

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del  
polímero resina EVA**

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

**AUTOR**

**Jhoselin Lucia Zuta Tenorio**

**ASESOR**

**Anibal Teodoro Diaz Orrego**

<https://orcid.org/0000-0003-2861-4015>

**Chiclayo, 2025**

**Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la  
incorporación del polímero resina EVA**

PRESENTADA POR  
**Jhoselin Lucia Zuta Tenorio**

A la Facultad de Ingeniería  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Manuel Alejandro Borja Suarez  
PRESIDENTE

Cesar Augusto Ramirez Guanilo  
SECRETARIO

Anibal Teodoro Diaz Orrego  
VOCAL

## **Dedicatoria**

A Dios, por darme la oportunidad de haber logrado cumplir un sueño anhelado desde niña; a mis hermanos, mis padres por su afecto inquebrantable, apoyo incesante y sus sacrificios inquebrantables durante mi trayectoria académica y personal; padre Jorge Zuta Tauma por ser mi ejemplo de constancia y dedicación; madre Diomira Tenorio Maicelo por ser mi fortaleza e inspiración diaria.

A mis seres queridos y amigos Dra. Rubio Alva Milcka Eskarleth, Abog. Glenda Acosta Villegas y compañero de aula y futuro colega Ing. Silva Diaz Fernando por sus palabras de aliento, su comprensión y su alegría compartida en los momentos de triunfo y desafío.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero agradecer a mis padres por creer en mí incluso cuando yo dudaba de mí misma, pues su confianza en mí ha sido mi mayor motivación; así mismo por brindarme una educación de calidad.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutor Ing. Diaz Orrego Aníbal Teodoro, por su orientación experta, su apoyo constante y sus valiosos consejos a lo largo de todo este proceso.

## TESIS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>23%</b>	<b>21%</b>	<b>3%</b>	<b>10%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>doku.pub</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>12</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>13</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>14</b>
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>63</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>85</b>

## Lista de tablas

Tabla 1:Requerimientos material grueso.....	22
Tabla 2:Requerimientos del material fino .....	22
Tabla 3:Gradación para agregados MAC .....	23
Tabla 4:Selección según la T° .....	24
Tabla 5:Criterios de diseño .....	24
Tabla 6:Tamices normalizados para el agregado grueso.....	29
Tabla 7:Tamices normalizados del agregado fino.....	29
Tabla 8:Serie de las muestras .....	30
Tabla 9:Carga dependiendo de la gradación .....	30
Tabla 10:Tamices normalizados y pesos mínimos requeridos.....	31
Tabla 11:Variables y Operacionalización .....	36
Tabla 12: Ficha técnica EVA .....	38
Tabla 13: Muestra de control.....	42
Tabla 14:Muestra de control y experimental.....	44
Tabla 15:Granulometría de agregados .....	63
Tabla 16:Resultados .....	64
Tabla 17: Resultados .....	64
Tabla 18: Resultados .....	65
Tabla 19: Resultados .....	65
Tabla 20: Resultados .....	66
Tabla 21: Resultados .....	66
Tabla 22: Resultados .....	66
Tabla 23: Resultados .....	67
Tabla 24: Resultados .....	67
Tabla 25: Resultados .....	68
Tabla 26: Resultados .....	68

Tabla 27:Resultados .....	69
Tabla 28: Resultados .....	69
Tabla 29:Resumen.....	70
Tabla 30:Resultados de Método de diseño Marshall.....	70
Tabla 31:Resultados estabilidad y flujo para la muestra convencional y modificada.....	71
Tabla 32:Características Marshall .....	73
Tabla 33:Resultados del Ensayo Lottman de muestra convencional y modificada .....	74
Tabla 34:Resultados del Ensayo cántabro de muestra de convencional y modificada .....	75
Tabla 35:Contenido óptimo de polímero .....	76
Tabla 36:Análisis de costos unitarios mezcla convencional y modificada .....	77

### **Lista de ilustraciones**

Ilustración 1:Composición de un pavimento asfaltico .....	19
Ilustración 2:Adquisición de piedra chancada.....	37
Ilustración 3: Adquisición de arena.....	37
Ilustración 4:Polímero Resina EVA .....	39
Ilustración 5:Tamizado de polímero.....	39
Ilustración 6:Diagrama de flujo.....	40
Ilustración 7:Cuarteo de muestra fina .....	45
Ilustración 8:Cuarteo de muestra gruesa .....	45
Ilustración 9:Tamices normalizados utilizados .....	45
Ilustración 10:Inmersión de muestras.....	46
Ilustración 11:Colocación al horno .....	46
Ilustración 12: Secado en horno después de 18 horas .....	46
Ilustración 13:Colocado de muestra .....	47
Ilustración 14:Proceso del ensayo .....	47
Ilustración 15:Agregado después del ensayo .....	47

Ilustración 16:Tamizado.....	47
Ilustración 17:Tamices normalizados utilizados .....	47
Ilustración 18:Medida con calibre .....	47
Ilustración 19:Secado en horno del agregado grueso .....	48
Ilustración 20:Tamizado de agregados.....	48
Ilustración 21:Clasificación de agregados.....	48
Ilustración 22:Agitación manual .....	49
Ilustración 23:Decantacion de la muestra .....	49
Ilustración 24:Secado en horno .....	49
Ilustración 25:Muestra de agregado grueso.....	49
Ilustración 26:Decantacion de la muestra .....	49
Ilustración 27:Secado en horno .....	49
Ilustración 28:Colocación de muestra .....	50
Ilustración 29:Eliminacion de vacíos .....	50
Ilustración 30:Secado en horno .....	50
Ilustración 31:Muestra sumergida.....	51
Ilustración 32:Obtención del peso sumergido .....	51
Ilustración 33:Secado por 24 horas .....	51
Ilustración 34:Solución stock .....	52
Ilustración 35:Adición de muestra fina humedecida.....	52
Ilustración 36:Probetas graduadas.....	52
Ilustración 37:Solución azul de metileno .....	53
Ilustración 38:Adición por goteo de la solución .....	53
Ilustración 39:Muestra obtenida.....	53
Ilustración 40:Limite plástico.....	54
Ilustración 41:Limite liquido.....	54
Ilustración 42:Muestras en el horno después de 24 horas .....	54

Ilustración 43:Pesaje de agregados.....	55
Ilustración 44:Pesaje de filler .....	55
Ilustración 45:Pesaje de polímero EVA .....	55
Ilustración 46:Extracción del cemento asfáltico .....	55
Ilustración 47:Calentado del bitumen.....	55
Ilustración 48:Taras de agregados .....	55
Ilustración 49:Adición de cemento asfáltico .....	56
Ilustración 50:Muestra convencional .....	56
Ilustración 51:Muestra modificada.....	56
Ilustración 52:Cocinado de mezcla asfáltica .....	56
Ilustración 53:Remoción de la muestra .....	56
Ilustración 54:Mezcla asfáltica.....	56
Ilustración 55:Retazo de moldes .....	57
Ilustración 56:Preparación de moldes .....	57
Ilustración 57:Vaciado de mezcla .....	57
Ilustración 58:Martillo Marshall .....	58
Ilustración 59:Desmolde de briquetas .....	58
Ilustración 60:Briquetas .....	58
Ilustración 61:Registro de pesos secos.....	58
Ilustración 62:Especímen sumergido .....	58
Ilustración 63:Secado de especímen.....	58
Ilustración 64:Registro de pesos .....	59
Ilustración 65:Máquina de vibración-olla RICE .....	59
Ilustración 66:Sacado de vacíos .....	59
Ilustración 67:Toma de medidas y pesos .....	60
Ilustración 68:Baño de agua de briquetas.....	60
Ilustración 69:Especímen sometida al ensayo.....	60

Ilustración 70:Registro de pesos iniciales .....	61
Ilustración 71:Emsayo a 300 Rev.....	61
Ilustración 72:Especímenes después del ensayo .....	61
Ilustración 73:Subgrupo en seco .....	62
Ilustración 74:Subgrupo acondicionado.....	62
Ilustración 75:Especímenes sumergidos .....	62
Ilustración 76:Especímenes colocados en la congeladora.....	62
Ilustración 77:Baño de agua.....	62
Ilustración 78:Especímenes sometidos a la máquina de ensayos.....	62
Ilustración 79:Curva granulométrica.....	63
Ilustración 80:Curva de fluidez .....	68

### **Lista de diagramas**

Diagrama 1:Estabilidad Marshall de muestra convencional y modificada .....	71
Diagrama 2:Flujo Marshall muestra convencional y modificada .....	72
Diagrama 3: Relación estabilidad/flujo Marshall para la muestra de control y experimental .	72
Diagrama 4:Resistencia retenida de muestra convencional y modificada .....	74
Diagrama 5:% de perdida por desgaste de muestra convencional y modificada .....	76

### **Lista de anexos**

Anexo 1:Validación de ensayos USAT.....	85
Anexo 2:Ficha Técnica.....	86
Anexo 3:Estudio granulometrico .....	87
Anexo 4:Ensayo Durabilidad al sulfato de magnesio .....	88
Anexo 5:Ensayo abrasión los Ángeles .....	89
Anexo 6:Ensayo caras fracturadas .....	90
Anexo 7:Ensayo partículas chatas y alargadas.....	91

Anexo 8:Ensayo sales solubles .....	92
Anexo 9:Ensayo absorción.....	93
Anexo 10:Ensayo equivalente de arena.....	94
Anexo 11: Ensayo al sulfato de magnesio agregado fino .....	95
Anexo 12:Ensayo azul de metileno .....	96
Anexo 13:Ensayo índice de plasticidad.....	97
Anexo 14:Marshall muestra de control .....	98
Anexo 15:Ensayo Marshall muestra experimental con el contenido óptimo de asfalto .....	105
Anexo 16:Ensayo Lottman modificado.....	111
Anexo 17: Ensayo Cántabro.....	115

## Resumen

El uso de polímeros en la ingeniería vial ha demostrado ser una estrategia eficaz para optimizar las propiedades de las mezclas asfálticas. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA, se prepararon mezclas con diferentes porcentajes de polímero EVA al 3%,5% y 7%, utilizando un contenido óptimo de asfalto determinado a partir de un grupo de control. Luego, se compararon las muestras convencionales y modificadas mediante pruebas de ensayo de estabilidad y flujo Marshall, resistencia al daño por humedad inducida (ensayo Lottman) y resistencia a la pérdida por desgaste (prueba de Cántabro). Además, se identificó el porcentaje óptimo de adición tras un análisis detallado de los resultados, y se realizó un estudio de costos. Los resultados revelan mejoras significativas en la estabilidad y resistencia de las mezclas modificadas, así mismo con la resistencia frente al daño por humedad y resistencia al desgaste, lo que incrementa su durabilidad reduciendo los costos de mantenimiento en proyectos viales y alargando la vida útil de los pavimentos.

**Palabras clave:** Marshall, Lottman, Cántabro, Eva, asfalto.

### **Abstract**

The use of polymers in road engineering has proven to be an effective strategy for optimizing the properties of asphalt mixtures. The objective of this research is to evaluate the improvement of hot asphalt mixtures with the incorporation of the EVA resin polymer, mixtures were prepared with different percentages of EVA polymer at 3%, 5% and 7%, using an optimal asphalt content determined from a control group. Then, the conventional and modified samples were compared by test tests of stability and Marshall flow, resistance to damage by induced humidity (Lottman test) and resistance to loss due to wear (Cantabrian test). In addition, the optimal percentage of addition was identified after a detailed analysis of the results, and a cost study was conducted. The results reveal significant improvements in the stability and resistance of the modified mixtures, as well as resistance to moisture damage and wear resistance, which increases their durability by reducing maintenance costs in road projects and extending the useful life of pavements.

**Keywords:** Marshall, Lottman, Cántabro, Eva, asphalt.

## **MEJORAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DEL POLÍMERO RESINA EVA**

### **Introducción**

Durante los últimos años, debido al apogeo del crecimiento económico, la magnitud del tráfico ha aumentado rápidamente, siendo frecuentes los vehículos más pesados; viéndose afectada la infraestructura vial y junto con las variaciones climáticas han originado deterioros en las superficies pavimentadas como la formación de surcos y grietas, haciendo que disminuyan su vida útil; las mismas que han instado a desarrollar alternativas innovadoras o la mejora en las existentes para aumentar la durabilidad de los pavimentos de las carreteras ante los impactos negativos de las cargas mecánicas y condiciones ambientales [1].

La búsqueda constante de materiales innovadores que potencien las funcionalidades de los pavimentos ha llevado al desarrollo y uso de asfaltos modificados. La adición de polímeros, ya sean vírgenes o reciclados, al cemento asfáltico, ya sea utilizado individualmente o en forma de mezcla, ha demostrado tener el potencial de mejorar las propiedades bituminosas, principalmente aquellas relacionadas con altas características de rendimiento de temperatura, posponiendo los efectos de la deformación permanente y el daño por fatiga. [1] La incorporación de este material en mezclas asfálticas es habitual en varios países y ha aumentado de manera constante en las últimas décadas. Es una posible solución para mejorar el rendimiento de asfaltos convencionales a altas temperaturas [2].

En Perú, según el Sistema de Información Geográfica, la Red Vial Nacional (RVN) alcanzaba un total de 28,997 km a diciembre de 2022. De esta extensión, 27,114 km corresponden a la RVN clasificada como definitiva, de los cuales 22,675 km (84 %) están pavimentados, mientras que 4.439 km (16 %) está como RVN no pavimentada. [3]

Varios estudios han demostrado que el asfalto modificado con EVA tiene una mayor resistencia a la formación de surcos a altas temperaturas y resistencia al agrietamiento a temperaturas intermedias y bajas [4]. Al mezclar polímeros de resina EVA con asfalto, empieza a emulsionarse procediendo a hincharse de manera parcial hasta disolverse completamente; formando una red resistente a la deformación dentro del betún; mejorando así la elasticidad,

propiedades de cohesión y adherencia ,este proceso varía según el contenido y la composición química del polímero [5].

Los estudios recientes han demostrado que agregar un porcentaje ideal de EVA a una mezcla asfáltica mantiene el rendimiento estable tanto en altas como en bajas temperaturas y tiene un impacto positivo en sus propiedades, aumentando su estabilidad y mejorando su resistencia a la aparición de surcos y la deformación. [6]

En base a todo lo revisado anteriormente este proyecto de estudio plantea la siguiente interrogante ¿Como influye la incorporación del polímero resina EVA en la mejora de las propiedades mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente? Por último, para el problema y pregunta de investigación planteados, la hipótesis planteada que tratara de resolverlo indica que la incorporación del polímero resina EVA mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente; haciendo que la construcción de carreteras con polímeros alargue el tiempo de servicio de los pavimentos siendo más rentables, disminuyendo los costos de mantenimientos prematuros en proyectos viales a largo plazo. La investigación se enmarco en la realidad de Chiclayo debido a la evolución de la población y aumento de la demanda del transporte la misma que debido al uso de la infraestructura vial, los pavimentos asfálticos sufren desgastes y deterioro gradual e inevitable.

Este proyecto de estudio tiene como objetivo general evaluar el mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA ,como objetivos específicos se pretende evaluar la variabilidad de la estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, evaluar la resistencia por humedad inducida en mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, evaluar la pérdida por desgaste de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva; así mismo determinar la cantidad optima del polímero resina EVA para el comportamiento de las propiedades mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente y último determinar el costo unitario en una mezcla asfáltica en caliente con la incorporación del polímero resina Eva.

## REVISIÓN DE LA LITERATURA

### Antecedentes

Essam y Hazem en su investigación cuyo objetivo de estudio fue utilizar el EVA residual como uno de los principales plastómeros utilizados en la infraestructura vial para mejorar tanto la trabajabilidad del asfalto durante la construcción como su resistencia a la deformación en servicio al 2%, 4% y 6% (en peso) del aglutinante añadiendo un 2% de polvo de cemento residual en HMA, en el cual se llevó a cabo la prueba Marshall y los datos experimentales revelaron que el asfalto modificado con polímeros que se obtuvo mezclando 2%, 4% y 6% de EVA residual con asfalto virgen 60/70 mejoró características que aumentan la estabilidad y el flujo dando como resultado que en caso de utilizar residuos de EVA en porcentajes 2, 4, 6 %, la estabilidad aumentó de 1190 a 1700, 2500 y 2450 N al 40 %, 101 % y 105 % y también aumentó la rigidez. Así mismo para el flujo, al utilizar el EVA residual en porcentajes de 2, 4 y 6%, el AV % disminuyó de 3,2 a 3, 3,3 y 3,2 g/cm<sup>3</sup> con un 6,2 %, un 12,5 % y un 6,2 %, respectivamente. [7]

Lifonzo [8] , el objetivo de esta investigación fue examinar cómo el polímero SBS influye en las propiedades de las mezclas asfálticas. La metodología consistió en la realizar pruebas con una composición asfáltica clásica y con adiciones al 1 %, 2 %, 3 % y 4 % de SBS. Se evaluaron diversos parámetros de diseño Marshall, y, tras la dosificación, se calculó una cantidad óptima de 5.5 % de cemento asfáltico. Además, se observó que al aumentar los vacíos en el agregado compactado y en el cemento asfáltico, se produjeron cambios en la estabilidad y en la relación estabilidad y flujo. Los hallazgos obtenidos para una mezcla tradicional obtuvieron una estabilidad /flujo de 3039.00kg/mm; en cuanto a las mezclas modificadas, con un 1% se consiguió una estabilidad de 1191.33kg, un flujo de 13.67mm y una relación estabilidad/flujo de 3493.00kg/mm. Al aumentar al 2%, la estabilidad fue de 1357.67kg, el flujo de 14.33mm, y la relación estabilidad/flujo alcanzo los 3843.33kg/mm. Para la mezcla al 3%, la estabilidad alcanzo a 1531.67kg con un flujo de 13.67mm, resultando una relación estabilidad/flujo de 4487.67 kg/mm. Finalmente, al 4%, se logró una estabilidad de 1668.33kg, un flujo de 14mm, y un factor de rigidez de 4766.67kg/mm. Lo cual sugiere utilizar hasta un 2% de SBS.

Bernardo [9] la investigación tuvo como objetivo aumentar el rendimiento de las propiedades de una mezcla asfáltica convencional con polímeros de polietileno tereftalato (PET). La metodología consistió en modificar la muestra convencional por vía húmeda, empleando PET como polímero, y en implementar un método para mejorar las vías pavimentadas. A través de ensayos de laboratorio, se analizaron las propiedades mecánicas utilizando parámetros obtenidos por el método Marshall, diseñando primero una mezcla tradicional y luego con adiciones de PET en proporciones de 0.5 %, 1.0 % y 1.5 %. Además, se evaluó la susceptibilidad a la humedad y la resistencia a la tracción mediante el ensayo Lottman Modificado. En la prueba de tracción, la mezcla modificada con 0.5 % de PET reciclado alcanzó una resistencia de 82.8 %, superando el valor mínimo requerido, lo que indica que se cumplieron requisitos con los estándares establecidos.

Quispe [10] ,cuyo objetivo principal fue determinar cómo las propiedades mecánicas y la durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente se ven afectadas por la sustitución parcial de poliestireno expandido. Además, se propone utilizar este material termoplástico en el ámbito de la infraestructura vial, cuya metodología fue la elaboración de probetas con diferentes porcentajes de poliestireno al 1.5%, 3.0% y 4.5%, en sustitución por peso de cemento asfáltico, siendo un total de 41 probetas de dimensiones normalizadas de prueba de 2.5'' de altura nominal 4'' de diámetro, para llevar a cabo los ensayos de estabilidad y flujo Marshall, Cántabro de pérdida por desgaste y tracción indirecta separadas en un grupo de control y experimental. Los resultados en las mezclas muestras convencionales tuvieron un desgaste de 5.41% mayor en comparación de las modificadas de 3.97%; llegando a la conclusión que las mezclas asfálticas modificadas con poliestireno expandido tiene un impacto en las propiedades mecánicas y la durabilidad, presentando mejoras con valores por encima de las mezclas convencionales.

Puente en su investigación [11], el propósito del estudio fue realizar un análisis técnico y económico las mezclas asfálticas con adición de PET en las vías asfaltadas. La metodología consistió en examinar 100 especímenes de mezclas asfálticas, tanto convencionales como modificadas, utilizando escamas de PET recicladas de botellas de plástico en diferentes porcentajes como sustitución del agregado fino. Se realizaron pruebas de estabilidad, flujo, rigidez y desgaste. Los resultados mostraron que el costo de las mezclas modificadas fue de S/54.95 por m<sup>2</sup>, mientras que el de las mezclas convencionales fue de S/53.83 por m<sup>2</sup>. Se concluyó que estas mezclas mejoraron el desempeño estructural y la durabilidad, sin generar un aumento significativo en los costos de producción.

## **Bases teóricas**

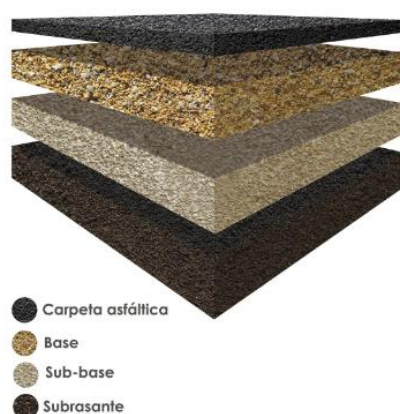
### **- Pavimentos**

El pavimento se compone de varias capas superpuestas y horizontales, diseñadas y construidas de manera técnica utilizando materiales apropiados y debidamente compactados. [12]

#### **• Estructura del pavimento asfáltico**

Los pavimentos asfálticos son estructuras que se apoyan sobre el terreno después de realizar trabajos de corte (subrasante). Normalmente, se componen de una capa de asfalto que se apoya sobre capas que no se encuentran en estado rígido (base y subbase). Según las necesidades particulares del proyecto, es posible prescindir de alguna de estas capas. La capa asfáltica, también conocida como carpeta de rodamiento, proporciona una superficie lisa y estable para el tráfico, y es resistente al desgaste y a diversas condiciones climáticas [13]. Es decir, esta capa no solo proporciona comodidad y seguridad a los conductores, sino que también es capaz de resistir el desgaste abrasivo causado por el tráfico y el climáticas.

*Ilustración 1: Composición de un pavimento asfáltico*



*Fuente: Elaboración propia*

### **Carpeta asfáltica**

Definida también como capa de rodamiento, ofrece una superficie el cual tiene uniformidad y es estable para el tránsito, con una textura y un color adecuados. Esta capa deberá ser capaz de resistir los efectos abrasivos generados tanto por el tránsito como por el medio ambiente. [13]

### **Base**

Es de tipo granular y se apoya sobre la subbase. Esto desempeña un papel crucial en la estructura del pavimento, ya que es responsable de transmitir los esfuerzos generados por el tráfico a la subbase y, a su vez, a la subrasante [13]. Al ser granular, está compuesta por partículas de distintos tamaños, lo que permite una buena compresión y drenaje, ayudando a evitar la acumulación de agua que podría comprometer la estabilidad del pavimento.

### **Subbase**

La capa subbase es una estructura opcional, su uso depende del diseño. Se apoya sobre la subrasante y está compuesta por materiales menos exigentes. Esto se debe a que por ejemplo cuando hay esfuerzos verticales transmitidos hacia las capas de pavimento son más intensos en la superficie y disminuyen a conforme se profundiza. [13]

- **Tipos de pavimentos**

**Pavimento Flexible**

Se trata de una estructura compuesta por capas granulares, que incluyen la subbase y la base, además de una capa de rodadura elaborada con materiales bituminosos. Esta capa de rodadura puede incorporar diversos componentes, como aglomerantes, agregados y, si es necesario, aditivos específicos. Dentro de esta categoría, existen varias opciones que pueden ser utilizadas según las necesidades del proyecto, tales como mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, y mezclas asfálticas tanto en frío como en caliente [14].

**Pavimento semirrígido**

Se trata de una estructura de pavimento que se compone principalmente de capas asfálticas, caracterizada por un espesor total bituminoso que incluye una carpeta asfáltica en caliente colocada sobre una base tratada con asfalto. Este tipo de pavimento es conocido como semirrígido cuando las carpetas asfálticas se apoyan sobre una base tratada con cemento o cal, lo que le confiere propiedades intermedias entre los pavimentos rígidos y flexibles. Además, en la categoría de pavimentos semirrígidos también se han incluido los pavimentos adoquinados [14], que combinan estética y funcionalidad. Estas variantes permiten una adecuada distribución de cargas y un rendimiento durable, adaptándose a diferentes condiciones de tráfico y climáticas. La versatilidad en el diseño y los materiales utilizados en los pavimentos semirrígidos los convierte en una opción popular para diversas aplicaciones, garantizando tanto la resistencia como el confort en la circulación.

**Pavimento rígido**

Se compone principalmente de una capa de base granular, que es fundamental para la estabilidad y la distribución de las cargas que recibe la superficie. Esta base puede estar constituida por materiales granulares sueltos o, en su defecto, estabilizarse mediante el uso de cemento, asfalto o cal, lo cual refuerza su resistencia y durabilidad. Encima de esta base se coloca una capa de rodadura, construida con una losa de cemento hidráulico que actúa como aglomerante, uniendo los agregados y formando una superficie sólida y uniforme. Además, en casos específicos, se pueden añadir aditivos a la mezcla para

mejorar ciertas propiedades, como la resistencia al desgaste o la capacidad de soportar condiciones climáticas adversas, lo que garantiza un rendimiento [14].

