



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas
usando polímeros SBR y polipropileno en la Av. Defensores del
Morro, Chorrillos 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Rodríguez De Brito, José Luis (ORCID: 0000-0002-9254-9775)

ASESOR:

Mgtr. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID 0000-0001-6774-8839)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi padre por su apoyo incondicional, a mi esposa e hijos que son los motores de mi vida y me acompañan en cada paso que doy. A ellos con mucho amor.

Agradecimiento

Agradecer a Dios por darme fuerzas y salud para llegar a la meta planteada. A mi esposa e hijos por su paciencia y a mi asesor Mg. Carlos Fernández por su paciencia y tiempo alcanzado para completar esta investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos	14
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS.....	48
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Cantidad de muestra por ensayo</i>	12
Tabla 2. <i>Validez de instrumentos</i>	13
Tabla 3. <i>Temperatura media anual</i>	15
Tabla 4. <i>Informe de ensayo PEN 60 – 70</i>	16
Tabla 5. <i>Requerimiento de agregado grueso</i>	17
Tabla 6. <i>Análisis granulométrico agregado grueso</i>	18
Tabla 7. <i>Comparación de resultados agregado grueso</i>	18
Tabla 8. <i>Requerimiento de agregado fino</i>	19
Tabla 9. <i>Análisis granulométrico agregado fino</i>	20
Tabla 10. <i>Comparación de resultados agregado fino</i>	20
Tabla 11. <i>Husos granulométricos</i>	21
Tabla 12. <i>Comparación de resultados Husos granulométricos</i>	21
Tabla 13. <i>Dosificación de agregados para diseño</i>	21
Tabla 14. <i>Ficha técnica SBR</i>	22
Tabla 15. <i>Ficha técnica polipropileno</i>	23
Tabla 16. <i>Diseño Marshall – Mezcla convencional</i>	24
Tabla 17. <i>Resultados óptimo contenido de asfalto</i>	26
Tabla 18. <i>Comparación de resultados Marshall</i>	26
Tabla 19. <i>Resultados Marshall de mezclas modificadas</i>	29
Tabla 20. <i>Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 0.5%</i> ..	30
Tabla 21. <i>Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 1.0%</i> ..	30
Tabla 22. <i>Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 1.5%</i> ..	31
Tabla 23. <i>Resultados ensayo resistencia a la compresión diametral</i>	36
Tabla 24. <i>Resultado ensayo Cántabro</i>	38

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Cantera Dorita - agregado grueso.....	17
<i>Figura 2.</i> Cantera Dorita - agregado fino.....	19
<i>Figura 3.</i> Polímero SBR en granos finos.	22
<i>Figura 4.</i> Polipropileno en forma de granos.	23
<i>Figura 5.</i> Probetas con mezcla asfáltica convencional.....	24
<i>Figura 6.</i> Peso unitario en relación al C.A.	25
<i>Figura 7.</i> Porcentaje de vacíos en relación C.A.	25
<i>Figura 8.</i> Porcentaje de vacíos agregado mineral en relación al C.A.....	25
<i>Figura 9.</i> Porcentaje de vacíos en relación del C.A.....	25
<i>Figura 10.</i> Variación del Flujo en relación al C.A.....	25
<i>Figura 11.</i> Variación de Estabilidad en relación al C.A.....	25
<i>Figura 12.</i> Variación de Rigidez en relación del C.A.	26
<i>Figura 13.</i> Agregados seleccionados.	27
<i>Figura 14.</i> Polímero SBR y polipropileno en proporción de 50%.....	27
<i>Figura 15.</i> Combinación de los agregados y polímeros	28
<i>Figura 16.</i> Mezcla uniformizada de agregados, polímeros y cemento asfáltico ...	28
<i>Figura 17.</i> Mezcla asfáltica modificadas.....	29
<i>Figura 18.</i> Ensayo Marshall.....	29
<i>Figura 19.</i> Probetas luego del ensayo Marshall.	29
<i>Figura 20.</i> Variación de estabilidad (kg) en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.	31
<i>Figura 21.</i> Incremento de la estabilidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.	32
<i>Figura 22.</i> Variación de la densidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.	32
<i>Figura 23.</i> Incremento de la densidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.	33
<i>Figura 24.</i> Variación del flujo en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.....	33
<i>Figura 25.</i> Incremento del flujo en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.....	34

<i>Figura 26.</i> Variación del índice de rigidez en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.....	34
<i>Figura 27.</i> Incremento de índice de rigidez en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.....	35
<i>Figura 28.</i> Ensayo de resistencia a compresión diametral.....	35
<i>Figura 29.</i> Variación a la resistencia de compresión diametral de la Mezcla asfáltica.....	36
<i>Figura 30.</i> Incremento de la resistencia de compresión diametral de la Mezcla asfáltica.....	37
<i>Figura 31.</i> Ensayo Cántabro.....	37
<i>Figura 32.</i> Pérdida de masa por desgaste de la mezcla asfáltica mediante el ensayo cántabro.....	38
<i>Figura 33.</i> Incremento de pérdida por desgaste de Mezcla asfáltica	39

Resumen

La presente investigación planteó como objetivo general analizar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas haciendo uso de polímeros SBR y polipropileno para mejorar sus propiedades, estos ensayos se realizaron modificando la mezcla asfáltica adicionando polímeros SBR y polipropileno en proporciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, tipo aplicada, nivel correlacional – explicativo y diseño experimental. Se realizó ensayos de Marshall (MTC E 504) donde se evidencio que la estabilidad y flujo incremento sus propiedades. Para medir la resistencia a la tracción indirecta se realizó el ensayo de resistencia a la compresión diametral mediante la norma NLT-346/90, los resultados de las muestras ensayadas mostraron que mayor adición de SBR y polipropileno la resistencia a la tracción indirecta se incrementaba. Por último, se realizó el ensayo Cántabro (MTC E 515), donde los resultados mostraron un incremento al desgaste por cada porcentaje de adición en la mezcla asfáltica. La conclusión que se llegó en la presente investigación es que las mezclas asfálticas aplicando polímero SBR y polipropileno mejoro las propiedades de la estabilidad y flujo, incremento las propiedades de resistencia a la tracción indirecta; sin embargo, respecto a las propiedades de resistencia al desgaste la influencia fue negativa.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, SBR, polipropileno, comportamiento mecánico.

Abstract

The present research set as a general objective to analyze the mechanical behavior of asphalt mixtures using SBR and polypropylene polymers to improve their properties, these tests were carried out by modifying the asphalt mixture by adding SBR polymers and polypropylene in proportions of 0.5%, 1.0% and 1.5%. The research had a quantitative approach, applied type, correlational - explanatory level and experimental design. Marshall tests (MTC E 504) were carried out where it was evidenced that stability and flow increased their properties. To measure the resistance to indirect traction, the diametral compressive strength test was carried out by means of the NLT-346/90 standard, the results of the tested samples showed that the greater the addition of SBR and polypropylene the resistance to indirect traction increased. Finally, the Cántabro test (MTC E 515) was carried out, where the results showed an increase in wear for each percentage of addition in the asphalt mix. The conclusion reached in the present research is that the asphalt mixtures applying SBR polymer and polypropylene improved the stability and flow properties, increased the properties of indirect tensile strength; however, with respect to wear resistance properties the influence was negative.

Keywords: Asphalt mix, SBR, polypropylene, mechanical behavior.

I. INTRODUCCIÓN

Para Urazán, Escobar y Mocada (2017, p. 9), la infraestructura vial es el progreso de una nación, esta impacta en dos formas; El primero se establece en la inversión que se realiza para su construcción. La segunda trata de la ventaja que se obtiene en la reducción de tiempos de traslado de un punto a otro. Esto quiere decir que a mayor alcance de vías construidas existan, estas facilitan el acceso a mayores insumos y mercados económicos. Qadir, Gazder y Ali (2018, p. 484), comentan que la red vial de carreteras de Pakistán tiene aproximadamente 250,000 km, la mayor parte de esta red está conformada por pavimento flexible, sostiene que el constante flujo de transporte somete al pavimento a una fatiga constante produciéndose en su superficie grietas y ahuellamiento, estas condiciones de la vía hacen que sea inseguro para los usuarios y afecta indirectamente en la economía del país. Lucena, Silveira y Costa (2016, p. 73), indican que en Brasil el medio de transporte de carga y de personas se realizan principalmente por las carreteras, las vías en su mayoría están conformado por pavimento flexible. Santana, Santos, Cavalcante y Cardos (2018, párr. 3), manifiesta que las carreteras de Brasil cuentan con 12.5% de las vías pavimentadas estas se encuentran en excelentes condiciones y el 6.3% en muy malas condiciones, esto producto al alto tráfico y cargas que sobrepasan la capacidad de la carpeta asfáltica.

Por otro lado, el Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC) en su boletín estadístico del 2018 indicó que el Perú cuenta 26,597.60 km de vías que conforman la red vial del sistema nacional de carreteras, 14,893.30 km corresponde a la red vial nacional, 3,707.50 km conciernen a la red vial departamental y 1,880.70 km corresponde a la red vial vecinal. (MTC, 2018, p. 17). Lima Metropolitana cuenta con 172 km, de vías vecinal pavimentada como lo muestra el boletín estadístico 2018 presentado por el MTC; por otra parte, la defensoría del Pueblo elaboró un informe de seguimiento a las condiciones de infraestructura vial a nivel de Lima Metropolitana en año 2019, en este informe se detalló la evaluación realizada a 49 puntos en diferentes distritos de la capital, de las cuales 35 puntos que representa el 71% de pistas se encontraron con baches y grietas y 14 puntos que representa el 29% se encontraron en buen estado. Dentro del informe incluyeron a la Av. Defensores del Morro indicando que se encuentra en un estado de deterioro

(baches y grietas) (Defensoría del Pueblo, 2019, p. 17-47). La Av. Defensores del Morro, es una de las vías principales de conexión entre los Distrito de Chorrillos y los Distritos de Barranco, Miraflores y otros distritos, el pavimento se encontró casi en su totalidad en mal estado, esto puede derivar a muchos factores como la falta de mantenimiento, factores ambientales y diseño estructural, por la vía transitan vehículos particulares, transporte público y vehículos de carga mayor, con el incremento del parque automotor el pavimento está constantemente sometido a esfuerzos y deformaciones, las repeticiones constante a la que están sometidas hacen que el pavimento llegue a su fatiga antes de su tiempo de diseño, por lo que en la presente investigación se estimó realizar estudios a la mezcla asfáltica usando polímeros tipo SBR y polipropileno, con la finalidad de observar su comportamiento mecánico y determinar si la mezcla asfáltica modificada podrá ser una solución al estado actual de la vía.

Problema general: ¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora de sus propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020? Problema específico: ¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora de la estabilidad y flujo? ¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora a la resistencia a la tracción indirecta? ¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora a la resistencia al desgaste?

Justificación teórica, el propósito de la investigación es ampliar los conocimientos científicos existentes sobre la incorporación de polímero SBR y polipropileno en mezclas asfálticas y observar mediante la sinterización de resultados el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica. Estos resultados son comparados con los antecedentes y establecen conceptos nuevos en la investigación científica. Justificación práctica, por medio de la presente investigación se busca mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mediante la incorporación de polímero SBR y polipropileno, mediante los resultados se espera obtener soluciones que mejoren las características de la mezcla asfáltica.

