboración Propia

**Tabla 25: t de student para las medias independientes de estabilidad**

| T - STUDENT                    | SIN FIBRA | CON FIBRA |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Media                          | 1139.20   | 1059.49   |
| Varianza                       | 2.32      | 4565.31   |
| Observaciones                  | 9         | 9         |
| Grados de libertad             | 16        |           |
| Estadístico t                  | 3.53830   |           |
| P(T<=t) dos colas              | 0.00273   |           |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.120     |           |

Fuente: Elaboración Propia



**Figura 22: Curva normal para el intervalo de aceptación.**

**Interpretación:** El P-valor calculado es 0.00273 el cual es menor que 0.05 lo que nos indica que si hay diferencia significativa. Por lo tanto se rechaza la hipótesis de nulidad y se acepta la hipótesis alterna.

**Conclusión estadística:** Al tener diferencia significativa entre las dos medias se puede concluir que la mezcla asfáltica modificada con fibras de cabuya no aumenta la estabilidad de la mezcla. Los valores de la mezcla asfáltica convencional tuvieron valores más altos en la estabilidad.

#### 4.2.2.2 Hipótesis específico 2

##### Hipótesis formulada

El uso de la fibra de cabuya azul (agave americana) en proporciones de 0.3%, 0.5%, 0.7% por volumen de muestra, aumenta el flujo para las mezclas asfálticas en caliente.

##### Hipótesis de estudio

H0: No hay diferencia significativa en el valor de las medias

H1: Si hay diferencia significativa entre medias

Tabla 26: Flujo

|              | Estabilidad plg |           |
|--------------|-----------------|-----------|
|              | Sin fibra       | Con fibra |
| 1            | 12              | 13        |
| 2            | 12              | 13        |
| 3            | 13              | 13        |
| 4            | 12              | 13        |
| 5            | 12              | 14        |
| 6            | 13              | 14        |
| 7            | 12              | 15        |
| 8            | 12              | 15        |
| 9            | 13              | 16        |
| <b>Media</b> | <b>12</b>       | <b>14</b> |

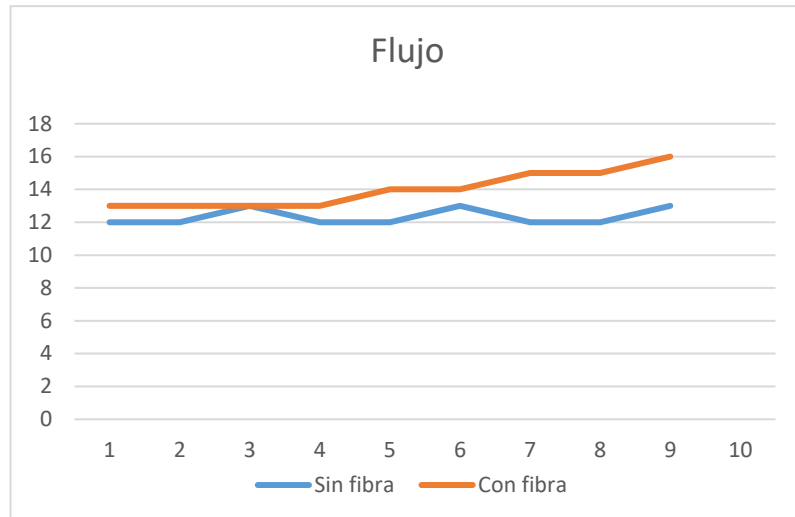


Figura 23: Deformación de la mezcla

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 27: t de student para el flujo de la mezcla

| T - STUDENT                    | SIN FIBRA | CON FIBRA |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Media                          | 12        | 14        |
| Varianza                       | 0.25      | 1.25      |
| Observaciones                  | 9         | 9         |
| Grados de libertad             | 16        |           |
| Estadístico t                  | -4.0825   |           |
| P(T<=t) dos colas              | 0.00087   |           |
| Valor crítico de t (dos colas) | 2.120     |           |

Fuente: Elaboración Propia

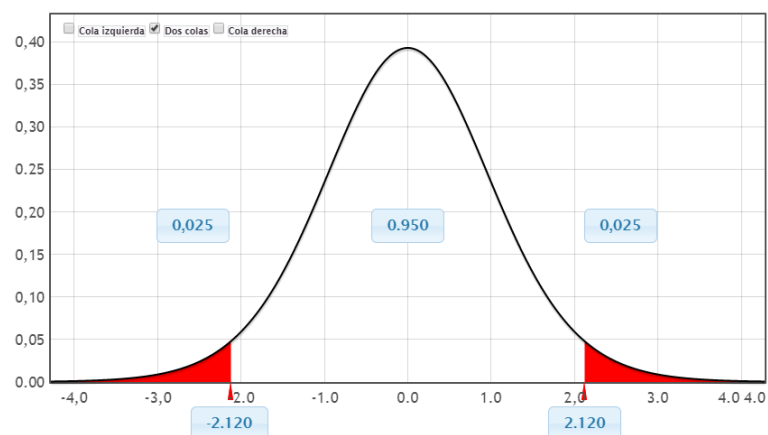


Figura 24: Curva normal para el intervalo de aceptación.



**Interpretación:** El P-valor calculado es 0.00087 el cual es menor que 0.05 lo que nos indica que si hay diferencia significativa. Por lo tanto se rechaza la hipótesis de nulidad y se acepta la hipótesis alterna.

**Conclusión estadística:** Al tener diferencia significativa entre las dos medias se puede concluir que la mezcla asfáltica modificada con fibras de cabuya si aumenta el flujo de la mezcla.

## CAPITULO V

### 5 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Contrastación de los resultados.

La investigación realizada tiene por objetivo el analizar los beneficios de la fibra de cabuya (agave americano) en mezcla asfáltica para lo cual se realizaron diversos ensayos de laboratorio. El resultado se basó en los datos obtenidos del ensayo Marshall, que fueron realizados de acuerdo a la normativa MTC E 504 y ASTM D 1559. El análisis de resultados se realizó en base al Manual de carreteras – Especificaciones técnicas para la construcción EG – 2013.

En este sentido se tiene investigaciones similares como es la tesis de (Bejarano & Caicedo, 2017) Titulado “**Análisis del comportamiento físico - mecánico de la mezcla asfáltica tipo mdc.19 con fibra natural de caña de azúcar**”. En la cual concluye lo siguiente: Los resultados obtenidos muestran mejoras considerables en cuanto a la estabilidad de la mezcla especialmente en la dosificación del 0,5%, que vale la pena tener en cuenta y que de uno u otra forma mejoran las propiedades fisicomecánicas del producto resultante.

**Discusión:** En la presente investigación se pudo observar que los valores más altos de estabilidad se obtuvieron con una dosificación de 0.3%, por lo que se puede decir que no mejora la propiedad pero está dentro del rango permitido por la norma.

(Tovar & Landinez, 2015) Titulado “**Mezclas densas en caliente a partir de asfalto natural con adición de fibra de coco.**” En la cual concluye lo siguiente: La adición de la fibra de coco altera y beneficia múltiples características del asfalto natural, en primer lugar hay un aumento del 11% en el volumen y una disminución del 6% de su peso unitario, puesto que la densidad ocupada por la fibra de coco es menor a la ejercida por partículas de asfalto natural en una mezcla convencional, en segunda instancia la ganancia de estabilidad al adicionar fibra de coco a la mezcla es evidente, ya que en todas las temperaturas de mezcla tiende a aumentar un 10% respecto a la mezcla convencional, finalmente la adición de fibra de coco aumenta la

deformación respecto a la mezcla convencional en un 28% haciendo de este un material más plástico y menos susceptible a la carga.

**Discusión:** En la investigación se pudo apreciar que a mayor porcentaje de fibra de cabuya la estabilidad baja debido a que el volumen ocupado por los agregados es remplazado por la fibra de cabuya. También se pudo apreciar, cuanto mayor es la dosificación de fibra de cabuya mayor es el flujo de la mezcla siendo esto desfavorable cuando los valores son superiores a 14 de acuerdo al EG-2013, finalmente se puede decir que la dosificación máxima aceptable de fibra de cabuya para una mezcla debe de ser 0.5%.

(Jimenez, 2016) Titulado “**Análisis comparativo de la estabilidad y la deformación del pavimento asfáltico con fibras celulósicas y pavimento asfáltico tradicional**”. De los resultados obtenidos y realizada la comparación de la estabilidad y deformación con los porcentajes óptimos de asfalto, se determina que el pavimento asfáltico tradicional posee una mayor estable que el pavimento asfáltico con fibras siendo que el pavimento asfáltico tradicional es un 19,35% más estable que el pavimento asfáltico con fibras, no obstante, los dos tipos de pavimento cumplen con los criterios de diseño de un pavimento usable, con la diferencia que el pavimento asfáltico tradicional es menos costos que el pavimento asfáltico con fibras.

**Discusión:** los resultados obtenidos en la investigación demuestran similitud debido a que la mezcla convencional supera en valor de estabilidad y flujo con respecto a la mezcla asfáltica con fibras de cabuya. Pero ambos tipos de mezcla cumplen con los criterios de diseño de acuerdo a la EG-2013.

## CONCLUSIONES

Habiendo realizado el ensayo Marshall para ambas muestras se detectó que las briquetas que contenían fibra de cabuya (agave americano) dieron valores menores que la mezcla asfáltica convencional, estadísticamente se demostró que esta diferencia es significativa por lo que se puede decir que el comportamiento mecánico de la mezcla se ve afectado por la fibra. Pero, ambos tipos de mezcla cumplen con los criterios de diseño de mezcla de acuerdo a la EG-2013, la misma que sugiere que la relación estabilidad/flujo debe estar entre los valores de 1700 a 4000kg/cm.

La mezcla asfáltica modificada con fibra de cabuya (agave americano) en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.7% disminuye el valor de la estabilidad. Al verificar la relación que existe entre porcentaje de fibra y la estabilidad se pudo determinar que la relación es inversa, mayor porcentaje de fibra menor valor de estabilidad, finalmente se puede decir que el máximo valor aceptable para una mezcla asfáltica es de 0.5% de fibra.

La mezcla asfáltica modificada con fibra de cabuya (agave americano) en proporciones de 0.3%, 0.5% y 0.7% aumenta el valor del flujo. Al verificar la relación que existe entre porcentaje de fibra y el flujo se pudo determinar que la relación es directa, mayor porcentaje de fibra de cabuya mayor valor del flujo, finalmente se puede decir que el máximo valor aceptable para una mezcla asfáltica es de 0.5% de fibra.

## RECOMENDACIONES

- Seguir estudiando la fibra de cabuya (agave americano) en mezclas asfálticas en caliente, realizando el ensayo modificado de Lottman (AASHTO T283) con porcentajes menores a 0.5% de fibra de cabuya.
- Durante el proceso de moldeado de cada grupo de briquetas, se sugiere sea realizado por una sola persona para que el tiempo de compactación sea el mismo para cada una de las muestras.
- Si se utiliza fibra de cabuya esta no debe de presentar ningún proceso químico y debe estar libre de impureza.

## BIBLIOGRAFÍA

Bejarano, J., & Caicedo, C. (2017). Analisis del comportamiento Fisico - Mecanico de la mezcla asfaltica tipo MDC.19 con fibra natural de caña de azucar. titulo de pregrado. Universidad catolica de Colombia, Bogota.

Cahuana, P., & Limas, G. (2018). Analisis comparativo del comportamiento mecanico de una mezcla asfaltica modificada con Betutec ic+aditivo Warmix respecto a la mezcla asfaltica convencional. (tesis de pregrado). Universidad San Martin de Porres, Lima.

Checa, C., & Jurado, F. (2001). *Mejoramiento de la calidad de la fibra de cabuya y su aplicación*. Tesis de Grado de la Universidad Técnica del Norte.

Escalante, J. (2007). Evaluación de mezclas producidas con Ligantes asfalticos peruanos convencional PEN 60/70 y modificado por polímeros SBS tipo I 60/60 E PG 76 – 22 (Tesis de Maestría). Universidad de Sao Paulo, Brasil.

Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial –2018 Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed. --.). México D.F.: McGraw-Hill.

Jimenez, C. (2016). Analisis comparativo de la estabilidad y la deformacion del pavimento asfaltico con fibras celulosas y pavimento asfaltico tradicional. (tesis de Pregrado). Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador.