- **Mezcla asfáltica**

Comúnmente conocidos como aglomerados, estos materiales están compuestos por una mezcla de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonado que recubre los agregados de manera uniforme y continua, garantizando la cohesión y estabilidad de la estructura. La composición típica de los aglomerados consiste en aproximadamente un 90 % de agregados pétreos, que incluyen tanto partículas gruesas como finas, un 5 % de polvo mineral que contribuye a la cohesión de la mezcla, y un 5 % de ligante asfáltico. Los elementos mencionados son esenciales para garantizar el correcto funcionamiento del pavimento [15].

Tipología por la temperatura de puesta en obra:

- **Mezcla Asfáltica en Caliente:** El proceso de fabricación se realiza con asfaltos a temperaturas elevadas, alrededor de 150 °C, ajustándose según la viscosidad del ligante. Además, los agregados también se calientan para evitar que el asfalto pierda temperatura al entrar en contacto con ellos. La ejecución se lleva a cabo a temperaturas significativamente elevadas a las del entorno, ya que, de lo contrario, estos materiales no tendrían la capacidad de extenderse ni compactarse adecuadamente. [15]
- **Mezcla Asfáltica en Frío:** Este proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente y el ligante generalmente es una emulsión asfáltica, ya que aún se utilizan asfaltos fluidificados en algunos lugares. [15]

- **Pavimento de concreto asfáltico en caliente**

- **Agregados minerales gruesos**

Se define como la fracción de material que es retenida en el tamiz de N°4, proveniente de roca triturada, grava, o bien una combinación de ambas. Los fragmentos de este agregado deben ser limpios, que garanticen la resistencia y durabilidad, y no deben

presentar proporciones de partículas tanto planas, alargadas, así como también blandas o bien que se encuentren en estado de desintegración [16].

*Tabla 1: Requerimientos material grueso*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud(msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad(al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasion Los Angeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	95+	95+
Indice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Particulas 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.

*Fuente: MTC*

- **Agregados minerales finos**

Se denomina a la fracción de material que se encuentra entre los tamices de 4.75 mm y 75  $\mu$ m (N.º 4 y N.º 200). Esta fracción puede estar compuesta por arena de trituración o por una combinación de esta y arena natural. Los granos deben ser duros, limpios y presentar una superficie rugosa y angular. [16]

*Tabla 2: Requerimientos del material fino*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud(msnm)	
		≤3.000	>3.000
Equivalente de arena	MTC E 114	60% mín.	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Indice de plasticidad (malla N.º40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad(al sulfato de magnesio)	MTC E 209	—	18% máx.
Indice de durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Indice de plasticidad (malla N.º200)	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.

*Fuente: MTC*

- **Gradación**

Para la producción de mezcla asfáltica en caliente, es fundamental ajustar la gradación de los agregados pétreos a alguna de las gradaciones el cual se especifica líneas abajo. Este ajuste asegura que la mezcla adquiera las propiedades mecánicas necesarias, optimizando su densidad y mejorando su resistencia a las cargas y condiciones climáticas.

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

Esta deberá cumplir con ciertas aplicaciones granulométricas, descritos en la tabla. [17]

*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.º4)	43–54	51–68	65–87
2,00 mm (N.º10)	29–45	38–52	43–61
425 µm (N.º40)	14–25	17–28	16–29
180 µm (N.º80)	8–17	8–17	9–19
75 µm (N.º200)	4–8	4–8	5–10

*Fuente: MTC*

- **Filler o polvo mineral**

Se clasifica como tal el material en el que al menos el 65% pasa a través de la malla N.º 200, originado del desmenuzamiento de agregados pétreos. Asimismo, este material puede incorporar productos comerciales, como cal hidratada o cemento Portland [17]. Es utilizado con el fin de llenar vacíos, espesar el asfalto o, así como darle una mejor adherencia a los agregados [17], tiene la función de ocupar los espacios entre los agregados gruesos, lo que mejora la consistencia de la mezcla. Además, modifica su trabajabilidad, así como la resistencia al envejecimiento y H<sub>2</sub>O. Su incorporación le da un aumento de la viscosidad del medio cohesivo, lo que a su vez aumenta la resistencia a la deformación. [13]

- **Cemento asfáltico**

Se define como el material aglomerante de base bituminosa, de textura sólida, aplicado para la producción de HMA. [17]

Según [18] proviene de la fracción que tiene más, pero del petróleo en estado crudo. Se presenta como una solución negra y viscosa, con un desempeño reológico viscoelástico, lo que significa que tiene propiedades tanto elásticas como plásticas. Su viscosidad varía según la temperatura y se clasifica en función de su viscosidad o penetración. Su principal uso es en la construcción de pavimentos para proyectos de carreteras y aeropuertos. Junto con los agregados pétreos, forma las mezclas asfálticas, que son esenciales para proporcionar funcionalidad y soporte estructural a los pavimentos

Tabla 4: Selección según la T°

Temperatura Media Anual			
24°C o mas	24°C-15°C	15°C-5°C	Menos de 5°C
40-50 o 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto modificado

Fuente: MTC

- **Mezcla de agregados**

Para garantizar la calidad de la HMA se debe cumplir con los estándares de concreto bituminoso establecidos en la tabla 5, basándose en los parámetros de diseño MARSHALL [17].

Tabla 5: Criterios de diseño

Parametros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1.-Compactacion, numero de golpes por lado	75	50	35
2.-Estabilidad(minimo)	8.15KN	5.44KN	4.53KN
3.-Flujo 0.01"(0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4.-Porcentaje de vacios con aire (1)(MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5.-Vacios en el agregado mineral	Ver tabla N°7		
Immersion-Compresion(MTC E 518)			
1.-Resistencia a la compresion Mpa min.	2,1	2,1	1,4
2.-Resistencia retenida %(min)	75	75	75
Relacion Polvo-Asfalto	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relacion estabilidad /flujo(Kg/cm)(3)	1.7000,6-4.000		
Resistencia comservada en la prueba de traccion indirecta AASHTO T 283(LOTTMAN)	80 Min.		

Fuente: MTC

## - **Polímeros**

Son sustancias compuestas por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas, conocidas como monómeros. Los materiales poliméricos son muy diversos, lo que dificulta su clasificación y sistematización. Sin embargo, considerando con respecto a la estructura y a las propiedades para uso vial se clasifica en termoendurecibles y termoplásticos. [12]

### • **Termoendurecibles**

Son polímeros que se forman mediante reacción química entre 2 componentes el cual una corresponde a la base y al endurecedor, generando una estructura entrecruzada que, una vez endurecida, no puede revertirse ni transformarse nuevamente. Los productos termoendurecibles más frecuentes son las resinas epoxi, los poliuretanos y los poliésteres. [12]

### • **Termoplásticos**

Son polímeros que tienen la capacidad de ablandarse con el calor y le permite fluir. Generalmente, se presentan como polímeros lineales o con ligeras ramificaciones, y se dividen en dos grupos principales: los plastómeros y los elastómeros. Entre los plastómeros más comunes se encuentran el polietileno, el polipropileno atáctico, el E.V.A. (etileno-acetato de vinilo) y el policloruro de vinilo. En cuanto a los elastómeros o cauchos de uso más extendido, destacan el S.B.R. (estireno-butadieno), el caucho natural (isopreno), los cauchos sintéticos como el neopreno y el S.B.S. (estireno-butadieno-estireno) [12].

## - **Polímero EVA (Etileno - Acetato de Vinilo)**

Estos se encuentran clasificados como polímeros termoplásticos formados etileno y acetato de vinilo ( $C_4H_6O_2$ ), siendo su nivel de acetato de vinilo un factor clave: a mayor contenido de  $C_4H_6O_2$ , mayor es la adhesión. Estos copolímeros se obtienen mediante la combinación de copolimerización del etileno más monómeros, como el acetato de vinilo, lo que altera su regularidad estructural y disminuye su escala de cristalinidad. [12]

Dentro de la principal característica de la HMA que incluyen el polímero EVA presentan aumento en la viscosidad de la mezcla resultante, lo que las hace más flexibles

a bajas temperaturas y menos plásticos a altas. Entre los principales beneficios que ofrece a los pavimentos se encuentran la mejora en la resistencia a la deformación permanente, la fatiga y el agrietamiento a bajas temperaturas. [6]

#### - **Propiedades de la mezcla asfáltica**

##### **Resistencia a la deformación permanente:**

Es crítica durante los meses de verano, cuando el aumento de temperatura reduce la viscosidad del cemento asfáltico, y la carga vehicular recae en mayor medida sobre la estructura del agregado. Este tipo de resistencia se controla mediante la selección de agregados de alta calidad con una gradación adecuada, así como la proporción ideal de asfalto y vacíos en la mezcla. [19]

##### **Resistencia a la fatiga**

La mezcla no se agrietará debido a la repetición continua de cargas aplicadas a lo largo del tiempo previsto para su vida útil (período de diseño) [19]. Este comportamiento asegura la durabilidad y resistencia de la mezcla frente al tráfico constante y las condiciones de uso esperadas, previniendo así el deterioro prematuro y la aparición de fisuras en la superficie.

##### **Resistencia al agrietamiento por bajas temperaturas**

Esta característica es relevante en zonas frías que sufren bajas temperaturas. No obstante, para lograrlo se emplean varios aditivos. [19]

##### **Durabilidad**

La mezcla está formulada con una cantidad precisa de cemento asfáltico para asegurar un espesor de película óptimo alrededor de las partículas de agregado, lo que permite una cobertura uniforme que minimiza el endurecimiento del cemento asfáltico con el tiempo, manteniendo así la flexibilidad y cohesión de la mezcla y mejorando su resistencia al desgaste y la fatiga por cargas repetidas. El proceso de curado, tanto en la fabricación como en la puesta en servicio, refuerza esta propiedad y contribuye a la durabilidad del material bajo condiciones de uso prolongado. Asimismo, es fundamental que la mezcla compactada contenga un bajo porcentaje de vacíos [19], ya que un exceso facilitaría la entrada de aire y humedad, acelerando el endurecimiento y deterioro de la

superficie. Un control adecuado de los vacíos, en consecuencia, prolonga la vida útil de la mezcla y mejora su resistencia ante variaciones climáticas y de carga, haciendo el pavimento más duradero y confiable.

### **Resistencia a la humedad**

Algunas mezclas sometidas a humedad disminuyen la adhesión entre el agregado y el cemento asfáltico. Las características de los agregados son el factor principal que provoca este suceso, no obstante, algunos cementos asfálticos tienen una mayor tendencia a la separación que otros. [19]

## **- Fallas de un pavimento**

### **Hundimiento**

Se trata de una depresión o hundimiento de la superficie original del pavimento que se presenta en una zona específica, la cual puede ubicarse tanto en los bordes como en el centro de la calzada [20]. Este tipo de deterioro puede ser causado por factores como asentamientos irregulares del terreno, carga vehicular excesiva, o problemas en la compactación de la base, y puede afectar la comodidad y seguridad de los usuarios al provocar acumulación de agua y dificultar el tránsito.

### **Hinchamiento**

Se refiere al abultamiento o ascenso vertical de la superficie del asfalto, que puede manifestarse como una onda brusca y marcada en una zona reducida, o en cambio como una onda progresiva, de más de 3 m de longitud, que altera el perfil de la vía. [20]

### **Corrugación**

Movimiento plástico que se manifiesta como una ondulación en la superficie del pavimento, con la formación de crestas y valles consecutivos y cercanos entre sí, dispuestos de manera perpendicular a la dirección del tráfico. [20]

### **Fisura longitudinal**

Se refiere a una fractura que se desarrolla a lo largo de la superficie del pavimento, siguiendo una dirección paralela al eje de la calzada y localizándose principalmente en las zonas de rodadura o marcas de circulación del tráfico [20]. Este tipo de fisura es

común en áreas de alto tránsito, donde las cargas vehiculares constantes generan tensiones acumulativas en el pavimento, provocando su debilitamiento. Estas fracturas paralelas pueden llevar a un deterioro progresivo si no se atienden a tiempo, ya que permiten la infiltración de agua y otros agentes que aceleran el desgaste de la superficie, comprometiendo tanto la seguridad de los usuarios como la vida útil del pavimento.

### **Fisura transversal**

Se trata de una fractura lineal que se extiende a lo largo de la superficie del pavimento en dirección perpendicular al eje de la calzada [20]. Esta fisura, conocida como grieta transversal, puede atravesar todo el ancho del carril o incluso de la calzada completa, afectando así la integridad estructural del pavimento. Su aparición se debe, generalmente, a factores como la contracción térmica en climas fríos, el envejecimiento de los materiales y la fatiga acumulada por el tráfico.

### **Fisura tipo piel de cocodrilo**

Conjunto de grietas interconectadas que forman pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos en la superficie del pavimento, con una dimensión mayor generalmente inferior a 0,30 m [20].

## **- Ensayos a los agregados**

### **Análisis granulométrico de agregado gruesos y finos**

Este proceso permite determinar la distribución granulométrica de las partículas en agregados gruesos y finos de una muestra seca con peso conocido, utilizando una serie de tamices de abertura cuadrada para separar las distintas fracciones. Durante el ensayo, se coloca la muestra en los tamices, que van desde las aberturas más grandes a las más pequeñas, y se somete a vibración o agitación, logrando así que las partículas se distribuyan en función de su tamaño. Finalmente es importante comparar el peso total del material después del tamizado con el peso de la muestra inicial. [21]

### **Durabilidad al sulfato de magnesio**

A través de este ensayo se logra evaluar la resistencia de los agregados, tanto finos como gruesos, a la desintegración utilizando soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio. Este proceso se llevará a cabo durante un período de inmersión en un rango

de 16 y 18 horas. Al finalizar este tiempo, se retira el agregado y se separa de la solución para luego ser colocada en el horno. Este ciclo de inmersión y secado se repetirá hasta alcanzar el número de ciclos establecido. [21]

*Tabla 6: Tamices normalizados para el agregado grueso*

<b>Tamaño (tamices normalizado de abertura cuadrada)</b>	<b>Peso en g</b>
<b>Consistiendo de:</b>	
9,5 mm (3/8") a 4,75 mm (N° 4)	300 ± 5
19,0 mm (3/4") a 9,5 mm (3/8")	1 000 ± 10
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 12,5 mm (1/2") a 9,5 mm (3/8")	300 ± 5
Material de 19,0 mm (3/4") a 12,5 mm (1/2")	670 ± 10
37,5 mm (1 ½") a 19,0 mm (3/4")	1 500 ± 50
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 25,0 mm (1") a 19,0 mm (3/4")	500 ± 30
Material de 37,5 mm (1 ½") a 25,0 mm (1")	1 000 ± 50
63,0 mm (2 ½") a 37,5 mm (1 ½")	5 000 ± 300
<b>Consistiendo de:</b>	
Material de 50,0 mm (2") a 37,5 mm (1 ½")	2 000 ± 200
Material de 63,0 mm (2 ½") a 50,0 mm (2")	3 000 ± 300
Para Tamaños mayores se aumentará el tamaño del tamiz en Incrementos de 25,0 mm (1") para cada fracción.	7 000 ± 1 000

*Fuente: MTC*

*Tabla 7: Tamices normalizados del agregado fino*

<b>Pasa el tamiz normalizado</b>	<b>Retenido sobre el Tamiz normalizado</b>
600µm(N°30)	300µm(N°50)
1.18mm(N°16)	600µm(N°30)
2.36m(N°8)	1.18mm(N°16)
4.75mm(N°4)	2.36m(N°8)
9.50mm(3/8")	4.75mm(N°4)

*Fuente: MTC*

### **Abrasión los ángeles**

Según [21] este método de ensayo detalla el procedimiento necesario para evaluar la resistencia a la degradación de agregados gruesos con tamaños menores a 37,5 mm (1 ½") utilizando la Máquina de Los Ángeles. El ensayo incluye pruebas de abrasión, desgaste, impacto y fragmentación, que se realizan en un cilindro de acero que gira con una cantidad específica de esferas de acero, el cual varía en base a la gradación de la muestra. El proceso se lleva a cabo durante un número determinado de revoluciones.

Tabla 8: Serie de las muestras

Medida del tamiz		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradacion			
		A	B	C	D
37,5 mm(1 1/2")	25,0 mm(1")	1250±25	---	---	---
25,0 mm(1")	19,0 mm(3/4")	1250±25	---	---	---
19,0 mm(3/4")	12,5 mm(1/2")	1250±10	1250±10	---	---
12,5 mm(1/2")	9,5 mm(3/8")	1250±10	1250±10	---	---
9,5 mm(3/8")	6,3 mm(1/4")	---	---	1250±10	---
6,3 mm(1/4")	4,75 mm(N°4)	---	---	1250±10	---
4,75 mm(N°4)	2,36 mm(N°8)	---	---	---	5000
TOTAL		5000±10	5000±10	5000±10	5000±10

Fuente: MTC

Tabla 9: Carga dependiendo de la gradación

Gradacion	Numero de Esferas	Masa carga (g)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

Fuente: MTC

### Partículas chatas y alargadas

Este experimento examina pruebas de partículas planas, partículas alargadas o partículas planas y alargadas en agregado grueso. Se realiza sobre una muestra de agregado grueso y se tamiza para separar cada tamaño mayor que el tamiz de 3/8 de pulgada (9,5 mm) hasta obtener aproximadamente 100 partículas, cada tamaño se pasa en un dispositivo de calibre proporcional para definir un porcentaje de partículas en grupos de alargadas, chatas o ni chatas ni alargadas y se pesan. [22]

### Caras fracturadas

Comprende la determinación del porcentaje, ya sea en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contengan partículas fracturadas, tamizando una muestra sobre el tamiz N°4 separando en dos grupos fracturadas y no fracturadas. Para considerar cara fracturada esta debe tener al menos un cuarto del área máxima proyectada del área transversal. [21]

*Tabla 10: Tamices normalizados y pesos mínimos requeridos*

<b>Tamaño Máximo Nominal Muestra de ensayo mínima mm (pulg.)</b>	<b>Abertura Cuadrada, mm (pulg.) Masa, g (aprox. lb.)</b>
9,5 (3/8")	200 (0,5)
12,5 (1/2")	500 (1)
19,0 (3/4")	1 500 (3)
25,0 (1")	3 000 (6,5)
37,5 (1 1/2")	7 500 (16,5)
50,0 (2")	15 000 (33)
63,0 (2 1/2")	30 000 (66)
75,0 (3")	60 000 (132)
90,0 (3 1/2")	90 000 (198)

*Fuente: MTC*

### **Sales solubles totales**

Este ensayo tiene como finalidad definir un método analítico que permita medir la cantidad de cloruros y sulfatos solubles en agua en los agregados pétreos que se emplean en bases estabilizada y mezclas asfálticas. La muestra se somete a lavados continuos con agua destilada a temperatura de ebullición hasta lograr la extracción completa de las sales mediante reactivos químicos. A continuación, se toma una alícuota y se procede a la cristalización para cuantificar la cantidad de sales presentes. [21]

### **Peso específico y absorción**

Este ensayo determina el peso específico seco, saturado con superficie seca, aparente y la absorción de los agregados pétreos tras 24 horas de inmersión en agua. Los agregados se retiran del agua y se elimina la humedad de la superficie de las partículas y se pesan. Luego, se realiza una segunda pesada con la muestra sumergida en agua. Finalmente, los agregados se secan en horno y se pesan por tercera vez. [21]

### **Equivalente de arena**

La finalidad de este ensayo es indicar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm) obteniendo como mínimo 1500 gr; humedecer el material, colocar en una probeta graduada y verter una combinación de Solución stock y agua destilada, agitar por 90 ciclos aproximadamente dejando reposar por 20 min, con el apoyo de un elemento se aplasta el material para tomar lectura de finos y arenas. [21]

### **Azul de metileno**

Este método de ensayo tiene como propósito determinar la cantidad de material potencialmente dañino (incluyendo arcilla y material orgánico) presente en la fracción de muestra de agregado fino que pasa por la malla N°200 que contiene agua desionizada, al cual se irá añadiendo la solución de azul metileno en pequeños incrementos por goteo con una jeringa. A medida de cada incremento se remueve con ayuda de una bureta y se ira sacando una gota de la solución y se ira colocando en un retazo de papel filtro, al paso que la gota se torne de color azul se cuantifica la cantidad de Azul de Metileno. [23]

### **Índice de plasticidad malla N°40 y N°200**

Este ensayo se considera una herramienta esencial en el ámbito de la ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de los suelos, así como para especificar las fracciones granulométricas de los materiales de construcción. A través de este procedimiento, se evalúan parámetros cruciales como el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos, tanto de manera individual como en conjunto, junto con otras propiedades físicas del material. Esta evaluación integral permite establecer correlaciones significativas con comportamientos ingenieriles clave, como la compresibilidad, la permeabilidad, la capacidad de compactación, y las propiedades de contracción y expansión, así como la resistencia al corte [21].

#### **- Ensayos a la mezcla asfáltica**

##### **• Ensayo Marshall**

Consiste en la preparación de especímenes y diseño de una mezcla asfáltica para pavimentos, con la determinación de sus diversos parámetros de comportamiento utilizando el método manual Marshall.

Para el diseño de mezcla, los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir en un promedio mínimo de 3 especímenes por cada aumento de contenido de ligante, con incrementos de contenido de ligante del 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. [21]

##### **Preparación de la mezcla**

Los agregados deberán secarse en un horno a 110°C. Además, el cemento asfáltico que se utilizara para preparar las muestras debe de calentarse para alcanzar viscosidades de

0.17 y 0.28 Pa.s. Se deberá pesar la cantidad de cada fracción de agregado necesaria para crear una mezcla que resulte en una a cuatro especímenes compactados con pesos (cerca de 1200, 2400, 3600 ó 4800) debe pesarse en contenedores separados y calentarse en un horno a 28 °C para mezclas con cemento asfáltico. El agregado caliente se mezclará en seco con un cucharón, formando un cráter en la mezcla seca, y se pesará la cantidad de material bituminoso necesario a la temperatura de mezcla. Finalmente, se combinará rápidamente los agregados con el material bituminoso hasta que estén completamente cubiertos. [21]

### **Compactación de los especímenes**

Antes de verter la mezcla, es recomendable colocar un trozo de papel no absorbente que cubra la base del molde. Luego, vierte la mezcla en el molde y distribúyela uniformemente con una espátula calentada, realizando movimientos circulares alrededor del borde y en el interior para eliminar burbujas de aire y asegurar una distribución adecuada. Una vez que la mezcla esté bien distribuida, coloca otro trozo de papel no absorbente en la parte superior y utiliza un sujetador para fijar el molde, montándolo en el pedestal de compactación. A continuación, aplica la cantidad necesaria de golpes con el martillo de compactación en ambas caras del espécimen, garantizando así una compactación uniforme y la densidad deseada. Este proceso es fundamental para asegurar la integridad del espécimen y su rendimiento en pruebas posteriores. Finalmente, permite que el molde se enfríe a temperatura ambiente antes de desmoldar el espécimen [21], asegurándote de que esté completamente formado y listo para su análisis.