Justificación social, actualmente la carpeta asfáltica de la vía en estudio se encuentra en malas condiciones por lo que la investigación busca beneficiar a todos los usuarios que hacen uso frecuente de esta vía, por medio de los resultados encontrados mejorar las características mecánicas de la mezcla asfáltica, reducir los costos de mantenimiento y brindar a los usuarios un traslado seguro. Justificación metodológica, para lograr que los objetivos de investigación se cumplan se realizó la medición de la variable independiente “polímero SBR y polipropileno” y su comportamiento en la variable dependiente “comportamiento mecánico de mezcla asfáltica”, se estableció una investigación de tipo científica. Mediante la validación de los instrumentos por juicio de expertos se establecieron los ensayos a realizar y se determinó la muestra a emplear. De los resultados obtenidos se pudo establecer si el polímero SBR y polipropileno adicionado a la mezcla asfáltica mejoran las propiedades mecánicas y si mejoran su resistencia al desgaste y la deformación.

Objetivo general: Analizar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas usando polímeros SBR y polipropileno para mejorar sus propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020. Objetivos específicos: Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la estabilidad y flujo. Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la resistencia a la tracción indirecta. Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la resistencia al desgaste.

Hipótesis general: El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas aplicando polímeros SBR y polipropileno mejora las propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020. Hipótesis específicas: El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la estabilidad y flujo. El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia a la tracción indirecta. El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia al desgaste.

II. MARCO TEÓRICO

Borja y Cárdenas (2019), en su investigación cuyo título tiene *Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS*. El objetivo que tuvo es de caracterizar la mezcla asfáltica en caliente, elaboradas mediante cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS, determinar parámetros de resistencia relacionados con la deformación plástica. El estudio es de enfoque cuantitativo y diseño experimental, la muestra estuvo conformado por 54 briquetas con dosificación de 1%, 2% y 3%. Los instrumentos utilizados fueron los formatos de los ensayos realizados a las briquetas. El resultado que obtuvo al modificar el asfalto es el incremento en la estabilidad y flujo a medida que se incorpora SBR. Se concluyó que el polímero SBR en la mezcla asfáltica al 3% evidencian la mejoría de sus propiedades físico-mecánicas y reológicas, tuvieron un mayor desempeño respecto a la resistencia abrasiva, (cargas vehiculares) establecidas, así como del efecto de la intemperie, dándoles un mayor rango de estabilidad o máxima fuerza de soporte, una adecuada deformación de la mezcla, un aumento progresivo de su resistencia ante el desgaste y un incremento en la resistencia lateral de la mezcla (tracción indirecta).

Mejía y Sierra (2017), en su investigación cuyo título tiene *Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: Caso de estudio Universidades de Bogotá D.C.* Tuvo como objetivo analizar las mejoras y desventajas de los agentes modificadores utilizando polipropileno y PEDB. El estudio es de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, evaluó la mezcla asfáltica modificada con polipropileno y PEDB en dosificaciones de 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%, Los instrumentos que se utilizaron son los formatos de ensayos Marshall. Los resultados evidenciaron un mejor desempeño de la estabilidad en la adición de 5.5% obteniendo un valor de 4809 kg y una disminución de la estabilidad en los porcentajes de 6%, 6.5% y 7% por otra parte el flujo mostro mejor valor en la adición de 5% obteniendo 3.71 mm, los demás valores estuvieron por encima de los valores recomendados. Se concluyo la investigación indicando que la mezcla asfáltica modificada con polipropileno y PEDB mejora la resistencia al ahuellamiento.

López y Veloz (2013), en su investigación cuyo título tiene *Análisis comparativo de mezclas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba*. Tuvo como objetivo analizar la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS y SBR. El estudio es de enfoque cuantitativo y diseño experimental. La muestra estuvo conformada por 38 probetas de ensayo con dosificaciones de 2%,3%, 4% y 5%. Los instrumentos que se utilizaron son los formatos de los resultados de ensayo Marshall. Los resultados que se obtuvieron al modificar la mezcla asfáltica fueron la mejora de la estabilidad y el flujo en la mezcla modificada con adición de 3%. Se concluye que el porcentaje adecuado para la mezcla asfáltica modificada es de 3% obteniendo valores de estabilidad de 2667 lb y un flujo de 28 (0,01 pulg).

Cañari (2019), en su investigación cuyo título tiene *Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno*. Tuvo como objetivo de investigación determinar la influencia de la de fibras de polipropileno en el comportamiento mecánico del asfalto. El estudio es de enfoque cuantitativo, aplicada, descriptivo-correlacional-explicativa y diseño experimental, la población de estudio fue la mezcla asfáltica en caliente tradicional y la modificada, la muestra fue determinada por conveniencia compuesta por 80 briquetas con dosificaciones de 0.2%, 0.4% y 0.6%. Los instrumentos utilizados fueron los formatos de los ensayos. El resultado que se obtuvo es que al adicionar fibras de polipropileno a la mezcla se incrementa los valores de resistencia a la tracción indirecta y cohesión. Se concluyó que La adición de fibras de polipropileno influyen significativamente en la resistencia a la tracción indirecta, en cambio la resistencia al desgaste su influencia es negativa.

Pinedo y Vaca (2018), en su investigación cuyo título tiene *Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018*. Tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del polipropileno en la mezcla asfáltica. El estudio es de enfoque cuantitativo y diseño experimental; la población y muestra están conformadas por 37 probetas con dosificaciones de 0.5%, 1.5% y 2.5%. Los instrumentos aplicados en los ensayos fueron las fichas y formatos. El resultado principal de la investigación fue que al adicionar polipropileno la mezcla

presenta una reducción en el flujo adicionando mejor propiedad elástica a la mezcla. Se concluyó que la mezcla modificada al 1.4% incrementa la estabilidad en 2.21% esto a la vez mejora la resistencia.

Estrella (2016), en su investigación cuyo título tiene *Aplicación de la metodología para la modificación de asfaltos convencionales mediante polímeros en el pavimento de la carretera Pilcomayo - Chupaca 2016*. Determinar cómo influye la adición de polímeros EVA, SBR, SBS y Caucho en la mezcla asfáltica. El estudio es de enfoque cuantitativo y diseño experimental, la población estuvo conformada por 192 briquetas con dosificaciones de 2%, 3%, 4%, 5% y 6%. Los instrumentos que se utilizaron son los formatos de los resultados de ensayo Marshall. El resultado principal de la investigación fue que las mezclas modificadas presentaron mejoras en la estabilidad y flujo. Se concluyó que las mezclas modificadas con polímero SBR en adición a 4% tubo una estabilidad 878 kg y un flujo de 2.53 mm, esto representa una mejora de 31% con respecto a la mezcla convencional.

Rondón y Reyes (2015, p. 69), sostiene que la mezcla asfáltica, son composiciones de partículas de agregados tales como gravas, arenas, finos mezclados con una resina asfáltica, se pueden producir en plantas asfaltadoras y en ocasiones particulares se realizan in situ. También sostiene que la mezcla asfáltica debe poseer las características siguientes, resistencia a la tracción (estabilidad), resistencia a las deformaciones, resistencia a la fatiga, al deslizamiento, ser impermeable, resistencia a los medios ambientales y resistente al envejecimiento. Por otra parte, Reyes (2012), sostiene que el cemento asfáltico; al poseer características viscosas son perfectos para trabajos de pavimentación asimismo dentro de sus cualidades impermeabilizante y aglutinantes, poseen característica de durabilidad, flexibilidad y alta resistencia a la actividad de agentes químicos tales como alcoholes, sales y ácidos (p. 78). Por otra parte, Rondón y Reyes (2015, p. 34), indica que el cemento asfáltico se clasifica por medio del ensayo de penetración y el ensayo de viscosidad.

Rondón y Reyes (2015, p. 70), los agregados; son denominado agregados pétreos, es una mezcla inerte formadas por, arenas, gravas y finos pudiendo ser triturados

o naturales, son usados en pavimentos asfálticos y de concreto, en la estructura del pavimento (base, sub base), afirmados o en terraplenes. Estos materiales conglomerados establecen entre el 88% y 96% del volumen asfáltico y más del 75% de la mezcla total, dentro de la mezcla su función que adopta al ser combinado es la soportar las cargas que son producidas por el parque automotor. Los daños como el ahuellamiento daño por humedad o fatiga que se producen en las mezclas asfálticas depende en gran parte de la calidad de los agregados pétreos. Hao, Wang, Zhao, Huang (2020, p. 81), los asfaltos modificados se establecen cuando las características de mezcla asfáltica convencional no son aptas de resistir la acción continua de tránsito y el factor climático, resulta inevitable el uso de ligantes que modifiquen mejor las propiedades reológicas, menor susceptibilidad térmica, mayor grado de adherencia y mayor resistencia al envejecimiento. Por su parte Rondón y Reyes (2015, p. 137), sostiene que los objetivos para modificar la mezcla asfáltica es mejorar sus propiedades como la rigidez, la susceptibilidad térmica, la resistencia a la fisuración, resistencia a la fatiga, al daño por humedad, resistencia a la deformación por ahuellamiento, adherencia de los agregados pétreos.

Polímeros; se clasifican en dos grupos los termoplásticos y termo endurecibles, el segundo no es adecuado para modificar mezclas asfálticas debido que a temperaturas elevadas se alteran o degradan sus características físicas. Por otro lado, los termoplásticos son adecuados para modificaciones de mezclas asfálticas, ya que estas pueden soportar temperaturas elevadas sin alterar o degradar demasiado sus características físicas. Los termoplásticos se clasifican en plastómeros y elastómeros; los elastómeros que se utilizan con más frecuencia son los cauchos naturales como el polímero SBS (estireno-butadieno-estireno) y el SBR (estireno-butadieno-caucho), los plastómeros más usados tenemos el polipropileno (PP), poliestireno (PS), policloruro de vinilo (PVC) (Castro, Rondón y Barrero, 2016, p. 8). Reyes (2012 p. 90), indica que el SBR es un polímero amorfo que por lo general son insaturados, éstos están sometidas a procesos de vulcanización la cual le brinda una cobertura parcialmente reticulada, esta particularidad le confiere las propiedades elásticas. Palma, Ortiz, Ávalos y Castañeda (2014, p. 121), sostiene que el SBR es el más usado dentro de los cauchos sintéticos teniendo un 60% de producción en la industria del neumático. Dentro de las propiedades que

caracterizan a los polímeros Reyes (2012, p. 91), resalta estas cuatro propiedades que son bajo peso específico, propiedades mecánicas, influencia de la temperatura y durabilidad. Chávez, Aulestia, Cando, Bucheli y Fernández (2019, p. 127), sostiene que el polipropileno se obtiene de la polimerización del propileno es un subproducto gaseoso derivado del proceso de refinación del petróleo. Es resistente a temperaturas altas además de tener la característica de ser el más ligero entre los plásticos, la propiedad de cristalinidad le otorga una elevada resistencia a la tracción dureza y rigidez y su elevado punto de fusión otorga a las piezas una alta resistencia a la tracción.