Manual de Ensayos de Materiales, (2016). Lima, Perú. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles – Viceministerio de Transporte. Recuperado

[http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)

Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción, (2013). Lima, Perú. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4955.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf)

Padilla, A. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3334>

Piura, U. D. (03 de agosto de 2011). Capitulo iv diseño de mezclas asfálticas. [Entrada de blog]. Recuperado de [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1\\_130\\_181\\_83\\_1181.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/bibvirudep/tesis/pdf/1_130_181_83_1181.pdf)

Piura, U. (2015). Capítulo 3 Caracterización de asfaltos para la mezcla. Piura.

Puente, I. (23 de octubre de 2014). 4,800 huecos hay en las calles de Huánuco. [Editorial]. Correo. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/peru/4-800-huecos-hay-en-las-calles-de-huanuco-365750/>

Preciado, C., & Sierra, C. (2013). Utilización de fibras desechas de procesos industriales como estabilizador de mezclas asfálticas SMA. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana, Cali.

Reyes, F. A. (2003). Diseño Racional de Pavimentos.

Salazar, F. (2013). Estudio técnico para la obtención de asfalto de alto índice de penetración y asfalto oxidado a partir de una planta de oxidación de asfalto. (Tesis de pregrado). Universidad de Ingeniería, Lima.

Tovar, D., & Landinez, A. (2015). Mezclas densas en caliente a partir de asfalto natural con adición de fibra de coco. título de pregrado. Universidad piloto de Colombia, Bogotá.

Velásquez, M. (28 de setiembre de 2018). ¿Qué países de América Latina tienen las mejores vías? [Entrada de blog]. Recuperado de <https://cnnespanol.cnn.com/2018/09/28/que-paises-de-america-latina-tienen-las-mejores-vias/>

Corrales, T.(2015) Propuesta de método de diseño de mezclas asfálticas abiertas en caliente como capa de alivio. (Tesis de pregrado). Escuela de Formación de Tecnólogos, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11279> [Abril 22, 2016]

Reyes, F & Figueroa, S. (2012). Jornadas Internacionales del Asfalto. Influencia del asfalto expuesto al agua en el daño por stripping en pavimentos, Bogotá.

València, U. P. (18 de Mayo de 2010). UPV. Obtenido de [https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15\\_6.html](https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_6.html)



## **ANEXO**

## ANEXO 01 – MATRIZ DE CONSISTENCIA

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### USO DE LA FIBRA DE CABUYA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE-2019

| PROBLEMA                                                                                                                                                                   | OBJETIVO                                                                                                                                                                                    | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                 | VARIABLE                                                    | INDICADOR                                                       | TÉCNICA         | INSTRUMENTO                                 | MÉTODO                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PROBLEMA GENERAL                                                                                                                                                           | OBJETIVO GENERAL                                                                                                                                                                            | HIPÓTESIS GENERAL                                                                                                                                                         | V. INDEPENDIENTE                                            |                                                                 |                 |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya influye en el comportamiento mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente, 2019?                                               | Analizar el uso de la fibra de cabuya, con el fin de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfalta en caliente mediante ensayos de laboratorio, 2019.                             | El uso de la fibra de cabuya, mejora el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente.                                                                       | Fibra de cabuya (agave americano)                           | Proporción de fibra de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra. | Granulometría   | Manual EG-2013 del MTC                      | El enfoque de la investigación es cuantitativa.                                                                                                                                                                                                           |
| PROBLEMA ESPECIFICO                                                                                                                                                        | OBJETIVO ESPECIFICO                                                                                                                                                                         | HIPÓTESIS ESPECIFICO                                                                                                                                                      | V. DEPENDIENTE                                              |                                                                 |                 |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                           |
| ¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, 2019? | Analizar el uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, para mejorar la estabilidad de la mezclas asfálticas en caliente, 2019. | El uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, mejora la estabilidad para las mezclas asfálticas en caliente. | Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente. | Relación de Estabilidad y flujo de la mezcla                    | Ensayo Marshall | Manual de ensayo de materiales del MTC-2016 | <b>Alcance o nivel</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploratorio</li> <li>• Descriptivo</li> </ul> <b>Diseño:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimental puro – Diseño con pos prueba únicamente y grupo de control</li> </ul> |
| ¿De qué manera el uso de la fibra de cabuya en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra influye en el flujo de la mezcla asfáltica en caliente, 2019?       | Analizar el uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, para mejorar el flujo en mezclas asfálticas en caliente, 2019.          | El uso de la fibra de cabuya (agave americana) en proporciones de 0.3%,0.5% y 0.7% por volumen de muestra, mejora el flujo para las mezclas asfálticas en caliente.       |                                                             |                                                                 |                 |                                             |                                                                                                                                                                                                                                                           |

## **ANEXO 02 - DESIGNACIÓN DE ASESOR**

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### RESOLUCIÓN N° 215-2019-D-FI-UDH

Huánuco, 22 de marzo de 2019

Visto, el Oficio N° 139-2019-C-EAPIC-FI-UDH presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil y el Expediente N° 541-19, de la estudiante **Auriola, MEZA LORENZO**, quién solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación.

#### CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 541-19, presentado por el (la) estudiante **Auriola, MEZA LORENZO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, el mismo que propone a la Ing. Ericka Selene García Echevarría, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Único.- DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la **Auriola, MEZA LORENZO**, a la Ing. Ericka Selene García Echevarría, Docente de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIC – Asesor – Mat. y Reg. Acad. – File Personal – Interesado – Archivo.  
BLCR/JPJR/nto.

## **ANEXO 03 - APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
**Facultad de Ingeniería**

**RESOLUCIÓN N° 558-2019-CF-FI-UDH**

Huánuco, 05 de Julio de 2019

Visto, el Oficio N° 553-2019-C-EAPIC-FI-UDH del Coordinador Académico de Ingeniería Civil, referente a **Auriola, MEZA LORENZO**, del Programa Académico Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

**CONSIDERANDO:**

Que, según Resolución N° 560-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 1741-19, del Programa Académico de, Ingeniería Civil, Informa que el Proyecto de Investigación Presentado por **Auriola, MEZA LORENZO** ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 553-2019-C-EAPIC-FI-UDH, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad Extraordinario de fecha 05 de Julio del 2019 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

**SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - **APROBAR**, el Proyecto de Investigación y su ejecución intitulado:

“USO DE LA FIBRA DE CABUYA PARA EL ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE - 2019” representado por **Auriola, MEZA LORENZO**, del Programa Académico de Ingeniería Civil

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CONSEJO DE FACULTAD  
*[Signature]*  
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Signature]*  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA (E) DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Distribución:

Fac. de Ingeniería – EAPIC – CGT – Asesor – Exp. Graduando – Interesado – Archivo.

## **ANEXO 04 - RESULTADOS DE LABORATORIO**



**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° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo  
DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO  
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019

PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente -2019  
UBICACIÓN : Huánuco  
FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
MTC E 204 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Cantera Andabamba  
Piedra chancada: 100%

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

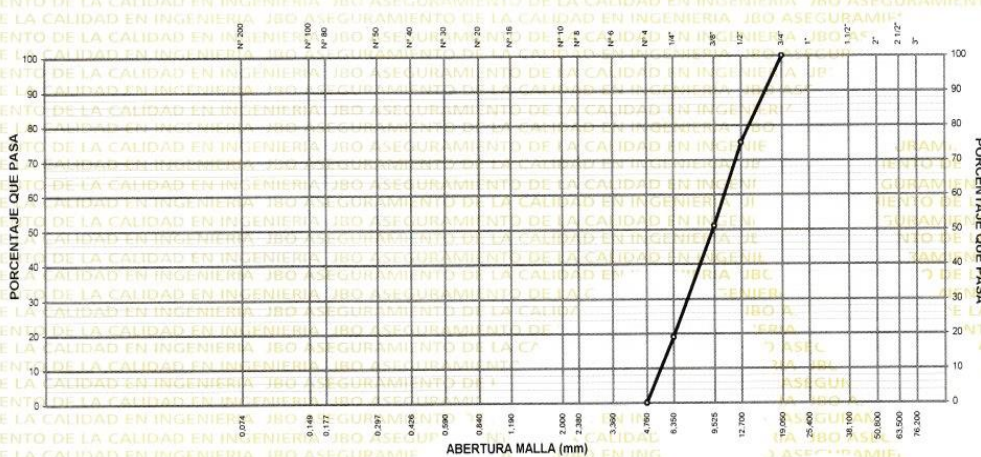
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS |        |           |               |                  |                    |          |
|-----------------------------------|--------|-----------|---------------|------------------|--------------------|----------|
| SERIE                             | MALLAS | ABERTURA  | PESO RETENIDO | RETENIDO PARCIAL | RETENIDO ACUMULADO | PASA (%) |
| AMERICANA                         | (mm)   | (g)       | (%)           | (%)              | (%)                | (%)      |
|                                   | 3"     | 75.000    |               |                  |                    |          |
|                                   | 2 1/2" | 62.500    |               |                  |                    |          |
|                                   | 2"     | 50.000    |               |                  |                    |          |
|                                   | 1 1/2" | 37.500    |               |                  |                    |          |
|                                   | 1"     | 25.000    |               |                  |                    |          |
|                                   | 3/4"   | 19.000    |               |                  |                    | 100.0    |
|                                   | 1/2"   | 12.500    | 1295.0        | 25.0             | 25.0               | 75.0     |
|                                   | 3/8"   | 9.500     | 1243.2        | 24.0             | 49.0               | 51.0     |
|                                   | 1/4"   | 6.250     | 1657.6        | 32.0             | 81.0               | 19.0     |
|                                   | N° 4   | 4.750     | 984.2         | 19.0             | 100.0              | 0.0      |
|                                   | 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 202 |               |                  |                    |          |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO              |                        |
|----------------------------------------|------------------------|
| Limite líquido                         | (%) (MTC E 110 - 2016) |
| Limite plástico                        | (%) (MTC E 111 - 2016) |
| Índice plástico                        | (%) (MTC E 111 - 2016) |
| Clasificación SUCS                     | (ASTM D 2487-11)       |
| Clasif. para el uso en vías transporte | (ASTM D 3282-09)       |

Descripción de la muestra : Agregado grueso

**OBSERVACIONES:**  
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Referencia : NTP 400.012 / ASTM C 136; AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

*[Signature]*  
MARCO ANTONIO MORENO FLORES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 176318





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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 MM (1 1/2") MTC E 207 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

Piedra chancada: 100%

**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**REFERENCIAS DEL ENSAYO**

| DATOS DEL ENSAYO      |     | PROCESO DEL ENSAYO                 | RESULTADO<br>(% DE PÉRDIDAS) |
|-----------------------|-----|------------------------------------|------------------------------|
| Tamaño máximo nominal | 1"  | Peso seco inicial lavado (g): 5000 | 30                           |
| Gradación             | "A" | Peso seco final tamizado (g): 3507 |                              |
| Número de esferas     | 12  |                                    |                              |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
  - La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.
- Referencia:  
 - NTP 400.019 / ASTM C 131: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles

**Personal:**  
 Téc.: E.E.A.  
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18) Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*(Firma)*  
**MAFIO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 178313



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco UBICACIÓN : Huánuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Cantera Andabamba PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 Piedra chancada: 100%  
 DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 100 kg aprox.

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESOS  
 MTC E 206 - 2016**

| DESCRIPCIÓN                                        | UNIDAD               | AGREGADO GRUESO |
|----------------------------------------------------|----------------------|-----------------|
| Peso material saturado y superficie seca (en aire) | (g)                  | 5358.2          |
| Peso material saturado y superficie seca (en agua) | (g)                  | 3346.5          |
| Volumen sólidos + volumen de vacíos                | (cm <sup>3</sup> )   | 2011.7          |
| Peso material seco a 105 °C                        | (g)                  | 5318.9          |
| Volumen de sólidos                                 | (cm <sup>3</sup> )   | 1972.4          |
| Peso bulk base seca                                | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.644           |
| Peso bulk base saturada                            | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.664           |
| Peso aparente base seca                            | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.697           |
| Absorción                                          | (%)                  | 0.74            |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.
- Referencia: NTP 400.021 / ASTM C 127: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

MARCOS ANTONIO MORENO FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176313



Personal: JBO ASEL  
 Tec.: E.E.A.  
 Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18) Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019  
 El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE:** Bach. Auriola Meza Lorenzo  
**PROYECTO:** Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
**DIRECCIÓN:** Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
**REFERENCIA:** Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO  
**UBICACIÓN:** Huánuco  
**FECHA DE RECEPCIÓN:** Lima, 02 de septiembre del 2019  
**FECHA DE INICIO:** Lima, 02 de septiembre del 2019

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS MTC E 223 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN:** Cantera Andabamba  
 Piedra chancada: 100%  
**PRESENTACIÓN:** 03 Sacos de polipropileno.  
**DESCRIPCIÓN:** Agregado grueso  
**CANTIDAD:** 100 kg aprox.