- **Peso específico aparente y peso unitario**

Este método de prueba se emplea exclusivamente con mezclas asfálticas compactadas de granulometría densa o con muy baja absorción, para determinar el peso específico aparente y el peso unitario de los especímenes. El procedimiento consiste en pesar el espécimen seco al aire tras haber alcanzado la temperatura ambiente y, posteriormente, medir su peso sumergido en agua a 25°C durante 5 minutos. Finalmente, se seca la superficie del espécimen con un paño húmedo y se registra su peso en el aire en estado saturado y con superficie seca. Para cálculos que requieran unidades, el peso específico, al ser adimensional, deberá convertirse a peso unitario. [21]

- **Peso específico teórico máximo**

Tiene como propósito determinar el peso específico teórico máximo y densidad de mezclas asfálticas sin compactar. El cual consiste en tomar una muestra pesada enfriada a temperatura ambiente, colocándola en un vaso de vacío calibrado tarada para proceder a añadir agua suficiente hasta cubrirla a 25 °C procediendo a eliminar el aire atrapado sometiendo todos los contenidos a un vacío parcial de 30 mm de Hg (4 kPa) o menor de presión absoluta, por un período de 5 a 15 minutos. Al final del período de vacío, el vacío se elimina gradualmente y el volumen de la muestra de la mezcla de pavimentación se determina mediante la inmersión de la muestra en el baño de agua pesado al aire. [24]

- **Porcentaje de vacíos de aire en mezclas asfálticas**

Se utiliza como uno de los criterios tanto en los métodos de diseño como en la evaluación de la compactación lograda en proyectos de pavimentos asfálticos. Su objetivo es determinar el porcentaje de vacío en mezclas bituminosas compactadas, tanto densas como abiertas. [21]

- **Ensayo estabilidad y flujo Marshall**

Son características clave de las mezclas asfálticas elaboradas a partir de especímenes compactados. La estabilidad representa la máxima resistencia a la deformación bajo una carga constante; esta resistencia varía según el tipo y la gradación del agregado, así como el grado y la cantidad de bitumen utilizados. Por otro lado, el flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas, determinada durante la prueba de estabilidad. [21]

Se determinará el peso específico bulk y parámetros volumétricos como mediciones a los especímenes. Seguidamente sumergir los especímenes en agua durante 30 a 40 minutos y colocarlos a un baño de aire de 120 a 130 minutos a una temperatura de 60°C. Remover el exceso de agua con una toalla y colocar el espécimen a la máquina de carga a compresión y aplicar la carga por medio de una razón constante de 50 mm/min hasta que la carga disminuya según lo indique el dial de carga. Registrar los datos que indica la máquina como estabilidad Marshall, para el valor del flujo tomar nota la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. [21]

- **Ensayo Resistencia Al Daño Inducido Por Humedad**

Este estudio busca evaluar como mezclas asfálticas compactadas responden a condiciones de humedad y cambios de temperatura, mediante la prueba de tracción directa. El proceso incluye la preparación de especímenes y la medir como cambia su resistencia a la tensión cuando se saturan con agua y se someten a un ciclo acelerado de congelación y descongelación. Se tienen que preparar por lo menos 6 especímenes en el cual se tiene que separar en dos subgrupos de al menos tres especímenes cada uno, un subgrupo será ensayado en seco y otro subgrupo será acondicionado saturado parcialmente al vacío, sometido a congelamiento y embebido en agua tibia antes de su ensayo. [25]

- **Ensayo cántabro de pérdida por desgaste**

El propósito de este ensayo es explicar cómo se lleva a cabo el proceso para medir la pérdida debido al desgaste en mezclas asfálticas a través de la máquina de Los Ángeles. Este método evalúa directamente la cohesión, trabazón y la resistencia de la mezcla frente a la desintegración provocada por la succión y el desgaste que ocasiona el tráfico. Para ello, se deben preparar al menos 4 muestras para cada porcentaje de ligante; se pesa cada una de las probetas y se coloca por separado en el tambor de Los Ángeles, sin utilizar las bolas abrasivas haciendo girar a una velocidad de entre 30 y 33 (rpm), completando 300 vueltas. [21]

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Hipótesis**

- La incorporación del polímero resina EVA mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

## VARIABLES-OPERACIONALIZACIÓN

### VARIABLES

- ✓ Variable independiente
  - Incorporación del polímero resina EVA.
- ✓ Variables dependientes
  - Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

### OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

*Tabla 11: Variables y Operacionalización*

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN	METODO DE MEDICION(Instrumento, Ensayo,NTP)
Incorporación del polímero resina EVA	Cantidad de polímero como agregado fino	% en peso del agregado	0%,3%,5% Y 7%	Balanza de precisión
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	METODO DE MEDICION(Instrumento, Ensayo,NTP)
PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	Propiedades mecánicas	Estabilidad	Kg	ENSAYO ESTABILIDAD MARSHALL MTCE 504
		Flujo	mm	ENSAYO FLUJO MARSHALL MTCE 504
		Perdida por desgaste	%	ENSAYO CÁNTABRO MTCE 515
		Resistencia por humedad inducida	Kpa	ENSAYO LOTTMAN AASHTO T 283

*Fuente: Elaboración propia*

- ✓ Variables intervinientes
  - Tipo de cemento asfáltico: PEN 60/70.
  - Diámetro del polímero resina EVA: (Tamiz 3/8´´)
  - Tipo de tráfico: Tráfico pesado

### CRITERIO DE SELECCIÓN

- Los agregados pétreos tales como piedra chancada y arena zarandeada se adquirieron de la cantera ´´Tres Tomas´´ situada en el distrito de Manuel Mesones Muro, provincia de

Ferreñafe, dentro del departamento de Lambayeque. Los cuales se deberá cotejar que cumplan con los requerimientos MTC. [17]



*Fuente: Elaboración Propia*

- La obtención de la materia prima virgen polímero resina EVA al 28%, fue adquirido de manera manufacturada la cual cuenta con su ficha técnica.

Tabla 12: Ficha técnica EVA

Superplasticeno® UE634-04  
EVATENA ® UE634-04



Resina de copolímero de etileno y acetato de vinilo

RESINAS DE COPOLÍMERO DE ETILENO-ACETATO DE VINILO

Descripción	Descripción	
general Superplasticeno® UE634-04 es un copolímero de etileno y acetato de vinilo resina.	EVATHENE® UE634-04 es una resina de copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA).	
Características		
Características	Suavidad	Flexibilidad
	Excelente elasticidad	Elasticidad
	Excelente adherencia	Excelente adherencia
	Buena resistencia a bajas temperaturas	Buena resistencia a bajas temperaturas
	Buena compatibilidad	Mayor compatibilidad
	Buena estabilidad térmica	Excelente estabilidad térmica
	Higiénico y no tóxico	No toxicidad
Aplicaciones		
Aplicación 1:	Preparación de adhesivos termofusibles.	
	2. Espuma en la suela del zapato.	
	3. Alambre y cable mezclados con resina.	
Propiedades físicas		
proyecto	método de experimento	valor numérico
Propiedades	Método de prueba	Valor típico
Contenido de VA (% en peso) Índice de	USI	28
fusión (g/10 min) Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Norma ASTM D1238	6
Resistencia a la tracción del	Norma ASTM D792	0,948
punto de rotura (matriz)	Norma ASTM D638	180
Resistencia a la tracción (moldeado) (rotura) (kg/cm <sup>2</sup> )		
Elongación en el punto de rotura (moir)	Norma ASTM D638	830
Alargamiento máximo (moldeado) (%) Fragilidad		
a baja temperatura ( -F50) Temperatura de reblandecimiento Vicat ( )	Norma ASTM D746	<-76
Punto de reblandecimiento de anillo y bola ( )	Norma ASTM D1525	45
	ASTM E28	145
Punto de fusión ( ) Dureza	Norma ASTM D3418	73
(Shore A) Dureza (Shore A)	Norma ASTM D2240	78

Vale desde esta nuestra empresa, la información anterior debe ser precisa. Sin embargo, dado que las condiciones de uso no están controladas por nuestra empresa, nuestra empresa no asume ninguna responsabilidad por las sugerencias hechas anteriormente. La información contenida en este documento es, a efectos de información, confidencial y controlada. No debe ser utilizada en las condiciones de uso antes de recibir el consentimiento de la empresa de destino con una escritura por las acciones.

Fuente: Conte Group

El material se llevó a laboratorio para realizar su caracterización siendo tamizado por los tamices que cumplan con los límites establecidos de un agregado fino, logrando satisfacer con lo estipulado pasando la malla 3/8.

*Ilustración 4: Polímero Resina EVA*

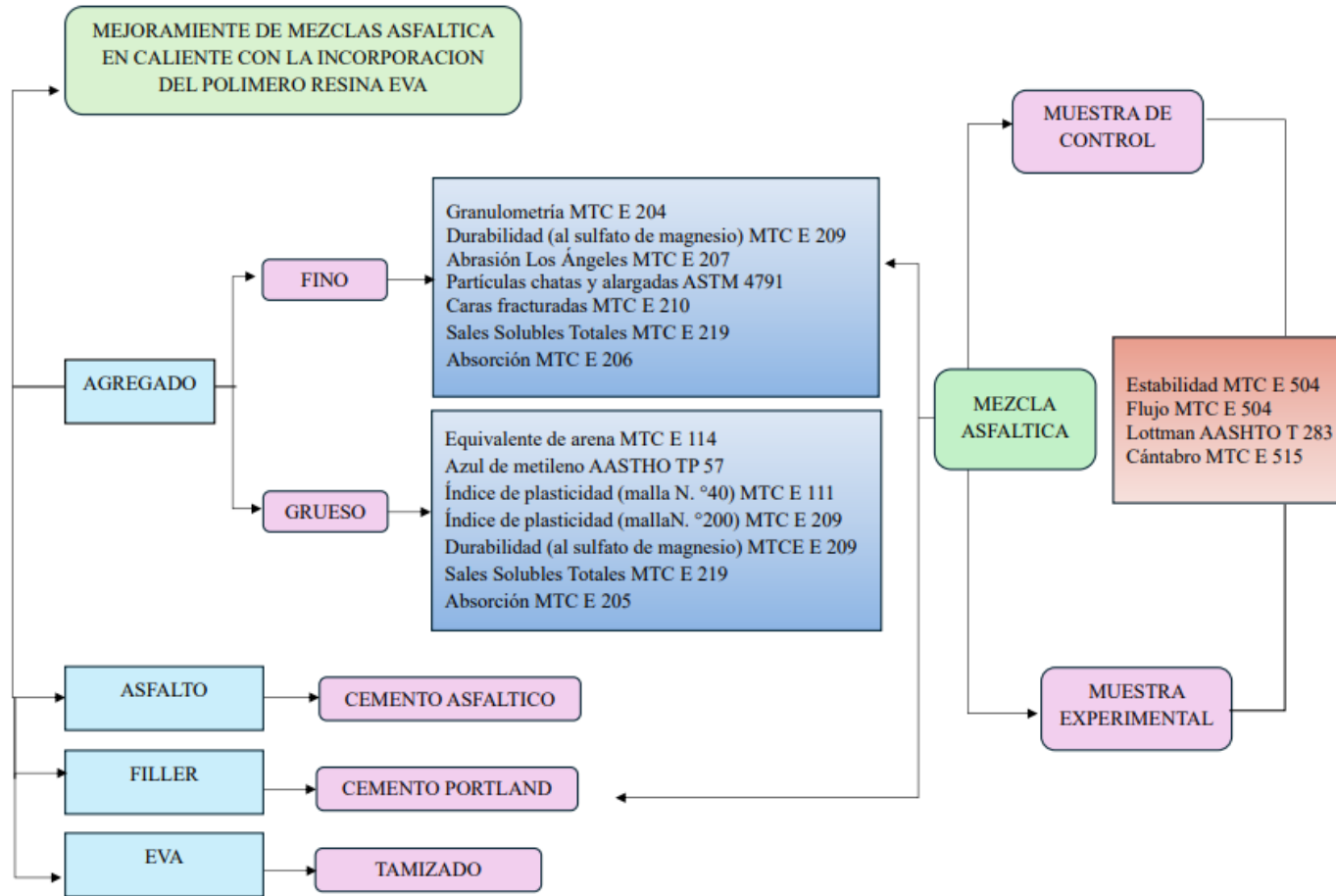


*Ilustración 5: Tamizado de polímero*



Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 6: Diagrama de flujo



Fuente: Elaboración Propia

## **Tipo y Nivel de Investigación**

En cuanto al enfoque de este estudio, se ha adoptado un tipo de investigación CUANTITATIVA de un nivel de investigación experimental. Según [26], el enfoque cuantitativo se basa en la recolección y el análisis de datos para responder a preguntas de investigación y probar hipótesis previamente establecidas. Se fundamenta en la medición numérica y el conteo, utilizando frecuentemente herramientas estadísticas para identificar con precisión patrones de comportamiento en una población

## **Diseño de investigación**

El propósito de la investigación será demostrar la hipótesis, por lo tanto, el diseño de esta investigación será de tipo EXPERIMENTAL, dado que se manipularán las variables mediante la existencia de dos grupos de estudio (Un grupo de control y un grupo experimental), al grupo de control no se le aplicara ningún estímulo mientras que al grupo experimental se le aplicara estímulos es decir se incorporará el polímero resina EVA en diferentes porcentajes para un diseño de mezcla con un cemento asfáltico PEN 60/70 adoptado de acuerdo a la temperatura promedio anual que enmarca la ciudad de Chiclayo la cual según SENAMHI es de aproximadamente 26°C para medir las propiedades mecánicas de estabilidad y flujo Marshall, resistencia al daño inducido por humedad y cántabro de pérdida por desgaste

## **Población y muestra**

La población en la investigación está constituida por 127 especímenes (o briquetas) diseñadas para un tipo de tráfico pesado, de las cuales se tendrán 55 briquetas (muestra de control) para obtener el porcentaje ideal de contenido de asfalto mediante el diseño de mezcla por el método de ensayo Marshall y 72 briquetas(muestra de control y experimental) con el óptimo contenido de asfalto obtenido para el ensayo estabilidad y flujo Marshall, resistencia al daño inducido por humedad y Cántabro de pérdida por desgaste, lo que permite, según Escalante [27], que los grados de libertad para el error en ambas fases sea como mínimo 20, la distribución del número de muestra de los especímenes, según fases, se visualiza en las siguientes tablas de manera estadística utilizando un Análisis Unifactorial.

Para determinar el tamaño de muestra necesario para cada grupo en el estudio, cuyo objetivo es identificar la cantidad óptima de asfalto por medio del método de diseño Marshall (muestra de control) se utilizó el paquete "**pwr**" en **RStudio versión 4.3.2**. Siguiendo las normas establecidas por León [28], se configuró un nivel de significancia de 0.05, una potencia del 80.0%, y un tamaño de efecto medio de 0.50, según D de Cohen. Tomando en cuenta cinco diferentes porcentajes o grupos (4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%), se estableció que cada grupo debería tener 11 briquetas, sumando un total de 55 briquetas. Esta cantidad fue calculada usando la siguiente sintaxis en RStudio:

```
> panova=pwr.anova.test(k =5 , f =0.50 , sig.level=0.05 , power =0.80 )
> panova
```

```
Balanced one-way analysis of variance power calculation
```

```
      k = 5
      n = 10.54164
      f = 0.5
sig.level = 0.05
power = 0.8
```

NOTE: n is number in each group

**Donde:**

**K:** Número de grupos (k=5).

**f:** Tamaño del efecto (f=0.5, según D de cohen).

**Sig.level:** Nivel de significancia (Sig.level=0.05).

**Power:** Poder estadístico (power=0.80).

*Tabla 13: Muestra de control*

MUESTRA DE CONTROL	
Contenido de asfalto	Nº de especímenes
4%	11
4.5%	11
5%	11
5.5%	11
6%	11
<b>Total de especímenes</b>	<b>55</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Para el cálculo del tamaño de muestra por grupo en el análisis de muestra de control y experimental la cual se trabajaran con el contenido óptimo de asfalto para el ensayo estabilidad y flujo Marshall (4 grupos o tratamientos), resistencia al daño inducido por humedad (4 grupos o tratamientos) y Cántabro de pérdida por desgaste (4 grupos o tratamientos), es decir para la comparación de 12 grupos o tratamientos, se estableció que el número de briquetas por grupo o tratamiento es de 6 unidades para cada porcentaje de polímero resina EVA al 0%,3%,5% y 7%.

```
> panova=pwr.anova.test(k =12 , f =0.50 , sig.level=0.05 , power =0.80 )
> panova
```

```
Balanced one-way analysis of variance power calculation
```

```
      k = 12
      n = 6.463758
      f = 0.5
sig.level = 0.05
power = 0.8
```

NOTE: n is number in each group

**Donde:**

**K:** Número de grupos (k=12).

**f:** Tamaño del efecto (f=0.5, según D de cohen).

**Sig.level:** Nivel de significancia (Sig.level=0.05).

**Power:** Poder estadístico (power=0.80).

*Tabla 14: Muestra de control y experimental*

MUESTRA PARA EL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL				
Optimo contenido de cemento asfaltico	MUESTRA DE CONTROL	MUESTRA EXPERIMENTAL		
	EVA	EVA		
	0%	3%	5%	7%
	6	6	6	6
Total	24			
MUESTRA EL ENSAYO RESISTENCIA AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD				
Optimo contenido de cemento asfaltico	MUESTRA DE CONTROL	MUESTRA EXPERIMENTAL		
	EVA	EVA		
	0%	3%	5%	7%
	6	6	6	6
Total	24			
MUESTRA PARA EL ENSAYO DE CANTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE				
Optimo contenido de cemento asfaltico	MUESTRA DE CONTROL	MUESTRA EXPERIMENTAL		
	EVA	EVA		
	0%	3%	5%	7%
	6	6	6	6
Total	24			
Total de especimenes	72			

*Fuente: Elaboración Propia*

## ENSAYOS A LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

### Granulometría

- Se utiliza para determinar los tamaños de los materiales, se seleccionó una muestra de 2610gr de agregado entre fino y grueso después de un cuarteo, procediendo a pasar por los tamices registrando el peso retenido en cada tamiz. Se usaron los tamices normalizados para la gradación MAC.



Fuente: Elaboración propia

### Durabilidad al sulfato de magnesio

- Para el agregado fino el procedimiento consiste en obtener 100gr de material retenido de cada tamiz normalizado y para el agregado grueso se debe tener una muestra retenida de 1000gr en el tamiz N°1/3'', 1000gr en el tamiz 3/8'' y 298 gr en el tamiz N°4.
- Cada fracción de muestra se sumergió en la solución por 18 horas, asegurando que las cubriera a una profundidad mínima de 1.5 cm. Después del período de inmersión se retiró cada fracción, y se dejó escurrir para luego colocar al horno de secado durante 24 horas. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado por 5 ciclos requeridos hasta que al final al material seco sacado del horno se lava de tal manera que quede libre de

la solución y se introduce al horno por 24 horas. Transcurrido el tiempo se vuelve a pasar por los tamices por los cuales fueron retenidos y se pesa.



Fuente: Elaboración Propia

### Abrasión los ángeles

- Teniendo en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso el cual es de  $\frac{1}{2}$ "', se seleccionó el tipo de gradación de la muestra el cual corresponde al tipo "B" y utiliza 11 esferas de acero, lavar y secar al horno; separar cada fracción individual de acuerdo con el tipo B el cual indica 2500gr retenido tanto para el tamiz de  $\frac{1}{2}$ "' y  $\frac{3}{8}$ "'.
- Recombinar el agregado de cada fracción y, junto con la carga de esferas, colocarlo en la máquina de Los Ángeles, haciéndola con un total de 500 rev/s. Tras completar las revoluciones prescritas, pasar el material por el tamiz N°10 y apuntar el peso del material retenido.

*Ilustración 13: Colocado de muestra*



*Ilustración 14: Proceso del ensayo*



*Ilustración 15: Agregado después del ensayo*



Fuente: Elaboración Propia

### Partículas chatas y alargadas

- Se tamizo una muestra típica de agregado por la malla N°4, reduciendo cada porción de tamaño mayor que el tamiz de 3/8'' obteniendo 100 partículas y se pasa mediante el dispositivo de calibre proporcional para determinar al grupo que pertenecerá ya sea chatas, alargadas o ni chatas ni alargadas.

*Ilustración 16: Tamizado*



*Ilustración 17: Tamices normalizados utilizados*



*Ilustración 18: Medida con calibre*



Fuente: Elaboración Propia

### Caras fracturadas

- Se tamizo una muestra representativa de agregado grueso por la malla N°4, al material que quedo retenido se realiza un lavado y se coloca al horno por un periodo de 24horas, para luego tamizar en las malla N°1/2'' obteniendo 500gr del material retenido y para el tamiz N°3/8'' una muestra de 200gr, se descarta todo el resto.
- Seguidamente se identifica las partículas separándolas en grupos de una cara fracturada y dos caras fracturadas, registrando el peso de estas.



*Fuente: Elaboración Propia*

### Sales solubles totales

- Para el agregado fino se tomó una muestra de 50 gr y se coloca a un frasco de vidrio añadiendo 250 ml de agua destilada y se agita durante 10 minutos y para el agregado grueso se utiliza el material resultante del ensayo de abrasión de los ángeles el cual paso la malla N°10 se pesa 50gr y se introduce a un frasco de vidrio, se añade 250ml de agua destilada procediendo a agitar por 10 minutos; ambas muestras se dejan reposar por un periodo de 24 horas.
- Se decanta el líquido en un recipiente de aluminio y se pone a hervir, posteriormente se deja enfriar y con ayuda de un papel filtro asemejado en forma de cono colocado en un

embudo se vacía en un vaso de beaker del cual se extrajo 50 ml. Se pesa la muestra y se coloca al horno por 24 horas. Para finalizar se toma nota del peso sacado del horno.

*Ilustración 22:Agitación manual*



*Ilustración 23:Decantacion de la muestra*



*Ilustración 24:Secado en horno*



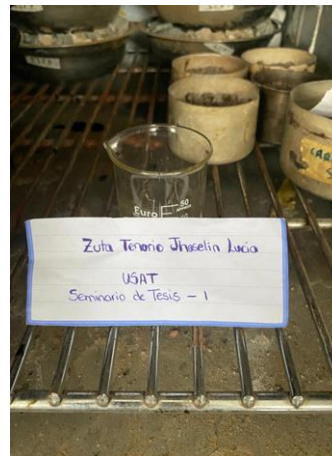
*Ilustración 25:Muestra de agregado grueso*



*Ilustración 26:Decantación de la muestra*



*Ilustración 27:Secado en horno*



Fuente: Elaboración Propia

### Peso específico y absorción

- Para el agregado fino se pesó una muestra de 500gr y se introdujo en una fiola llenando parcialmente con agua hasta alcanzar la marca de 500 cm<sup>3</sup>. Se Agita el frasco para eliminar vacíos de aire cerca de 10 minutos y llenar el frasco con agua hasta la capacidad calibrada. Determinar el peso total del frasco y dejar reposar por un tiempo de 24 horas. Remover la muestra del frasco, ponerla en un recipiente de aluminio y llevarla al horno, enfriar y registrar su peso.
- Para el agregado grueso, se tomó una muestra de 4000 g retenida en la malla N.º 4, la cual se lavó y sumergió durante 24 horas. Luego de este período, se retira del agua y se hace rodar sobre un paño absorbente hasta eliminar cualquier película visible de agua. Se obtiene el peso en condición de saturación con superficie seca; acto seguido, se coloca de inmediato en una cesta de alambre y se determina su peso sumergido en agua. Finalmente, se deja en el horno por 24 horas y se obtiene su peso seco.

*Ilustración 28: Colocación de muestra*



*Ilustración 29: Eliminación de vacíos*



*Ilustración 30: Secado en horno*



*Ilustración 31: Muestra sumergida*



*Ilustración 32: Obtención del peso sumergido*



*Ilustración 33: Secado por 24 horas*

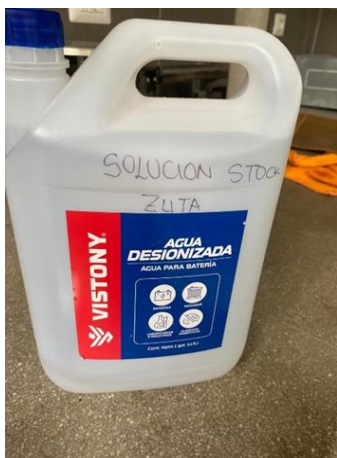


*Fuente: Elaboración Propia*

### **Equivalente de arena**

- Se tomo una muestra de agregado fino y se realiza un cuarteo, del cual se elige dos fracciones que contengan partículas homogéneas procediendo a tamizar en la malla N°4. se utilizará el reactivo Solución Stock procediendo a medir 100 ml, disolviendo la misma en un galón de agua destilada, además se agita por aproximadamente 30 min.
- Se vacía la solución en tres probetas graduadas hasta alcanzar una marca de 10 cm y con ayuda de un embudo se añade el material fino humedecido en un recipiente de aprox. tres onzas, se golpea suavemente el fondo de la probeta para liberar las burbujas de aire y para conseguir el humedecimiento total del espécimen. Se repite el procedimiento para las tres probetas y se deja reposar por 10 min, transcurrido el tiempo se coloca un tapón solido al cilindro más su contenido; se sostiene el cilindro en forma horizontal y se agita por 100 ciclos aproximadamente y en seguida se llena con la solución dejando reposar por 20 min, pasado el tiempo se toma la lectura de finos y arenas.

*Ilustración 34: Solución stock*



*Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 35: Adición de muestra fina humedecida*



*Fuente: Elaboración propia*

*Ilustración 36: Probetas graduadas*



*Fuente: Elaboración propia*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **Azul de metileno**

- Se procedió a tamizar una muestra de agregado fino por la malla N°200 del cual se pesó 5gr del material pasante. Se mide 250ml de agua destilada en un vaso de Beaver, posteriormente se agrega los 5gr del material fino y con ayuda de una bureta se mueve hasta homogenizar.
- Se coloca la solución azul de metileno en una jeringa y se va introduciendo de gota en gota, con una bureta se ira sacando gotas y se ira colocando en un retazo de papel filtro de tal manera que tiña de azul.

*Ilustración 37: Solución azul de metileno*



*Ilustración 38: Adición por goteo de la solución*



*Ilustración 39: Muestra obtenida*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Índice de plasticidad**

- Se tamizo una muestra de agregado fino por la malla N°40 y N°200, del material que pasa se elige una fracción de cada tamizado y se amasa con agua destilada; del cual se toma una porción de 2gr de dicha masa como muestra para el ensayo.
- Para determinar el límite líquido con una espátula colocar una porción del suelo preparado en la copa de Casa Grande presionándola, se esparció y utilizando el acanalador dividir la muestra haciendo una ranura por la mitad. Luego se procede a girar la manivela de manera uniforme con los golpes correspondientes que se aplicara a cada muestra, a una velocidad de 2 rev/s. Finalmente, para poder encontrarla humedad se pesa la muestra y a continuación es introducida al horno por 24 horas.
- Para determinar el límite plástico se moldea la mitad de la muestra colocándola sobre la placa de un vidrio rugoso. Dicha muestra se comienza a frotar con el fin de quitarle la humedad. Luego se forman cilindros alargados con 3 mm de diámetro y aproximadamente 5 cm. Se toma el peso de estos y se coloca al horno por 24 horas.
- Cabe resaltar que la cantidad de agregado que pasa por la malla N°40 no presenta índice de plasticidad IP, ya que al saturarla y dejarla reposar por 24 horas esta no se comportaba como un material plástico.