Método Marshall (MTC E 504); de acuerdo al Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2016, p. 584), este ensayo se realiza con mezclas viscosas bituminosas con agregados que no excedan los 25 mm, se preparan briquetas de 64 mm de altura y con un diámetro de 102 mm, la finalidad de este ensayo es encontrar los valores de estabilidad y flujo, resistencia a tracción indirecta análisis de densidad y vacíos. La estabilidad y flujo pueden ser usados como referencia para evaluar mezclas diferentes. Bojorque, Flores, Vásquez (2019, p. 180), indican que La estabilidad Marshall y el flujo de las mezclas asfálticas, junto con la densidad de la mezcla de campo, VA, VMA y/o VFA, se utilizan para diseño de mezclas bituminosas en laboratorio y control in situ. La estabilidad de la mezcla refleja la fricción interna y la cohesión por lo que la cohesión es una medida de la unión de la mezcla asfáltica fuerza y fricción interna un punto de referencia de la resistencia al entrelazado y fricción de los agregados. Por otra parte, el flujo es una medida de la deformación de la muestra. Los valores altos de flujo generalmente indican una mezcla plástica que se someterá a deformación permanente bajo tráfico, mientras que valores bajos pueden indicar una mezcla con huecos más grandes de lo normal y asfalto insuficiente para garantizar la durabilidad y se podría experimentar un agrietamiento prematuro debido a la fragilidad de la mezcla, para el parámetro de diseño se determina por el tipo de tráfico (pesado, mediano o liviano) esto determina la cantidad de golpes que se aplicaran a las caras de las briquetas.

Resistencia a la tracción indirecta, se realiza mediante el ensayo de Resistencia a Compresión Diametral, este ensayo está establecido por la Norma NLT-346/90

(1990) - Resistencia a Compresión Diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas, las probetas que se utilizan en este ensayo son de diámetro de 101.6 mm y 63 mm de altura, previamente se debe realizar a las probetas un baño durante 6 horas a una temperatura de más menos 25°C, el objetivo de este ensayo es la de determinar la características de la mezcla bituminosa y también la de optimizar el contenido de ligante, el procedimiento puede determinar los desplazamientos verticales y deformación horizontal al momento que se produce la rotura de la probeta, también los esfuerzos cortantes que esta produce (NLT, 1990, p. 2).

Resistencia al desgaste, se realiza mediante el ensayo de Cántabro (MTC E 515) de acuerdo al Manual de ensayos de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2016, p. 645), para este ensayo se hace uso de la máquina de los ángeles, este ensayo se aplica a mezclas asfálticas en caliente cuya granulometría sea menor a 25 mm, se debe evitar los escurrimientos de las mezclas por lo que se tiene que tener una temperatura adecuada prescrita en la norma de ensayo Marshall, la mezcla recibirá 50 golpes por cada cara, la finalidad de este ensayo es determinar el porcentaje de pérdida por desgaste que se produce en la probeta también se determina la cohesión y el trabazón.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Método de investigación: El método que aplicamos a la investigación es científico experimental. Por su parte Valderrama (2015), indica que la investigación experimental es la operación intencionada de la variable independiente, con la finalidad de analizar el comportamiento en la variable dependiente, son creados y simuladas en laboratorios en ambientes controlados (p, 79). Enfoque de investigación: La investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Por su parte Hernández y Mendoza (2018), indica que la investigación es cuantitativa cuando emplea la recopilación de datos con la finalidad de comprobar la hipótesis teniendo como cimiento la medición numérica y el análisis estadístico, con el propósito de disponer de patrones de comportamiento y comprobar teorías (p. 6). Tipo de investigación: La investigación ha sido de tipo aplicada. Valderrama (2015 p. 39), señala que la investigación es aplicada porque esta se respalda en la investigación básica, su objetivo preciso es emplear las teorías existentes a la elaboración de métodos tecnológicos y normas, con la finalidad de verificar escenarios o procesos del entorno. Nivel de investigación: El nivel que se aplicó en la investigación es correlacional – explicativo. Hernández y Mendoza (2018), señala que la investigación de nivel correlacional tiene como objetivo entender el vínculo o nivel de asociación que se encuentra entre dos o más variables (p. 109). Por otro lado, Hernández y Mendoza (2018), indica que el nivel explicativo se acomoda a exponer por que acontece un fenómeno y en qué circunstancias se muestran o por qué se vincula con dos o más variables (p. 112). Diseño de investigación: El diseño que se aplicó en la investigación es experimental puro con posprueba únicamente y grupo de control. Por su parte Hernández y Mendoza (2018), indica que este diseño contiene dos grupos, a uno se le aplica el procedimiento experimental y al otro no (p. 164).

Esquema del diseño de investigación

AG1	-----	M1
AG2	X1	M2

Leyenda:

AG = Muestra aleatoria

AG1 = Muestra sin polímero y polipropileno

AG2	=	Muestra con polímero SBR y polipropileno
X	=	Condición experimental
M	=	Medición del grupo
M1	=	Medición sin polímero y polipropileno
M2	=	Medición con polímero SBR y polipropileno
----	=	Ausencia de estímulo (Grupo de control)

3.2. Variables y operacionalización

La variable que se aplicará según la naturaleza del estudio es la variable cuantitativa continua. Valderrama (2015), sostiene que la variable es continua por que la realidad que evalúa es variada, asumiendo valores estables (p. 158). Variable independiente (X): La investigación tendrá como variable independiente “polímeros SBR y polipropileno”. Valderrama (2015), indica que la variable independiente es autónoma ya que esta no depende del comportamiento de otra variable. (p. 157). Variable dependiente (Y): La investigación tendrá como variable dependiente “comportamiento mecánico de mezcla asfáltica”. Valderrama (2015), sostiene que la variable dependiente en el lapso de su desenvolvimiento, depende del comportamiento o establecidos por otros hechos (p. 157).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Valderrama (2015, p. 182), especifica que es un conjunto determinado o indeterminado, de elementos con características similares que pueden ser examinados. La población que se consideró en esta investigación son las mezclas asfálticas en caliente convencionales y las mezclas asfálticas modificadas con el polímero SBR y polipropileno. Según indica Valderrama (2015, p.188), la muestra es el subconjunto que representa parte del universo o también denominada la población, porque refleja la característica común de la población. La muestra que se estimó en la investigación fueron las mismas consideradas en la población. El muestreo en la presente investigación ha sido no probabilístico, Valderrama (2015, p. 193), sostiene que esta investigación no probabilística atiende a razones de comodidad y criterio del investigador. El muestreo que se tomará atiende a necesidades de realizar los ensayos para determinar las propiedades de la mezcla asfáltica mediante la adición de polímeros SBR y polipropileno.

Tabla 1. Cantidad de muestra por ensayo

Ensayo	Cantidad de Probetas	% CA	% de SBR y PP
Ensayo Marshall MTC E 504	24	4.5; 5.0; 5.5; 6.0; 6.5	0.5; 1.0; 1.5
Ensayo Resistencia a la compresión Diametral NLT 346/90	12	Mezcla convencional	0.5; 1.0; 1.5
Ensayo Cántabro MTC E 515	16	Mezcla convencional	0.5; 1.0; 1.5
Total	52		

Fuente: elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se empleó es la observación, Valderrama (2015, p. 272), sostiene que la observación es un propósito orientado a conseguir información sobre un problema o hecho, luego se describe y se realiza el análisis de la información y su conclusión. Durante el proceso de investigación se seguirá minuciosamente la elaboración de las probetas y posteriormente los ensayos que se realizan a las muestras (ensayo de Marshall, ensayo a la resistencia a la compresión diametral y ensayo de cántabro), posteriormente se observó todos los fenómenos que suscitaron a las muestras durante el proceso de ensayo. El instrumento que se empleó han sido los formatos de observación, Hernández y Mendoza (2018, p. 446), indica que como instrumento de observación se pueden usar formatos que pueden ser en algunos casos simples donde se registra las ocurrencias y los resultados de lo observado. Los instrumentos que se utilizaron para estos ensayos son las fichas establecidas en el Manual de ensayos de materiales del MTC y normas internacionales, estas fichas fueron revisadas por juicio de expertos, las fichas han sido instrumentos de recolección de datos donde se anotaron los resultados obtenidos de los ensayos realizados para determinar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica.

Valderrama (2015, p. 205), sostiene que los instrumentos que se utilizaron en la investigación debieron cumplir dos características que son la validez y la

confiabilidad, debido a que los instrumentos que se usaron deben ser seguros y precisos. Por otra parte, Hernández y Mendoza (2018, p. 200), indica que la validez es el grado que tiene el instrumento para medir la variable. Los instrumentos que se utilizaron para medir la variable son los formatos de los ensayos. Hernández y Mendoza (2018, p. 200), expone que la confiabilidad es el grado en que un instrumento arroja resultados coherentes y consistentes. Los resultados que se realizaron han sido operados por equipos calibrados dando validez a los ensayos.

Tabla 2. Validez de instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS		
Omar Julinho Hidalgo Aguilar	Ing. Civil	CIP 45727
Angely Paola Valle Castro	Ing. Civil	CIP 174223
Julio Alberto Carpio Gonzales	Ing. Civil	CIP 130755

Fuente: elaboración propia.

3.5. Procedimientos

Se dio inicio a los ensayos con la caracterización de los agregados, esto siguiendo los parámetros establecidos en el Manual de ensayos de materiales – MTC, realizado la caracterización de materiales se procedió a elaborar las mezclas asfálticas convencional, con el fin de contrastar las propiedades con la mezcla asfáltica modificada, estas fueron operadas como se indicó en la variable independiente, se adicionó polímeros SBR y polipropileno en relación de 50:50, estas a su vez se adicionaron en porcentajes 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso de la muestra, estas muestras se diseñaron para un tráfico pesado recibiendo cada uno de ellas 75 golpes por cara, luego fueron colocadas en baño maría a una temperatura de 60°C por un tiempo de 40 minutos, posteriormente se procedió a manipular la variable dependiente con la finalidad de observar el comportamiento mecánico de la mezcla, esto mediante el ensayo Marshall, donde se obtuvo los parámetros de conducta de la mezcla asfáltica (vacíos, densidad, fluidez y estabilidad) esto con respecto a la muestra convencional y la muestra modificada, mediante los resultados se determinó los valores óptimos de las mezclas asfálticas. Resistencia a la tracción indirecta (ensayo a la resistencia a la comprensión

diametral), mediante este ensayo se midió los desplazamientos horizontales, verticales y la resistencia al esfuerzo que se produzcan en la mezcla asfáltica. Resistencia al desgaste (ensayo de cántabro), mediante este ensayo se determinó la pérdida de masa, con lo que se encontró el porcentaje de desgaste que pueda tener la mezcla asfáltica. Todos estos ensayos fueron realizados en laboratorios con personal calificado y en espacios controlados, estos laboratorios contaron con equipos calibrados y certificados.

3.6. Método de análisis de datos

Los ensayos que se realizaron a las muestras tales como ensayo de Marshall, Resistencia a la tracción indirecta (ensayo a la resistencia a la comprensión diametral), Resistencia al desgaste (ensayo de cántabro), otorgo diversos resultados que fueron analizados y procesados empleando la estadística, en esta investigación se realizó mediante la estadística descriptiva, dado que los resultados fueron expresados mediante gráficos de barra, gráficos lineales, histogramas u otro gráfico estadístico que represente los resultados que se obtuvieron en laboratorio.