**A) PARTÍCULAS CHATAS**

| ABERTURA MALLA |      | PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g) | NÚMERO DE PARTÍCULAS | PARTÍCULAS CHATAS |       | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PROMEDIO DE PART. CHATAS |
|----------------|------|-----------------------------------|----------------------|-------------------|-------|------------------------|--------------------------|
| PASA           | RET. |                                   |                      | (g)               | (%)   |                        |                          |
| 3/4"           | 1/2" | 663.9                             | 139                  | 15.0              | 2.3   | 51.0                   | 117.4                    |
| 1/2"           | 3/8" | 333.9                             | 195                  | 15.0              | 4.5   | 49.0                   | 220.4                    |
| TOTAL          |      |                                   |                      | 6.8               | 100.0 |                        | 337.8                    |

**PARTÍCULAS CHATAS (%)** 3.4 %

**B) PARTÍCULAS ALARGADAS**

| ABERTURA MALLA |      | PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g) | NÚMERO DE PARTÍCULAS | PARTÍCULAS ALARGADAS |       | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PROMEDIO DE PART. ALARGADAS |
|----------------|------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------------|-----------------------------|
| PASA           | RET. |                                   |                      | (g)                  | (%)   |                        |                             |
| 3/4"           | 1/2" | 663.9                             | 139                  | 8.0                  | 1.2   | 51.0                   | 61.2                        |
| 1/2"           | 3/8" | 333.9                             | 195                  | 8.0                  | 2.4   | 49.0                   | 117.6                       |
| TOTAL          |      |                                   |                      | 3.6                  | 100.0 |                        | 178.8                       |

**PARTÍCULAS ALARGADAS (%)** 1.8 %

**C) PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS**

| ABERTURA MALLA |      | PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g) | NÚMERO DE PARTÍCULAS | PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS |       | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PROMEDIO DE PART. CHATAS Y ALARGADAS |
|----------------|------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------|------------------------|--------------------------------------|
| PASA           | RET. |                                   |                      | (g)                           | (%)   |                        |                                      |
| 1 1/2"         | 1"   | 3097.5                            | 105                  | 0.0                           | 0.0   | 0.0                    | 0.0                                  |
| 1"             | 3/4" | 1490.7                            | 108                  | 0.0                           | 0.0   | 0.0                    | 0.0                                  |
| 3/4"           | 1/2" | 663.9                             | 139                  | 5.0                           | 0.8   | 51.0                   | 40.8                                 |
| 1/2"           | 3/8" | 333.9                             | 195                  | 5.0                           | 1.5   | 49.0                   | 73.5                                 |
| TOTAL          |      |                                   |                      | 2.3                           | 100.0 |                        | 114.3                                |

**PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)** 1.1 %

**OBSERVACIONES:**

- Relación dimensional: 1/3  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
 - La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- ASTM D 4791: Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO LORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N° 100, Huánuco **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO MTC E 210 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
 Piedra chancada: 100%

**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**A) UNA A MÁS CARAS FRACTURADAS**

| ABERTURA MALLA |      | PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g) | NÚMERO DE PARTICULAS | PARTÍCULAS FRACTURADAS (g) | CARAS FRACTURADAS (%) | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
|----------------|------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| PASA           | RET. |                                   |                      |                            |                       |                        |                               |
| 3/4"           | 1/2" | 663.9                             | 139                  | 663.9                      | 100.0                 | 51.0                   | 5102.0                        |
| 1/2"           | 3/8" | 333.9                             | 195                  | 333.9                      | 100.0                 | 49.0                   | 4898.0                        |
| <b>TOTAL</b>   |      |                                   |                      |                            | <b>200.0</b>          | <b>100.0</b>           | <b>10000.0</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 PARTICULAS | PARTÍCULAS FRACTURADAS (g) | CARAS FRACTURADAS (%) | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
|----------------|------|-----------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------|
| PASA           | RET. |                                   |                      |                            |                       |                        |                               |
| 3/4"           | 1/2" | 663.9                             | 139                  | 663.9                      | 100.0                 | 51.0                   | 5102.0                        |
| 1/2"           | 3/8" | 333.9                             | 195                  | 333.9                      | 100.0                 | 49.0                   | 4898.0                        |
| <b>TOTAL</b>   |      |                                   |                      |                            | <b>200.0</b>          | <b>100.0</b>           | <b>10000.0</b>                |

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

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- El material utilizado es de origen natural, sin ningún procesamiento o chancado.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- ASTM D 5821: Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176313



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Calle - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO  
 MTC E 209 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
 Piedra chancada: 100%

**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**AGREGADO GRUESO**

| ABERTURA MALLA | N° TARRO | PESO ANTES DEL ENSAYO (g) | TAMICES PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS | PESO DESPUÉS DEL ENSAYO (g) | PÉRDIDAS (g) | PÉRDIDA TOTAL (%) | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PÉRDIDA CORREGIDA (%) |
|----------------|----------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3/4"           | 1/2"     | 6                         | 5/16"                                | 939.0                       | 24.5         | 2.5               | 49.0                   | 1.23                  |
| 1/2"           | 3/8"     | 88                        | N° 5                                 | 275.0                       | 27.4         | 9.1               | 51.0                   | 4.64                  |
| 3/8"           | N° 4     | 92                        |                                      |                             |              |                   |                        |                       |

**PÉRDIDA TOTAL (%)** : 5.9

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NTP 400.016 / ASTM C 88: AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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





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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**PRUEBA DE ENSAYO ESTANDAR PARA INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO MTC E 214 - 2016**  
**Procedimiento para agregado grueso**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno  
 Piedra chancada: 100%

**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**PROCEDIMIENTO "A"**

**AGREGADO GRUESO**

| GRADACIÓN ORIGINAL |                |        |
|--------------------|----------------|--------|
| Serie Americana    | % Ret. Parcial | % Pasa |
| 3"                 |                | 100    |
| 2 1/2"             |                | 100    |
| 2"                 |                | 100    |
| 1 1/2"             |                | 100    |
| 1"                 |                | 100    |
| 3/4"               |                | 100    |
| 1/2"               | 25             | 75     |
| 3/8"               | 24             | 51     |
| 1/4"               | 32             | 19     |
| N° 4               | 19             | 0      |

| AGREGADO GRUESO PREPARADO |      |                                   |
|---------------------------|------|-----------------------------------|
| ABERTURA MALLA            |      | PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g) |
| PASA                      | RET. |                                   |
| 3/4"                      | 1/2" | 1078.0                            |
| 1/2"                      | 3/8" | 588.0                             |
| 3/8"                      | N° 4 | 905.0                             |

**PROCESO DEL ENSAYO**

| ALTURA DE SEDIMENTACIÓN  | RESULTADOS   |
|--------------------------|--------------|
| Altura 1 (pulg):         | 2.1          |
| Altura 2 (pulg):         | 2.2          |
| Altura 3 (pulg):         | 2.1          |
| <b>H (promedio, mm):</b> | <b>53.34</b> |

**FÓRMULA DE CÁLCULO:**

$$D_c = 30.3 + 20.8 \cot(0.29 + 0.0059H)$$

**ÍNDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADOS GRUESO (Dc)**

| MUESTRA           | RESULTADO (%) |
|-------------------|---------------|
| Cantera Andabamba | 60.4          |

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado con agua destilada.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- ASTM D 3744: Standard Test Method for Aggregate Durability Index



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

*[Firma]*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Analisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco UBICACIÓN : Huánuco

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**SUELOS. 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 Andabamba PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 Piedra chancada: 100%

DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 100 kg aprox.

CONDICIONES AMBIENTALES

TEMPERATURA : 25.0 °C H. RELATIVA : 64.4 %

TEMPERATURA DE LA MUESTRA : 25.7 °C

**PROCESO DE ENSAYO**

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \times D}{E} \times 10^6$$

| DESCRIPCIÓN                              | UNIDAD       | PIEDRA   |
|------------------------------------------|--------------|----------|
| Peso seco inicial, m1                    | (g)          | 100.0000 |
| Peso seco final, m2                      | (g)          | 100.0253 |
| Relación de la mezcla suelo-agua, D      | (L/g)        | 3        |
| Volumen del extracto acuoso evaporado, E | (mL)         | 50       |
| Sales solubles totales, SS               | (ppm, mg/kg) | 1518     |
| Sales solubles totales, SS               | (%)          | 0.1518   |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



MARCO ANTONIO MORENO FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 1733818



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco      **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DE MEZCLAS AGREGADO – BITUMEN MTC E 517 - 2016**

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS**

**AGREGADO**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba  
 Piedra chancada: 100%

**DESCRIPCIÓN** : Agregado grueso

**PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

**LIGANTE BITUMINOSO**

**TIPO DE ASFALTO** : PEN 60/70

**REFINERÍA** : Petroperú - Conchán

**PRESENTACIÓN** : 01 lata de 1gl.

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

| ESTADO            | RESULTADO   |
|-------------------|-------------|
| Recubrimiento (%) | 100         |
| Adherencia (%)    | Menor de 95 |

**OBSERVACIONES:**

- PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

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

*Marcos Moreno Flores*  
**MARCOS MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 110000

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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







**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° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REVESTIMIENTO Y DESPRENDIMIENTO DE MEZCLAS AGREGADO - BITUMEN MTC E 517 - 2016**

**REFERENCIAS DE LAS MUESTRAS**

|                       |                                              |                           |                                      |
|-----------------------|----------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| <b>AGREGADO</b>       |                                              | <b>LIGANTE BITUMINOSO</b> |                                      |
| <b>IDENTIFICACIÓN</b> | : Cantera Andabamba<br>Piedra chancada: 100% | <b>TIPO DE ASFALTO</b>    | : PEN 60/70                          |
| <b>DESCRIPCIÓN</b>    | : Agregado grueso                            | <b>REFINERÍA</b>          | : Petroperú - Conchán                |
| <b>PRESENTACIÓN</b>   | : 03 Sacos de polipropileno.                 | <b>PRESENTACIÓN</b>       | : 01 lata de 1gl.                    |
|                       |                                              | <b>ADITIVO</b>            | : Tipo Amina (líquido)               |
|                       |                                              | <b>DOSIFICACIÓN</b>       | : 0.5 % respecto al peso del asfalto |

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

|               | ESTADO | RESULTADO   |
|---------------|--------|-------------|
| Recubrimiento | (%)    | 100         |
| Adherencia    | (%)    | Mayor de 95 |

**OBSERVACIONES:**

- PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Aditivo Tipo Amina (líquido) proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La piedra chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

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

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*MARGO ANTONIO MORENO FLORES*  
**MARGO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo  
 PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco.  
 UBICACIÓN : Huánuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO  
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019  
 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
 MTC E 204 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Cantera Andabamba  
 Arena natural zarandeada