*Ilustración 40: Limite plástico**Ilustración 41: Limite liquido**Ilustración 42: Muestras en el horno después de 24 horas*

*Fuente: Elaboración Propia*

## PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

### Diseño de mezcla

Según la MTC E 504:

- El método Marshall, consiste en la elaboración de briquetas con un peso de 1500gr que contienen agregados pétreos, filler y el ligante asfáltico y/o adiciones. De acuerdo con la granulometría planteada se tiene un diseño de mezcla tanto para la muestra de control como para la experimental.
- Se realizó el pesaje el agregado grueso, fino y filler de acuerdo con el diseño de mezcla establecido, se comenzó pesando para las briquetas de control para cada variación de cemento asfáltico; después de pesar los agregados se colocarán en bolsas identificadas al cual pertenece para ser almacenadas y estén listas para cuando se empiece a cocinar. Repetir el procedimiento para los pesos de la muestra experimental.

*Ilustración 43: Pesaje de agregados*



*Ilustración 44: Pesaje de filler*



*Ilustración 45: Pesaje de polímero EVA*



*Fuente: Elaboración Propia*

- El cemento asfáltico se deja caer en un recipiente metálico para luego ser calentado con la finalidad de volverlo líquido; así mismo se vacían los agregados en una tara y se colocan al horno.

*Ilustración 46: Extracción del cemento asfáltico*



*Ilustración 47: Calentado del bitumen*



*Ilustración 48: Taras de agregados*



*Fuente: Elaboración Propia*

- Con el fin de llevar a cabo la correcta producción de esta mezcla asfáltica se vacían en una tara los agregados con las mismas características y composición de acuerdo con el diseño de mezcla establecido y se añade una cantidad de cemento asfáltico también previamente establecida a los agregados hasta que las partículas de los agregados estén revestidas y remover mientras se encuentran estos componentes en caliente, simulando los procesos de calentado y mezclado que ocurren en planta.

*Ilustración 49: Adición de cemento asfáltico*



*Ilustración 50: Muestra convencional*



*Ilustración 51: Muestra modificada*



*Ilustración 52: Cocinado de mezcla asfáltica*



*Ilustración 53: Remoción de la muestra*



*Ilustración 54: Mezcla asfáltica*



Fuente: Elaboración Propia

- Una vez que la mezcla esté completamente homogenizada, prepara un molde y coloca círculos de papel en la base. Luego, verter en los moldes y con un cuchillo chusear alrededor del molde. Finalmente, se colocó otro retazo de papel que ajuste en la parte superior.



*Fuente: Elaboración Propia*

- Ubicar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y compactar utilizando golpes del martillo Marshall. Se aplicarán 75 golpes por ambas caras de cada espécimen, ya que están diseñados para soportar tránsito pesado. Una vez completada la compactación, deja enfriar y retirarlas de los moldes.

*Ilustración 58: Martillo Marshall*



*Ilustración 59: Desmolde de briquetas*



*Ilustración 60: Briquetas*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **Peso específico aparente y peso unitario**

- Se medirán los múltiples diámetros y alturas, y se registrará el peso en aire del espécimen seco. A continuación, cada espécimen se sumergió en un baño de agua por 5 minutos, hasta alcanzar la estabilidad, y se obtendrá su peso en agua. Para finalizar, se secará la superficie del espécimen con un paño húmedo y se registrará su peso en aire en estado saturado y con superficie seca.

*Ilustración 61: Registro de pesos secos*



*Ilustración 62: Especimen sumergido*



*Ilustración 63: Secado de espécimen*



### Peso específico teórico máximo

- Se registro el peso del contenedor vacío y se colocará agua hasta la línea calibrada tomando nota del peso en conjunto de estos, a continuación, se colocó una muestra específica de mezcla asfáltica no compactada la cual deberá estar enfriada registrando el peso del contenedor con agua más mezcla asfáltica; la misma que fue sometida a la máquina de vibración juntamente con la bomba de vacíos para remover el aire atrapado por un periodo de 5 minutos. Para finalizar se registra el peso después del ensayo.



*Fuente: Elaboración Propia*

### Porcentaje de vacíos

- Para calcular el porcentaje de vacíos se determinó el peso específico aparente de cada espécimen compactado y el peso específico teórico máximo de una muestra asfáltica descritos en el paso anterior.

## ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL

- Registrar la medida de la altura del espécimen utilizando un vernier, con el objetivo de corregir las estabilidades obtenidas en el ensayo. Para el análisis de estabilidad y flujo, se empleará la prensa Marshall.
- Los especímenes se sumergieron en agua durante 30 minutos a una temperatura de 60°C, se secaron y fueron colocado en el aparato Marshall para aplicar la carga hasta que la muestra falle registrando así valores de estabilidad y flujo.



*Fuente: Elaboración Propia*

## ENSAYO CANTABRO DE PÉRDIDA POR DESGASTE

- Se introdujo el espécimen en el equipo de prueba de Los Ángeles y se sometió a un proceso de desgaste sin ninguna carga abrasiva durante 300 revoluciones. Durante este proceso, los áridos más superficiales se desprendieron debido al efecto abrasivo e impacto, lo que permitió determinar la cantidad de material perdido en relación con el peso inicial del espécimen. Finalmente, se registró el peso final para compararlo con el peso antes de realizar el ensayo.

*Ilustración 70: Registro de pesos iniciales*



*Ilustración 71: Emsayo a 300 Rev.*



*Ilustración 72: Especímenes después del ensayo*



*Fuente: Elaboración Propia*

### **ENSAYO DE RESISTENCIA AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD**

- Los especímenes del subgrupo en seco fueron cubiertos con plástico para ser colocados a un baño de agua a 25°C por un tiempo de 2 horas, para luego ensayar los especímenes.
- Los especímenes del subgrupo acondicionado se colocaron en el contenedor de vacíos, llenando con agua potable de tal forma que estén cubiertas por encima de su superficie; para luego sacar los vacíos a una presión de 26 pul de hg por un periodo de 5 minutos. Por consiguiente, se sumergió el espécimen en agua por 5 minutos determinado así el peso saturado con superficie seca después de la saturación parcial al vacío, cada espécimen se cubrirá con una bolsa de plástico, la cual se sellará adecuadamente. Luego, se colocarán las bolsas que contienen los especímenes en el congelador, durante 16 horas.
- Transcurrido el tiempo, se colocaron los especímenes en un baño de agua potable a 60°C durante 24 horas. Después de este período, se retiró la película plástica y las bolsas de cada espécimen, y se sumergieron en un baño de agua a 25 °C durante 2 horas. Para finalizar, se retiraron los especímenes del baño de agua y se sometieron a ensayos en la máquina de pruebas para determinar el esfuerzo de tensión.

*Ilustración 73: Subgrupo en seco*



*Ilustración 74: Subgrupo acondicionado*



*Ilustración 75: Especímenes sumergidos*



*Ilustración 76: Especímenes colocados en la congeladora*



*Ilustración 77: Baño de agua*



*Ilustración 78: Especímenes sometidos a la máquina de ensayos*



*Fuente: Elaboración Propia*

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Resultados para ensayos de laboratorio de los agregados

#### 1. Granulometría

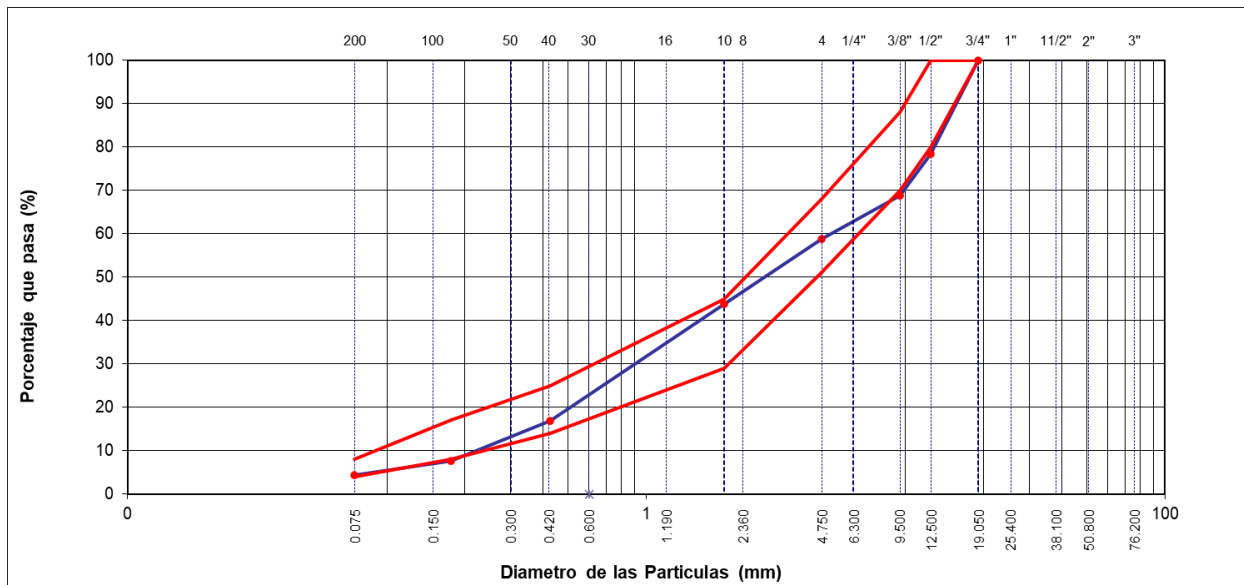
Tabla 15: Granulometría de agregados

TAMIZ	AASHTOT-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACION	
	(mm)	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA		
3"	76.200					<b>MAC - 2</b>	
3/4"	19.000	0			100.0	100	
1/2"	12.500	562	21.5	21.5	78.5	67	85
3/8"	9.500	255	9.8	31.3	68.7	60	77
Nº 4	4.750	259	9.9	41.2	58.8	43	54
Nº 10	2.000	392.0	14.9	56.1	43.9	29	45
Nº 40	0.425	710.0	27.0	83.1	16.9	14	25
Nº 80	0.177	241.0	9.2	92.3	7.7	8	17
Nº 200	0.075	85.0	3.2	95.5	4.5	4	8
< Nº 200	FONDO	117.0	4.5	100.0			

Fuente: Elaboración propia

La curva granulométrica se alinea con las indicaciones de gradación tipo MAC-2.

Ilustración 79: Curva granulométrica



Fuente: Elaboración propia

## Resultados de los ensayos del agregado grueso

### 2. Durabilidad al sulfato de magnesio

Los resultados de la durabilidad frente a los sulfatos de Magnesio presentaron un desgaste total de 17.4%.

*Tabla 16: Resultados*

Tamaño de los tamices		Gradacion Original (peso)	Gradacion de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	N° de Particulas	Peso Ret. de spues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	N° de Particulas
Pasa	Retiene								
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0	0.0	0	0	0	0	0	0
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	0	0.0	0	0	0	0	0	0
1 1/2" 37.5 mm	3/4" 19 mm	0	0.0	0	0	0	0	0	0
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	1475	31.0	1000	340	764	23.6	7.3	210
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	1388	29.2	1000	532	870	13.0	3.8	145
3/8" 9.5 mm	N° 4 4.75 mm	1898	39.9	298	550	251	15.8	6.3	
<b>TOTAL</b>		<b>4761</b>	<b>100.0</b>	<b>2298</b>	<b>1422</b>	<b>1885</b>	<b>52.4</b>	<b>17.4</b>	

*Fuente: Elaboración propia*

### 3. Abrasión los Ángeles

Presentó un porcentaje de desgaste de 14.30% respecto al peso inicial de 5kg, y a su vez presentó un coeficiente de uniformidad de 0.15%.

*Tabla 17: Resultados*

- Peso inicial antes del ensayo (gr)	5000
- Peso final después de las 200 revoluciones (gr)	4896
- Peso final después de las 500 revoluciones gr	4284
- % de desgaste por abrasión	<b>14.3</b>
- % de uniformidad	<b>0.15</b>

*Fuente: Elaboración propia*

#### 4. Partículas chatas y alargadas

Se tiene un 8.3% de partículas chatas y partículas alargadas respecto al totalidad de la muestra ensayada.

Tabla 18: Resultados

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS		ALARGADAS	
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	PESO	(%)
(pulg)	(mm)							
3/4"	19.00			100.00				
1/2"	12.50	500.0	60.98	39.02	292	35.61	100	12.20
3/8"	9.50	200.0	24.39	14.63	157	19.15	59	7.20
1/4"	6.30	120.0	14.63	-	92	11.22	52	6.34
			<b>TOTAL</b>		<b>541</b>	<b>65.98</b>	<b>211</b>	<b>25.73</b>
PESO TOTAL DE LA MUESTRA				(g)	820.0			
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS				(%)	91.7		ESPECIFICACIÓN:10% $\leq$ Max	
TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS				(%)	8.3			

Fuente: Elaboración propia

#### 5. Caras fracturadas

Los porcentajes obtenidos para los agregados de una cara fracturada son del 30.8%, así mismo el porcentaje para dos caras fracturadas es de 42.2%.

Tabla 19: Resultados

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON UNA CARA FRACT B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = ((B/A)*100)$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C + D$
N°	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	33.33%	---	33.33%
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	33.33%	---	33.33%
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	33.33%	---	33.33%
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	33.33%	---	33.33%
3/4"	1/2"	500.0 g.	1138.0	217.0	19.1%	0.6 %	0.1 %
1/2"	3/8"	200.0 g.	692.0	81.0	11.7%	0.4 %	0.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57700.0 g.</b>	<b>1830.0 g.</b>	<b>298.0 g.</b>	<b>30.8 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>0.2 %</b>

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 30.8%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Resultados

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT.B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = ((B/A)*100)$	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C * D$
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	0.119%	---	0.119%
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	0.119%	---	0.119%
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	0.119%	---	0.119%
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	0.119%	---	0.119%
3/4"	1/2"	500.0 g.	1138.0	284.0	25.0 %	0.6 %	0.2 %
1/2"	3/8"	200.0 g.	692.0	119.0	17.2 %	0.4 %	0.1 %
<b>TOTAL</b>		<b>57700.0 g.</b>	<b>1830.0 g.</b>	<b>403.0 g.</b>	<b>42.2 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>0.2 %</b>

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 42.2%

Fuente: Elaboración propia

## 6. Sales solubles totales

El resultado obtenido mostró que contiene el 0.12% de sales.

Tabla 21: Resultados

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	
02	Número de beaker		2	
03	Peso de beaker	g.	31.96	
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	32.02	
05	Peso de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.06	
06	Volumen de la solución tomada	ml	50	
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[ [(5) \times (1000000) ] / (6) ] \times (1)$	ppm	1200
<b>CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES TOTALES EN PESO SECO</b>			<b>(7) / 10000 (%)</b>	<b>0.12</b>

Fuente: Elaboración propia

## 7. Absorción

El resultado obtenido de absorción es de 0.91%.

Tabla 22: Resultados

1.-	Peso de la muestra seca al horno	g	3954	
2.-	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	3990	
3.-	peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	3400	
4.-	Peso de la canastilla	g	880	
5.-	Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4) g	2520	
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.</b>			<b>((2-1)/1)*100 %</b>	<b>0.91</b>

Fuente: Elaboración propia

## Resultados de los ensayos del agregado fino

### 1. Durabilidad al Sulfato de Magnesio

La durabilidad frente a los sulfatos de Magnesio en los agregados finos presentó un desgaste total de 7.9%.

Tabla 23: Resultados

Tamaño de los tamices		Gradacion Original (peso)	Gradacion de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Correjada (%)
Pasa	Retiene						
3/8"	Nº 4	0	0.0	100	0	100.0	0.0
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	142.7	10.0	100	93.4	6.6	0.7
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	228.6	16.0	100	92.4	7.6	1.2
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	318.8	22.3	100	94.3	5.7	1.3
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	331.1	23.1	100	86.4	13.6	3.1
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	230.1	16.1	100	90.3	9.7	1.6
300 µm	150 µm						
Nº 100		181.4	12.7	100	99.8	0.2	0.0
150 µm							
<b>TOTAL</b>		<b>1432.7</b>	<b>100.0</b>	<b>700</b>	<b>556.6</b>	<b>143.4</b>	<b>7.9</b>

Fuente: Elaboración propia

### 2. Equivalente de arena

El porcentaje promedio obtenido del equivalente de arena para las tres probetas resultó 77%.

Tabla 24: Resultados

DESCRIPCION	C-1		
	1	2	3
Muestra Nº			
Tamaño maximo (mm.)	Nº 4	Nº 4	Nº 4
Hora de entrada	5.01	5.05	5.10
Hora de salida	5.51	5.55	5.60
Hora de entrada	5.15	5.20	5.25
Hora de salida	5.35	5.40	5.45
Altura maxima del material fino(cm.)	5.50	5.50	5.60
Altura maxima de la arena (cm.)	4.40	4.30	4.00
Equivalente de arena (EA)	80.0 %	78.2 %	71.4 %
<b>EQUIVALENTE DE ARENA (EA)</b>	<b>77 %</b>		

Fuente: Elaboración propia

### 3. Azul de metileno

El resultado obtenido para el valor de azul de metileno es de 1.4 mostrando que se usaron 7ml para lograr llegar al tono correcto.

Tabla 25: Resultados

MUESTRA	Azul de Metileno	Cantidad de Solución ml	Peso del Material Fino (N° 200)	Resultado
		Numero		
AGREGADO FINO - pasa Tamiz N°200	Cada 0.5 ml	7.0	5.0	1.4

Fuente: Elaboración propia

### 4. Índice de plasticidad

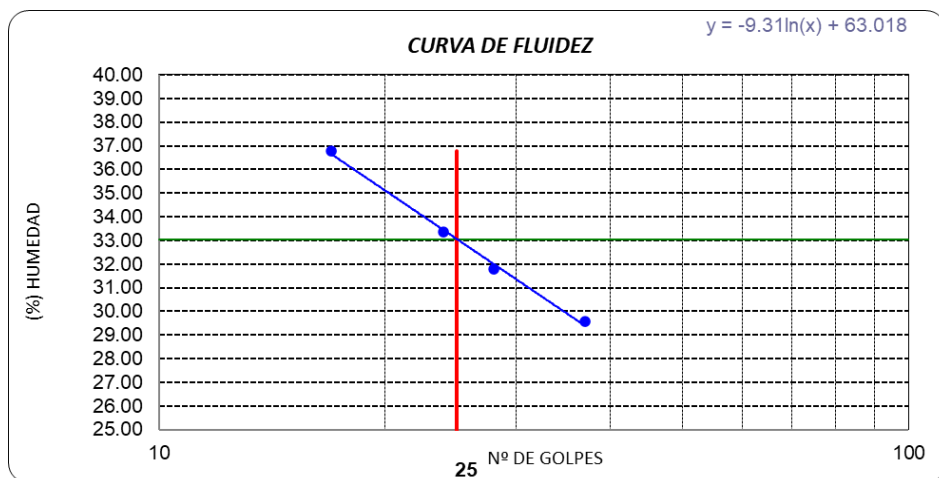
El resultado del índice de plasticidad obtenido para la malla N°200 es de 3.54%.

Tabla 26: Resultados

Datos del ensayo	Límite líquido				Límite Plástico	
	1	2	3	4	5	66
N° de tarro						
N° de golpes	37	28	24	17		
Tarro + suelo húmedo	32.42	33.21	39.71	32.67	29.7	29.7
Tarro + suelo seco	29.9	29.55	34.3	28.99	27.82	27.82
Agua	2.52	3.66	5.41	3.68	1.88	1.88
Peso del tarro	21.38	18.03	18.08	18.98	21.45	21.45
Peso del suelo seco	8.52	11.52	16.22	10.01	6.37	6.37
Porcentaje de humedad	29.58	31.77	33.35	36.76	29.51	29.51
<b>CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA</b>						
Límite Líquido	33.05					
Límite Plástico	29.51					
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>3.54</b>					

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 80: Curva de fluidez



Fuente: Elaboración propia

## 5. Sales solubles totales

El resultado obtenido mostró que contiene el 0.04% de sales.

*Tabla 27: Resultados*

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	
02	Número de beaker		1	
03	Peso de beaker	g.	32.77	
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	32.79	
05	Peso de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.02	
06	Volumen de la solución tomada	ml	50	
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[\frac{[(5) \times (1000000)]}{(6)}] \times (1)$	ppm	400
<b>CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES TOTALES EN PESO SECO</b>			<b>(7) / 10000 (%)</b>	<b>0.04</b>

*Fuente: Elaboración propia*

## 6. Absorción

El resultado obtenido de absorción es de 0.4%.

*Tabla 28: Resultados*

1.-	Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	
2.-	Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	940.8	
3.-	Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	643.2	
4.-	Peso del Agua.	(2-3) g	297.6	
5.-	Peso del Frasco	g	143.2	
6.-	Peso de la Muest. secada a horno + Peso del frasco.	(5+7) g	641.2	
7.-	Peso de la Muest. seca en el horno.	g	498.0	
8.-	Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	
<b>PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.</b>			<b><math>((1-7)/7) \times 100</math> %</b>	<b>0.40</b>

*Fuente: Elaboración propia*

Tabla 29: Resumen de caracterización de los agregados

TIPO	ENSAYOS	REQUERIMIENTO	RESULTADOS
		Altitud(msnm) ≤ 3.000	
AGREGADO GRUESO	Durabilidad(al sulfato de magnesio)	18% máx.	17.40%
	Abrasion Los Angeles	40% máx.	14.30%
	Particulas chatas y alargadas	10% máx.	8.30%
	Caras fracturadas	85/50	30.8/42.2
	Sales Solubles Totales	0,5% máx.	0.12%
	Absorcion	1,0% máx.	0.91%
AGREGADO FINO	Equivalente de arena	60% mín.	77%
	Azul de metileno	8 máx.	1.4
	Indice de plasticidad (malla N.º 40)	NP	NP
	Durabilidad(al sulfato de magnesio)	—	7.90%
	Indice de plasticidad (malla N.º 200)	4 máx.	3.54
	Sales Solubles Totales	0,5% máx.	0.04%
	Absorcion	0,5% máx.	0.4%

Fuente: Elaboración propia

### Resultados de la mezcla asfáltica

Para empezar a llevar a cabo los ensayos se determinó el contenido ideal de asfalto usando el método de diseño Marshall, se ensayaron 55 especímenes con porcentajes de asfalto de 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Como resultado, se encontró que el contenido óptimo es del 4.8%.

Tabla 30: Resultados de Método de diseño Marshall

METODO DE DISEÑO MARSHALL	
Optimo Contenido C.A	4.80
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.29
Vacios (%)	4.90
Vacios del Agregado mineral (%)	15.00
Vacios Llenados de C.A (%)	62.00
Flujo (mm)	8.00
Estabilidad (Kg)	2850.00
Relación Polvo Asfalto	0.65
Relacion estabilidad/flujo(kg/cm)	3250

Fuente: Elaboración propia

## Ensayo estabilidad y flujo Marshall

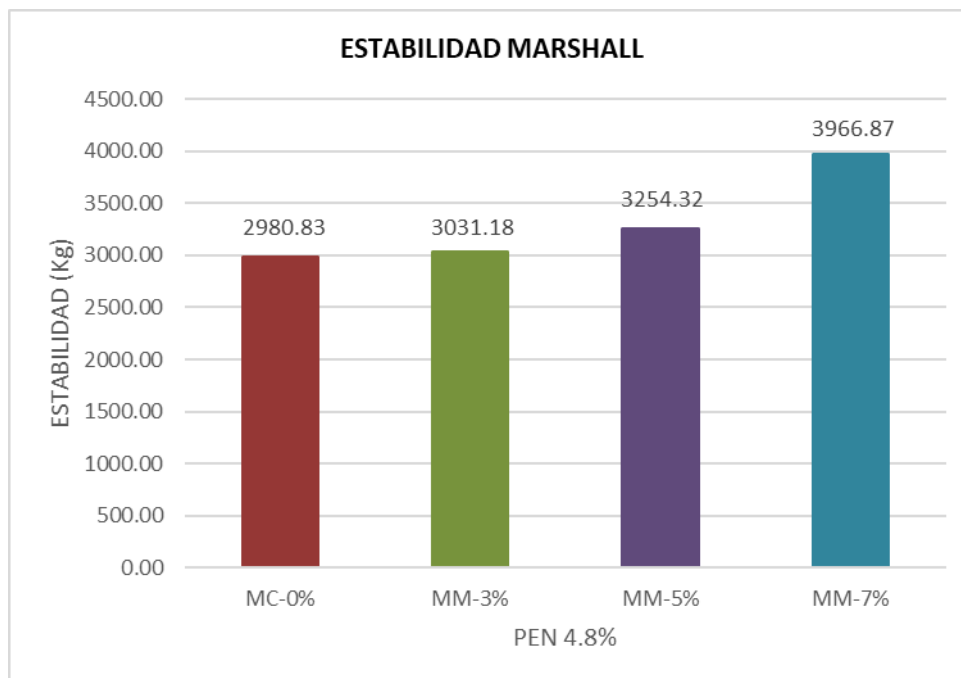
Se aplicaron para 24 especímenes con el óptimo contenido de asfalto con los diferentes porcentajes de EVA al 0%,3%,5% y 7%; para ambas muestras convencionales y modificadas, se realizó un análisis de verificación de flujo, factor de rigidez; obteniendo un promedio para cada uno de los porcentajes tal como se muestran en las tablas.