3.7. Aspectos éticos

En cuanto a los aspectos éticos que se tomó en la investigación tenemos la norma ISO 690, esta norma nos da las directrices para el correcto citado de materiales públicos, también hicimos uso de las normas estipuladas en el Manual de ensayos de materiales – MTC, como también el uso adecuado de normas internacionales para los ensayos que se realizaron. Mediante estas normas se obtuvo la seguridad que los ensayos realizados estuvieron cumpliendo los estándares requeridos y que los resultados que se lograron son satisfactorios, se recibieron resultados no manipulados, que den veracidad a los ensayos realizados.

IV. RESULTADOS

4.1. Resistencia a la deformación de mezclas asfálticas mediante el ensayo Marshall

a) Cemento asfáltico

El cemento asfáltico que se eligió para la investigación ha sido determinado por la clasificación de la tipología del clima de la región de Lima dispuesto por el MTC en el Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción – EG-2013, como se indica a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. *Temperatura media anual*

Temperatura media anual			
24°C a más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 15°C
40-60 o 60-70	60 - 70	85 - 100	Asfalto
Modificado		120 - 150	Modificado

Fuente: MTC-EG (2013), adecuado tabla 415.01.

De acuerdo a la zona de estudio se eligió el cemento asfáltico PEN 60 - 70, el cual proviene de la refinería PETROPERÚ S.A., con código de muestra N°11669, teniendo fecha de certificación 30/09/2020 realizado por el laboratorio de PETROPERU S.A., donde se muestra las características principales en la siguiente tabla 4.

Tabla 4. Informe de ensayo PEN 60 – 70

ENSAYOS	MÉTODO ASTM / MTC	ESPECIFICACIONES		
		MIN.	MAX.	RESULTADO
PENETRACIÓN:				
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10mm	D 5-13 / E304	60	70	63
DUCTIBILIDAD				
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07 / E306	100		>150
FLUIDEZ:				
Viscosidad cinemática a 100°C	D 2170-10 / E310	Reportar		4459
Viscosidad cinemática a 135°C	D 2170-10 / E310	200		420
SOLUBILIDAD:				
Solubilidad en tricloroetileno, % masa	D 2042-15 / E302	99		99.7
VOLATILIDAD:				
Punto de inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b / E303	232		290
DENSIDAD:				
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 / E318	Reportar		6.8
Gravedad específica a 60/60°F	D 70-09 / E318	Reportar		1.023
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:				
Punto de ablandamiento, °C	D 36-14 / E307	Reportar		50
Índice de penetración		- 1	+ 1	-0.6
Efecto de calor y aire /película fina):	D 1754-09			
Cambio de masa, % masa original			0.8	0.25
Penetración retenida, % del original	D 5-13 / E304	52		75
Ductibilidad a 25°C, 5cm/min, cm	D 113-07 / E306	50		66

Fuente: informe de ensayo - refinería PETROPERÚ S.A.

b) Agregados pétreos

Los agregados que se seleccionaron para los ensayos de la mezcla asfáltica, corresponden a los agregados grueso y fino de la cantera Dorita, perteneciente a la empresa ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C., las mismas que fueron ensayadas por solicitud de la empresa en los laboratorios del Ministerio de Transporte y Comunicación. Para la evaluación que se realizó a los agregados se basó en lo estipulado en el MTC-EG-2013, en la subsección 415.02(a).

b.1.) Agregado grueso

Los ensayos del agregado grueso se realizaron siguiendo los parámetros establecidos en el MTC-EG-2013, como se indica en la tabla 5.

Tabla 5. *Requerimiento de agregado grueso*

Ensayos	Norma	Requerimiento
		≤ 3000 (m.s.n.m.)
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	E 209	18% máx.
Abrasión Los Ángeles	E 207	40% máx.
Adherencia	E 517	+ 95
Índice de durabilidad	E 214	35 % min.
Partículas chatas y alargadas	E 223	10% máx.
Caras fracturadas	E 210	85/50
Sales solubles totales	E 219	0.5% máx.
Absorción	E 206	1.0% máx

Fuente: MTC-ETCG (2013), adecuado tabla 423.01.

El agregado grueso que se utilizaron para realizar los ensayos, pertenece a la cantera Dorita estos agregados fueron adquiridos por la empresa ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C., como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Cantera Dorita - agregado grueso.

Los ensayos de granulometría se realizaron en los laboratorios del MTC a solicitud de la empresa ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C. a las muestras de piedra huso 67 y 56, la cual arrojó los resultados siguientes que se plasmaron en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis granulométrico agregado grueso

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PIEDRA HUSO 67		PIEDRA HUSO 56	
		%RETENID O PARCIAL	% QUE PASA	%RETENID O PARCIAL	% QUE PASA
3/4"	19.050			0	100
1/2"	12.700	0	100	57	43
3/8"	9.525	34	66	41	2
1/4"	6.350	40	26	2	-
N°4	4.760	25	1		
N°6	3.360	1	-		

Fuente: reporte análisis granulométrico - informe de ensayo N°013-2020-MTC.

De los resultados se generó el reporte siguiente que se detalla en la tabla 7.

Tabla 7. Comparación de resultados agregado grueso

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado		Aceptación
		≤ 3000 (m.s.n.m.)	HUSO 67	HUSO 57	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	E 209	18% máx.	13.4	0.6	Cumple
Abrasión Los Ángeles	E 207	40% máx.	16	14	Cumple
Partículas chatas y alargadas	E 223	10% máx.	3.2	2.3	Cumple
Caras fracturadas	E 210	85/50	100 / 97.8	100 / 100	Cumple
Sales solubles totales	E 219	0.5% máx.	0.004	0.005	Cumple
Absorción	E 206	1.0% máx.	0.53	0.45	Cumple

Fuente: elaboración propia.

b.2.) Agregado Fino

Los ensayos del agregado grueso se realizaron siguiendo los parámetros establecidos en el MTC-EG-2013, como se indica en la tabla 8.

Tabla 8. *Requerimiento de agregado fino*

Ensayos	Norma	Requerimiento
		≤ 3000 (m.s.n.m.)
Equivalente de arena	E 114	60 min.
Angularidad del agregado fino	E 222	30 min.
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.
Índice de palsticidad (malla N°40)	E 111	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	E 209	-
Índice de durabilidad	E 214	35 mín.
Índice de plasticidad (malla N°200)	E 111	4 máx.
Sales solubles totales	E 219	0.5% máx.
Absorción	E 205	0.5 máx.

Fuente: MTC - EG (2013), adecuado tabla 423.02.

El agregado grueso que se utilizaron para realizar los ensayos, pertenece a la cantera Dorita estos agregados fueron adquiridos por la empresa ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C., como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Cantera Dorita - agregado fino

Los ensayos de granulometría se realizaron en los laboratorios del MTC a solicitud de la empresa ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C. a las muestras de arena triturada, la cual arrojó los resultados siguientes que se plasmaron en la tabla 9.

Tabla 9. *Análisis granulométrico agregado fino*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	ARENA TRITURADA	
		%RETENID O PARCIAL	% QUE PASA
3/8"	9.525	0	100
1/4"	6.350	4	96
N°4	4.760	16	80
N°6	3.360	8	72
N°8	2.380	12	60
N°10	2.000	5	55
N°16	1.190	15	40
N°20	0.840	7	33
N°30	0.590	6	27
N°40	0.426	4	23
N°50	0.297	2	21
N°80	0.177	3	18
N°100	0.149	1	17
N°200	0.074	3	14
< N°200	-	14	-

Fuente: reporte análisis granulométrico - informe de ensayo N°013-2020-MTC.

De los resultados se generó el reporte siguiente que se detalla en la tabla 10.

Tabla 10. *Comparación de resultados agregado fino*

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado	Aceptación
		≤ 3000 (m.s.n.m.)	AR. TRITURADA	
Equivalente de arena	E 114	60 min.	80	Cumple
Índice de plasticidad (malla N°40)	E 111	NP	NP	Cumple
Índice de plasticidad (malla N°200)	E 111	4 máx.	NP	Cumple
Sales solubles totales	E 219	0.5% máx.	0.024	Cumple
Absorción	E 205	0.5 máx.	0.77	Cumple

Fuente: elaboración propia.

b.3.) Preparación del agregado

La preparación del agregado se elaboró de acuerdo a lo establecido en por el MTC-EG-2013 para gradación de mezcla asfáltica en caliente, tabla 11.

Tabla 11. Husos granulométricos

TAMIZ	% PASA	
	MAC-2	
3/4"	100	100
1/2"	80	100
3/8"	70	88
N°4	51	68
N°10	38	52
N°40	17	28
N°80	8	17
N°200	4	8

Fuente: MTC - EG (2013), adecuado tabla 423.03.

La tabla 12 muestra la comparación de los resultados obtenidos con la norma.

Tabla 12. Comparación de resultados Husos granulométricos

TAMIZ	% PASA		Comb. Teórica	Aceptación
	MAC-2			
3/4"	100	100	100	Cumple
1/2"	80	100	92.1	Cumple
3/8"	70	88	86.1	Cumple
N°4	51	68	63.9	Cumple
N°10	38	52	38.7	Cumple
N°40	17	28	16.3	Cumple
N°80	8	17	11.9	Cumple
N°200	4	8	7.4	Cumple

Fuente: elaboración propia.

La tabla 13 muestra la dosificación de agregado grueso y fino.

Tabla 13. Dosificación de agregados para diseño

AGREGADO	%
Grava triturada < 3/4" - 1/2" Cantera Dorita	40%
Arena triturada - Cantera Dorita	60%
Total de agregado	100%

Fuente: elaboración propia.

c) Polímero SBR

El polímero SBR que se utilizó para la investigación corresponde a lo elaborado por la empresa Corporación Emacin en su presentación de su producto SILCON® en formatos de planchas de 1.0m x 1.0m, e=1mm, la misma que fueron procesados para obtener granos finos, para ser utilizados en la mezcla asfáltica, las propiedades de polímero se detallan en la tabla 14.

Tabla 14. Ficha técnica SBR

Características técnicas	Valor	Und	Norma
Gravedad específica	1.6	g / cm ³	ISO 1883-1
Dureza	60	Shore A	
Esfuerzo de tracción	3.45	Mpa	ISO 37
Alargamiento de rotura	300	%	ISO 37
Resistencia a la abrasión			Excelente
Resistencia a la compresión			Excelente

Fuente: adaptado de la ficha técnica SILCON®.

Polímero SBR procesado que paso por el tamiz número 20, figura 3.



Figura 3. Polímero SBR en granos finos.

d) Polipropileno

El Polipropileno que se utilizó para la investigación corresponde a lo elaborado por la empresa Corporación Emacin en su presentación en de producto Durafon® en formatos de barras de 1.0m, Ø=20mm, la misma que fueron procesados para

obtener el polipropileno en forma de granos, para ser utilizados en la mezcla asfáltica las propiedades de polipropileno se detallan en la tabla 15.