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

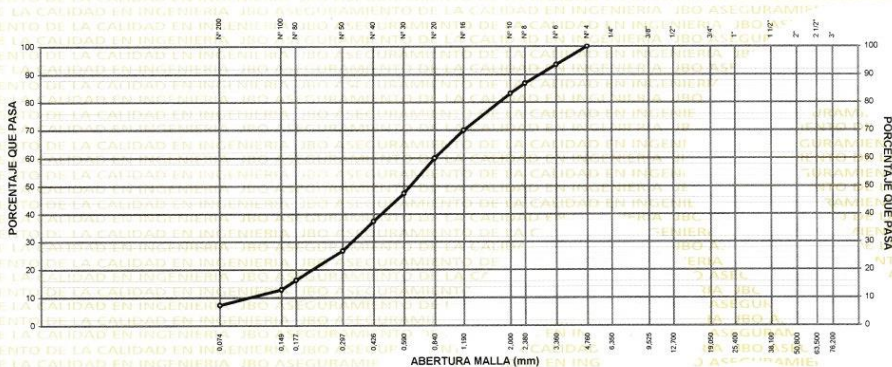
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS |                      |                   |                      |                        |          |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------|
| SERIE AMERICANA                   | MALLAS ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | 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                |                   |                      |                        | 100.0    |
| N° 6                              | 3.350                | 42.3              | 6.5                  | 6.5                    | 93.5     |
| N° 8                              | 2.360                | 43.6              | 6.7                  | 13.2                   | 86.8     |
| N° 10                             | 2.000                | 24.1              | 3.7                  | 16.9                   | 83.1     |
| N° 16                             | 1.180                | 85.8              | 13.2                 | 30.1                   | 69.9     |
| N° 20                             | 0.850                | 64.4              | 9.9                  | 40.0                   | 60.0     |
| N° 30                             | 0.600                | 81.9              | 12.6                 | 52.6                   | 47.4     |
| N° 40                             | 0.425                | 65.0              | 10.0                 | 62.6                   | 37.4     |
| N° 50                             | 0.300                | 69.6              | 10.7                 | 73.3                   | 26.7     |
| N° 80                             | 0.177                | 67.6              | 10.4                 | 83.7                   | 16.3     |
| N° 100                            | 0.150                | 22.1              | 3.4                  | 87.1                   | 12.9     |
| N° 200                            | 0.075                | 36.4              | 5.6                  | 92.7                   | 7.3      |
| -200                              | MTC E 202            | 47.5              | 7.3                  | 100.0                  | --       |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO              |                    |    |
|----------------------------------------|--------------------|----|
| Limite liquido (%)                     | (MTC E 110 - 2016) | NP |
| Limite plastico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP |
| Indice plastico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP |
| Clasificación SUCS                     | (ASTM D 2487-11)   | US |
| Clasif. para el uso en vías transporte | (ASTM D 3282-09)   | US |

Descripción de la muestra : Agregado fino

OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
 - La arena natural fue zarandeada por la malla N°4, en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Referencia:  
 - NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global  
 - NTP 338.128 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos  
 - NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados.



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

*Marcos Flores*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco. **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

Arena natural zarandeada

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS MTC E 205 - 2016**

| DESCRIPCIÓN                                                         | UNIDAD               | AGREGADO FINO |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| Peso material saturado y superficie seca (en aire)                  | (g)                  | 300.0         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O                                       | (g)                  | 656.5         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material                            | (g)                  | 956.5         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material saturado y superficie seca | (g)                  | 847.2         |
| Volumen sólidos + volumen de vacíos                                 | (cm <sup>3</sup> )   | 109.3         |
| Peso material seco a 105 °C                                         | (g)                  | 297.3         |
| Volumen de sólidos                                                  | (cm <sup>3</sup> )   | 106.6         |
| Peso bulk base seca                                                 | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.719         |
| Peso bulk base saturada                                             | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.744         |
| Peso aparente base seca                                             | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.789         |
| Absorción                                                           | (%)                  | 0.92          |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena natural fue zarandeada por la malla N°4, en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NTP 400.022 / ASTM C 128: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Valaroid 149  
 Uro, Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-693-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Analisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huanuco N°100, Huanuco UBICACIÓN : Huanuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
 MTC E 204 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

IDENTIFICACIÓN : Cartera Andabamba PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno  
 Arena chancada CANTIDAD : 100 kg aprox.

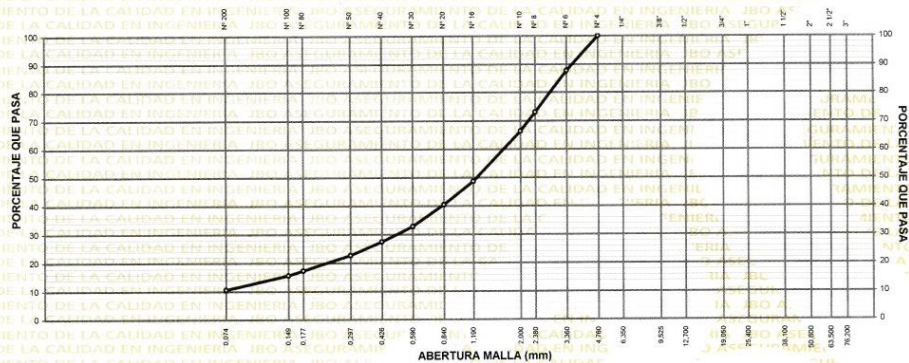
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS |                      |                   |                      |                        |          |
|-----------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------|
| SERIE AMERICANA                   | MALLAS ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | 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                |                   |                      |                        | 100.0    |
| N° 6                              | 3.350                | 92.3              | 12.3                 | 12.3                   | 87.7     |
| N° 8                              | 2.360                | 110.3             | 14.7                 | 27.0                   | 73.0     |
| N° 10                             | 2.000                | 49.5              | 6.6                  | 33.6                   | 66.4     |
| N° 16                             | 1.180                | 132.8             | 17.7                 | 51.3                   | 48.7     |
| N° 20                             | 0.850                | 62.3              | 8.3                  | 59.6                   | 40.4     |
| N° 30                             | 0.600                | 57.0              | 7.6                  | 67.2                   | 32.8     |
| N° 40                             | 0.425                | 40.5              | 5.4                  | 72.6                   | 27.4     |
| N° 50                             | 0.300                | 35.3              | 4.7                  | 77.3                   | 22.7     |
| N° 80                             | 0.177                | 40.5              | 5.4                  | 82.7                   | 17.3     |
| N° 100                            | 0.150                | 12.8              | 1.7                  | 84.4                   | 15.6     |
| N° 200                            | 0.075                | 37.5              | 5.0                  | 89.4                   | 10.6     |
| -200                              | MTC E 202            | 79.5              | 10.6                 | 100.0                  | -        |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO              |                    |     |
|----------------------------------------|--------------------|-----|
| Limite liquido (%)                     | (MTC E 110 - 2016) | NP  |
| Limite plastico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP  |
| Índice plastico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP  |
| Clasificación SUCS                     | (ASTM D 2487-11)   | 4-4 |
| Clasif. para el uso en vias transporte | (ASTM D 3282-09)   | 1,1 |

Descripción de la muestra : Agregado fino

OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante  
 - La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Referencia:  
 - NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Analisis granulométrico del agregado fino, grueso y global  
 - NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el limite liquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos  
 - NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno

Arena chancada

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS MTC E 205 - 2016**

| DESCRIPCIÓN                                                         |                      | AGREGADO FINO |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------|
| Peso material saturado y superficie seca (en aire)                  | (g)                  | 300.0         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O                                       | (g)                  | 656.5         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material                            | (g)                  | 956.5         |
| Peso fiola + H <sub>2</sub> O + material saturado y superficie seca | (g)                  | 845.7         |
| Volumen sólidos + volumen de vacíos                                 | (cm <sup>3</sup> )   | 110.8         |
| Peso material seco a 105 °C                                         | (g)                  | 297.9         |
| Volumen de sólidos                                                  | (cm <sup>3</sup> )   | 108.6         |
| Peso bulk base seca                                                 | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.689         |
| Peso bulk base saturada                                             | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.708         |
| Peso aparente base seca                                             | (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.742         |
| Absorción                                                           | (%)                  | 0.72          |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NTP 400.022 / ASTM C 128: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino



Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Aurilia Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco UBICACIÓN : Huánuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016**

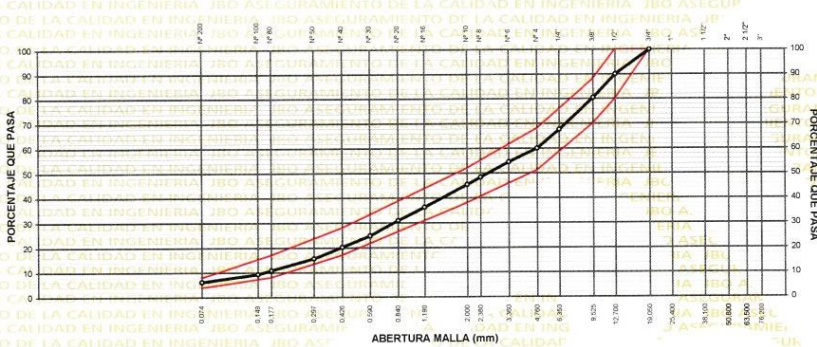
REFERENCIAS DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : Canteras Andabamba, combinación de agregados para MAC PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 CANTIDAD : 100 kg approx.

| MALLAS AMERICANA | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) | HUSO MAC-2 EG-2013-MTC |
|------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------|------------------------|
| 3"               | 75.000        |                   |                      |                        | 100.0    | 100 - 100              |
| 2 1/2"           | 62.500        |                   |                      |                        | 90.0     | 80 - 100               |
| 2"               | 50.000        |                   |                      |                        | 80.4     | 70 - 88                |
| 1 1/2"           | 37.500        |                   |                      |                        | 67.6     |                        |
| 1"               | 25.000        |                   |                      |                        | 60.0     | 51 - 68                |
| 3/4"             | 19.000        |                   |                      |                        | 54.5     |                        |
| 1/2"             | 12.500        | 514.8             | 10.0                 | 10.0                   | 48.3     |                        |
| 3/8"             | 9.500         | 494.2             | 9.6                  | 19.6                   | 45.4     | 38 - 52                |
| 1/4"             | 6.250         | 658.9             | 12.8                 | 32.4                   | 40.9     |                        |
| N° 4             | 4.750         | 391.2             | 7.6                  | 40.0                   | 36.3     |                        |
| N° 6             | 3.350         | 281.0             | 5.5                  | 45.5                   | 30.9     |                        |
| N° 8             | 2.360         | 318.6             | 6.2                  | 51.7                   | 24.9     |                        |
| N° 10            | 2.000         | 154.2             | 3.0                  | 54.6                   | 20.3     | 17 - 28                |
| N° 16            | 1.180         | 465.8             | 9.0                  | 63.7                   | 15.6     |                        |
| N° 20            | 0.850         | 277.6             | 5.4                  | 69.1                   | 10.9     | 8 - 17                 |
| N° 30            | 0.600         | 310.6             | 6.0                  | 75.1                   | 9.4      |                        |
| N° 40            | 0.425         | 237.4             | 4.6                  | 79.7                   | 8.2      | 4 - 8                  |
| N° 50            | 0.300         | 238.5             | 4.6                  | 84.4                   |          |                        |
| N° 80            | 0.177         | 243.8             | 4.7                  | 89.1                   |          |                        |
| N° 100           | 0.150         | 78.8              | 1.5                  | 90.6                   |          |                        |
| N° 200           | 0.075         | 161.4             | 3.1                  | 93.8                   |          |                        |
| -200             | MTC E 202     | 320.8             | 6.2                  | 100.0                  | 0.0      |                        |

| RESUMEN DE ENSAYO                       |      |
|-----------------------------------------|------|
| PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS     |      |
| (1) Piedra Chancada (Cantera Andabamba) | 40 % |
| (2) Arena Natural (Cantera Andabamba)   | 31 % |
| (3) Arena Chancada (Cantera Andabamba)  | 28 % |
| (4) Filler (Cal Hidratada)              | 1 %  |

OBSERVACIONES:  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
 - La cal hidratada fue proporcionada por JBO Ingenieros S.A.C.  
 - La agregados chancados fueron producidos en laboratorio.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Referencia:  
 NTP 400.012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global  
 NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados



MARCO ANTONIK MORENO FLORES  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019

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



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS MTC E 204 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado)  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