Tabla 31: Resultados estabilidad y flujo para la muestra convencional y modificada

MEZCLA ASFALTICA	ESTABILIDAD MARSHALL(Kg)	FLUJO MARSHALL(mm)	RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/mm)
<b>PEN 4.8 %</b>			
MC-0%	2980.83	8.00	3688.63
MM-3%	3031.18	8.08	3794.44
MM-5%	3254.32	8.21	3977.65
MM-7%	3966.87	7.67	5102.68

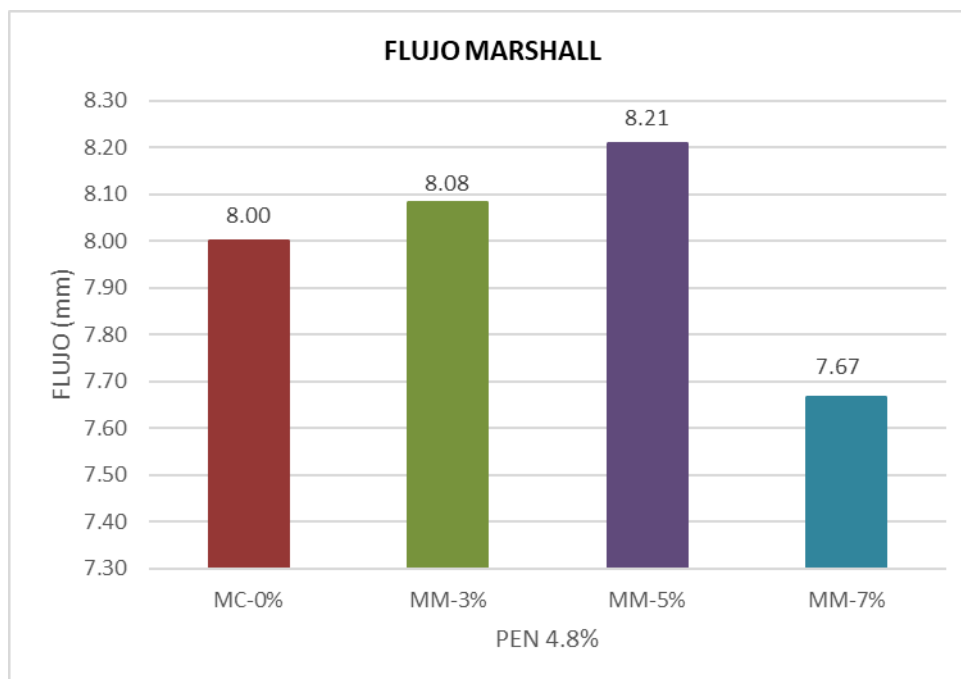
Fuente: Elaboración propia

Diagrama 1: Estabilidad Marshall de muestra convencional y modificada



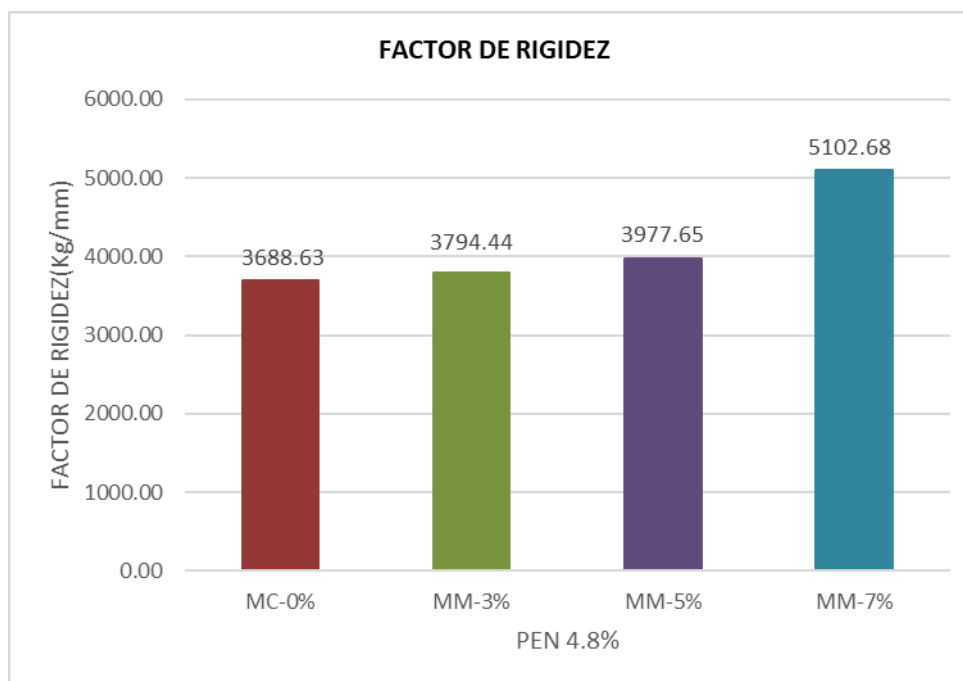
Fuente: Elaboración propia

Diagrama 2: Flujo Marshall muestra convencional y modificada



Fuente: Elaboración propia

Diagrama 3: Relación estabilidad/flujo Marshall para la muestra convencional y modificada



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el MTC los parámetros de diseño de muestra deberán concretar con los siguientes criterios:

*Tabla 32: Características Marshall*

CARACTERISTICAS	REQUISITOS	MC-0%	MM-3%	MM-5%	MM-7%
<b>PEN 4.8%</b>					
GOLPES POR LADO	75	75	75	75	75
PESO UNITARIO	–	2.33	2.33	2.28	2.18
PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO	–	2.444	2.450	2.397	2.39
% VACIOS CON AIRE	3–5	4.65	4.82	4.96	9.03
VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL	Min 15	15.48	15.42	15.0	16.69
VACIOS LLENADOS DE C.A%	65–75	71.02	72.49	68.19	45.94
RELACION POLVO ASFALTO	0.6–1.3	1.05	1.04	1.012	1.02
ESTABILIDAD (mínimo)	8.15 KN	2980.83	3031.18	3254.32	3966.87
FLUJO 0.01''(0.25mm)	8–14	8.00	8.08	8.21	7.67
RELACION ESTABILIDAD /FLUJO(Kg/cm)	1700-4000	3688.63	3794.44	3977.65	5102.68

*Fuente: Elaboración propia*

### **Resistencia a la humedad inducida**

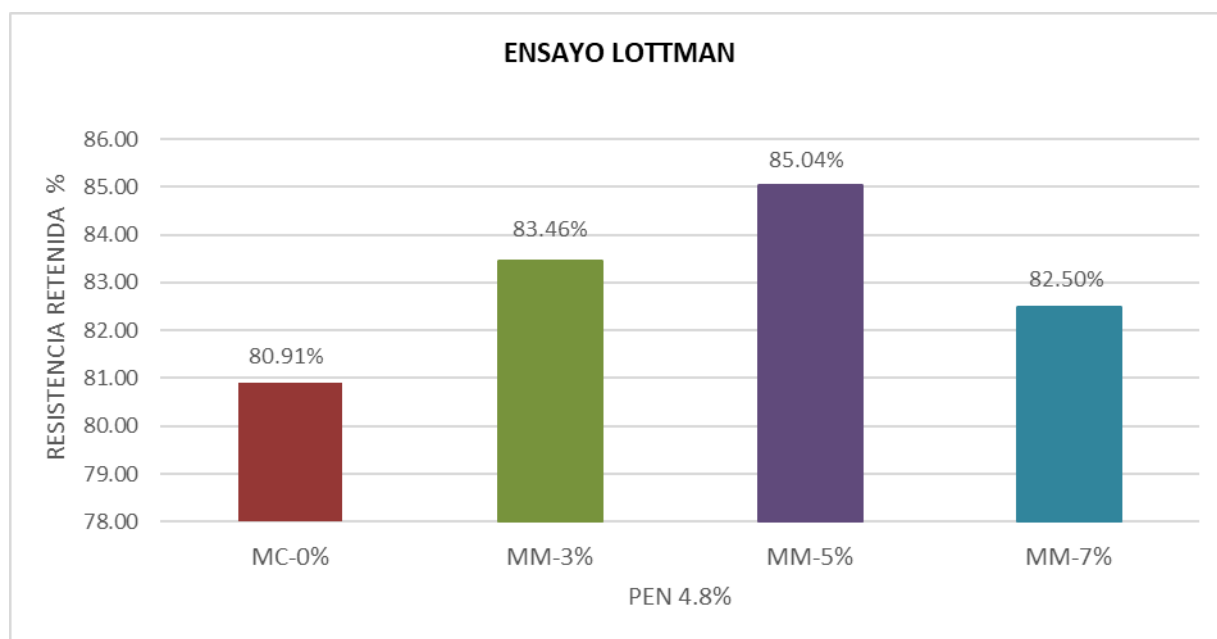
La tabla presenta los resultados de la resistencia tanto en condiciones húmedas como secas obtenidas mediante la tracción indirecta. Se observa que, para la muestra convencional la resistencia seca es superior a la húmeda con valores de 4.35kg/cm<sup>2</sup> y 3.52kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, lo que da como resultado una resistencia retenida del 80.91%. En las muestras modificadas con un 3% de adición la resistencia seca es de 4.71kg/cm<sup>2</sup> y la húmeda de 3.93kg/cm<sup>2</sup>, con una resistencia retenida del 83.46%. Para el 5% de adición, la resistencia seca es de 3.89kg/cm<sup>2</sup> y la húmeda de 3.31kg/cm<sup>2</sup>, alcanzando una resistencia retenida del 85.04%. Finalmente, con el 7% de adición la resistencia seca es de 2.89kg/cm<sup>2</sup> y la húmeda de 2.39kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia retenida del 82.50%; los cuales son resultados mayores que el porcentaje mínimo establecido por el MTC (80% mín.)

Tabla 33: Resultados del Ensayo Lottman de muestra convencional y modificada

ENSAYO LOTTMAN				
%EVA	Nº DE BRIQUETA	RESISTENCIA HUMEDA(Kg/cm2)	RESISTENCIA SECA(Kg/cm2)	RESISTENCIA RETENIDA (TSR)%
<b>PEN 4.8%</b>				
MC-0%	1	3.13	3.97	80.91
	2	4.28	4.77	
	3	3.13	4.31	
	PROMEDIO	3.52	4.35	
MM-3%	1	4.00	4.70	83.46
	2	3.63	4.21	
	3	4.17	5.23	
	PROMEDIO	3.93	4.71	
MM-5%	1	3.76	4.09	85.04
	2	3.71	4.23	
	3	2.46	3.36	
	PROMEDIO	3.31	3.89	
MM-7%	1	2.29	2.97	82.50
	2	2.44	2.64	
	3	2.42	3.07	
	PROMEDIO	2.39	2.89	

Fuente: Elaboración propia

Diagrama 4: Resistencia retenida de muestra convencional y modificada



Fuente: Elaboración propia

## Ensayo cántabro

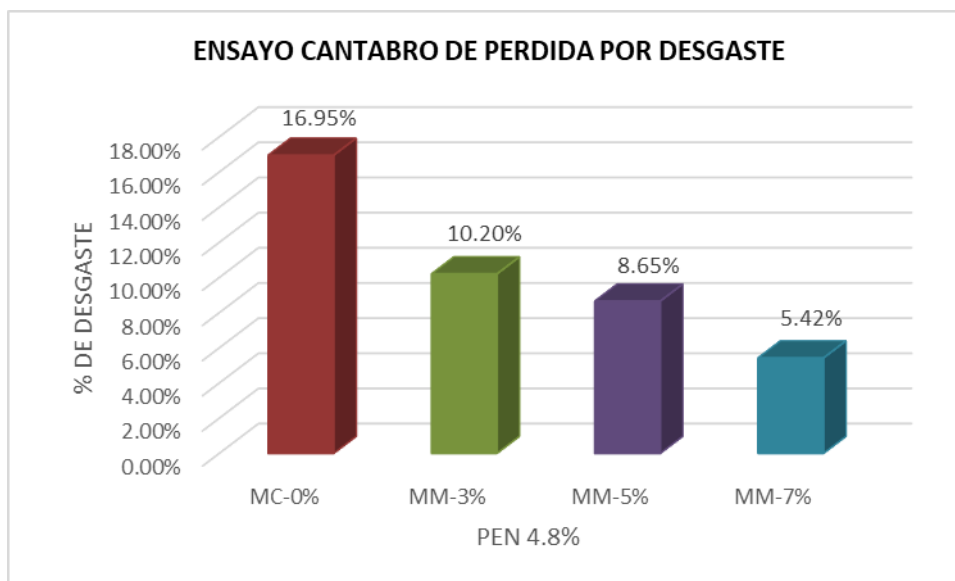
El ensayo cántabro de desgaste en las muestras convencionales mostro una perdida promedio de 16.95%. En comparación, las muestras modificadas con un 3% de adición tuvieron un desgaste del 10.20%, las de 5% registraron una pérdida del 8.65%, y las de 7% presentaron un desgaste del 5.42%.

*Tabla 34: Resultados del Ensayo cántabro de muestra de convencional y modificada*

ENSAYO CÁNTABRO DE PERDIDA POR DESGASTE							
N° DE BRIQUETA	% EVA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO INICIAL	PESO FINAL	PERDIDA POR DESGASTE %	PROMEDIO
<b>PEN 4.8%----T 24°C----300 Rev.</b>							
1	MC-0%	10.18	6.26	1122.40	887.60	20.92%	<b>16.95%</b>
2		10.22	6.59	1126.00	965.10	14.29%	
3		10.18	6.83	1181.90	1028.10	13.01%	
4		10.24	6.22	1064.70	936.20	12.07%	
5		10.22	6.33	1138.80	1013.50	11.00%	
6		10.22	6.24	1053.80	733.50	30.39%	
1	MM-3%	10.18	6.22	1096.00	938.50	14.37%	<b>10.20%</b>
2		10.22	6.03	1056.10	961.30	8.98%	
3		10.18	5.60	1023.00	958.30	6.32%	
4		10.24	6.55	1173.50	1014.10	13.58%	
5		10.22	5.68	983.80	905.60	7.95%	
6		10.22	6.48	1149.20	1034.50	9.98%	
1	MM-5%	10.18	5.98	1050.20	994.60	5.29%	<b>8.65%</b>
2		10.22	5.96	1057.00	987.20	6.60%	
3		10.18	6.16	1081.30	1011.20	6.48%	
4		10.24	6.11	1056.70	968.90	8.31%	
5		10.22	6.16	1081.40	981.60	9.23%	
6		10.22	6.15	1089.60	915.60	15.97%	
1	MM-7%	10.18	4.93	838.40	763.70	8.91%	<b>5.42%</b>
2		10.22	5.85	1013.70	955.00	5.79%	
3		10.18	5.69	982.40	938.60	4.46%	
4		10.24	5.41	961.60	916.90	4.65%	
5		10.22	5.65	988.60	930.00	5.93%	
6		10.22	5.84	1020.10	991.80	2.77%	

*Fuente: Elaboración propia*

Diagrama 5: % de pérdida por desgaste de muestra convencional y modificada



Fuente: Elaboración propia

### Cantidad optima

La siguiente tabla detalla el contenido óptimo de EVA obtenido después de analizar las propiedades de los ensayos realizados cumpliendo con los requisitos establecidos.

Tabla 35: Contenido óptimo de polímero

CONTENIDO OPTIMO 5% EVA		
PARAMETROS	REQUISITOS	MM-5%
Estabilidad(mínimo)	8.15KN	3254.32
Flujo mm	8-14	8.21
Resistencia estabilidad/Flujo(kg/cm)	1.700-4000	3977.65
Resistencia conservada en la prueba de traccion indirecta AASHTO T 283	80Min	85.04%
Perdida por desgaste %	—	8.65%

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de costos unitarios

De acuerdo con la siguiente tabla, los costos unitarios para la mezcla convencional por m3 es de S/.534.915 y S/.648.051 por m3 para una mezcla modificada.

Tabla 36: Análisis de costos unitarios mezcla convencional y modificada

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CARPETA ASFALTICA 2"							
Rendimiento:	350	m3/día	Jornada:	8	horas/día		
					Total de costo unitario		534.915
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL	
<b>MATERIALES</b>							
ASFALTO	gal		28.585	14.5	414.487	477.247	
GRAVA	m3		0.310	60	18.600		
ARENA	m3		0.570	55	31.350		
FILLER	Kg		0.557	23	12.810		
EVA	Kg		0	1.5	0.000		
<b>MANO DE OBRA</b>							
Operario	hh	1	0.023	26.52	0.607	2.768	
Oficial	hh	1	0.023	20.47	0.469		
Peón	hh	4	0.091	18.51	1.692		
<b>EQUIPOS</b>							
Herramientas Manuales	%mo		5	2.768	13.839	54.900	
Cargador sobre llantas de 125-135 HP yd3	hm	2	0.046	220.00	10.054		
Grupo electrogeno C9 300 KW	hm	1	0.023	212.00	4.855		
Grupo electrogeno de 70 KW	hm	1	0.023	192.00	4.397		
Planta de asfalto en caliente 65-115 ton/h	hm	1	0.023	800.00	18.320		
Calentador de asfalto	hm	1	0.023	150.00	3.435		

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS CARPETA ASFALTICA 2"							
Rendimiento:	350	m3/día	Jornada:	8	horas/día		
					Total de costo unitario		648.051
NOMBRE DEL RECURSO	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO	PARCIAL	TOTAL	
<b>MATERIALES</b>							
ASFALTO	gal		29.075	14.5	421.585	590.383	
GRAVA	m3		0.310	60	18.600		
ARENA	m3		0.550	55	30.250		
FILLER	Kg		0.557	23	12.811		
EVA	Kg		71.425	1.5	107.137		
<b>MANO DE OBRA</b>							
Operario	hh	1	0.023	26.52	0.607	2.768	
Oficial	hh	1	0.023	20.47	0.469		
Peón	hh	4	0.091	18.51	1.692		
<b>EQUIPOS</b>							
Herramientas Manuales	%mo		5	2.768	13.839	54.900	
Cargador sobre llantas de 125-135 HP yd3	hm	2	0.046	220.00	10.054		
Grupo electrogeno C9 300 KW	hm	1	0.023	212.00	4.855		
Grupo electrogeno de 70 KW	hm	1	0.023	192.00	4.397		
Planta de asfalto en caliente 65-115 ton/h	hm	1	0.023	800.00	18.320		
Calentador de asfalto	hm	1	0.023	150.00	3.435		

Fuente: Elaboración propia

## DISCUSIONES

1. De acuerdo con el primer objetivo específico el cual es evaluar la variabilidad de la estabilidad y flujo de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, de acuerdo con la tabla 31, los resultados para los especímenes convencionales muestran una estabilidad de 2980.03 kg y un flujo de 8 mm, con una relación estabilidad/flujo de 3688.63 kg/mm. En los especímenes modificados al 3% la estabilidad es de 3031.18 kg, el flujo es de 8.08 mm y la relación estabilidad /flujo es de 3794.44 kg/mm. Al 5% de modificación, la estabilidad alcanza los 3254.32 kg, con un flujo de 8.21 mm y una relación estabilidad /flujo de 3977.65 kg/mm. Finalmente, al 7%, se observa una estabilidad de 3966.87 kg, un flujo de 7.67 mm y una relación estabilidad/flujo de 5102.68 kg/mm. Por otro lado, Lifonzo [8] reporta para sus muestras convencionales una estabilidad de 1064kg y un flujo de 14mm con una relación estabilidad /flujo de 3039.00kg/mm; en cuanto a las mezclas modificadas, con un 1% se obtuvo una estabilidad de 1191.33kg, un flujo de 13.67mm y una relación estabilidad/flujo de 3493.00kg/mm. Al aumentar al 2%, la estabilidad fue de 1357.67kg, el flujo de 14.33mm, y la relación estabilidad/flujo alcanzo los 3843.33kg/mm. Para la mezcla al 3%, la estabilidad alcanzo a 1531.67kg con un flujo de 13.67mm, resultando una relación estabilidad flujo de 4487.67 kg/mm. Finalmente, al 4%, se logró una estabilidad de 1668.33kg,un flujo de 14mm.Lo cual de acorde a la normativa MTC EG-2013, estos resultados están dentro de los parámetros permitidos de 1700 kg/mm y 4000 kg/mm hasta el 2% de SBS, en cambio en la presente investigación se cumplen con todas las adiciones excepto al 7%, ya que presenta un flujo inferior al valor establecido y una relación estabilidad/flujo que excede los parámetros.
2. El segundo objetivo es evaluar la resistencia por humedad inducida de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, los resultados de la tabla 33 indican que las muestras convencionales tienen una razón del esfuerzo a tensión del 80.91%. En cambio, las mezclas modificadas al 3%, 5% y 7% muestran razones de esfuerzo a tensión del 83.46%, 85.04% y 82.50%, respectivamente. Según Bernardo [9] para la resistencia al daño inducido por humedad de la muestra modificada al 0.5% de PET reciclado en la prueba de tracción fue de 82.8%, por lo cual los valores son mayores al mínimo del 80% establecido y por ende se cumplió con los requisitos de los parámetros que se encuentran en norma AASHTO T 283.

3. Con respecto al tercer objetivo donde es evaluar la pérdida por desgaste de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la tabla 34 mediante el ensayo cántabro, las muestras convencionales tuvieron un desgaste promedio de 16.95%. En cambio, las muestras modificadas con un 3% de adición mostraron un desgaste del 10.20%, aquellas con un 5% registraron una pérdida del 8.65%, y las que contenían un 7% presentaron un desgaste del 5.42%. Según Quispe [10], sus muestras convencionales tuvieron una pérdida del 5.41%, y las modificadas alcanzaron un 3.97%.
4. El cuarto objetivo el cual es determinar la cantidad óptima del polímero resina EVA para el comportamiento de las propiedades mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente, después de evaluar las distintas propiedades con adiciones del 3%, 5% y 7% en relación con la estabilidad y el flujo Marshall, la resistencia al daño por humedad y la pérdida por desgaste, se concluyó que el mejor rendimiento se obtiene con una adición del 5%. Por lo tanto, el contenido óptimo de EVA es de 5%.
5. El quinto y último objetivo es determinar el costo unitario en una mezcla asfáltica en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, en el presente estudio los resultados obtenidos evidencian un incremento del S/113.136 por m<sup>3</sup> con respecto a la mezcla convencional, equivalente aproximado a un 21.1% adicional. Este aumento se debe al valor del polímero, un aditivo de alto costo unitario pero que aporta mejoras sustanciales en el comportamiento mecánico y estructural de la mezcla; por ende, aunque la mezcla modificada implica una mayor inversión inicial su uso puede ser económicamente justificable al considerar el ciclo de vida del pavimento dado que la mayor durabilidad y la reducción en intervenciones de mantenimiento permiten reducir la diferencia de costos a lo largo del tiempo, principalmente en vías de alto tránsito sometidas a condiciones ambientales exigentes.

## CONCLUSIONES

1. Se evaluó la variabilidad de la estabilidad y flujo Marshall con incorporación del polímero EVA, con un porcentaje del 3% se logró una estabilidad de 3031.18 kg y un flujo de 8.08 mm, junto con una relación estabilidad/flujo de 3794.44 kg/mm. En el caso del 5% la estabilidad fue de 3254.32 kg, el flujo se incrementó a 8.21 mm y la relación estabilidad/flujo alcanzó los 3977.65 kg/mm; por lo cual se evidencia las mejoras positivas de acuerdo con los parámetros Marshall dado que aumentando la estabilidad indica que la mezcla es capaz de soportar el tráfico y las condiciones climáticas sin sufrir daños significativos y así teniendo un flujo adecuado asegura que la mezcla tenga suficiente ductilidad para adaptarse a las variaciones de temperatura y carga sin agrietarse. Al 7% se tiene una estabilidad de 3966.87 kg sin embargo un flujo por debajo siendo de 6.67 mm y la relación estabilidad/flujo sobrepasa los límites establecidos con un 5102.68 kg/mm, lo cual al tener una estabilidad alta estas pueden soportar cargas pesadas sin deformarse, pero al tener un flujo bajo son muy rígidas siendo más propensos a la fractura o agrietamiento del pavimento.
2. Se evaluaron la resistencia por humedad inducida de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, obteniendo resultados de valores TSR superiores al parámetro mínimo fijado en la norma con todos los porcentajes trabajados, los cuales fueron del 80.91%, 83.46%, 85.04% y 82.50%; esto indica que la mezcla tiene una buena resistencia al daño por humedad es decir, que es capaz de mantener el 80% de su resistencia a la tracción indirecta después de haber sido expuesta a condiciones de humedad, evitando que el agua no afecte significativamente la cohesión entre el asfalto y los agregados.
3. Se evaluó la pérdida por desgaste de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina Eva obteniendo resultados favorables, dado que al incorporar en porcentaje mayores la resistencia al desgaste disminuye, logrando valores de 16.95%, 10.20%, 8.65% y 5.42%; lo que contribuiría a la durabilidad extendiendo la vida útil en servicio del pavimento.

4. Se determino la cantidad optima del polímero resina EVA para el comportamiento de las propiedades mecánicas en las mezclas asfálticas en caliente, se concluyó que los especímenes al 5% de EVA muestran resultados significativos cumpliendo con los requisitos del MTC.
  
5. Se determino el costo unitario en una mezcla asfáltica en caliente con la incorporación del polímero resina Eva, el cual presenta un costo unitario por metro cúbico de S/.648.051, superando en S/113.136 en cuanto a la mezcla tradicional, cuyo costo es de S/.534.915. Este incremento responde al uso del aditivo polimérico, sin embargo, considerando las mejoras técnicas y la reducción de costos por mantenimiento a largo plazo, la mezcla modificada presenta una alternativa viable en proyectos donde se priorice la durabilidad y el desempeño del pavimento.

## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere utilizar la cantidad ideal de EVA hasta el 5% para alcanzar los estándares con respecto a las propiedades Marshall.
2. Se sugiere ampliar el número de muestreo y realizar a más temperaturas ensayo de Lottman.
3. Se sugiere realizar el ensayo de Cántabro en estado húmedo para verificar la durabilidad de HMA.
4. Se sugiere utilizar EVA en una HMA que este diseñada para resistir un alto volumen de tráfico, manteniendo su proporción hasta el 5%, esto asegura que se cumplan adecuadamente los requisitos de las propiedades físicas y mecánicas establecidas, ayudando a incrementar la durabilidad y la calidad del pavimento. Esta cantidad se considera apropiada para asegurar un mejor rendimiento y una mayor duración de las vías asfaltadas.
5. Se recomienda construir con mezclas modificadas tratándose de grandes toneladas dado que la adquisición de la adición en cantidades pequeñas es elevado, incrementado los costos por m<sup>3</sup>.

**REFERENCIAS**

- [1] J. Santos y K. S. S. B. Verónica Cerezo, «A Comparative Life Cycle Assessment of Hot Mix Asphalt Containing Residue-Modified Bituminous Binder and Virgin Polymers,» Science Direct, 2018.
- [2] C. Brovelli, M. Crispino, J. Pais y P. Pereira, «Use of polymers to prevent the formation of ruts in asphalt concrete,» Construction and Building Material, vol. 77, 2015.
- [3] M. d. T. y. Comunicaciones., Plan operativo institucional 2023, 2023.
- [4] M. Liang, X. Xin, W. Ventilador y Z. Yao, «Experimental and simulation study of the phase microstructure and storage stability of ethylene-vinyl acetate modified asphalt,» Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, vol. 31, 2019.
- [5] A. Diab, Z. tú, L. Xuelian y J. C. País, «Modelos reológicos de viscosidad no newtoniana de ligantes asfálticos y masillas modificados,» Revista egipcia del petróleo, vol. 29, pp. Páginas 105-112, 2020.
- [6] F. L. V. D. Muñoz Pedro, «Use of ethylene vinyl acetate (EVA) in asphalt mixture,» Engineering and its scope, 2022.
- [7] H. F. K. R. A. R. M.-m. Essam I. Ghally, «Enhancing the performance of asphalt mixtures by adding EVA wastes,» Egyptian Journal of Chemistry, 2022.
- [8] R. K. Lifonzo Balbin, Influencia del polímero SBS en las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente, 2023.
- [9] D. C. Bernardo Cortez, Mechanical Properties of Asphalt Mixture Using Polyethylene Enterephthalate Polymers, 2022.
- [10] M. Quispe Aslla, Influence on the mechanical properties and durability of the asphalt mixture with partial replacement of expanded polystyrene, 2023.
- [11] J. Puente Ganz, Análisis técnico – Economical Asphalt Mixes with Recycled Polyethylene Terephthalate for Asphalt Road Construction, 2020.
- [12] M. F. Alonso, Pavement Engineering, Colombia : Stella Valbuena de Fierro , 1998.
- [13] O. A. Minaya Silene, Modern pavement design, 2006.
- [14] D. G. d. I. Pública-DGIP, Methodological guidelines for the development of pavement alternatives in the formulation and evaluation, Lima, 2015.

- [15] P. R. Alejandro, Analysis of the resistance to plastic deformation of mixtures, Lima, 2007.
- [16] R. L. Enrique, Mix Design, 2015.
- [17] M. d. t. y. communications, Road Manual-General Technical Specifications for Construction, Lima, 2013.
- [18] Latin American chemical asphalts, [En línea]. Available: <https://qlasfaltos.cl/productos/cementos-asfalticos/>.
- [19] S. Minaya Gonzales y A. Ordoñez Huaman, MANUAL DE LABORATORIO PARA PAVIMENTOS VOLUMEN I, 2001.
- [20] D. g. d. r. y. sistemas, Identification of pavement failures and repair techniques, 2016.
- [21] M. d. t. y. communications, Materials Testing Manual, 2016.
- [22] A. 4791, «Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate,» ASTM INTERNATIONAL.
- [23] A. TP57, «Standard Test Method for Determining the Methylene Blue Value in Clays, Mineral Fillers and Fines,» AASHTO, 2006.
- [24] A. D-2041, «Standard Test Method for Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures,» ASTM INTERNATIONAL.
- [25] A. T. 2. 03, «Resistance of compacted asphalt mixtures to moisture-induced damage,» AASHTO, 2005.
- [26] R. Sampieri Hernandez y C. y. L. B. Collado Fernandez, «Research methodology,» Mexico,D.F, Mc graw-Hill Interamericana, 2003.
- [27] E. Escalante, Diseño y analisis d experientos, Limusa, 2014.
- [28] J. Leon, «Statistical Power Analysis and Sample Size Calculation in R,» 2020.

## Anexos

## Anexo 1: Validación de ensayos USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS

INFORME N° LEM USAT 026-2024-I

FECHA: 23 de octubre 2024

## VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Zuta Tenorio Jhoselin Lucia

TITULO DE LA TESIS: "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino
- Durabilidad (al Sulfato de Magnesio) del agregado grueso y fino
- Abrasión Los Ángeles
- Partículas chatas y alargadas
- Caras fracturadas
- Sales Solubles Totales del agregado grueso y fino
- Absorción del agregado grueso y fino
- Equivalente de Arena
- Azul de metileno
- Índice de Plasticidad
- Ensayo Marshall
- Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste
- Ensayo Lottman

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

USAT  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Responsable de Lab Ing.: Civil

## Anexo 2:Ficha Técnica

Superplasticeno® UE634-04  
EVATENA ® UE634-04



Resina de copolímero de etileno y acetato de vinilo

RESINAS DE COPOLÍMERO DE ETILENO-ACETATO DE VINILO

Descripción	Descripción	
general Superplasticeno® UE634-04 es un copolímero de etileno y acetato de vinilo resina.	EVATHENE® UE634-04 es una resina de copolímero de etileno-acetato de vinilo (EVA).	
Características		
<b>Características</b> <p>Suavidad</p> <p>Excelente elasticidad</p> <p>Excelente adherencia</p> <p>Buena resistencia a bajas temperaturas</p> <p>Buena compatibilidad</p> <p>Buena estabilidad térmica</p> <p>Higiénico y no tóxico</p>	<p>Flexibilidad</p> <p>Elasticidad</p> <p>Excelente adherencia</p> <p>Buena resistencia a bajas temperaturas</p> <p>Mayor compatibilidad</p> <p>Excelente estabilidad térmica</p> <p>No toxicidad</p>	
Aplicaciones		
<p>Aplicación 1.</p> <p>Preparación de adhesivo termofusible.</p> <p>2. Espuma de material para aislado.</p> <p>3. Alambre y cable mezclados con resina.</p>	<p>1. Adhesivos termofusibles</p> <p>2. Espuma en la suela del zapato</p> <p>3. Compuestos de alambres y cables.</p>	
Propiedades físicas		
proyecto	método de experimento	valor numérico
Propiedades	Método de prueba	Valor típico
Contenido de VA (% en peso) Índice de	USI	28
fusión (g/10 min) Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Norma ASTM D1238	6
Resistencia a la tracción del	Norma ASTM D792	0,948
punto de rotura (matriz)	Norma ASTM D638	180
Resistencia a la tracción (moldeado) (rotura) (kg/ cm <sup>2</sup> )	Norma ASTM D638	830
Elongación en el punto de rotura (matr)	Norma ASTM D638	830
Alargamiento máximo (moldeado) (%) Fragilidad	Norma ASTM D746	<-76
a baja temperatura ( °F50) Temperatura de reblandecimiento Vicat ( ° )	Norma ASTM D1525	45
Punto de reblandecimiento de anillo y bola ( ° )	ASTM E28	145
Punto de fusión ( ° ) Dureza	Norma ASTM D3418	73
(Shore A) Dureza (Shore A)	Norma ASTM D2240	78

Siempre consulte con nuestra empresa, la información anterior debe ser precisa. Sin embargo, dado que las condiciones de uso no están controladas por nuestra empresa, nuestra empresa no asume ninguna responsabilidad por las sugerencias hechas anteriormente.  
La información contenida en este documento es el resultado de datos e informes, análisis e pruebas. No podemos dar las condiciones de uso sobre la base de ningún control. Todos los datos de datos son solo orientativos con los usuarios.

### Anexo 3: Estudio granulométrico



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

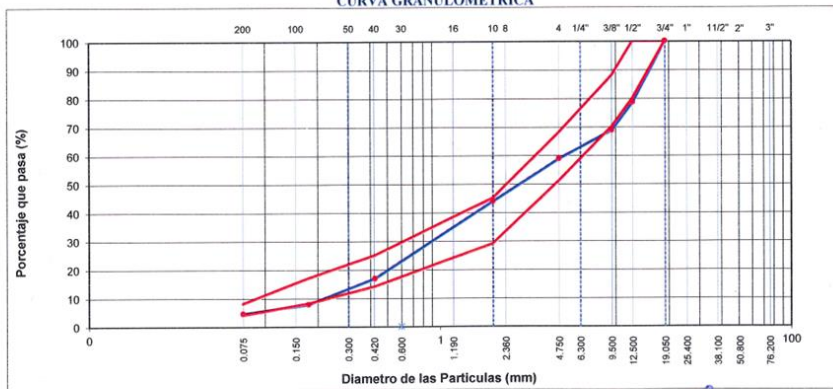
**DATOS DE DISEÑO**

Grava Chancada 1/2"	37%
Arena zarandeada	63%

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"  
 Peso inicial seco : 2610 gr

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					MAC - 2	
3/4"	19.000	0			100.0	100	
1/2"	12.500	562	21.5	21.5	78.5	67	85
3/8"	9.500	255	9.8	31.3	68.7	60	77
Nº 4	4.750	259	9.9	41.2	58.8	43	54
Nº 10	2.000	392.0	14.9	56.1	43.9	29	45
Nº 40	0.425	710.0	27.0	83.1	16.9	14	25
Nº 80	0.177	241.0	9.2	92.3	7.7	8	17
Nº 200	0.075	85.0	3.2	95.5	4.5	4	8
< Nº 200	FONDO	117.0	4.5	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



USAT  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. LABORATORIO USAT

### Anexo 4: Ensayo Durabilidad al sulfato de magnesio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



#### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : **DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO**  
**Referencia** : **NORMA MTC E-209 / N.T.P. 400.016 ASTM C-88**  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Piedra chancada

#### Inalterabilidad del agregado grueso: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
Pasa	Retiene	Gradacion Original (peso)	Gradacion de la Muestra Original (peso)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Nº de Partículas	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)	Nº de Partículas
2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	0	0.0	0	0	0			0
2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	0	0.0	0	0	0			0
1 1/2" 37.5 mm	3/4" 19 mm	0	0.0	0	0	0			0
3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	1475	31.0	1000	340	764	23.6	7.3	210
1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	1388	29.2	1000	532	870	13.0	3.8	145
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	1898	39.9	298	550	251	15.8	6.3	
<b>TOTAL</b>		<b>4761</b>	<b>100.0</b>	<b>2298</b>	<b>1422</b>	<b>1885</b>	<b>52.4</b>	<b>17.4</b>	

#### Obsevaciones

- (2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.  
 (3) Contadas antes del ensayo.  
 (4) Fracciones pesadas sepúes del ensayo.  
 $(5) = \frac{(2)-(4)}{(1)} \times 100$   
 $(6) = \frac{(1) \times (5)}{(100)}$   
 (7) Se cuentan todas aquéllas no desintegradas después del ensayo.



*Henry Rivadeneira Obillas*  
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 5: Ensayo abrasión los Ángeles



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : **RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GROSOS DE TAMAÑO MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

**Referencia** : Norma MTC E-207 / ASTM C-131

**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe

**Muestra** : Piedra chancada

### Profundidad

#### I.- Granulometría global

Mallas	Pasa	Retiene	Peso retenido	% retenido	Método B
1 1/2"		1"	0.0	0.0	0.0
1"		3/4"	0.0	0.0	0.0
3/4"		1/2"	2500.0	50.0	0.0
1/2"		3/8"	2500.0	50.0	5000.0
<b>Total</b>			<b>5000.0</b>	<b>100.0</b>	<b>5000</b>

#### II.- Ensayo de Abrasión

- Peso inicial antes del ensayo (gr)	5000.0
- Peso final después de las 200 revoluciones (gr)	4896.0
- Peso final después de las 500 revoluciones gr	4284.0

#### III.- Cálculos

- % de desgaste por abrasión	14.3
- % de uniformidad	0.15

#### OBSERVACIONES :

NOTA :

- Método de ensayo a usar: Gradación "B", N° de esferas : 11, Revoluciones : total 500



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



### Anexo 6: Ensayo caras fracturadas



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**FORMATO INTERNO**

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS  
**Referencia** : NORMA MTC E-210 / ASTM D 5821  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Piedra chancada

**A.- CON UNA CARA FRACTURADA.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON UNA CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
Nº	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g.	1138.0	217.0	19.1 %	0.6 %	0.1 %
1/2"	3/8"	200.0 g.	692.0	81.0	11.7 %	0.4 %	0.0 %
<b>TOTAL</b>		<b>57700.0 g.</b>	<b>1830.0 g.</b>	<b>298.0 g.</b>	<b>30.8 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>0.2 %</b>

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 30.8%

**B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.**

TAMIZ		PESO MÍNIMO REQUERIDO	PESO MUESTRA A	PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B	PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100)	PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D
PASA	RETIENE						
3"	2 1/2"	30000.0 g.	0.0	---	---	0.0 %	---
2 1/2"	2"	15000.0 g.	---	---	---	---	---
2"	1 1/2"	7500.0 g.	---	---	---	---	---
1 1/2"	1"	3000.0 g.	---	---	---	---	---
1"	3/4"	1500.0 g.	---	---	---	---	---
3/4"	1/2"	500.0 g.	1138.0	284.0	25.0 %	0.6 %	0.2 %
1/2"	3/8"	200.0 g.	692.0	119.0	17.2 %	0.4 %	0.1 %
<b>TOTAL</b>		<b>57700.0 g.</b>	<b>1830.0 g.</b>	<b>403.0 g.</b>	<b>42.2 %</b>	<b>1.0 %</b>	<b>0.2 %</b>

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 42.2%

**NOTA:** La partículas fracturadas fue determinado por masa.



Henry Rivadeneira Obilias  
 Téc. Laboratorio USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

## Anexo 7: Ensayo partículas chatas y alargadas



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de em:** : Abril-2024

**Ensayo** : PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO  
**Referencia** : Norma ASMT D- 4791  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Piedra chancada

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) CORR.	PESO	(%)	(%) CORR.
(pulg)	(mm)									
3/4"	19.00			100.00						
1/2"	12.50	500.0	60.98	39.02	292	35.61		100	12.20	
3/8"	9.50	200.0	24.39	14.63	157	19.15		59	7.20	
1/4"	6.30	120.0	14.63	-	92	11.22		52	6.34	
			<b>TOTAL</b>		<b>541</b>	<b>65.98</b>		<b>211</b>	<b>25.73</b>	

<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA</b>	(g)	820.0	
<b>PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>	(%)	91.7	<b>ESPECIFICACIÓN 10% Max.</b>
<b>TOTAL DE CHATAS Y ALARGADAS</b>	(%)	8.3	
<b>OBSERVACIONES:</b> El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3			



Henry Rivadeneira Oblitas  
Téc. Laboratorio USAT

## Anexo 8: Ensayo sales solubles



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : SALES SOLUBLES  
**Referencia** : Norma MTC E- 219 / NTP 339.152 / USBR E - 8  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Arena gruesa - Piedra chancada

Muestra usada	g.	50	50
Agua destilada usada	ml	250	250

01	Relación de la mezcla suelo - agua destilada		5.00	5.00
02	Número de beaker		1	2
03	Peso de beaker	g.	32.77	31.96
04	Peso de beaker + residuo de sales	g.	32.79	32.02
05	Peso de residuo de sales	(4)-(3) g.	0.02	0.06
06	Volumen de la solución tomada	ml	50	50
07	Constituyentes de sales solubles totales	$[(5) \times (1000000)] / (6) \times (1)$ ppm	400	1200
08	Constituyentes de sales solubles totales en peso seco	(7) / 10000 (%)	0.04	0.12
			PROMEDIO (ppm) =	800
			PROMEDIO (%) =	0.08



## Anexo 9: Ensayo absorción



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS  
**Referencia** : MTC E-205/N.T.P. 400.022 Arena Y MTC E-206/N.T.P. 400.021 Piedra  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Arena gruesa y piedra chancada

#### 1.- PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN : N.T.P. 400.022 Arena A.- Datos de la arena N.T.P. 400.021 Piedra

1.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca.	g	500.0	500.0
2.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso frasco + Peso del agua.	g	940.8	940.8
3.- Peso de la Muest. Sat. Sup. Seca + Peso del frasco.	(1+5) g	642.0	642.0
4.- Peso del Agua.	(2-3) g	298.8	298.8
5.- Peso del Frasco	g	142.0	142.0
6.- Peso de la Muest. secada ahorno + Peso del frasco.	(5+7) g	640.0	640.0
7.- Peso de la Muest. seca en el horno.	g	498.0	498.0
8.- Volumen del frasco.	cm <sup>3</sup>	500.0	500.0

#### B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA ARENA.	7/(8-4) g/cm <sup>3</sup>	2.475	2.475	Promedio 2.475
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	7/(7-4) g/cm <sup>3</sup>	2.485	2.485	2.485
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	7/((8-4)-(8-7)) g/cm <sup>3</sup>	2.500	2.500	2.500
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((1-7)/7)*100 %	0.40	0.40	0.40

#### A.- Datos de la grava

1.- Peso de la muestra seca al horno	g	3954	3954
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g	3990	3990
3.- peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla	g	3400	3400
4.- Peso de la canastilla	g	880	880
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	(3-4) g	2520	2520

#### B.- Resultados

A.- PESO ESPECIFICO DE LA GRAVA.	1/(2-5) g/cm <sup>3</sup>	2.690	2.690	Promedio 2.690
B.- PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.	2/(2-5) g/cm <sup>3</sup>	2.714	2.714	2.714
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	1/(1-5) g/cm <sup>3</sup>	2.750	2.750	2.750
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN.	((2-1)/1)*100 %	0.91	0.91	0.91

#### 2.- CONTENIDO DE HUMEDAD : N.T.P. 339.185

Arena ((A+B)/2)/(1+(C.H./100))

1.- Peso de la muestr. húmeda	1000	1000
2.- Peso de la muestra seca	992.32	992.32
3.- Cont. Humedad	0.77	0.77
4.- Promedio		0.77

Grava

1.- Peso de la muestr. húmeda	2876	2876
2.- Peso de la muestra seca	2870	2870
3.- Cont. Humedad	0.21	0.21
4.- Promedio		0.21



Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 10: Ensayo equivalente de arena



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



FORMATO INTERNO

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
 ESCUELA : Ingeniería civil ambiental  
 TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
 Ubicación : Lambayeque-Chiclayo  
 Fecha de ensayo : Abril-2024

Ensayo : EQUIVALENTE DE ARENA  
 Referencia : Norma MTC E-114 / NTP 339.146:2000  
 Cantera : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
 Muestra : Arena gruesa

DESCRIPCION	C - 1		
	1	2	3
MUESTRA Nº	Nº 4	Nº 4	Nº 4
TAMAÑO MAXIMA (mm.)	5.01	5.05	5.10
HORA DE ENTRADA	5.51	5.55	5.60
HORA DE SALIDA	5.15	5.20	5.25
HORA DE SALIDA	5.35	5.40	5.45
ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.)	5.50	5.50	5.60
ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.)	4.40	4.30	4.00
EQUIVALENTE DE ARENA	80.0 %	78.2 %	71.4 %
<b>EQUIVALENTE DE ARENA (EA)</b>	<b>77 %</b>		

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):  
 Min : 60 % Minimo

$$\text{Equivalente de arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de la Arena}}{\text{Lectura de la Arcilla}} \times 100$$



Henry Rivadeneira Obilitas  
 Tec. Laboratorio USAT

## Anexo 11: Ensayo al sulfato de magnesio agregado fino



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



### FORMATO INTERNO

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : **DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO**  
**Referencia** : Norma MTC E-209 / N.T.P. 400.016 / ASTM C-88  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Arena gruesa

Inalterabilidad del agregado fino: Análisis cuantitativo.

Tamaño de los tamices		Gradación Original (peso)	Gradación de la Muestra Originales (%)	Peso de las Fracciones comprendido antes del ensayo (g)	Peso Ret. después del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)
Pasa	Retiene						
3/8"	Nº 4	0	0.0	100	0	100.0	0.0
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	142.7	10.0	100	93.4	6.6	0.7
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	228.6	16.0	100	92.4	7.6	1.2
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	318.8	22.3	100	94.3	5.7	1.3
1.18 mm	600 µm						
Nº 30	Nº 50	331.1	23.1	100	86.4	13.6	3.1
600 µm	300 µm						
Nº 50	Nº 100	230.1	16.1	100	90.3	9.7	1.6
300 µm	150 µm						
Nº 100		181.4	12.7	100	99.8	0.2	0.0
150 µm							
<b>TOTAL</b>		<b>1432.7</b>	<b>100.0</b>	<b>700</b>	<b>556.6</b>	<b>143.4</b>	<b>7.9</b>

#### Observaciones:

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.305 gr/cm<sup>3</sup>)
- (\*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.
- (\*\*) Se utiliza la pérdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%
- (2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.
- (3) Fracciones pesadas después del ensayo
- (4) = (2)-(3) x 100
- (5) = (1)\*(4)
- (100)



Henry Rivadeneira Obiitas  
Tec. Laboratorio USAT

Anexo 12: Ensayo azul de metileno



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**FORMATO INTERNO**

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : **AZUL DE METILENO**  
**Referencia** : ( **NORMA: AASHTO TP 57** )  
**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe  
**Muestra** : Arena gruesa

MUESTRA	Azul de Metileno Cada	Cantidad de Solución	Peso del Material Fino ( N° 200)	Resultado	Especificación EG - 213	
		NÚMERO			Mín.	Máx.
AGREGADO FINO - pasa Tamiz N°200	Cada 0.5 ml	7.0	5.0	1.4	-	8
		7.0	5.0	1.4		

**RESULTADOS PROMEDIOS : 1**

FORMULA DE APLICACIÓN

$$AM = C_{sol} / p_{finos}$$



*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 13: Ensayo índice de plasticidad



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



**FORMATO INTERNO**

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio  
**ESCUELA** : Ingeniería civil ambiental  
**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**Ubicación** : Lambayeque-Chiclayo  
**Fecha de ensayo** : Abril-2024

**Ensayo** : **SUELO. MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL SUELO**

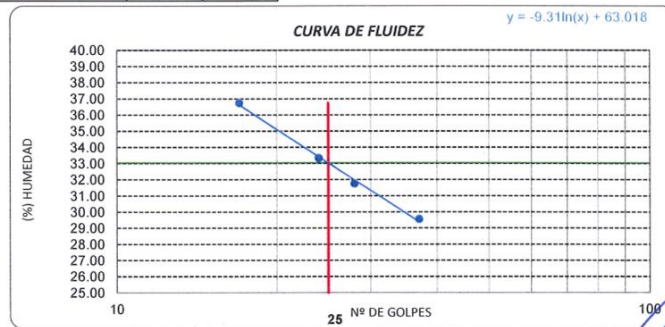
**Referencia** : Norma MTC E-111 / N.T.P. 399.129

**Cantera** : Cantera "3 Tomas" Ferreñafe

**Muestra** : Arena gruesa

Datos de ensayo.	Límite líquido				Límite Plástico	
	1	2	3	4	5	
Nº de tarro	1	2	3	4	5	
Nº de golpes	37	28	24	17		
Tarro + suelo húmedo	32.42	33.21	39.71	32.67	29.7	
Tarro + suelo seco	29.9	29.55	34.3	28.99	27.82	
Agua	2.52	3.66	5.41	3.68	1.88	
Peso del tarro	21.38	18.03	18.08	18.98	21.45	
Peso del suelo seco	8.52	11.52	16.22	10.01	6.37	
Porcentaje de humedad	29.58	31.77	33.35	36.76	29.51	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	33.05
Límite Plástico	29.51
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>3.54</b>



Henry Rivadeneira Obilitas  
 Tec. Laboratorio USAT

# Anexo 14: Marshall muestra de control



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



## DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chancada 1/2"	37%
Arena lavada	63%
Cemento (Filler)	1%

CEMENTO ASFALTICO EM/FO: 4%

Material	N Mezcla	N Diseño
A Grava Triturada	41.23	39.59
B Arena	57.77	45.96
C Filler	1	14.56

% Que Pasa el Tamiz									
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº80	Nº200		
100	78.5	68.7	58.8	43.9	16.9	7.7	4.5		
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8		