Tabla 15. Ficha técnica polipropileno

Características técnicas	Valor	Und	Norma
Gravedad específica	0.91	g / cm ³	ATM D792
Absorción de agua	≤ 0.01	%	ASTM D570
Dureza	78	Shore D	ASTM D2240
Módulo de tracción	1.31	GPa	ASTM D638
Alargamiento de rotura	400	%	ASTM D638
Módulo de flexión	1.34	GPa	ASTM D790
Módulo de compresión	1.38	GPa	ASTM D695

Fuente: adaptado de la ficha técnica Duraflon®.

Polipropileno procesado en perlas con diámetros de 2mm, figura 3.

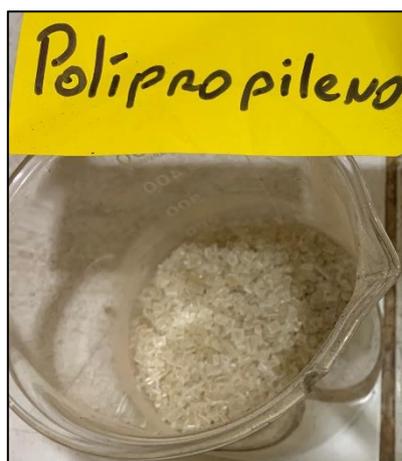


Figura 4. Polipropileno en forma de granos.

Ensayo Marshall en mezcla convencional

Seleccionado los materiales e insumo se procedió a realizar el diseño convencional de mezcla asfáltica por medio del ensayo Marshall, establecido en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC sección MTC E-504, mediante este ensayo nos permitió establecer el óptimo contenido del asfalto. Para definir el óptimo de asfalto de la mezcla convencional se preparó 3 probetas con diferentes contenidos de asfalto, siendo el porcentaje utilizado 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% como se observa en la figura 5.



Figura 5. Probetas con mezcla asfáltica convencional.

El contenido de cemento asfáltico se cuantificó promediando el resultado obtenido de tres probetas con los diferentes porcentajes, estos valores no fueron muy diferentes entre ellos, los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. *Diseño Marshall – Mezcla convencional*

DISEÑO MARSHALL MEZCLA CONVENCIONAL						
Parámetro	Und	Resultados				
Cemento asfáltico	%	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5
Peso unitario	gr/cm ³	2.350	2.385	2.397	2.398	2.369
Vacíos	%	10.1	7.2	4.6	3.1	2.9
Vacíos agregado mineral	%	20.9	20.1	20.2	20.6	21.9
Vacíos llenos C.A.	%	51.5	64.3	77.2	84.9	87.0
Flujo	cm	0.2	0.29	0.33	0.36	0.373
Estabilidad	kg	664	859	967	988	795
Relación Estabilidad / Fluencia	kg/cm	3299	2981	2929	2715	2137

Fuente: resultados Marshall - elaboración propia.

Los parámetros arrojados por el ensayo Marshall en la mezcla convencional se establecieron mediante gráficas indicando los valores óptimos de cada uno, como lo muestran las figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

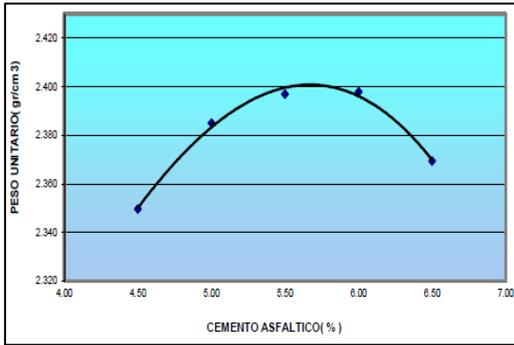


Figura 6. Peso unitario en relación al C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

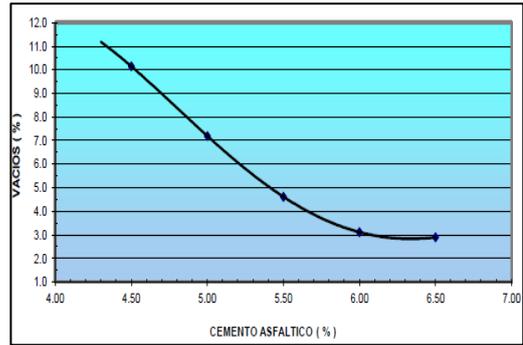


Figura 7. Porcentaje de vacíos en relación al C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

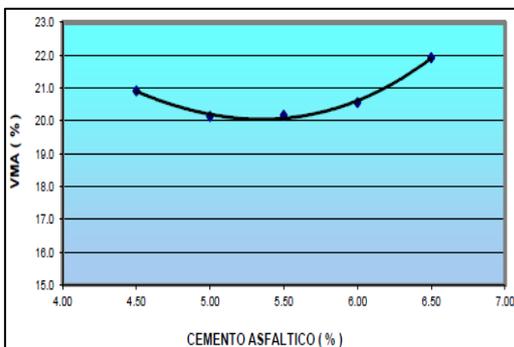


Figura 8. Porcentaje de vacíos en agregado mineral en relación al C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

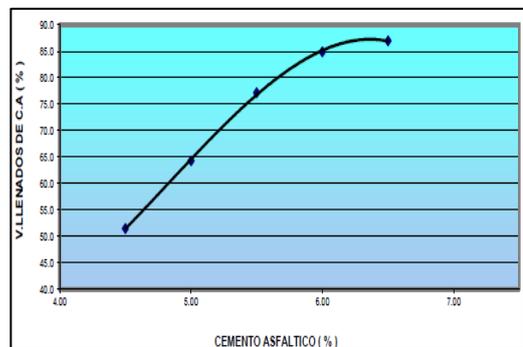


Figura 9. Porcentaje de vacíos en relación del C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

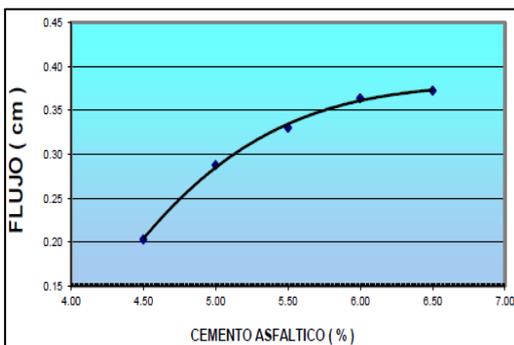


Figura 10. Variación del Flujo en relación al C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

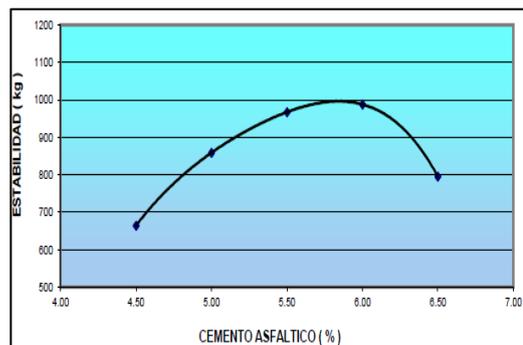


Figura 11. Variación de Estabilidad en relación al C.A.
Fuente: Reporte ensayo Marshall.

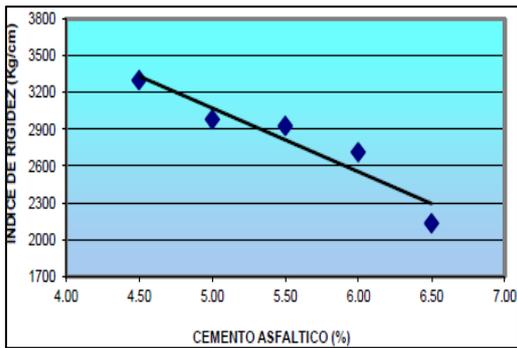


Figura 12. Variación de Rigidez en relación del C.A.

Los resultados arrojados para encontrar el óptimo contenido de asfalto son los mostrados en la tabla 17, luego se evaluó los parámetros que debe cumplir el diseño y estar acorde a lo manifestado en el manual MTC EG-2013 en la subsección 423.04.

Tabla 17. Resultados óptimo contenido de asfalto

RESULTADOS	
Óptimo contenido C.A (%)	5.81
Peso unitario (gr/cm ³)	2.400
Vacíos (%)	3.6
V.M.A (%)	20.4
V. Llenados C.A. (%)	80.5
Flujo (cm)	0.36
Estabilidad (kg)	1005
Índice de Rigidez (kg/cm)	2810

Fuente: resultados Marshall - elaboración propia.

El cuadro comparativo del resultado se muestra en la tabla 18.

Tabla 18. Comparación de resultados Marshall

Parámetros de diseño	MTC E 504	Resultados	Aceptación
Compactación, # de golpes por lado	75	75	Cumple
Estabilidad (mínimo) (kg)	831	1005	Cumple
Flujo (mm)	3-5	3.6	Cumple
Porcentaje de vacíos con aire (%)	3-5	3.6	Cumple
Vacíos en el agregado mineral (%)	14.5 mín.	20.4	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700-4000	2810	Cumple

Fuente: elaboración propia.

El óptimo contenido de asfalto que se encontró mediante los ensayos es de 5.81%, a la vez cumple con los parámetros establecidos en el MTC EG-2013.

Ensayo Marshall en mezcla modificada con polímero SBR y polipropileno

Para la evaluación que se realizó a la mezcla modificada con polímero SBR y polipropileno se determinó mediante el ensayo Marshall, donde se tomó como punto de inicio el óptimo contenido de asfalto que se obtuvo de la mezcla convencional siendo esta de 5.81%, se procedió a la adición de polímero SBR y polipropileno en proporción de 50% del contenido de cada polímero; estas a su vez fueron combinadas en pequeños porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% con respecto al peso total del agregado.



Figura 13. Agregados seleccionados.



Figura 14. Polímero SBR y polipropileno en proporción de 50%.

El proceso que se llevó a cabo para la elaboración de las probetas con asfalto modificado con polímeros SBR y polipropileno es semejante a la experimentada en el diseño convencional de mezcla asfálticas. Seguidamente se describió los pasos que se realizaron para la elaboración de las probetas para el ensayo Marshall.

Como primer paso se determinó las proporciones del polímero SBR y el polipropileno el cual se determinó el uso de estos al 50% de cada uno, la misma que fueron usados en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% en función al peso total del agregado, luego se estableció la temperatura de 150°C que será la adecuada para la mezcla asfáltica modificada. Seguidamente se procedieron a combinar los

agregados pétreos en los porcentajes obtenidos en los ensayos para la mezcla asfáltica, se adicionó los polímeros SBR y polipropileno en los porcentajes establecidos, con esto se determinó los materiales correctos para el diseño de las probetas requeridas para el ensayo.

Luego se procedió a realizar el calentado de los agregados pétreos en el horno a la temperatura de mezclado, cuando los agregados pétreos llegan a la temperatura fijada, se adiciono el polímero SBR y el polipropileno en los porcentajes establecidos a usar por cada probeta, después de realizar la mezcla de los agregados con los polímeros se procedió a adicionar el cemento asfáltico previamente calentado a la temperatura establecido en la viscosidad del asfalto, combinados todo los materiales e insumos se realizó el mezclado hasta que se consiguió una mezcla uniforme que envuelve el total de los agregados y los polímeros.

La mezcla asfáltica modificada a temperatura de 150°C fue llenada en los moldes tipo Marshall, posteriormente se procedió a compactar aplicando 75 golpes con el martillo Marshall en ambas caras de la probeta, la cantidad de golpes está determinado para un tráfico pesado. Luego de esto se mantuvo los moldes tipo Marshall por un tiempo de 4 horas como mínimo hasta que la probeta llegue a la temperatura ambiente, luego de obtener esta temperatura se retiran los moldes de la probeta.