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

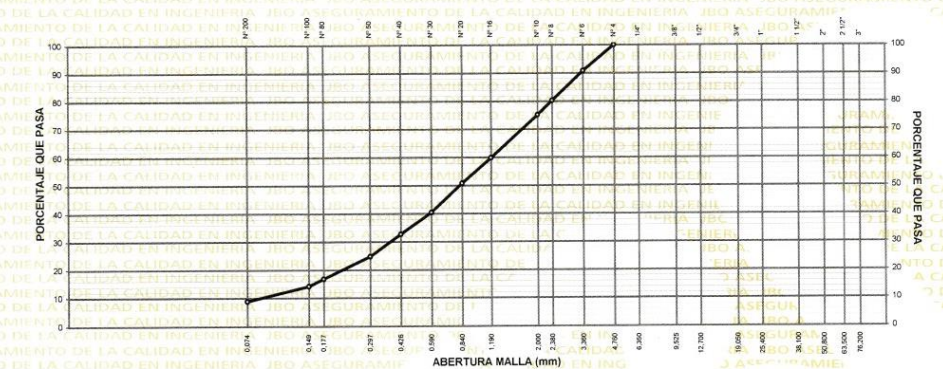
| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS |               |                   |                      |                        |          |
|-----------------------------------|---------------|-------------------|----------------------|------------------------|----------|
| MALLAS                            | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (g) | RETENIDO PARCIAL (%) | RETENIDO ACUMULADO (%) | PASA (%) |
| AMERICANA                         |               |                   |                      |                        |          |
| 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         |                   |                      |                        | 100.0    |
| N° 6                              | 3.350         | 220.2             | 9.3                  | 9.3                    | 90.7     |
| N° 8                              | 2.360         | 249.8             | 10.5                 | 19.8                   | 80.2     |
| N° 10                             | 2.000         | 120.8             | 5.1                  | 24.8                   | 75.2     |
| N° 16                             | 1.180         | 364.9             | 15.3                 | 40.2                   | 59.8     |
| N° 20                             | 0.850         | 217.4             | 9.1                  | 49.3                   | 50.7     |
| N° 30                             | 0.600         | 243.3             | 10.2                 | 59.5                   | 40.5     |
| N° 40                             | 0.425         | 185.9             | 7.8                  | 67.4                   | 32.7     |
| N° 50                             | 0.300         | 186.8             | 7.9                  | 75.2                   | 24.8     |
| N° 80                             | 0.177         | 190.9             | 8.0                  | 83.2                   | 16.8     |
| N° 100                            | 0.150         | 61.7              | 2.6                  | 85.8                   | 14.2     |
| N° 200                            | 0.075         | 126.4             | 5.3                  | 91.1                   | 8.9      |
| -200                              | MTC E 202     | 211.0             | 8.9                  | 100.0                  | -        |

| CARACTERIZACIÓN DEL SUELO              |                    |    |
|----------------------------------------|--------------------|----|
| Limite líquido (%)                     | (MTC E 110 - 2016) | NP |
| Limite plástico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP |
| Índice plástico (%)                    | (MTC E 111 - 2016) | NP |
| Clasificación SUCS                     | (ASTM D 2487-11)   |    |
| Clasif. para el uso en vías transporte | (ASTM D 3282-09)   |    |

**Descripción de la muestra:** Agregado fino

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.  
 - La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Referencia:  
 - NTP 400.012 / ASTM C 136. AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global  
 - NTP 339.129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos  
 - NTP 400.018 / ASTM C 117. AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados



Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS MTC E 110 - 2016**  
**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) MTC E 111 - 2016**

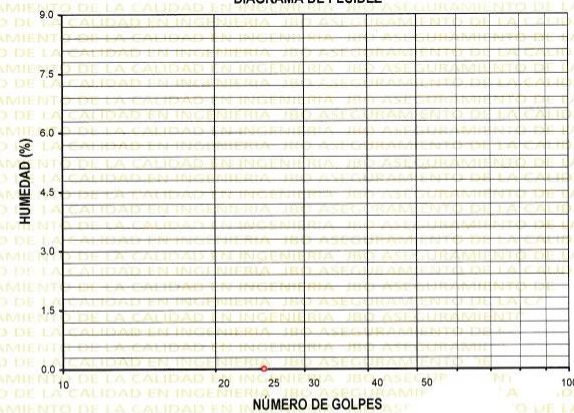
**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado)      **PRESENTACIÓN** : 03 Bolsa de polietileno  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino      **CANTIDAD** : 02 kg aprox.

| DESCRIPCIÓN                     | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO |
|---------------------------------|----------------|-----------------|
| Ensayo N°                       | 1              | 2               |
| Cápsula N°                      | 3              | 4               |
| Peso cápsula + suelo húmedo (g) | 5              | 6               |
| Peso cápsula + suelo seco (g)   | 7              | 8               |
| Peso del Agua (g)               | 9              | 10              |
| Peso de la cápsula (g)          | 11             | 12              |
| Peso del suelo seco (g)         | 13             | 14              |
| Contenido de humedad (%)        | 15             | 16              |
| Número de golpes                | 17             | 18              |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



| RESULTADOS DE ENSAYOS |    |
|-----------------------|----|
| LÍMITE LÍQUIDO (%)    | NP |
| LÍMITE PLÁSTICO (%)   | NP |
| IND. PLASTICIDAD (%)  | NP |

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- 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 el solicitante.

Referencia: NTP 339.129 / ASTM D 4318: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos



Fecha de emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318





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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Calle - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS (MTC E 110 - 2016), LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS (MTC E 111 - 2016)**

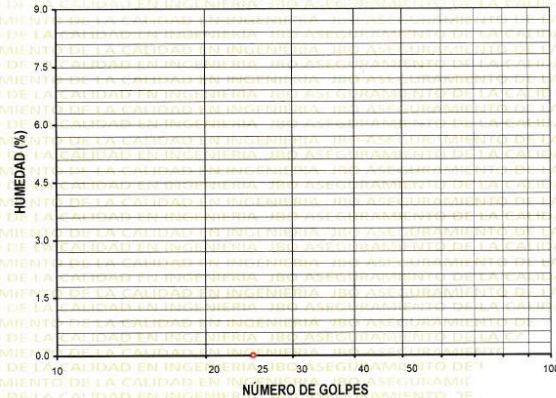
**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado)      **PRESENTACIÓN** : 03 Bolsa de polietileno

**DESCRIPCIÓN** : Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)  
 Arena bien gradada con limo y grava      **CANTIDAD** : 02 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 |
| IND. 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 rolillos de 1/8" de diámetro, se desmorona.
- El límite plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia: NTP 339.129 / ASTM D 4318. SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

VF-002 (01-02-18)



Fecha de emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

**DESCRIPCIÓN** : Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%) **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µm (N° 200) POR LAVADO MTC E 202 - 2016**

| DESCRIPCIÓN                                          | RESULTADOS                                                 |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Identificación                                       | Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) |
| Peso del recipiente + suelo seco ( sin lavar ) (g)   | 2685.2                                                     |
| Peso del recipiente + suelo seco ( lavado ) (g)      | 2491.4                                                     |
| Peso del recipiente (g)                              | 306.2                                                      |
| Porcentaje de suelo más fino que el tamiz N° 200 (%) | 8.9                                                        |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NTP 400.018 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO MTC E 114 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**REFERENCIAS DEL ENSAYO**

| DESCRIPCIÓN                   | RESULTADOS |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Hora de entrada de saturación | 12:10 p.m. | 12:22 p.m. | 12:35 p.m. |
| Salida de saturación          | 12:20 p.m. | 12:32 p.m. | 12:45 p.m. |
| Hora de inicio de decantación | 12:48 p.m. | 01:11 p.m. | 01:34 p.m. |
| Hora de inicio de saturación  | 01:08 p.m. | 01:31 p.m. | 01:54 p.m. |
| Altura de finos (pulg)        | 4.2        | 4.2        | 4.2        |
| Altura de arena (pulg)        | 3.2        | 3.3        | 3.2        |
| Equivalente de Arena          | 77         | 79         | 77         |
| <b>Promedio (%)</b>           | <b>78</b>  |            |            |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**  
 - NTP 339.146 / ASTM D 2419: SUELOS. Método de prueba estándar para el valor Equivalente de Arena de suelos y agregado fino



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARC ANTONI MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS  
 MTC E 205 - 2016**

| DESCRIPCIÓN                                            | UNIDAD  | AGREGADO FINO |
|--------------------------------------------------------|---------|---------------|
| Peso material saturado y superficie seca (en aire)     | (g)     | 300.0         |
| Peso fiola + H2O                                       | (g)     | 656.5         |
| Peso fiola + H2O + material                            | (g)     | 956.5         |
| Peso fiola + H2O + material saturado y superficie seca | (g)     | 846.5         |
| Volumen sólidos + volumen de vacíos                    | (cm3)   | 110.0         |
| Peso material seco a 105 °C                            | (g)     | 297.5         |
| Volumen de sólidos                                     | (cm3)   | 107.5         |
| Peso bulk base seca                                    | (g/cm3) | 2.705         |
| Peso bulk base saturada                                | (g/cm3) | 2.727         |
| Peso aparente base seca                                | (g/cm3) | 2.767         |
| Absorción                                              | (%)     | 0.83          |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.
- Referencia:
- NTP 400.022 / ASTM C 128: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino
- NTP 400.021 / ASTM C 127: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

VF-002 (01-02-18)



Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP. N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO  
 MTC E 209 - 2016.**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado)      **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino      **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**AGREGADO FINO**

| ABERTURA MALLA           |       | N° TARRO | PESO ANTES DEL ENSAYO (g) | TAMICES PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS | PESO DESPUÉS DEL ENSAYO (g) | PÉRDIDAS (g) | PÉRDIDA TOTAL (%) | GRADACIÓN ORIGINAL (%) | PÉRDIDA CORREGIDA (%) |
|--------------------------|-------|----------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| PASA                     | RET.  |          |                           |                                      |                             |              |                   |                        |                       |
| N° 4                     | N° 8  | 39       | 100.0                     | N° 8                                 | 90.2                        | 9.8          | 9.8               | 26.3                   | 2.57                  |
| N° 8                     | N° 16 | 18       | 100.0                     | N° 16                                | 93.3                        | 6.7          | 6.7               | 27.1                   | 1.82                  |
| N° 16                    | N° 30 | 81       | 100.0                     | N° 30                                | 94.1                        | 5.9          | 5.9               | 25.8                   | 1.52                  |
| N° 30                    | N° 50 | 90       | 100.0                     | N° 50                                | 95.2                        | 4.8          | 4.8               | 20.8                   | 1.00                  |
| <b>PÉRDIDA TOTAL (%)</b> |       |          |                           |                                      |                             |              |                   |                        | <b>6.9</b>            |

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**  
 - NTP 400.016 / ASTM C 88: AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*Marc Antonio Moreno Flores*  
**MARC ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**PRUEBA DE ENSAYO ESTANDAR PARA INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO MTC E 214 - 2016**

**Procedimiento para agregado fino**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**PROCEDIMIENTO "B"**

**AGREGADO FINO**

| GRADACIÓN ORIGINAL |        |               | AGREGADO FINO PREPARADO |        |                           |
|--------------------|--------|---------------|-------------------------|--------|---------------------------|
| ABERTURA MALLA     |        | GRADACION (%) | ABERTURA MALLA          |        | GRADACION PARA ENSAYO (%) |
| PASA               | RET.   | (%)           | PASA                    | RET.   |                           |
| N° 4               | N° 8   | 19.755        | N° 4                    | N° 8   | 8.2                       |
| N° 8               | N° 16  | 20.415        | N° 8                    | N° 16  | 31.0                      |
| N° 16              | N° 30  | 19.365        | N° 16                   | N° 30  | 11.8                      |
| N° 30              | N° 50  | 15.665        | N° 30                   | N° 50  | 22.4                      |
| N° 50              | N° 100 | 10.6175       | N° 50                   | N° 100 | 9.6                       |
| N° 100             | N° 200 | 5.315         | N° 100                  | N° 200 | 1.3                       |
| N° 200             | - 200  | 8.8675        | N° 200                  | - 200  | 18.5                      |

**PROCESO DEL ENSAYO**

| DESCRIPCIÓN                   | RESULTADOS |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| Hora de entrada de saturación | 03:05 p.m. | 03:17 p.m. | 03:30 p.m. |
| Salida de saturación          | 03:15 p.m. | 03:27 p.m. | 03:40 p.m. |
| Hora de inicio de decantación | 03:43 p.m. | 04:06 p.m. | 04:29 p.m. |
| Hora de inicio de saturación  | 04:03 p.m. | 04:26 p.m. | 04:49 p.m. |
| Altura de finos (pulg)        | 4.6        | 4.6        | 4.4        |
| Altura de arena (pulg)        | 2.1        | 2.1        | 2.1        |
| Índice de Durabilidad         | 46         | 46         | 48         |
| Promedio (%)                  | 47         |            |            |

**INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO**

| MUESTRA                                                    | RESULTADO (%) |
|------------------------------------------------------------|---------------|
| Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) | 47.0          |