1	Número de briqueta	#	100.00											Prom.		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
2	C.A. en peso de la mezcla	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	
3	N. de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #)	N	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	39.58	
4	N. de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #)	N	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	55.46	
5	N. de filler en peso de mezcla (menor #) (8% peso medio #100)	N	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	gr/cc	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	
9	Peso específico Bulk de la arena (#20) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	
10	Peso específico Aparente de la arena (#20) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	
11	Peso específico aparente del Filler	gr/cc	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	
12	Moisture porosity de la briqueta	cm	7.185	6.988	7.070	7.120	6.985	6.376	6.393	7.284	6.851	6.349				
13	Peso de la briqueta en el aire	gr	1247.83	1116.27	1187.01	1246.04	1246.80	1189.15	1199.40	1317.45	1204.15	1145.14	1265.69			
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seco	gr	1253.10	1125.51	1195.60	1254.87	1255.22	1195.68	1169.20	1326.28	1225.25	1146.43	1245.53			
15	Peso de la briqueta en el agua	gr	734.56	636.21	700.37	701.90	707.96	672.43	694.81	768.17	765.15	650.48	701.99			
16	Volumen de la briqueta - 14-15	c.c.	518.5	487.14	555.23	552.97	544.26	522.41	514.95	503.11	500.1	495.95	545.54			
17	Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.406	2.291	2.248	2.253	2.251	2.276	2.254	2.360	2.329	2.299	2.281	3.30		
18	Peso específico teórico máximo (Relac.) (ASTM D 204, AASHTO T 202, MTC E 508)	gr/cc	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419	2.419			
19	Volumen densidad teórica de los agregados 100(12/50+12(7/8)+4(1/2)+10)	gr/cc	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	2.647	4.98		
20	N. de vacíos con aire 100(1-17/18) (ASTM D 309, MTC E 505)	%	0.52	0.28	0.09	0.05	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02			
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)(11/14)(9/10)(3/11)	gr/cc	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544			
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)(11/14)(9/10)(3/11)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625			
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)(11/14)(9/10)(3/11)	gr/cc	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585	2.585			
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-8(12-21)(123*21) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33			
25	N. del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)(17/21)	%	90.82	86.48	84.83	85.05	86.46	85.91	85.08	88.40	95.78	94.57	93.83			
26	N. del volumen de asfalto efectivo / Volumen de briqueta 100-(23+25)	%	8.65	8.24	8.08	8.10	8.14	8.11	8.11	8.41	8.46	8.46	8.45			
27	N. de los vacíos del agregado mineral 100-26	%	9.18	13.52	15.17	14.95	13.54	14.09	14.92	11.70	4.21	5.43	6.17	11.67		
28	N. de los vacíos del agregado mineral 100-26	%	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68	3.68			
29	Relación betún vacíos (26/27)*100	%	94.30	60.97	53.27	54.15	60.84	58.10	54.32	71.91	11.03	8.45	7.37	52.74		
30	Estabilidad sin corrección (relación de compactación del molde)	kg	2558	2614	2510	2749	3037	2951	2264	3162	3091	3204	3284			
31	Factor de estabilidad	1.00	1.09	0.89	0.89	0.93	1.00	1.00	0.86	0.86	1.09	0.93				
32	Estabilidad corregida 31*32	kg	2558	2614	2510	2749	3037	2951	2264	3162	3091	3204	3284	2819		
33	Lectura del Resómetro (0.01") (35 / 0.254)	mm	39	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32			
34	Fluencia	m.m.	7.37	8.13	8.13	8.38	8.13	8.13	8.13	8.38	8.13	8.13	8.13	8.13		
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.	3479	3216	3068	3280	3736	3631	2785	3772	3676	4016	4000	3467		



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Obilias  
USAT  
Universidad Católica  
Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : \* Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA\*  
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chancada 1/2"	37%
Arena zarandeada	63%
Cemento (Filler)	1%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 4.50%

Material	% Mezcla	% Dicha
A Grava Triturada	41.23	39.37
B Arena	57.77	37.03
C Filler	1	23.60

% Que Pasa al Tamiz					
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº16	Nº10
100	78.5	68.7	58.8	49.9	16.9
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28
					9-17
					4-8

Mezcla	100	78.5	68.7	58.8	49.9	16.9	7.7	4.5
Especificaciones IVB	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	9-17	4-8

#	Descripción	Unidad	Temperatura (°C)											Prom.		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
1	Número de briqueta	#	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
2	CA, en peso de la mezcla	%	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37	39.37
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17	55.17
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200)	%	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411
7	Peso específico Bulk de la grava (#8) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
8	Peso específico Aparente de la grava (#8) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 86, MTC E 205)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.476
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 86, MTC E 205)	gr/cc	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	6.885	6.853	7.206	6.940	6.829	6.912	6.788	6.466	6.482	6.996	6.308			
12	Altura promedio de la briqueta	cm	1189.75	1208.23	1281.82	1184.11	1169.87	1244.59	1181.31	1180.21	1135.85	1241.89	1077.98			
13	Peso de la briqueta en el aire	gr	1199.68	1235.11	1295.39	1147.43	1177.61	1252.88	1190.72	1186.61	1131.81	1241.16	1084.93			
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr	695.29	725.61	755.69	672.97	656.68	728.13	687.40	659.19	662.02	735.93	629.84			
15	Peso de la briqueta en el agua	gr	504.39	509.5	539.7	474.5	503.3	524.8	505.3	477.4	469.8	518.2	425.1			
16	Volumen de la briqueta 14-15	c.c	2.359	2.371	2.375	2.399	2.248	2.372	2.347	2.367	2.396	2.396	2.364			
17	Peso unitario de la briqueta 13-16	gr/cc	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488			
18	Peso específico teórico máximo (P <sub>max</sub> ) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889	2.889			
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/5)+(3/2)+(7/8)+(4/2)+(9/10))	gr/cc	5.19	4.68	4.54	3.58	3.62	4.67	5.66	4.85	5.47	3.68	4.79			4.99
20	N de vacíos con aire 100*(1-17/18)	%	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625			
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-20)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668	2.668			
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63			
23	Peso específico efectivo del agregado total (100-22)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	85.83	86.29	86.42	87.28	81.82	86.30	85.40	86.14	87.70	87.20	86.19			
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/((23*21)) (ASTM D 4469, MTC E 511)	%	8.98	9.03	9.05	9.14	8.96	9.03	8.94	9.03	9.13	9.13	9.02			
25	N del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (34)/(17/21)	%	14.17	13.71	13.58	12.72	18.18	13.70	14.60	13.86	12.80	12.80	13.81			14.00
26	N del volumen de calafeteo efectivo / volumen de briqueta 100-(25-20)	%	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90	3.90			
27	N de vacíos del agregado mineral 100-25	%	63.39	65.85	66.61	71.83	47.09	65.92	61.22	65.04	71.90	71.28	65.32			64.99
28	Relación betún vacíos (26/27)*100	kg	2042	1890	2205	2408	2510	3097	2469	2452	2713	2823	2276			
29	Estabilidad sin correaje (tabla de calibración del anillo)	kg	1.04	1.00	0.93	1.14	1.00	0.96	1.04	1.14	1.19	1.00	1.25			
30	Factor de estabilidad	kg	2124	2890	2516	2745	2510	2973	2568	2795	3228	2823	2845			2729
31	Estabilidad corregida 31*92	kg	32	32	32	31	33	32	32	32	33	32	32			32.99
32	Lectura del flexímetro (0.01") (35/0.254)	mm	8.13	8.13	8.13	7.87	8.38	8.13	8.13	8.13	8.13	8.38	8.13			8.15
33	Fluencia	mm	2613	3556	3095	3486	2995	3658	3159	3439	3972	3368	3500			3349
34	Relación Estabilidad / Fluencia	mm														



Henry Rivadeneira Obilatas  
USAT  
Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : \* Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA\*  
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreliafe  
 TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chancada 1/2"	87%
Arena zarandeada	83%
Cemento (Filler)	1%

CEMENTO ASFALTICO P206270 5%

Materia	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	41.23	39.16
B Arena	57.77	33.99
C Filler	1	26.85

% Desecho en Tamis										
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº100	Nº200	
100	78.5	68.7	58.8	48.9	16.9	7.7	4.0			
100	80-100	70-88	51-68	38-51	17-38	8-17	4-8			

Nº	Descripción	Unidad	Temperatura (°C)											Prom.
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	Número de briqueta	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
2	C.A. en peso de la mezcla	%	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
3	N. de arena triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	39.16	
4	N. de arena combinada en peso de la mezcla (menor #4)	%	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	54.89	
5	N. de filler en peso de la mezcla (mínimo 85% peso malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.581
8	Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.476
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205)	gr/cc	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	6.398	6.864	6.500	6.185	6.095	6.431	6.412	6.109	6.498	6.504	6.485	
12	Altura promedio de la briqueta	cm.	1125.58	1220.21	1127.53	1057.43	1084.25	1187.81	1186.08	1125.20	1184.52	1184.00	1148.91	
13	Peso de la briqueta en el aire	gr.	1189.48	1228.01	1128.21	1072.53	1090.58	1156.90	1204.25	1134.88	1192.84	1162.69	1148.91	
14	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr.	658.49	699.21	650.90	604.46	618.49	678.01	697.39	694.24	685.22	670.11	697.68	
15	Peso de la briqueta en el agua	gr.	480.99	518.81	478.3	468.1	472.1	518.9	506.9	478.7	507.7	492.6	495.2	
16	Volumen de la briqueta 14-15	cc	2.941	2.307	2.347	2.359	2.397	2.388	2.360	2.347	2.333	2.343	2.324	2.922
17	Peso unitario de la briqueta 13/16	gr/cc	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	2.444	
18	Peso específico teórico máximo (línea) (ASTM D 2728, MTC E 514)	gr/cc	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	2.959	
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100/(1.25)(1.3)(1.4)(1.5)(1.6)(1.7)(1.8)(1.9)(2.0)	gr/cc	4.21	4.58	4.97	5.36	5.75	6.14	6.53	6.92	7.31	7.70	8.09	4.97
20	N. de vacíos con aire 100*(1-17/18)	%	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
21	Peso específico Bulk del Agregado Total 100*(1-17/18)/(19-20)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
22	Peso específico Aparente del agregado total 100*(1-17/18)/(19-20)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
23	Peso específico efectivo del agregado total (1-4)/(19-20)	gr/cc	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100*(23-21)/(23*21) (ASTM D-4469, MTC E 511)	%	15.17	16.48	15.05	18.23	16.87	17.18	14.59	15.04	15.55	15.20	15.87	15.04
25	N. del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (14*17/21)	%	11.06	10.90	11.09	10.67	10.85	10.81	11.15	11.09	11.01	11.07	10.98	
26	N. del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100*(25-20)	%	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	4.89	
27	N. vacíos del agregado mineral 100-25	%	73.44	66.15	73.45	58.55	64.32	62.93	76.43	73.72	70.86	72.82	69.20	69.18
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*100	%	2095	2320	1879	1492	2229	2435	2320	1891	2341	2510	2283	
29	Relación betón asfalto / Volumen Bruto de la briqueta (14*17/21)	gr	1.14	0.96	1.14	1.19	1.14	1.00	1.04	1.14	1.09	1.09	1.09	
30	Estabilidad sin exceder (tabla de calibración del anillo)	gr	2388	2222	2242	1775	2541	2415	2415	2326	2455	2786	2488	2340
31	Factor de estabilidad	gr	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32.18
32	Estabilidad corregida 31*32	gr	8.13	8.13	7.62	8.64	8.38	8.13	8.13	8.13	8.13	8.38	8.13	8.17
33	Lectura del flexómetro (0.1") / (35 / 0.254)	mm	2988	2740	2811	2058	3002	2996	2969	2852	2995	3264	3052	2885
34	Fluencia	mm												
35	Relación Estabilidad / Fluencia	mm												



Henry Rivas Cienfuegos Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : \* Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA\*

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chancada 1/2"	37%
Arena zarandada	63%
Cemento (Filler)	0%

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 : 5.50%

Material	% Mezcla	% Desecho
A Grava Triturada	41.23	38.96
B Arena	57.77	42.97
C Filler	1	18.07

% Cota País el Tumbil									
1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80	Nº200	
100	78.5	68.7	58.8	45.8	16.9	7.7	4.5		
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8		

i	Número de bríquet	#	Temperatura (°C)											Prom.	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
1	C.A. en peso de la mezcla	%	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5
2	N. de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96	38.96
4	N. de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60	54.60
5	N. de filler en peso de mezcla (mínimo 85% paso malla #200)	%	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411
8	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
9	Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
10	Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
12	Altura promedio de la bríquet	cm.	6.198	6.495	6.207	6.021	6.208	6.396	6.807	6.928	6.543	5.584	6.221		
13	Peso de la bríquet en el aire	gr.	1192.49	1151.07	1154.61	1100.96	1148.93	1151.19	1048.21	1147.62	1147.21	1054.66	1098.80		
14	Peso de la bríquet saturado superficialmente seco	gr.	1140.39	1159.61	1160.65	1108.16	1155.39	1158.85	1048.21	1153.89	1161.50	1058.11	1110.42		
15	Peso de la bríquet en el agua	gr.	642.86	645.75	659.64	627.04	659.09	651.92	589.35	656.03	638.74	605.14	620.83		
16	Volumen de la bríquet	c.c.	497.43	513.86	501.0	481.1	496.3	504.4	456.9	497.8	522.8	451.0	489.6		
17	Peso unitario de la bríquet	c.c.	2.377	2.240	2.305	2.288	2.315	2.282	2.273	2.304	2.195	2.328	2.244		2.277
18	Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2044, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427	2.427		2.427
19	Máxima densidad teórica de los agregados (100)(1/2)(3/1)(3/2)(7/8)(1/4)(2/9)(1/10)	gr/cc	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643	2.643		2.643
20	N. de vacíos con aire 100*(1-17/18)	%	6.18	7.69	5.98	5.70	4.81	5.96	6.35	5.07	9.57	4.07	7.52		6.16
21	Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)(17/18)(9/10)(1/11)	gr/cc	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544	2.544		2.544
22	Peso específico Aparente del agregado total (100-21)(17/18)(9/10)(1/11)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625		2.625
23	Peso específico efectivo del agregado total (3+4)(1/3)(7/8)(1/4)(10/11)	gr/cc	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637	2.637		2.637
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-5(2-21)(23-21)(ASTM D 4489, MTC E 511)	%	84.58	83.22	85.62	85.02	86.01	84.79	84.43	85.59	81.53	86.49	83.38		
25	N. del vol del Agregado / Volumen Bruto de la bríquet (14-17/12)	%	9.23	9.08	9.35	9.28	9.39	9.25	9.22	9.34	8.90	9.44	9.10		
26	N. del volumen de anillo efectivo / volumen de bríquet 100-(25+20)	%	15.42	16.78	14.88	14.98	15.79	15.21	15.57	14.41	18.47	13.51	16.62		15.40
27	N. de vacíos del agregado mineral 100-25	%	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16		4.16
28	Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4)	%	59.89	54.14	64.39	61.93	67.09	60.83	59.20	64.84	48.19	69.85	54.77		60.52
29	Intención de vacíos (24/27)*100	kg	2367	2839	3542	2872	2983	2912	2875	2863	1924	3215	2815		
30	Estabilidad sin corrigir (tabla de calibración del anillo)	kg	1.04	1.00	1.04	1.14	1.04	1.04	1.05	1.04	1.00	1.25	1.09		
31	Factor de estabilidad	kg	2462	2839	3684	3274	3302	3018	3194	2978	1924	4019	3068		3088
32	Estabilidad corregida 31*20	kg	34	33	30	34	32	30	29	30	33	32	35		32.00
33	Lección del Factor de estabilidad (0.01)* (35/0.254)	kg	8.64	8.38	7.62	8.64	8.13	7.62	7.37	7.62	8.38	8.13	8.89		8.13
34	Fluencia	m.m.	2850	3387	4834	3793	3817	3974	4879	3908	2295	4944	3451		3830
35	Relación Estabilidad / Fluencia	m.m.													



Henry Rivadeneira Oblitas  
TEC. LABORATORIO USAT



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
**METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T-245**

**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe  
**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chancada 1/2"	37%
Arena zarandeada	63%
Cemento (Filler)	1%

**CEMENTO ASFALTICO PEN 40/70 6%**

Materia	N Mezcla	N Diseño
A Grava Triturada	41.23	38.75
B Arena	57.77	43.03
C Filler	1	18.22

N Cuya Pasa el Tamiz							
1"	3/4"	1/2"	3/8"	N#4	N#10	N#40	N#200
100	78.5	68.7	58.8	49.0	16.9	7.7	4.5
100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8-17	4-8

1	Número de brizqueta	#	1											Prom.	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
2	C.A. en peso de la mezcla	%	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
3	% de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75	38.75
4	% de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4)	%	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31
5	% de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200)	%	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206)	gr/cc	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411	2.411
8	Peso específico Aparente de la arena (#40) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
9	Peso específico Bulk de la arena (#40) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451	2.451
10	Peso específico Aparente de la arena (#40) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
11	Peso específico aparente del filler	gr/cc	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
12	Añuno promedio de la brizqueta	cm	6.162	6.092	5.951	5.997	5.850	5.833	5.848	6.482	6.000	5.890	6.106		
13	Peso de la brizqueta en el agua	gr	1183.84	1046.95	1100.00	1134.08	1062.49	1023.23	1052.70	1192.93	1146.17	1099.67	1193.97		
14	Peso de la brizqueta en el aire	gr	1151.02	1058.39	1104.46	1139.20	1069.11	1031.61	1058.81	1199.84	1149.61	1158.26	1168.41		
15	Peso de la brizqueta en el agua 25 °C	gr	688.98	585.75	637.71	651.40	601.93	578.91	598.26	685.52	650.10	666.85	688.70		
16	Volumen de la brizqueta 24-15	cc	522.04	472.64	466.8	497.8	467.2	450.7	460.6	513.1	495.5	491.4	518.7		
17	Peso unitario de la brizqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514)	gr/cc	2.284	2.215	2.357	2.325	2.274	2.260	2.286	2.324	2.395	2.116	2.220	2.264	
18	Peso específico teórico máximo (rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508)	gr/cc	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431	2.431
19	Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2/95)(13/27)+(7/81)(4/27)+(9/10)] (ASTM D 3029, MTC E 509)	gr/cc	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613	2.613
20	% de vacíos con aire 100*(1-17/19) (ASTM D 3029, MTC E 509)	%	8.10	8.87	3.04	4.35	6.41	7.01	5.96	4.39	5.60	12.96	6.85	6.85	6.85
21	Peso específico Bulk del Agregado total 100-2[(10/37)(14/9)+(5/11)] (ASTM D 3029, MTC E 509)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625
22	Peso específico Aparente del agregado total 100-2[(10/37)(14/9)+(5/11)] (ASTM D 3029, MTC E 509)	gr/cc	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625
23	Peso específico efectiva del agregado total 100-2[(10/37)(14/9)+(5/11)] (ASTM D 3029, MTC E 509)	gr/cc	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
24	Asfalto absorbido por el agregado total 100-2[(10/37)(14/9)+(5/11)] (ASTM D 4669, MTC E 511)	%	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
25	% del vol del Agregado / Volumen Bruto de la brizqueta (3+4)/(17/21) (ASTM D 3029, MTC E 509)	%	80.01	79.33	84.41	82.27	81.45	80.95	81.86	82.23	82.18	75.77	79.52		
26	% del volumen de asfalto efectiva / volumen de brizqueta 100-(25+20) (ASTM D 3029, MTC E 509)	%	11.90	11.80	12.55	12.38	12.11	12.04	12.17	12.38	12.22	11.27	11.82		
27	% de vacíos del agregado mineral 100-25 (ASTM D 3029, MTC E 509)	%	19.99	20.67	15.59	16.78	18.55	19.05	18.14	16.77	17.82	24.23	20.48	18.91	
28	Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2-(24/100)*(3+4) (ASTM D 3029, MTC E 509)	%	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45
29	Relación betún vacíos 26/(27)*100 (ASTM D 3029, MTC E 509)	kg	39.50	57.08	80.47	73.98	85.29	83.19	87.11	73.80	88.57	46.50	57.74	64.84	
30	Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del equipo)	kg	2972	1393	3031	3240	2396	1786	2622	3350	3236	2962	1674		
31	Factor de estabilidad	kg	1.00	1.14	1.19	1.09	1.19	1.25	1.19	1.00	1.04	1.09	1.00		
32	Estabilidad corregida 31*52 (ASTM D 3029, MTC E 509)	kg	2972	1520	3607	3532	2851	2233	3120	3350	3365	3219	1674	2859	
33	Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.254) (ASTM D 3029, MTC E 509)	mil	27	26	29	32	29	29	31	29	30	31	30	28.55	
34	Fluencia (ASTM D 3029, MTC E 509)	m.m.	4.86	7.11	7.37	8.13	7.37	7.37	7.87	7.37	7.62	7.87	7.62	7.50	
35	Relación Estabilidad / Fluencia (ASTM D 3029, MTC E 509)	m.m.	4334	2137	4897	4345	3871	3031	3963	4548	4417	4100	2197	3803	



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Téc. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA**  
ENSAYO RICE AASHITO T-209 ASTM D-2041

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

PORCENTAJE DE ASFALTO	4%	4.5%	5%	5.5%	6.0%
1.- PESO DEL FRASCO	575	575	575	575	575
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2718	2657	2555	2706	2702
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	1825	1666	1581	1692	1731
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3985.1	4131.2	3961.1	4152.3	4091.1
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	2160	2465	2380	2460	2360
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	893	991	974	1014	971
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6)	2.419	2.488	2.444	2.427	2.431



Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



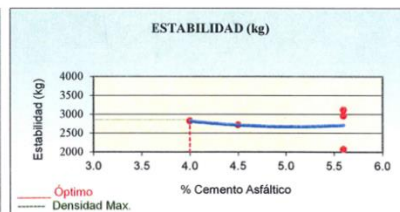
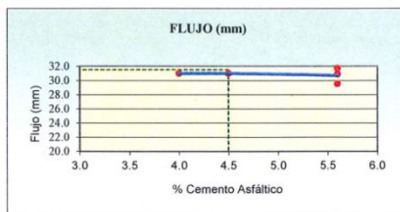
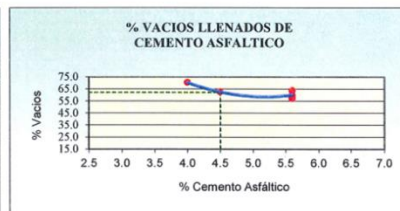
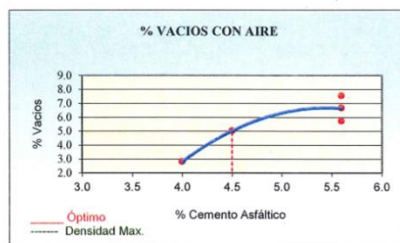
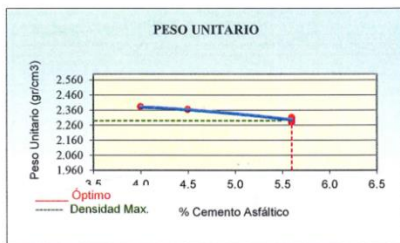


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO**  
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe  
 TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio



RESULTADOS	
Óptimo Contenido C.A	4.8
Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	2.290
Vacios (%)	4.90
Vacios del Agregado mineral (%)	15.00
Vacios Llenados de C.A (%)	62.00
Flujo (mm)	8.00
Estabilidad (Kg)	2850
Relación Polvo Asfalto	0.65

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

USAT  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivasdeneyra Oblitas  
 Tec. LABORATORIO USAT





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe

TESISERA : Jhoselin Lucia Zata Tenorio

Grava Chancado 1/2"	37%
Grava semichancada	43%
Grava (Fines)	1%
Polímero EVA	3%
<b>Gravamen total (Gravamen)</b>	<b>4.89%</b>

Materia	% Mezcla	% Dosis
A. Grava Triturada	41.23	39.25
B. Arena	23.77	23.57
C. Fines	1	7.18
Mezcla		
Investigaciones: IVB		

		% Dos. Por el Tamiz							
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº10	Nº40	Nº200
		100	78.5	68.7	58.8	43.9	16.9	7.7	4.5
		100	100	100	100	100	100	100	100