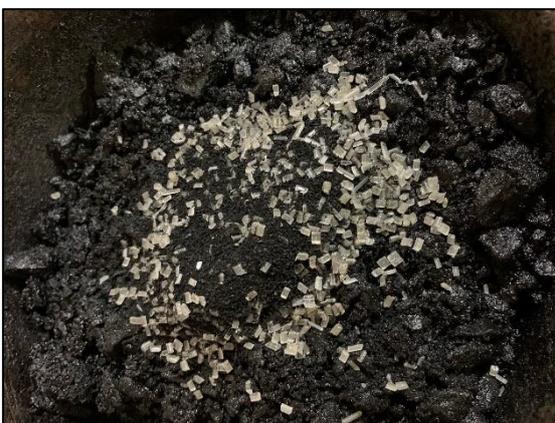


Figura 15. Combinación de los agregados y polímeros.



Figura 16. Mezcla uniformizada de agregados, polímeros y cemento asfáltico.

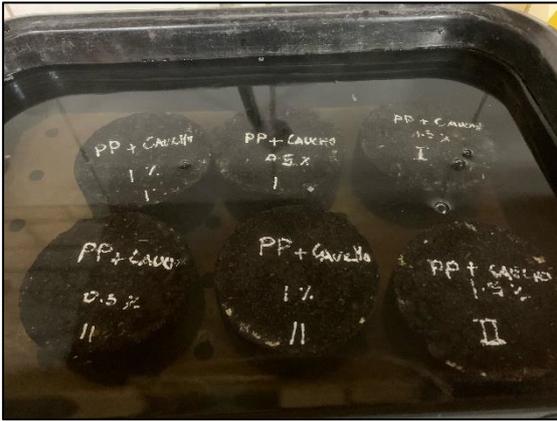


Figura 17. Mezcla asfáltica modificadas.



Figura 18. Ensayo Marshall.



Figura 19. Probetas luego del ensayo Marshall.

Los resultados que arrojaron los ensayos a las probetas en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados Marshall de mezclas modificadas

RESULTADOS	PORCENTAJES		
	0.5%	1.0%	1.5%
Óptimo contenido C.A (%)	5.81		
Peso unitario (gr/cm ³)	2.403	2.358	2.320
Vacíos (%)	4.6	5.9	6.1
V.M.A (%)	22	23.4	24.7
V. Llenados C.A. (%)	79	74.7	75.2
Flujo (cm)	0.37	0.37	0.42
Estabilidad (kg)	930	1248	966
Índice de Rigidez (kg/cm)	2496	3351	2283

Fuente: resultados Marshall - elaboración propia.

Cuadro comparativo del resultado de la mezcla asfáltica modificada al 0.5%, tabla 20.

Tabla 20. Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 0.5%

MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA AL 0.5%			
Parámetros de diseño	MTC E 504	Resultados	Aceptación
Compactación, # de golpes por lado	75	75	Cumple
Estabilidad (mínimo) (kg)	831	930	Cumple
Flujo (mm)	3-5	3.7	Cumple
Porcentaje de vacíos con aire (%)	3-5	4.6	Cumple
Vacíos en el agregado mineral (%)	14.5 mín.	22	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700-4000	2496	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Cuadro comparativo del resultado de la mezcla asfáltica modificada al 1.0%, tabla 21.

Tabla 21. Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 1.0%

MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA AL 1.0%			
Parámetros de diseño	MTC E 504	Resultados	Aceptación
Compactación, # de golpes por lado	75	75	Cumple
Estabilidad (mínimo) (kg)	831	1248	Cumple
Flujo (mm)	3-5	3.7	Cumple
Porcentaje de vacíos con aire (%)	3-5	5.9	No cumple
Vacíos en el agregado mineral (%)	14.5 mín.	23.4	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700-4000	3351	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Cuadro comparativo del resultado de la mezcla asfáltica modificada al 1.5%, tabla 22.

Tabla 22. Comparación de resultados Marshall en mezcla modificada al 1.5%

MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA AL 1.5%			
Parámetros de diseño	MTC E 504	Resultados	Aceptación
Compactación, # de golpes por lado	75	75	Cumple
Estabilidad (mínimo) (kg)	831	966	Cumple
Flujo (mm)	3-5	4.2	Cumple
Porcentaje de vacíos con aire (%)	3-5	6.1	No cumple
Vacíos en el agregado mineral (%)	14.5 mín.	24.7	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700-4000	2283	Cumple

Fuente: elaboración propia.

Los resultados que se obtuvieron después de realizar los ensayos Marshall a la mezcla asfáltica convencional y la modificada con adición de polímeros SBR y polipropileno, se analizaron y se evaluaron para comparar el comportamiento que se obtuvo en la estabilidad, densidad, flujo y el índice de rigidez. La evidencia de los resultados se detalló a continuación.

a) Estabilidad

La estabilidad es medida en kg, en la figura 20 se observó que la mezcla asfáltica convencional tuvo un grado de estabilidad de 1005 kg y la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 0.5% descendió hasta 930 kg, al 1.0% se incrementó a 1248 y al 1.5% descendió en hasta llegar a los 966 kg. La estabilidad hallada en los ensayos de mezcla modificada se encontró por encima del límite mínimo recomendado.

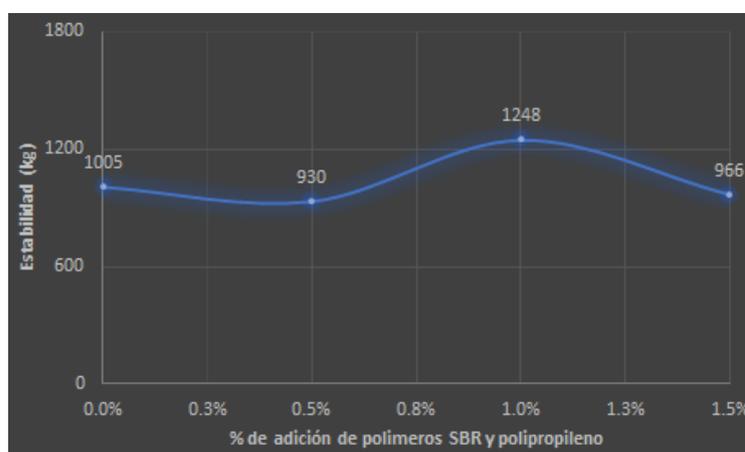


Figura 20. Variación de estabilidad (kg) en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

En la figura 21 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 1.0% bajó en un 7.46%, al 1.0% tiene incrementó significativamente a 24.18% y con el 1.5% descendió en 3.88%.

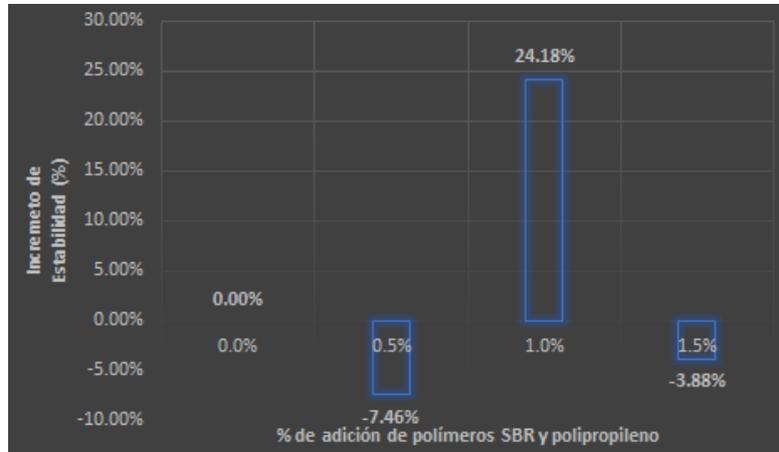


Figura 21. Incremento de la estabilidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

b) Densidad Bulk

En la figura 22 se observó que la mezcla asfáltica convencional tuvo una densidad de 2.4 gr/cm³ y la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 0.5% se mantuvo casi en los mismos valores, al 1.0% descendió hasta 2.358 gr/cm³ y al 1.5% el descenso se incrementó a 2.320 gr/cm³

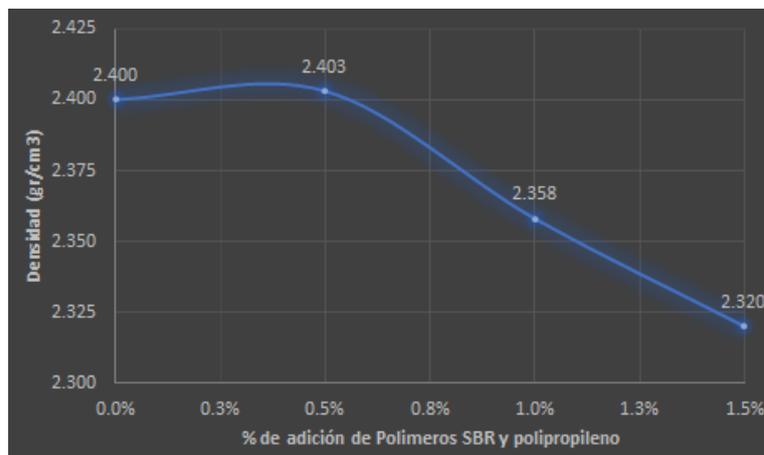


Figura 22. Variación de la densidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

En la figura 23 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 1.0% se incrementó en un 0.12%, al 1.0% sufrió una disminución de 1.75% y con el 1.5% la disminución se incrementó en 3.33%.

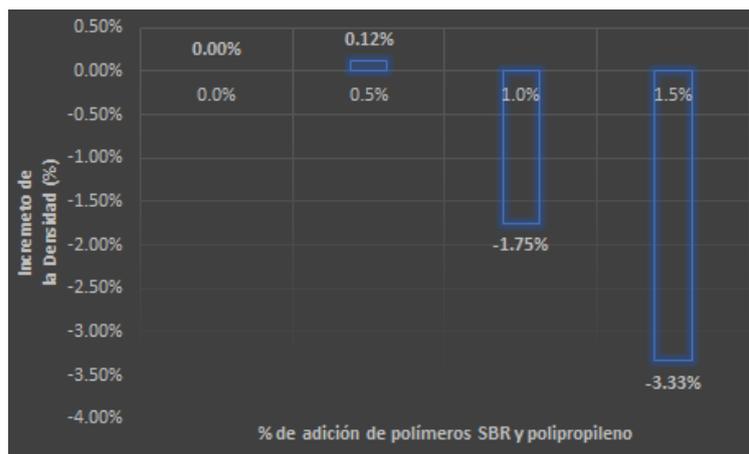


Figura 23. Incremento de la densidad en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

c) Flujo

En la figura 24 se observó que la mezcla asfáltica convencional tuvo un flujo de 3.6mm y la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 0.5% ascendió a 3.7mm, al 1.0% el incremento se mantuvo en 3.7mm y al 1.5% ascendió a 4.2mm. El flujo encontrado en los ensayos de mezcla asfáltica modificada se encuentra dentro de los parámetros permitidos para el diseño Marshall.