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado con agua destilada y solución stock (cloruro de calcio).
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- ASTM D 3744. Standard Test Method for Aggregate Durability Index

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



**MARCOS ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO  
 MTC E 222 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 Andabamba (Chancado)

Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**REFERENCIAS DEL ENSAYO**

Método de ensayo : "C"  
 Peso específico bulk base seca : 2.705 g/cm<sup>3</sup>

| N° de ensayo             | 1     | 2     | 3     | 4     |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Volumen del Molde (mL)   |       |       | 103.4 |       |
| Peso del Molde (g)       |       |       | 412.3 |       |
| P. Muestra + Molde (g)   | 558.2 | 562.1 | 563.2 | 560.4 |
| Peso de la Muestra (g)   | 145.9 | 149.8 | 150.9 | 148.1 |
| Vacios Sin Compactar (%) | 47.8  | 46.4  | 46.1  | 47.0  |
| Promedio (%)             |       |       | 46.8  |       |

| ANGULARIDAD |      |
|-------------|------|
| (%)         | 46.8 |

**OBSERVACIONES:**

- La muestra utilizada para el ensayo se lavó por la malla N° 200 y es pasante de la malla N° 8 (2.36 mm).
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- National Stone, Sand & Gravel Association (ex-National Aggregates Association)



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

**MARC ANTONIK MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (PÉRDIDA POR IGNICIÓN)  
 MTC E 118 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

**Mezcla**: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**REFERENCIAS DEL ENSAYO**

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

| DESCRIPCIÓN                                                    | RESULTADOS |
|----------------------------------------------------------------|------------|
| Peso del crisol y del suelo seco antes de la ignición, A (g)   | 97.48      |
| Peso del crisol y del suelo seco después de la ignición, B (g) | 97.48      |
| Peso del crisol, C (g)                                         | 53.12      |
| <b>Contenido de materia orgánica (%)</b>                       | <b>NT</b>  |

**OBSERVACIONES:**

Muestra tomada e identificada por el solicitante.

**Referencia:**

AASHTO T 267: Standard Method of Test for Determination of Organic Content in Soils by Loss on ignition



VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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

*(Firma)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318





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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**SUELOS. 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 Andabamba (Natural) + Cantera PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.  
 Andabamba (Chancado)

Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino      **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

**TEMPERATURA** : 25.0 °C      **H. RELATIVA** : 64.4 %

**TEMPERATURA DE LA MUESTRA** : 25.7 °C

**PROCESO DE ENSAYO**

$$SS = \frac{(m_2 - m_1) \times D}{E} \times 10^6$$

| DESCRIPCIÓN                              | UNIDAD       | ARENA    |
|------------------------------------------|--------------|----------|
| Peso seco inicial, m1                    | (g)          | 100.0000 |
| Peso seco final, m2                      | (g)          | 100.0268 |
| Relación de la mezcla suelo-agua, D      | (L/g)        | 3        |
| Volumen del extracto acuoso evaporado, E | (mL)         | 50       |
| Sales solubles totales, SS               | (ppm, mg/kg) | 1605     |
| Sales solubles totales, SS               | (%)          | 0.1605   |

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*Marcos Antonio Moreno Flores*  
**MARCOS ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**MÉTODO ESTÁNDAR DE ENSAYO PARA LA DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS DAÑINAS DEL GRUPO ESMECTITA EN AGREGADOS USANDO AZUL DE METILENO AASHTO TP 57-01**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno.

**Mezcla**: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCIÓN** : Agregado fino **CANTIDAD** : 100 kg aprox.

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

$$VA = \frac{C \times V}{W}$$

| DESCRIPCIÓN                                                | RESULTADOS |
|------------------------------------------------------------|------------|
| Concentración de Azul de Metileno, C (mg Azul/mL solución) | 5          |
| Volumen de solución de Azul de Metileno, V (mL)            | 5          |
| Peso del material seco, W (g)                              | 10         |
| Valor de Azul de Metileno, VA (mg/g)                       | 2.50       |

**OBSERVACIONES:**

- Ensayo efectuado al material pasante la Malla N° 200.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

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

**Personal:**

Oco.: D.C.J.

Rev.: M.M.F.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*[Firma]*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco **UBICACIÓN** : Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS (PROCEDIMIENTO RIEDEL-WEBER) MTC E 220 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**AGREGADO** : **LIGANTE BITUMINOSO**

**IDENTIFICACIÓN** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **TIPO DE ASFALTO** : PEN 60/70

**DESCRIPCIÓN** : Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%) **REFINERÍA** : Petroperú - Conchán

**PRESENTACIÓN** : 03 Sacos de polipropileno. **PRESENTACIÓN** : 01 lata de 1gl.

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

**OBSERVACIONES:**

- PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NLT-355: Adhesividad de los logantes bituminosos a los aridos finos (procedimiento Riedel Weber)

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318

VF-002 (01-02-18)



Fecha de emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019

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



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA DE RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS  
 (PROCEDIMIENTO RIEDEL-WEBER)  
 MTC E 220 - 2016**

**REFERENCIAS DE LA MUESTRA**

**AGREGADO** : **LIGANTE BITUMINOSO**

**IDENTIFICACION** : Cantera Andabamba (Natural) + Cantera Andabamba (Chancado) **TIPO DE ASFALTO** : PEN 60/70  
 Mezcla: Arena natural (52.5%) + Arena chancada (47.5%)

**DESCRIPCION** : Agregado fino **REFINERIA** : Petroperú - Conchán

**PRESENTACION** : 03 Sacos de polipropileno. **PRESENTACION** : 01 lata de 1gl.

**ADITIVO** : Tipo Amina (líquido)

**DOSIFICACION** : 0.5 % respecto al peso del asfalto

| 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                  |
| <b>CONCENTRACION DE CARBONATO SÓDICO</b> |                                 | <b>Grado 4</b>         |
|                                          |                                 | <b>TOTAL : Grado 9</b> |

**OBSERVACIONES:**

- PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Aditivo Tipo Amina (líquido) proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- La arena chancada fue producida en los laboratorios de JBO Ingenieros S.A.C.

**Referencia:**

- NLT-355: Adhesividad de los logantes bituminosos a los áridos finos (procedimiento Riedel Weber)

**MARCO ANTONIO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



VF-002 (01-02-18) Fecha de emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019  
 El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO UBICACIÓN : Huánuco  
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019 FECHA DE INICIO : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504 - 2016)**

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

Cantera : Andabamba (agregados chancados)  
 Andabamba (agregados naturales)  
 Piedra chancada (Andabamba) : 40 %  
 Arena natural (Andabamba) : 31 %  
 Arena chancada (Andabamba) : 28 %  
 Filler (Cal hidratada) : 1 %  
 T. Máximo : 3/4 pulg

**LIGANTE BITUMINOSO**

TIPO DE ASFALTO : Sólido  
 CLASIFICACIÓN : PEN 60/70

ORIGEN : -  
 ÓPTIMO CONT. ASFALTO : 6.0 %  
 TEMP. DE MEZCLA (°C) : 145.0

**ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA**

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

**ADITIVO : Tipo Amina (0.5% en peso del asfalto)**

**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

|                                                    |       |       |
|----------------------------------------------------|-------|-------|
| N° DE GOLPES                                       |       | 75    |
| CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)                   | 5.7   | 6.0   |
| PESO ESPECÍFICO (g/cm <sup>3</sup> ) (ASTM D-1188) | 2.335 | 2.341 |
| ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)                     | 2403  | 2468  |
| FLUJO (0.01") (ASTM D-1559)                        | 12.1  | 12.6  |
| VACÍOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)                   | 4.80  | 4.07  |
| VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559)       | 17.8  | 17.6  |
| VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)         | 72.7  | 76.8  |
| ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4469)            |       | 0.1   |
| ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)          | 3549  | 3506  |
| RELACIÓN POLVO - ASFALTO (*)                       | 1.05  | 0.98  |
| 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 JBO Ingenieros S.A.C.
- El aditivo mejorador de adherencia fue proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- (\*) El porcentaje del material pasante el tamiz N° 200 está conformado por el agregado mineral y el filler (cal hidratada).
- La arena chancada y piedra chancada fueron producidos en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.
- La Cal Hidratada fue proporcionada por JBO Ingenieros S.A.C.

**REFERENCIAS:**

- ASTM D 6926 - 16 Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus
- ASTM D 6927 - 15 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
- ASTM D 2726 - 19 Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
- ASTM D 3203 - 17 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
- ASTM D 4469 - 17 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, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCE ANTONIO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



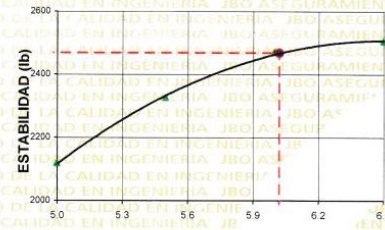
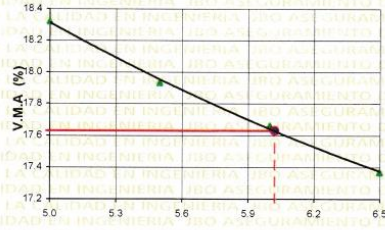
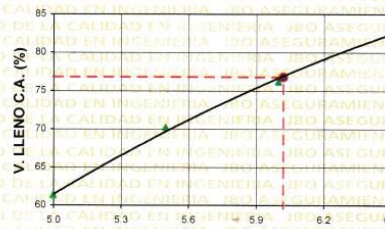
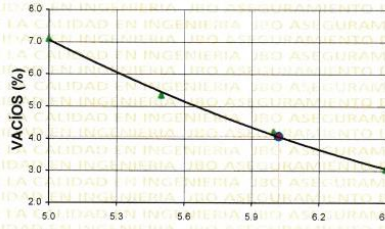
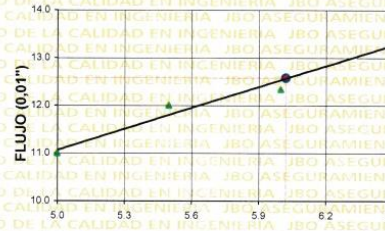
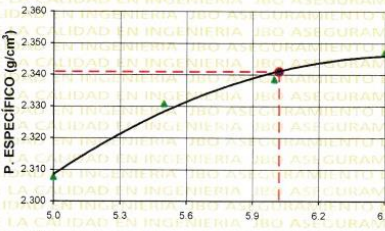
**Ingenieros S.A.C.**  
 Calle Vallecillo 149  
 Uro, Mayorazgo II Etapa, Ate  
 Lima, Perú  
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 E-mail: informes@jboingenieros.com

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco  
**FECHA RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA ENSAYO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL  
 (MTC E 504 - 2016)**



**ASFALTO EN LA MEZCLA (%)**

**MATERIALES :**  
 - Piedra chancada (Andabamba) : 40 %  
 - Arena natural (Andabamba) : 31 %  
 - Arena chancada (Andabamba) : 28 %  
 - 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 JBO Ingenieros S.A.C.  
 - 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 D 6926 - 16 Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus
- ASTM D 6927 - 15 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
- ASTM D 2726 - 19 Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
- ASTM D 3203 - 17 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
- ASTM D 4469 - 17 Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

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

Fecha de Emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE :** Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO :** Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
**DIRECCIÓN :** Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
**REFERENCIA :** Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN :** Huánuco  
**FECHA RECEPCIÓN :** Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA ENSAYO :** Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL  
 (MTC E 504 - 2016)**



**MATERIALES :**  
 - Piedra chancada (Andabamba) : 40 %  
 - Arena natural (Andabamba) : 31 %  
 - Arena chancada (Andabamba) : 28 %  
 - 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 JBO Ingenieros S.A.C.  
 - 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 D 6926 - 16 Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus  
 ASTM D 6927 - 15 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures  
 ASTM D 2726 - 19 Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures  
 ASTM D 3203 - 17 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures  
 ASTM D 4469 - 17 Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Tec.: E.E.A.  
 Rev.: M.M.F. Fecha de Emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



*(Signature)*  
**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**Ingenieros S.A.C.**  
Calle Valledor 149  
Urb. Mayavraigo II Etapa, Ate  
Lima, Perú

Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
Correo electrónico: [info@jbo.com.pe](mailto:info@jbo.com.pe)