Nº	Descripción	Unidad	Temperatura (°C)						Prom.
			1	2	3	4	5	6	
1	Número de brigetas		4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
2	C. A en peso de la mezcla	%	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
3	% de arena triturada en peso de la mezcla (mayor #4)	%	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25
4	% de arena combinada en peso de mezclas mayor #40	%	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00
5	% de fines en peso de mezcla (menor #200)	%	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cm	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
7	Peso específico real de la grava C-74 (ASTM C 127, AASTHO T 84, MFC E 206)	gr/cm	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
8	Peso específico aparente de la arena C-44 (ASTM C 127, AASTHO T 84, MFC E 206)	gr/cm	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
9	Peso específico real de la arena #40 (ASTM C 128, AASTHO T 84, MFC E 205)	gr/cm	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
10	Peso específico aparente de la arena #40 (ASTM C 128, AASTHO T 84, MFC E 205)	gr/cm	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
11	Peso específico aparente del filler	gr/cm	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
12	Ahora promedio de la brigeta	cm	6.850	6.870	6.890	6.890	6.890	6.890	6.890
13	Peso de la brigeta saturada superficialmente seca	gr	1071.80	1081.90	1090.80	1172.20	1080.10	1082.60	1082.60
14	Peso de la brigeta saturada superficialmente seca	gr	1172.80	1084.90	1089.20	1181.80	1082.60	1087.50	
15	Peso de la brigeta en el agua	gr	879.78	811.90	811.90	879.98	869.72	869.60	
16	Volumen de la brigeta (V <sub>B</sub> )	cc	497.12	473.6	473.6	473.6	473.6	473.6	
17	Peso unitario de la brigeta (P <sub>B</sub> )	gr/cm	2.155	2.284	2.345	2.348	2.485	2.414	2.33
18	Peso específico teórico mínimo (P <sub>min</sub> ) (ASTM D 2941, AASTHO T 209, MFC E 209)	gr/cm	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	2.408	
19	Máxima densidad teórica de las agregados (P <sub>max</sub> ) (ASTM D 1559, MFC E 209)	gr/cm	2.476	2.476	2.476	2.476	2.476	2.476	
20	% de vacíos con aire (V <sub>a</sub> ) (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	12.04	6.79	4.29	4.16	0.20	1.47	4.82
21	Peso específico aparente del agregado total (P <sub>a</sub> ) (ASTM D 1559, MFC E 209)	gr/cm	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
22	Peso específico aparente del agregado total (P <sub>a</sub> ) (ASTM D 1559, MFC E 209)	gr/cm	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
23	Peso específico aparente del agregado total (P <sub>a</sub> ) (ASTM D 1559, MFC E 209)	gr/cm	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	2.625	
24	Aditivo absorbido por el agregado total (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	
25	% del vol del agregado (Volumen Bruto de la brigeta) (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	78.17	82.83	85.96	85.17	88.09	87.56	
26	% del volumen de vacíos efectivos (volumen de brigeta) (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	9.79	10.38	10.66	10.67	11.11	10.97	
27	% vacíos del agregado mineral (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	21.83	17.17	14.94	14.83	11.71	12.44	16.43
28	Aditivo efectivo (peso de mezcla) (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	4.65	
29	Relación Bruto Vacíos (ASTM D 1559, MFC E 209)	%	44.83	66.44	71.32	71.96	68.32	68.12	72.49
30	Estabilidad en correaje (tabla de calibración del ensayo)	gr	1778	1780	1743	1788	1788	1788	
31	Factor de estabilidad	gr	1.04	1.14	1.25	1.04	1.32	1.39	
32	Estabilidad corregida (ASTM D 1559, MFC E 209)	gr	1849	2029	2081	2158	4221	5048	3893.18
33	Estabilidad del flujo (ASTM D 1559, MFC E 209)	mm	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
34	Fluencia	mm	8.38	8.38	8.89	8.64	7.62	7.37	8.21
35	Reducción Estabilidad / Fluencia	mm	2206	2421	2016	2730	5540	6854	1374.44



Henry Rivadeneira Obilias  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica  
Calle Toribio de Mogrovejo



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafé

TESISTA : Jhoselin Lucía Zuta Tenorio

Ciema Chusada 1/2"	37%
Asena resacaada	63%
Cemento ( filler)	0%
Polímero EVA	0%

GRANULOMETRIA DEL ENLACE : 4.80%

Material	No Mezcla	No Dosada
A Ciema Triturada	41.23	39.23
B Asena	37.77	34.67
C Filler	1	6.79

%		% Qui Pasó Tam.					
1"	3/4"	1/2"	3/8"	20#	Nº40	Nº60	Nº100
100	78.5	68.7	58.8	43.9	16.9	7.7	4.5
100	100	100	100	100	100	100	100

		#	1	2	3	4	5	6	Pres.
1	Número de bridas	%	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	
2	Cálculo en peso de la mezcla	%	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23	39.23	
3	% de arena retenida en peso de la mezcla menor #40	%	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	
4	% de arena combinada en peso de mezcla menor #40	%	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	
5	% de filler en peso de mezcla mínimo 0.5% para asfalto 4.800	%	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	
6	Peso específico aparente de cemento asfáltico	gr/cc	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	
7	Peso específico bulk de la arena #40 (ASTM D 155 - AASTHO T 245 - MTC E 200)	gr/cc	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.490
8	Peso específico bulk de la arena #40 (ASTM C 138 - AASTHO T 84 - MTC E 200)	gr/cc	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	
9	Peso específico aparente de la arena #40 (ASTM C 138 - AASTHO T 84 - MTC E 200)	gr/cc	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.451
10	Peso específico aparente del filler	gr/cc	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	
11	Altera presentada de la brida	cm	6.239	6.050	5.889	5.750	5.620	5.500	
12	Peso de la brida en el asfalto	gr	3938.00	3938.20	3938.40	3938.60	3938.80	3939.00	
13	Peso de la brida saturada superficialmente seco	gr	3938.00	3938.20	3938.40	3938.60	3938.80	3939.00	
14	Peso de la brida en el asfalto	gr	3938.00	3938.20	3938.40	3938.60	3938.80	3939.00	
15	Volumen de la brida	cc	444	442.53	441.5	440.9	440.7	440.53	
16	Peso aparente de la brida 1/2"	gr	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327	2.327	2.328
17	Peso aparente mínimo máximo (ASTM D 2954 - AASTHO T 200 - MTC E 200)	gr/cc	2.397	2.397	2.397	2.397	2.397	2.397	
18	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
19	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
20	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
21	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
22	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
23	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
24	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
25	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
26	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
27	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
28	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
29	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
30	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
31	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
32	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
33	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
34	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	
35	Módulo de elasticidad teórico de las agregados 100(2.65+(0.21*W+0.2*P))	gr/cc	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	2.492	



Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica del Perú



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE GEOTECA, CAMINOS Y ENSAYOS



**DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO**  
METODO MARSHALL - ASTM D 1559 AASTHO T 245

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe

TESISTA : Rhoselin Lucia Zuta Tenorio

Grava Chica 1/2"	27%
Grava mediana	63%
Cemento (P/ce)	1%
Polímero EVA	9%

MEZCLA DE CONCRETO ASFALTICO 4.88%

Material	No Muestra	No Ensayos
A Grava Fina	41.25	20.25
B Arena	57.77	53.19
C Fines	7	5.50

% Ques Pasa al Tamiz						
1"	3/4"	3/8"	1/4"	Nº10	Nº20	Nº30
100	76.5	68.7	59.8	43.9	16.9	7.7
						4.8

j	Nombre de Ensayo	#	% Ques Pasa al Tamiz						Prom.
			1	2	3	4	5	6	
1	Cal en peso de la mezcla	%	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
2	% de arena retenida en peso de la mezcla (menor 40)	%	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25	39.25
3	% de arena combinada en peso de la mezcla (menor 40)	%	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00
4	% de filler en peso de mezcla (menor 75) (para mezclas F 200)	%	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95
5	Peso específico Bulk de la arena (1-4) ASTM C 127 - AASTHO T 81 - MTC E 200	gr/cm <sup>3</sup>	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022	1.022
6	Peso específico aparente de la arena (1-4) ASTM C 127 - AASTHO T 81 - MTC E 200	gr/cm <sup>3</sup>	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490	2.490
7	Peso específico Bulk de la arena (1-4) ASTM C 127 - AASTHO T 81 - MTC E 200	gr/cm <sup>3</sup>	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750
8	Peso específico aparente de la arena (1-4) ASTM C 127 - AASTHO T 81 - MTC E 200	gr/cm <sup>3</sup>	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450	2.450
9	Peso específico aparente de la arena (1-4) ASTM C 127 - AASTHO T 81 - MTC E 200	gr/cm <sup>3</sup>	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900	2.900
10	Peso específico aparente del filler	gr/cm <sup>3</sup>	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
11	Libera retenida de la brasa	gr	5.880	5.880	5.880	5.880	5.880	5.880	5.880
12	Peso de la brasa en el aire	gr	1011.80	1014.90	1017.00	1019.10	1022.20	1024.30	1026.40
13	Peso de la brasa retenida específicamente seca	gr	1013.80	1017.00	1020.20	1023.40	1026.60	1029.80	1033.00
14	Peso de la brasa en el aire	gr	950.80	953.90	957.00	960.10	963.20	966.30	969.40
15	Polímero de la brasa	g/c	463.2	474.43	485.7	496.99	508.25	519.51	530.77
17	Peso unitario de la brasa (1/16) ASTM D 2726 - MTC E 314	gr/cm <sup>3</sup>	2.184	2.184	2.184	2.184	2.184	2.184	2.184
18	Peso específico teórico mínimo (1/16) ASTM D 2044 - AASTHO T 209 - MTC E 208	gr/cm <sup>3</sup>	2.394	2.394	2.394	2.394	2.394	2.394	2.394
19	Máxima densidad teórica de las agregadas (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	gr/cm <sup>3</sup>	2.471	2.471	2.471	2.471	2.471	2.471	2.471
20	% de arena en peso (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	%	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76	6.76
21	Peso específico Bulk del agregado Total (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	gr/cm <sup>3</sup>	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551	2.551
22	Peso específico aparente del agregado total (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	gr/cm <sup>3</sup>	2.652	2.652	2.652	2.652	2.652	2.652	2.652
23	Peso específico teórico del agregado total (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	gr/cm <sup>3</sup>	2.567	2.567	2.567	2.567	2.567	2.567	2.567
24	Achete observado por el agregado total (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	%	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
25	% del vol del agregado / Volumen Bruto de la brasa (1/16) (1/16)	%	81.52	81.52	81.52	81.52	81.52	81.52	81.52
26	% del volumen de vacíos efectivos / volumen de brasa (1/16) (1/16)	%	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73	9.73
27	% vacíos del agregado mineral (1/16)	%	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48	18.48
28	Achete observado en peso de la mezcla (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	%	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56
29	Relación masa seca (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	%	72.62	72.62	72.62	72.62	72.62	72.62	72.62
30	Estabilidad en caliente (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	gr	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
31	Factor de estabilidad		1.19	1.14	1.09	1.04	1.19	1.25	1.30
32	Estabilidad en caliente (1/16)	gr	3075	3055	3035	3015	3000	2985	2970
33	Factor de Fluencia (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16) (1/16)	mm	8.11	7.62	7.13	6.64	6.15	5.66	5.17
34	Fluencia	mm	8.11	7.62	7.13	6.64	6.15	5.66	5.17
35	Reduccion Estabilidad / Fluencia	mm	6.921	7.044	7.167	7.290	7.413	7.536	7.659





UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA**  
 ENSAYO RICE AASITO T - 209 ASTM D- 2041

**TESIS** : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

**CANTERA** : Tres Tomas - Ferreñafe

**TESISTA** : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

PORCENTAJE DE ASFALTO	0%	3.0%	5%	7.0%
1.- PESO DEL FRASCO	730	730	730	730
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	2644	2644	2644	2644
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	2030	2031	2018	2018
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	3530.2	3531.0	3518.2	3517.5
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1500	1500	1500	1500
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	614	613	626	627
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2.444	2.45	2.397	2.394



*Henry Rivadeneira Obittas*  
 Henry Rivadeneira Obittas  
 Tec. Laboratorio USAT  




UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



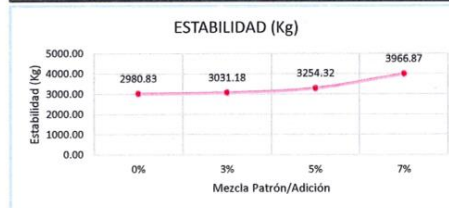
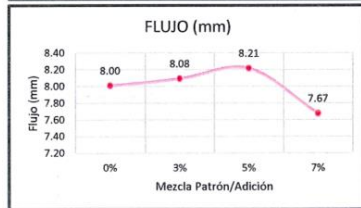
ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CAUCHO Y PET

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

EVA	Peso Unitario (gr/cm <sup>2</sup> )	RESULTADOS				Flujo (mm)	Estabilidad (Kg)	Relación Polvo Asfalto	Relación Estabilidad Flujo
		Vacios (%)	Vacios del agregado Mineral (%)	Vacios Llenados de C.A (%)	% VMA				
0%	2.33	4.65	15.48	71.02	8.00	2980.83	1.05	3688.63	
3%	2.33	4.82	15.42	72.49	8.08	3031.18	1.04	3794.44	
5%	2.28	4.96	15.0	68.19	8.21	3254.32	1.01	3977.65	
7%	2.18	9.03	16.69	45.94	7.67	3966.87	1.02	5102.68	



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

### Anexo 16: Ensayo Lottman modificado



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



#### ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA: Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

##### PATRON 0% EVA

DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS				
-	Número de briqueta	#	1	2	3	Prom.	4	5	6	Prom.
D	Diametro	cm	10.16	10.16	10.16		10.16	10.16	10.16	
E	Espesor	cm	6.10	6.45	6.04		6.24	6.92	6.91	
A	Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1109.40	1214.50	1022.90	1115.6	1158.10	1169.30	1194.60	1174.0
B	SSD de la Muestra	gr	1114.00	1215.00	1026.20		1160.30	1172.00	1193.30	
C	Peso de la Muestra en Agua	gr	667.91	725.32	635.14		725.62	688.89	712.45	
E	Volumen ( B - C)	cc	446.1	489.7	391.1		434.7	483.1	480.9	
F	Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.487	2.480	2.616	2.5	2.664	2.420	2.484	2.5
G	Peso específico teórico máximo (Rice)	gr/cc	2.726	2.726	2.726	2.7	2.726	2.726	2.726	2.7
H	% de vacíos ((G - F)/G)*100	%	8.78	9.03	4.06	7.3	2.27	11.22	8.87	7.5
I	Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	39.16	44.20	15.86		9.89	54.21	42.67	

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C											
B'	SSD de la Muestra	gr	1138.50	1247.00	1035.10						
C'	Peso de la Muestra en Agua	gr	632.85	699.71	589.40						
E'	Volumen de la Muestra ( B' - C')	cc	505.7	547.3	445.7						
J'	Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	29.1	32.5	12.2						
-	Saturación ( 100*J'/I)	%	74.3	73.5	76.9	74.9					
-	Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	13.35	11.76	13.97						

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María										
L*	Espesor	cm	6.5	6.8	6.9					
B''	SSD de la Muestra	gr	1145.45	1254.10	1038.40					
C''	Peso de la Muestra en Agua	gr	632.00	699.71	589.40					
E''	Volumen ( B'' - C'')	cc	513.5	554.4	449.0					
J''	Volumen de Agua de Absorción (B'' - A)	cc	36.1	39.6	15.5					
-	Saturación ( 100*J''/I)	%	92.1	89.6	97.7					
-	Hinchamiento (E'' - E)*100/E	%	13.32	11.82	13.00					
-	Carga Máxima Kg	kg	325	465	345		395	526.0	475	
-	Carga Máxima N	N	3188.250	4561.650	3384.450	3711.45	3874.950	5160.060	4659.750	4564.92
-	Fuerza Tensible KPA(Esfuerzo a tension)	kg/cm <sup>2</sup>	3.13	4.28	3.13	3.52	3.97	4.77	4.31	4.35

RAZON DEL ESFUERZO A TENSION (TRS) = 80.91%

NOTA:  
El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)**

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA: Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

		3% EVA							
DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS			
	#	1	2	3	Prom.	4	5	6	Prom.
- Número de briqueta									
D Diámetro	cm	10.16	10.16	10.16		10.16	10.16	10.16	
t Espesor	cm	6.17	6.25	6.18		6.30	6.03	6.05	
A Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1064.60	1126.50	1074.40	1088.5	1115.70	1068.90	1075.50	1086.7
B SSD de la Muestra	gr	1067.30	1131.80	1076.60		1117.30	1070.50	1077.40	
C Peso de la Muestra en Agua	gr	648.77	685.58	653.26		673.74	649.04	651.04	
E Volumen ( B - C)	cc	418.5	446.2	423.3		443.6	421.5	426.4	
F Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.544	2.525	2.538	2.5	2.515	2.536	2.523	2.5
G Peso específico teórico máximo (Rice)	gr/cc	2.725	2.725	2.725	2.7	2.725	2.725	2.725	2.7
H % de vacíos ((G - F)/G)*100	%	6.65	7.36	6.87	7.0	7.69	6.93	7.43	7.4
I Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	27.85	32.83	29.06		34.13	29.20	31.68	
<b>Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C</b>									
B' SSD de la Muestra	gr	1085.30	1150.80	1095.70					
C' Peso de la Muestra en Agua	gr	615.15	634.22	643.69					
E' Volumen de la Muestra ( B' - C')	cc	470.2	516.6	452.0					
J' Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	20.7	24.3	21.3					
- Saturación ( 100*J'/I)	%	74.3	74.0	73.3	73.9				
- Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	12.33	15.77	6.77					
<b>Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María</b>									
I* Espesor	cm	6.5	6.8	6.9					
B* SSD de la Muestra	gr	1153.90	1199.70	1148.10					
C* Peso de la Muestra en Agua	gr	678.00	620.00	632.00					
E* Volumen ( B* - C*)	cc	475.9	579.7	516.1					
J* Volumen de Agua de Absorción (B* - A)	cc	89.3	73.2	73.7					
- Saturación ( 100*J'/I)	%	320.6	223.0	253.6					
- Hinchamiento (E* - E)*100/E	%	12.20	25.84	20.52		472	405.0	505	
- Carga Máxima Kg	kg	415	394	459		4146.36	4630.320	3973.050	4954.050
- Carga Máxima N	N	4071.150	3865.140	4502.790					4519.14
- Fuerza Tensible KPA(Esfuerzo a tension)	kg/cm2	4.00	3.63	4.17	3.93	4.70	4.21	5.23	4.71

RAZON DEL ESFUERZO A TENSION (TRS) = 83.46%

NOTA:  
 El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. LABORATORIO USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)**

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA: Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

		5% EVA				MUESTRAS SECAS			
DATOS		MUESTRAS SUMERGIDAS				MUESTRAS SECAS			
	#	1	2	3	Prom.	4	5	6	Prom.
D	Diámetro	cm	10.16	10.16	10.16		10.16	10.16	10.16
t	Espesor	cm	6.41	6.36	5.51		6.32	5.78	5.62
A	Peso de la muestra Seca al Aire	gr	1036.90	1118.00	972.00	1042.3	1128.70	1029.60	959.90
B	SSD de la Muestra	gr	1041.00	1120.00	972.80		1130.30	1031.40	959.10
C	Peso de la Muestra en Agua	gr	631.43	677.22	589.55		682.49	625.76	580.88
E	Volumen (B - C)	cc	409.6	442.8	383.3		447.8	405.6	378.2
F	Peso específico Bulk de la briqueña (A/E)	gr/cc	2.532	2.525	2.536	2.5	2.520	2.538	2.538
G	Peso específico tétrico máximo (Rice)	gr/cc	2.728	2.728	2.728	2.7	2.728	2.728	2.728
H	% de vacíos ((G - F)/G)*100	%	7.20	7.44	7.03	7.2	7.61	6.96	6.97
I	Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	29.47	32.96	26.95		34.06	28.22	26.35

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C										
B'	SSD de la Muestra	gr	1058.81	1141.12	989.75					
C'	Peso de la Muestra en Agua	gr	555.85	622.51	547.00					
E'	Volumen de la Muestra (B' - C')	cc	503.0	518.6	442.8					
J'	Volumen de Agua de Absorción (B' - A)	cc	21.9	23.1	17.8					
-	Saturación (100*J'/I)	%	74.3	70.2	65.9	70.1				
-	Hinchamiento (E' - E)*100/E	%	22.80	17.13	15.53					

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María										
K'	Espesor	cm	6.42	6.4	6.5					
B''	SSD de la Muestra	gr	1089.90	1811.60	1009.60					
C''	Peso de la Muestra en Agua	gr	578.00	580.00	560.00					
E''	Volumen (B'' - C'')	cc	511.9	1231.6	449.6					
J''	Volumen de Agua de Absorción (B'' - A)	cc	53.0	693.6	37.6					
-	Saturación (100*J''/I)	%	179.8	2104.6	139.5					
-	Hinchamiento (E'' - E)*100/E	%	20.35	152.10	14.99					
-	Carga Máxima	kg	385	379	295					
-	Carga Máxima N	N	3776.850	3717.990	2501.550	3332.13	4041.720	3825.900	2952.810	3606.81
-	Fuerza Tensible KPA(Esfuerzo a tension)	kg/cm <sup>2</sup>	3.76	3.71	2.46	3.31	4.09	4.23	3.36	3.89

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) = 85.04%

**NOTA:**

El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



**ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASTHO T 283)**

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"  
 CANTERA: Tres Tomas - Ferrelafe  
 TESISTA: Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

DATOS	#	MUESTRAS SUMERGIDAS			Prom.	MUESTRAS SECAS			Prom.
		1	2	3		4	5	6	
- Número de briqueta									
D Diámetro	cm	10.16	10.16	10.16		10.16	10.16	10.16	
E Espesor	cm	5.83	5.48	5.81		6.78	7.15	6.38	
A Peso de la muestra Seca al Aire	gr	977.80	911.10	1004.10	964.3	968.70	1088.10	1125.50	1060.8
B SSD de la Muestra	gr	981.20	915.10	1006.90		971.30	1091.90	1129.00	
C Peso de la Muestra en Agua	gr	595.45	555.12	610.36		587.73	659.51	685.72	
E Volumen ( B - C)	cc	385.8	360.0	396.5		383.6	432.4	443.3	
F Peso específico Bulk de la briqueta (A/E)	gr/cc	2.535	2.531	2.532	2.5	2.525	2.516	2.539	2.5
G Peso específico teórico máximo (Rice)	gr/cc	2.728	2.728	2.728	2.7	2.728	2.728	2.728	2.7
H % de vacíos ((G - F)/G)*100	%	7.08	7.22	7.18	7.2	7.42	7.75	6.93	7.4
I Volumen de vacíos ((H*E)/100)	cc	27.32	26.00	28.47		28.47	33.53	30.71	

Muestra Saturada en Vacíos con 19 a 28° Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C					
B <sup>1</sup> SSD de la Muestra	gr	998.40	930.10	1024.10	NO SE EJECUTA
C <sup>1</sup> Peso de la Muestra en Agua	gr	514.80	482.14	555.60	
E <sup>1</sup> Volumen de la Muestra ( B <sup>1</sup> - C <sup>1</sup> )	cc	483.6	448.0	468.5	
J <sup>1</sup> Volumen de Agua de Absorción (B <sup>1</sup> - A)	cc	20.6	19.0	20.0	
- Saturación ( 100*J <sup>1</sup> /I)	%	75.4	73.1	70.3	
- Hinchamiento (E <sup>1</sup> - E)*100/E	%	25.37	24.44	18.15	

Condiciones de Saturación Por 24 Hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María								
I <sup>1</sup> Espesor	cm	5.94	5.78	5.45	NO SE EJECUTA			
B <sup>1</sup> SSD de la Muestra	gr	994.50	936.10	1023.30				
C <sup>1</sup> Peso de la Muestra en Agua	gr	536.00	482.00	555.60				
E <sup>1</sup> Volumen ( B <sup>1</sup> - C <sup>1</sup> )	cc	458.5	454.1	467.7				
J <sup>1</sup> Volumen de Agua de Absorción (B <sup>1</sup> - A)	cc	16.7	25.0	19.2				
- Saturación ( 100*J <sup>1</sup> /I)	%	61.1	96.2	67.4				
- Hinchamiento (E <sup>1</sup> - E)*100/E	%	15.04	21.01	15.19				
- Carga Máxima Kg	kg	217	225.5	210.8				
- Carga Máxima N	N	2128.770	2212.155	2067.948				
- Fuerza Tensible KPA(Esfuerzo a tensión)	kg/cm <sup>2</sup>	2.29	2.44	2.42				
					321	301.5	312.48	
					2136.29	3149.010	2957.519	3065.429
					2.39	2.37	2.64	3.07
								3057.32
								2.89

RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) = 82.50

NOTA:  
 El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.



Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

## Anexo 17: Ensayo Cántabro



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 ESCUELA DE INGENIERÍA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



### ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS MTC E 515

TESIS : "Mejoramiento de mezclas asfálticas en caliente con la incorporación del polímero resina EVA"

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Jhoselin Lucia Zuta Tenorio

Nº DE BRIQUETA	% EVA	DIAMETRO (cm)	ALTURA (cm)	PESO INICIAL	PESO FINAL	% DESGASTE	PROMEDIO
1	MC-0%	10.18	6.26	1122.40	887.60	20.92%	16.95%
2		10.22	6.59	1126.00	965.10	14.29%	
3		10.18	6.83	1181.90	1028.10	13.01%	
4		10.24	6.22	1064.70	936.20	12.07%	
5		10.22	6.33	1138.80	1013.50	11.00%	
6		10.22	6.24	1053.80	733.50	30.39%	
1	MM-3%	10.18	6.22	1096.00	938.50	14.37%	10.20%
2		10.22	6.03	1056.10	961.30	8.98%	
3		10.18	5.60	1023.00	958.30	6.32%	
4		10.24	6.55	1173.50	1014.10	13.58%	
5		10.22	5.68	983.80	905.60	7.95%	
6		10.22	6.48	1149.20	1034.50	9.98%	
1	MM-5%	10.18	5.98	1050.20	994.60	5.29%	8.65%
2		10.22	5.96	1057.00	987.20	6.60%	
3		10.18	6.16	1081.30	1011.20	6.48%	
4		10.24	6.11	1056.70	968.90	8.31%	
5		10.22	6.16	1081.40	981.60	9.23%	
6		10.22	6.15	1089.60	915.60	15.97%	
1	MM-7%	10.18	4.93	838.40	763.70	8.91%	5.42%
2		10.22	5.85	1013.70	955.00	5.79%	
3		10.18	5.69	982.40	938.60	4.46%	
4		10.24	5.41	961.60	916.90	4.65%	
5		10.22	5.65	988.60	930.00	5.93%	
6		10.22	5.84	1020.10	991.80	2.77%	

NOTA: El ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 25% a 25°C



Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