Figura 24. Variación del flujo en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

En la figura 25 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 1.0% se incrementó en un 2.78%, al 1.0% se mantiene el incremento de 2.78% y con el 1.5% el incremento aumentó a 16.67%.

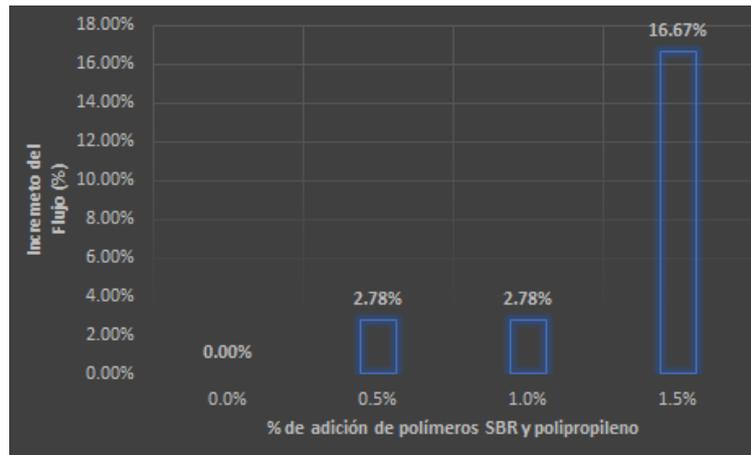


Figura 25. Incremento del flujo en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

d) Índice de rigidez

En la figura 26 se observó que la mezcla asfáltica convencional tuvo un índice de rigidez de 2810 kg/cm y la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 0.5% descendió hasta 2496 kg/cm, al 1.0% se incrementó a 3351 kg/cm y al 1.5% sufrió un descenso hasta los 2283 kg/cm. El índice de rigidez de las mezclas modificadas se encuentra dentro de los parámetros permitidos para el diseño Marshall.

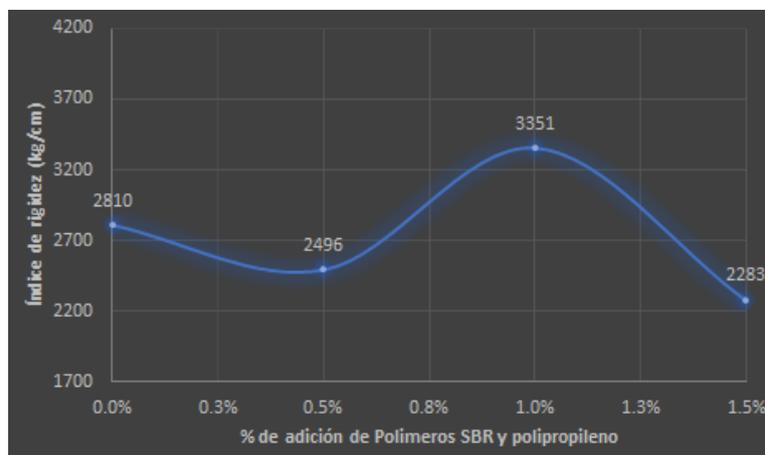


Figura 26. Variación del índice de rigidez en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

En la figura 27 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 1.0% descendió en un 11.17%, al 1.0% tuvo un incremento significativo de 19.25% y con el 1.5% descendió en 18.75%.

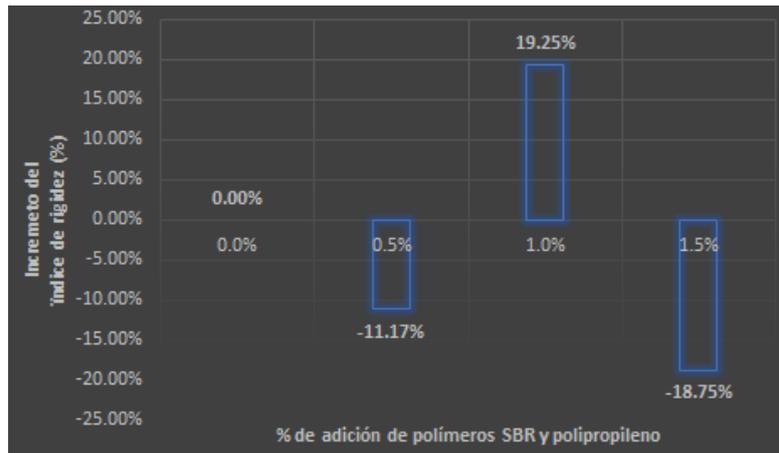


Figura 27. Incremento de índice de rigidez en relación al porcentaje de polímeros SBR y polipropileno.

4.2. Resistencia a la tracción indirecta mediante el ensayo de Resistencia a la Compresión Diametral.

El ensayo de tracción indirecta, tuvo como finalidad encontrar la carga máxima que puede resistir una mezcla asfáltica antes de que esta falle, este ensayo imita el comportamiento del pavimento flexible al ser sometida a una carga uniforme a lo largo de dos líneas opuestas (figura 28). Este ensayo está determinado por la Norma NLT-346 / 90 - Resistencia a Compresión Diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas. El ensayo de resistencia a compresión diametral se efectuó con el quipo Marshall, la primera muestra que se usó correspondió a la mezcla asfáltica convencional, luego se procedió a realizar los ensayos a las muestras modificadas con SBR y polipropileno al 0.5%, 1.0% y 1.5%, para la carga de rotura se empleó una velocidad de 0.85 mm/s, para realizar este ensayo las probetas estuvieron a una temperatura de 25°C.

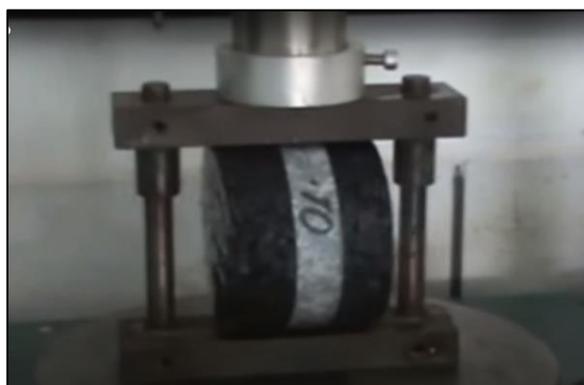


Figura 28. Ensayo de resistencia a compresión diametral.

Los resultados que arrojaron los ensayos resistencia a compresión diametral a las probetas en mezcla asfáltica convencional y en los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Resultados ensayo resistencia a la compresión diametral

Mezcla	Resistencia a la compresión diametral		
	Mpa	kgf/cm2	Variación
MAC convencional	0.990	9.90	0.00%
MAC + 0.5 % SBR y PP	1.153	11.53	16.46%
MAC + 1.0 % SBR y PP	1.274	12.74	28.69%
MAC + 1.5 % SBR y PP	1.219	12.19	23.13%

Fuente: informe de ensayo resistencia a la compresión diametral NLT-346/90 – elaboración propia.

En la figura 29 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno tuvieron un incremento significativo en comparación con la mezcla asfáltica convencional, de este resultado se verifica que la mezcla mostró una mejor resistencia al esfuerzo cortante y cohesión de la mezcla asfáltica.



Figura 29. Variación a la resistencia de compresión diametral de la Mezcla asfáltica.

En la figura 30 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno tuvieron un incremento mayor al 15% en comparación con la mezcla asfáltica convencional, teniendo en la mezcla modificada al 1.0% un incremento de 28.69% de resistencia a la compresión diametral.



Figura 30. Incremento de la resistencia de compresión diametral de la Mezcla asfáltica.

4.3. Resistencia al desgaste mediante el ensayo de Cántabro

El ensayo de Cántabro permitió determinar la cantidad de masa que pierde la mezcla asfáltica producto del desgaste, este ensayo se realizó de acuerdo a lo estipulado en el Manual de Ensayo de Materiales en la sección MTC E 515. Este ensayo midió el valor de resistencia al desgaste de las mezclas asfálticas, que son producidas por el efecto abrasivo de las constantes repeticiones de tráfico, dicho ensayo se practicó a las mezclas asfálticas convencionales y a las modificadas con SBT y polipropileno al 0.5%, 1.0% y 1.5%. Se realizó cuatro probetas mínimas tal como indica el MTC E 515, se realizó la verificación de la temperatura que fue de 25°C, luego se procedió a pesar la probeta e introducir al tambor de la máquina de los ángeles (figura 31) sin la adición de la carga abrasiva de las esferas, se realizó el giro del tambor a 300 giros a una velocidad constante de giro de 30 a 33 rpm según lo manifestado en el MTC E 515, después de este proceso se midió nuevamente la probeta registrando el valor perdido en su masa.



Figura 31. Ensayo Cántabro.

Los resultados que arrojaron los ensayos de Cántabro a las probetas en mezcla asfáltica convencional y en los porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Resultado ensayo Cántabro

Mezcla	Resistencia al desgaste		
	# vuelta	Temp. °C	Desgaste (%)
MAC convencional	300	25	-5.24%
MAC + 0.5 % SBR y PP	300	25	-5.32%
MAC + 1.0 % SBR y PP	300	25	-5.52%
MAC + 1.5 % SBR y PP	300	25	-5.70%

Fuente: informe de ensayo Cántabro – elaboración propia.

En la figura 32 se observó que a mayor adición de SBR y polipropileno se obtuvo mayor desgaste en las mezclas asfálticas modificada comparado con la mezcla asfáltica convencional.

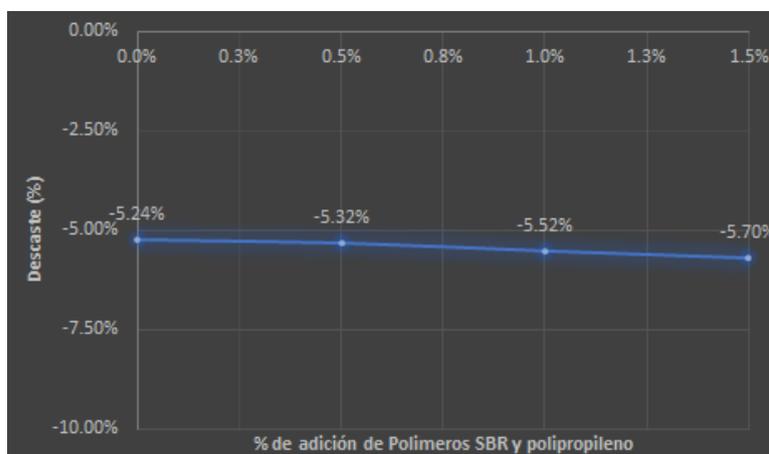


Figura 32. Pérdida de masa por desgaste de la mezcla asfáltica mediante el ensayo cántabro.

En la figura 33 se observó que la mezcla modificada con la adición de SBR y polipropileno al 0.5% presenta un incremento menor con respecto a la mezcla asfáltica convencional, cuyo valor nos indicó que entre la mezcla asfáltica convencional y la modificada hay una cierta relación entre cohesión y resistencia al desgaste ante la carga abrasiva del tráfico vehicular.