DIRECCIÓN: J. Huánuco N°100, Huánuco  
UBICACIÓN: Huánuco  
FECHA ENSAYO: Lima, 02 de septiembre del 2019

**INFORME DE ENSAYO**

**ENSAYO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504 - 2016)**

| N° | denominación                                        | 1A    | 1B    | 1C    | 2A    | 2B    | 2C    | 3A    | 3B    | 3C    | 4A    | 4B    | 4C    |
|----|-----------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | CONCRETO PARA RESISTENCIA TOTAL                     | 5.00  | 5.00  | 5.00  | 5.50  | 5.50  | 5.50  | 6.00  | 6.00  | 6.00  | 6.50  | 6.50  | 6.50  |
| 2  | Asfalto tipo I - 4 en peso de la mezcla             | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 37.50 | 37.50 | 37.50 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 42.50 | 42.50 | 42.50 |
| 3  | Asfalto tipo I - 4 en peso de la mezcla             | 56.00 | 56.00 | 56.00 | 56.76 | 56.76 | 56.76 | 59.40 | 59.40 | 59.40 | 62.10 | 62.10 | 62.10 |
| 4  | Materia fibrosa en peso de la mezcla total          | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 0.95  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |
| 5  | peso específico del agregado grueso - arena         | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 | 2.664 |
| 6  | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 7  | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 8  | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 9  | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 10 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 11 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 12 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 13 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 14 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 15 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 16 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 17 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 18 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 19 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 20 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 21 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 22 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 23 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 24 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 25 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 26 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 27 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 28 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 29 | peso específico del agregado grueso - arena         | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |
| 30 | peso específico del agregado fino - arena fina seca | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 | 2.505 |

**OBSERVACIONES:**

1. Muestra de agregados bituminosa identificada por el espécimen JBO 19070.  
 2. Se empleó un aditivo mejorador de adherencia tipo Amara 0.5% en peso del asfalto, proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.  
 3. Cemento estándar EN 5070 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.  
 4. La cal hidratada fue proporcionada por JBO Ingenieros S.A.C.  
 5. La arena clasificada y pedrea estándar fueron producidas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 6. El agua utilizada en el ensayo fue de agua potable.  
 7. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 8. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 9. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 10. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 11. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 12. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 13. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 14. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 15. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 16. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 17. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 18. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 19. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 20. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 21. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 22. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 23. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 24. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 25. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 26. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 27. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 28. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 29. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.  
 30. El ensayo se realizó en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C.



**INGENIEROS S.A.C.**  
Calle Valledor 149  
Urb. Mayavraigo II Etapa, Ate  
Lima, Perú

Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
Correo electrónico: [info@jbo.com.pe](mailto:info@jbo.com.pe)

DIRECCIÓN: J. Huánuco N°100, Huánuco  
UBICACIÓN: Huánuco  
FECHA ENSAYO: Lima, 02 de septiembre del 2019





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

**EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

**SOLICITANTE** : Bach. Auriola Meza Lorenzo **PROYECTO** : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN** : Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA** : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO **UBICACIÓN** : Huánuco

**FECHA RECEPCIÓN** : Lima, 02 de septiembre del 2019 **FECHA DE INICIO** : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**

**RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504 - 2016)**

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

Combinación de solo agregados:

- Cantera Andabamba: 40% (Piedra Chancada)
- Cantera Andabamba: 31% (Arena Natural)
- Cantera Andabamba: 28% (Arena Chancada)
- Filler: 1% (Cal Hidratada)
- Tamaño máximo: 3/4"

**ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA**

**IDENTIFICACIÓN** : Tipo Amina (líquido) - Mejorador de adherencia  
**DOSIFICACIÓN** : 0.5% en peso del asfalto

**LIGANTE BITUMINOSO**

**TIPO DE ASFALTO** : Sólido  
**CLASIFICACIÓN** : PEN 60/70  
**ÓPTIMO CONT. ASFALTO** : 6.0 %  
**TEMP. DE MEZCLA (°C)** : 145.0 °C  
**ADICIONANTE**  
**IDENTIFICACIÓN** : "FIBRA DE CABUYA"  
**ÓPTIMO CONT. FIBRA ACRILICA** : 0.5 %

**CARACTERÍSTICAS MARSHALL**

| N° DE GOLPES                                 |  |       | 75    |
|----------------------------------------------|--|-------|-------|
| CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)             |  |       | 6.0   |
| CONTENIDO DE "FIBRA DE CABUYA" EN PESO (%)   |  | 0.43  | 0.48  |
| PESO ESPECÍFICO (g/cm³) (ASTM D-1188)        |  | 2.325 | 2.322 |
| ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)               |  | 2418  | 2380  |
| FLUJO (0.01") (ASTM D-1559)                  |  | 13.4  | 13.7  |
| VACÍOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)             |  | 4.63  | 4.78  |
| VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559) |  | 18.5  | 18.7  |
| VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)   |  | 75.0  | 74.4  |
| ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4469)      |  |       | 0.18  |
| ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)    |  | 3218  | 3111  |
| RELACION POLVO - ASFALTO (*)                 |  | 1.01  | 1.01  |
| TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)            |  |       | 145.0 |

**OBSERVACIONES:**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Las briquetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C, con las dosificaciones proporcionadas por el solicitante.
- Según el requerimiento del solicitante, para la evaluación de los resultados, se ha usado las Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Se adicionó porcentajes de "FIBRA CABUYA" (proporcionados por el solicitante), respecto del peso total de los agregados.
- Las dosificaciones de "FIBRA CABUYA", fueron proporcionados por el solicitante.
- A solicitud del cliente se adicionó 0.3%, 0.5% y 0.7% de "FIBRA DE CABUYA" (procesado y proporcionado por el solicitante), considerando como óptimo contenido de cemento asfáltico a 6.0%, todo respecto del peso total de los agregados.

**REFERENCIAS:**

|                  |                                                                                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM D 6926 - 16 | Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus                         |
| ASTM D 6927 - 15 | Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures                                     |
| ASTM D 2726 - 19 | Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures      |
| ASTM D 3203 - 17 | Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures               |
| ASTM D 4469 - 17 | 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, 16 de septiembre del 2019

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

**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 175318



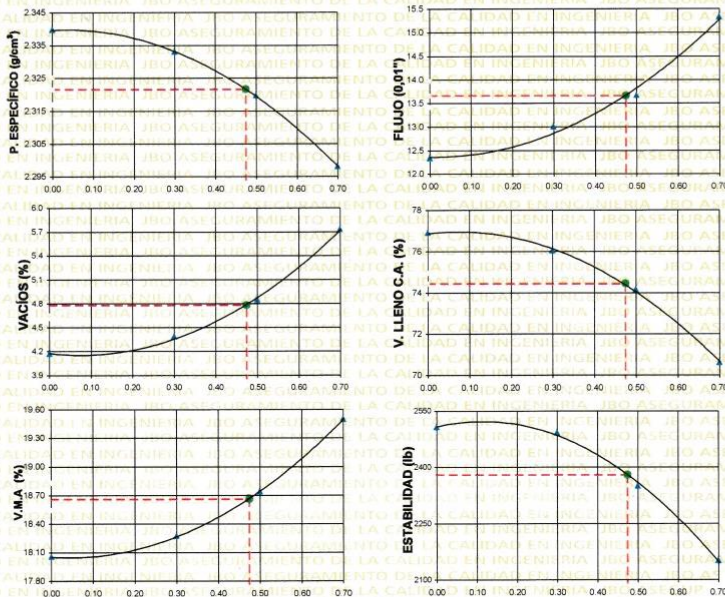
**Ingenieros S.A.C.**  
 - Calle Valladolid 149  
 - Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate  
 - Lima, Perú  
 - Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476  
 - E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : Bach. Auriola Meza Lorenzo PROYECTO : Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
 DIRECCIÓN : Jr. Huanuco N°100, Huanuco UBICACIÓN : Huanuco  
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO FECHA ENSAYO : Lima, 02 de septiembre del 2019  
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL  
 (MTC E 504 - 2016)**



**MATERIALES :**

- Combinación de solo agregados:
- Cantera Andabamba: 40% (Piedra Chancada)
- Cantera Andabamba: 31% (Arena Natural)
- Cantera Andabamba: 28% (Arena Chancada)
- Filler: 1% (Cal Hidratada)
- Tamaño máximo : 3/4"

**OBSERVACIONES :**

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- A solicitud del cliente se adicionó 0.3%, 0.5% y 0.7% de "FIBRA DE CABUYA" (procesado y proporcionado por el solicitante), considerando como óptimo contenido de cemento asfáltico a 6.0%, todo respecto del peso total de los agregados.
- Las briquetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C, con las dosificaciones proporcionadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Según el requerimiento del solicitante, para la evaluación de los resultados, se ha usado las Especificaciones Técnicas EG-2013 del MTC.

**REFERENCIAS:**

- ASTM D 6926 - 16 Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus
- ASTM D 6927 - 15 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
- ASTM D 2726 - 19 Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
- ASTM D 3203 - 17 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
- ASTM D 4469 - 17 Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Fecha de Emisión : Lima, 16 de septiembre del 2019

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



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 176318



**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° 173-2019-JBO**

**INFORME DE ENSAYO**

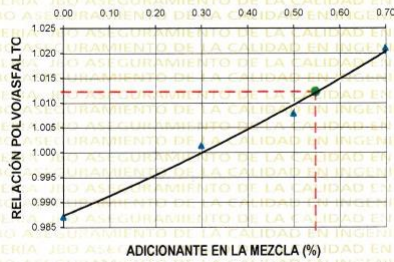
**SOLICITANTE :** Bach. Auriola Meza Lorenzo      **PROYECTO :** Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019

**DIRECCIÓN :** Jr. Huánuco N°100, Huánuco

**REFERENCIA :** Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO      **UBICACIÓN :** Huánuco

**FECHA RECEPCIÓN :** Lima, 02 de septiembre del 2019      **FECHA ENSAYO :** Lima, 02 de septiembre del 2019

**ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL  
 (MTC E 504 - 2016)**



**MATERIALES :**  
 Combinación de solo agregados:  
 - Cantera Andabamba: 40% (Piedra Chancada)  
 - Cantera Andabamba: 31% (Arena Natural)  
 - Cantera Andabamba: 28% (Arena Chancada)  
 - Filler: 1% (Cal Hidratada)  
 - Tamaño máximo : 3/4"

**OBSERVACIONES :**  
 - Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.  
 - A solicitud del cliente se adicionó 0.3%, 0.5% y 0.7% de "FIBRA DE CABUYA" (procesado y proporcionado por el solicitante), considerando como óptimo contenido de cemento asfáltico a 6.0%, todo respecto del peso total de los agregados.  
 - Las briquetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C, con las dosificaciones proporcionadas por el solicitante.  
 - A solicitud del cliente se adicionó 0.3%, 0.5% y 0.7% de "FIBRA DE CABUYA" (procesado y proporcionado por el solicitante), considerando como óptimo  
 - Se adicionó porcentajes de "FIBRA CABUYA" (proporcionados por el solicitante), respecto del peso total de los agregados.

**REFERENCIAS:**

|                  |                                                                                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASTM D 6926 - 16 | Standard Practice for Preparation of Asphalt Mixture Specimens Using Marshall Apparatus                         |
| ASTM D 6927 - 15 | Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures                                     |
| ASTM D 2726 - 19 | Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures      |
| ASTM D 3203 - 17 | Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures               |
| ASTM D 4469 - 17 | 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, 16 de septiembre del 2019

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



**MARCO ANTONIO MORENO FLORES**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 176318



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

EXPEDIENTE N° 173-2019-JBO

### INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: Bach. Auriela Meza Lorenzo  
PROYECTO: Uso de la Fibra de Cabuya para el Análisis del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica en Caliente - 2019  
DIRECCIÓN: Jr. Huánuco N°100, Huánuco  
REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 173-2019-JBO  
UBICACIÓN: Huánuco  
FECHA RECEPCIÓN: Lima, 02 de septiembre del 2019  
FECHA ENSAYO: Lima, 02 de septiembre del 2019

#### REFERENCIA DE LA PRUEBA

**TIPO DE MEZCLA:** Mezcla Asfáltica en Caliente  
**TIPO DE ASFALTO:** PEN 60/70  
**TEMP. COMPACTACION:** 145.0 °C  
**ADITIVO:** Tipo Amina (líquido) - Mejorador de adherencia  
**DOSIFICACIÓN:** 0.5% en peso del asfalto

**ADICIONANTE:** A solicitud del cliente se adicionó 0.3%, 0.5% y 0.7% de "FIBRA DE CABUYA" (procesado y proporcionado por el solicitante), considerando como óptimo contenido de cemento asfáltico a 6.0%, todo respecto del peso total de los agregados.

#### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504 - 2016)

| N° | DENOMINACIÓN                                                             | 1A  | 1B     | 1C     | 2A     | 2C     | 3A     | 3B     | 3C     | 4A     | 4B     | 4C     |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1  | FIBRA DE CABUYA EN PESO RESPECTO DEL TOTAL DE LOS AGREGADOS              | (%) | 0.00   |        | 0.30   |        | 0.50   |        | 0.70   |        |        |        |
| 2  | CEMENTO ASFÁLTICO EMPESO DE LA MEZCLA TOTAL                              | (%) | 6.00   |        | 6.00   |        | 6.00   |        | 6.00   |        |        |        |
| 3  | AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL                        | (%) | 37.60  |        | 37.49  |        | 37.49  |        | 37.34  |        |        |        |
| 4  | AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL                          | (%) | 55.46  |        | 55.29  |        | 55.18  |        | 55.07  |        |        |        |
| 5  | FILLER (CAL HIBRIDADA) EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL                        | (%) | 0.940  |        | 0.937  |        | 0.935  |        | 0.933  |        |        |        |
| 6  | ADICIONANTE DE "FIBRA DE CABUYA" EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL              | (%) | 0.000  |        | 0.281  |        | 0.468  |        | 0.653  |        |        |        |
| 7  | PERO SPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )     |     | 1.000  |        | 1.000  |        | 1.000  |        | 1.000  |        |        |        |
| 8  | PERO SPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK BASE SECA (g/cm <sup>3</sup> ) |     | 2.664  |        | 2.664  |        | 2.664  |        | 2.664  |        |        |        |
| 9  | PERO SPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK BASE SECA (g/cm <sup>3</sup> )   |     | 2.705  |        | 2.705  |        | 2.705  |        | 2.705  |        |        |        |
| 10 | PERO SPECIFICO DEL ADICIONANTE "FIBRA DE CABUYA" (g/cm <sup>3</sup> )    |     | 1.300  |        | 1.300  |        | 1.300  |        | 1.300  |        |        |        |
| 11 | PERO SPECIFICO DEL FILLER - APARENTE (g/cm <sup>3</sup> )                |     | 2.300  |        | 2.300  |        | 2.300  |        | 2.300  |        |        |        |
| 12 | ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)                                      |     | 6.60   | 6.50   | 6.50   | 6.60   | 6.50   | 6.60   | 6.60   | 6.70   | 6.60   | 6.60   |
| 13 | PERO DE LA BRIQUETA AL ALARVE (mm)                                       |     | 1289.3 | 1271.2 | 1291.3 | 1220.2 | 1220.9 | 1218.1 | 1223.3 | 1225.1 | 1220.5 | 1218.7 |
| 14 | PERO DE LA BRIQUETA AL ALARVE (mm)                                       |     | 1284.3 | 1275.5 | 1295.5 | 1224.6 | 1223.6 | 1228.3 | 1222.8 | 1225.9 | 1229.4 | 1223.8 |
| 15 | PERO DE LA BRIQUETA EN EL AGUJERO (mm)                                   |     | 733.1  | 732.5  | 743.4  | 701.4  | 701.1  | 701.0  | 696.8  | 698.2  | 688.5  | 693.2  |
| 16 | VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )                                |     | 551.2  | 543.0  | 552.1  | 523.3  | 523.5  | 527.3  | 525.0  | 527.7  | 532.8  | 531.1  |
| 17 | PERO SPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )                  |     | 2.339  | 2.341  | 2.339  | 2.332  | 2.335  | 2.321  | 2.320  | 2.318  | 2.299  | 2.297  |
| 18 | PERO SPECIFICO MARMIN (ASTM D 2040) (g/cm <sup>3</sup> )                 |     | 2.441  |        | 2.440  |        | 2.438  |        | 2.438  |        |        |        |
| 19 | VACIOS (g/cm <sup>3</sup> )                                              |     | 4.2    | 4.4    | 4.4    | 4.4    | 4.3    | 4.8    | 4.8    | 4.9    | 5.7    | 5.8    |
| 20 | PERO SPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm <sup>3</sup> )              |     | 2.684  |        | 2.675  |        | 2.670  |        | 2.670  |        | 2.664  |        |
| 21 | VACIOS DE AGREGADO MINERAL (VMA) (%)                                     |     | 18.1   | 18.1   | 18.3   | 18.2   | 18.2   | 18.7   | 18.7   | 18.8   | 19.5   | 19.5   |
| 22 | VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)                                |     | 76.8   | 77.2   | 76.8   | 75.9   | 76.4   | 74.4   | 74.2   | 73.9   | 70.8   | 70.5   |
| 23 | PERO SPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (g/cm <sup>3</sup> )          |     | 2.689  |        | 2.687  |        | 2.687  |        | 2.687  |        | 2.684  |        |
| 24 | ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)                              |     | 0.07   |        | 0.16   |        | 0.16   |        | 0.20   |        | 0.26   |        |
| 25 | ASFALTO EFECTIVO (%)                                                     |     | 5.9    |        | 5.8    |        | 5.8    |        | 5.8    |        | 5.7    |        |
| 26 | FILLER (g/cm <sup>3</sup> )                                              |     | 12     | 13     | 13     | 13     | 13     | 13     | 14     | 14     | 15     | 16     |
| 27 | ESTABILIDAD SIN CORREGIR (g/cm <sup>3</sup> )                            |     | 1281.5 | 1222.8 | 1280.8 | 1178.7 | 1160.6 | 1116.7 | 1109.6 | 1112.8 | 1020.8 | 1015.8 |
| 28 | FACTOR DE ESTABILIDAD (g/cm <sup>3</sup> )                               |     | 0.93   | 0.89   | 0.96   | 0.96   | 1.00   | 0.96   | 0.96   | 0.96   | 0.96   | 0.96   |
| 29 | ESTABILIDAD CORREGIDA (g/cm <sup>3</sup> )                               |     | 1140.5 | 1137.2 | 1139.9 | 1132.8 | 1134.2 | 1072.0 | 1067.8 | 1067.8 | 980.0  | 975.3  |
| 30 | RELACION ESTABILIDAD (g/cm <sup>3</sup> )                                |     | 3742   | 3731   | 3452   | 3431   | 3435   | 3247   | 2996   | 3003   | 2572   | 2560   |
| 31 | RELACION PULVOSAS (g/cm <sup>3</sup> )                                   |     | 0.99   |        | 1.00   |        | 1.00   |        | 1.01   |        | 1.02   |        |

#### OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Las briquetas fueron elaboradas en el laboratorio de JBO Ingenieros S.A.C. con las dosificaciones proporcionadas por el solicitante.
- Según el requerimiento del solicitante para la evaluación de los resultados, se ha usado las Especificaciones Técnicas ECT-2013 del MTC.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por JBO Ingenieros S.A.C.
- Se adicionó porcentajes de "FIBRA CABUYA" (proporcionados por el solicitante), respecto del peso total de los agregados.
- Las dosificaciones de "FIBRA CABUYA", fueron proporcionadas por el solicitante.

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



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

**MARCO ANTONIO  
MORENO FLORES  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 176318**

Fecha de Emisión: Lima, 16 de septiembre del 2019

## 5.2 ANEXO 06 – PANEL FOTOGRÁFICO

### 1. MATERIALES

*Penca de cabuya*



*Fibra de cabuya azul*



*Agregados - Cantera de Andabamba*



*Asfalto 60-70*



## 2. ENSAYOS DE LABORATORIO

*Durabilidad (sulfato de magnesio) - MTC E 209*



*Sumergir el agregado en sulfato de magnesio luego se decanta el material*



***Abrasión los ángeles - MTC E 207***



***El agregado debe estar lavado previamente luego será introducido a la máquina de los ángeles junto con las bolas de acero.***





***Adherencia - MTC E 517***



***Determinar la resistencia al desprendimiento del asfalto debido a la acción del agua. Se adiciono 0.5% de aditivo tipo Amina para mejorar la adherencia asfalto agregado.***



*Partículas chatas y alargadas - ASTM 4791, MTC E 223*



*Caras fracturadas - MTC E 210*



***Equivalente de arena - MTC E 114***



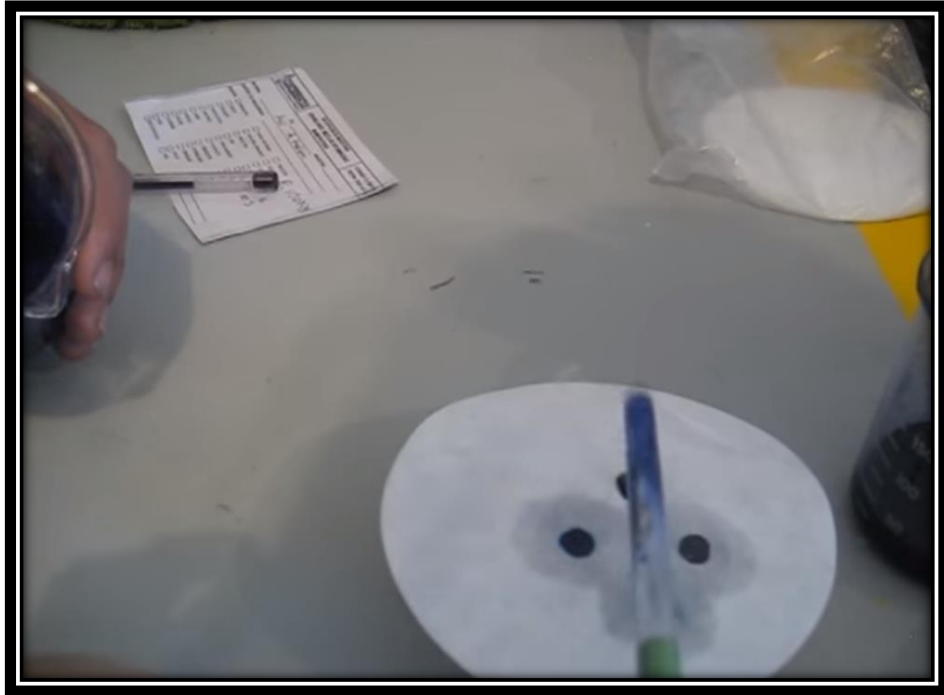
***Indica las proporciones de arcilla o granos finos***



***Azul de metileno - AASTHO TP 57***



***Azul de metileno para material que pasa la malla número 200 – cuyo objetivo es determinar el grado de reactividad del agregado fino.***



***Gravedad específica y absorción - MTC E 205***



***Estos valores son usados para calcular el porcentaje de vacíos con aire en una mezcla de pavimento asfáltico en caliente compactada.***



*Ellos son esenciales para calcular la cantidad de asfalto absorbido por los poros internos del agregado en una mezcla asfáltica en caliente.*



*Ellos dan valores importantes para el proceso de compactación de mezclas asfálticas para pavimentos.*



**Marshall E - 504**



**Agregados y fibra de cabuya**



*Agregados y fibra de cabuya*



*Asfalto 60-70*





*Se calienta a 140°C tanto el agregado, asfalto y la fibra de cabuya – el asfalto contiene 0.5% de aditivo mejorador de adherencia.*



*Una vez uniformizado la temperatura se procede a mezclar agregado, fibra y asfalto – la fibra fue adicionado por a vía seca.*



*Cuando la mezcla se haya hecho de forma uniforme se procede a echar a al molde para luego compactar con 75 golpes por ambas cargas – para tráfico alto.*



*Compactador Automático - AASHTO T245*



*Cuando ya está compactado la briqueta se calcular su peso unitario, volumen y densidad. Luego se pone a baño maría a 60°C por 45 minutos*



*Equipo Marshall, las mordazas deben estar a 60°C luego se pone la briqueta en la mordaza para aplicarle una carga para así poder determinar la estabilidad y flujo – el ensayo dura segundos.*



*Finalmente se calcula la estabilidad y flujo de cada briqueta, por cada porcentaje de fibra se tiene 3 briquetas para poder dibujar las curvas Marshall*