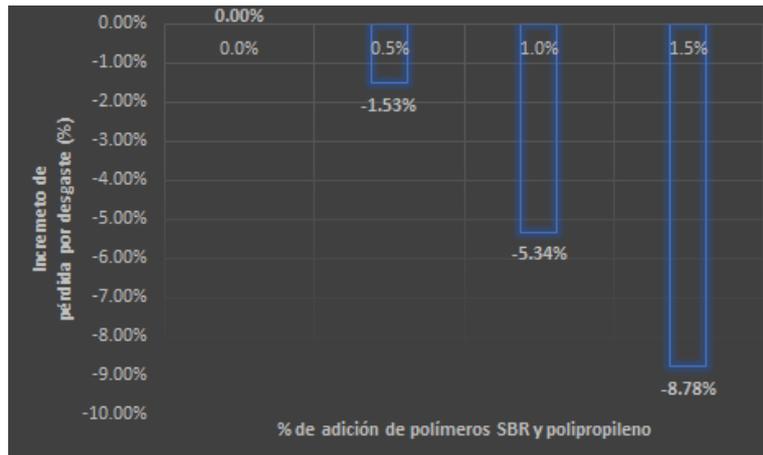


Figura 33. Incremento de pérdida por desgaste de Mezcla asfáltica

Luego de realizar los ensayos se compararon los resultados obtenidos con la mezcla convencional, con la finalidad de establecer el diseño que mejor desempeño mostrara en los ensayos. Se obtuvo que, la mezcla modificada con SBR y polipropileno al 0.5% mostro mejor desempeño que los demás porcentajes usados en los ensayos practicados.

V. DISCUSIÓN

En primer lugar, se realizó en el laboratorio el ensayo Marshall con el objetivo de observar si el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la estabilidad y flujo.

De los resultados de porcentaje de vacíos que se obtuvieron en el laboratorio se evidenciaron que la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% tuvieron una tendencia sustancial al incremento de porcentaje de vacíos donde se obtuvieron los valores de 4.6%, 5.9% y 6.1%, siendo estos porcentajes mayor al que se obtuvo en la mezcla asfáltica convencional cuyo valor fue 3.6%, esto quiere decir que a mayor porcentaje de polímeros SBR y polipropileno se incrementaron los porcentajes de vacíos. En el manual del MTC EG-2013 está descrito los parámetros de porcentajes de vacíos que debe tener una mezcla asfáltica; estos porcentajes se encuentran entre 3% a 5%. Por otra parte, López y Veloz (2013) en su investigación adicionó polímeros SBS y SBR a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 2%,3%, 4% y 5%, los resultados de vacíos que obtuvo fueron de 7.1%, 8.2%, 6.5% y 6.5%, los valores de vacíos variaron según los porcentajes adicionados. Estrella (2016) en su investigación adicionó polímeros EVA, SBR, SBS y Caucho en la mezcla asfáltica en dosificaciones de 2%, 3%, 4%, 5% y 6%, los resultados de vacíos que obtuvo fueron de 3.94%, 1.05%, 3.59%, 3.69% y 3.26%, los valores de vacíos variaron según los porcentajes adicionados. En tal sentido el investigador discrepa con los resultados obtenidos por los investigadores mencionados, dado que los valores de vacíos encontrados en laboratorio tienen una tendencia al incremento, en cambio los resultados de los investigadores varían según el porcentaje de adición. A la vez sostenemos que los porcentajes encontrados con valores superiores a los indicados en la norma revelan que la mezcla asfáltica no es la adecuada por contener más vacíos de los límites permitidos.

Seguidamente se evidencio los resultados que se obtuvieron en la estabilidad, se comprobó que al adicionar polímeros SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la mezcla asfáltica obtuvo resultados de 930 kg, 1248 kg y 966 kg. Mientras que la mezcla convencional mostro valores en su estabilidad de

1005 kg. Se pudo apreciar que los valores obtenidos de la mezcla modificada al 1.0% es la que mayor incremento mostro con respecto a la mezcla convencional. En el manual del MTC EG-2013 está descrito los parámetros de la estabilidad que debe tener una mezcla asfáltica; siendo lo mínimo 831 kg. Por otra parte, López y Veloz (2013) en su investigación adicionó polímeros SBS y SBR a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 2%,3%, 4% y 5%, donde encontró valores de 981 kg, 1210 kg, 847 kg, 791 kg, siendo la dosificación de 3% que obtuvo mayor incremento. Estrella (2016) en su investigación adicionó polímeros EVA, SBR, SBS y Caucho en la mezcla asfáltica en dosificaciones de 2%, 3%, 4%, 5% y 6%, los resultados de estabilidad fueron de 577 kg, 999 kg, 878 kg, 780 kg y 851 kg, siendo la dosificación de 3% que obtuvo mayor incremento. Por otra parte, Mejía y Sierra (2017) en su investigación adicionó polipropileno y PEBD a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 5%, 5.5%, 6%, 6.5% y 7%, encontrando valores de 4337 kg, 4809 kg, 2900 kg, 1802 kg y 1792 kg, siendo la dosificación de 5.5% que mayor incremento mostro. El investigador concuerda con los resultados obtenidos por tener las mismas tendencias en los valores hallados. El investigador indica que los valores de estabilidad que se encuentren más alto que el mínimo son más rígida y por lo tanto menos durable.

Los resultados que se obtuvieron del flujo mostraron que al adicionar polímeros SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5% a la mezcla asfáltica se obtuvo como resultados valores de 0.37 cm, 0.37 cm y 0.42 cm. Se evidenció que los valores no incrementaron mucho con respecto a la mezcla convencional que tuvo un flujo de 0.36 cm. Por lo que podemos indicar que la mezcla asfáltica adicionada con polímeros SBR y polipropileno se incrementa sustancialmente en la mezcla asfáltica adicionada al 1.5%. En el manual del MTC EG-2013 está descrito los parámetros de flujo que debe tener una mezcla asfáltica; estos valores medidos en centímetro se encuentran en el rango de 0.30 a 0.50. Por otra parte, Borja y Cárdenas (2019) adicionó en su investigación polímero SBR y SBS a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1%, 2% y 3% donde evidenció un incremento del flujo en 0.30 cm, 0.27 cm y 0.31cm, consiguiendo valores superiores al obtenido en la mezcla convencional que dio un flujo de 0.23 cm. López y Veloz (2013) en su investigación adicionó polímeros SBS y SBR a la mezcla asfáltica en dosificaciones

de 2%,3%, 4% y 5%, encontró valores de flujo de 0.66 cm, 0.71 cm, 0.84 cm, 0.89 cm, los valores hallados por López y Veloz están por encima de los rangos permitidos por la norma. Por otro lado, Estrella (2016) en su investigación adicionó polímeros EVA, SBR, SBS y Caucho en la mezcla asfáltica en dosificaciones de 2%, 3%, 4%, 5% y 6%, obtuvo los resultados de flujo siguiente 0.30 cm, 0.27 cm, 0.25 cm, 0.29 cm y 0.37 cm. En síntesis, el investigador discrepa con los resultados obtenidos por López y Veloz (2013) en cambio con los resultados obtenidos por Estrella (2016), Borja y Cárdenas (2019), el investigador concuerda con los resultados obtenidos en el flujo al evidenciar mejoras en los porcentajes adicionados.

Sin duda alguna; los resultados obtenidos del ensayo Marshall, comprobaron que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejoró la estabilidad y flujo.

En segundo lugar, se realizó en el laboratorio el ensayo de resistencia a la compresión diametral con el objetivo de evaluar si el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia a la tracción indirecta.

De los valores encontrados en el laboratorio al realizar el ensayo de resistencia a la compresión diametral se obtuvo que la mezcla modificada con SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%; evidencio un incremento sustancial las cuales obtuvieron valores de 11.53, 12.74 y 12.19, todos estos valores fueron medidos en kgf/cm². Se evidenció que dichos valores fueron superiores al de la mezcla asfáltica convencional, la misma que obtuvo un valor de 9.90 kgf/cm². En el porcentaje adicionado de 1.0% se evidencio un incremento de 28.69% con respecto a la mezcla asfáltica convencional. Por otra parte, Borja y Cárdenas (2019) adicionó en su investigación polímero SBR y SBS a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1%, 2% y 3%, de los resultados la mezcla modificada al 1% es la que mejor incremento presento a la tracción indirecta obteniendo el valor de 3.71 kgf/cm² este valor es mayor que la mezcla asfáltica convencional que dio como resultado 2.69 kgf/cm². El investigador concuerda con los resultados

obtenidos dado que todos los ensayos a la tracción indirecta fueron superiores a la obtenida en la mezcla asfáltica convencional, demostrando que, a mayor dosificación de mezclas asfáltica, mayor es la resistencia a la tracción indirecta.

Evidentemente, los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión diametral, mostraron que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejoró la resistencia a la tracción indirecta.

Finalmente, se realizó en el laboratorio el ensayo Cántabro con la finalidad de observar si el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia al desgaste.

Los resultados que se obtuvieron en el laboratorio al realizar el ensayo Cántabro evidenciaron que la mezcla asfáltica adicionada con polímero SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%; evidencio que la mezcla asfáltica perdió masa producto de la abrasión, donde los porcentajes de desgaste fueron incrementando en -5.32%, -5.52% y -5.70%, los valores de desgaste de las mezclas modificadas fueron mayores que la mezcla convencional donde se obtuvo un valor de desgaste de -5.24%. por otra parte, Borja y Cárdenas (2019) adicionó en su investigación polímero SBR y SBS a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1%, 2% y 3%, de los resultados la mezcla modificada al 1% presento desgaste de 1.8% siendo el desgaste menor que la presentada en la mezcla asfáltica convencional que obtuvo un desgaste de 2.6%. el investigador discrepa de los resultados obtenidos con Borja y Cárdenas (2019), dado que en los resultados obtenidos se evidencio que el desgaste fue menor a la mezcla asfáltica convencional, en cambio el investigador obtuvo resultados desfavorables con las mezclas modificadas, siendo el desgaste mayor a la mezcla asfáltica convencional.

De acuerdo con los resultados evaluados del ensayo de cántabro se evidenció que el comportamiento de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno no mejoró la resistencia al desgaste.

VI. CONCLUSIONES

1. De acuerdo al desarrollo de la investigación se concluye que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas aplicando polímero SBR y polipropileno mejoró las propiedades de la estabilidad y flujo, incremento las propiedades de resistencia a la tracción indirecta; sin embargo, respecto a las propiedades de resistencia al desgaste la influencia fue negativa.
2. Los ensayos Marshall que se realizaron en la investigación a la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%. Se comprobó que la mezcla modificada al incrementar la dosificación aumentó los porcentajes de vacíos en 4.6%, 5.9% y 6.1% siendo mayores que la mezcla asfáltica convencional que tuvo 3.6%. Los porcentajes de vacíos en la dosificación de 1.0% y 1.5% estuvieron por encima de los rangos permitidos por la en el manual del MTC EG-2013 donde establece que los porcentajes de vacíos estén entre 3% a 5%. De lo cual se concluyó que la dosificación de 0.5% cumple con los porcentajes de vacíos solicitados por el manual.

De ello resulta necesario decir que los porcentajes de vacíos incidieron en los valores obtenidos del peso unitario, donde los valores encontrados fueron de 2.403, 2.358 y 2.32 todos estos valores expresados en gr/cm³, esta pérdida de peso que tuvieron la mezcla asfáltica modificada está relacionada a la cantidad de vacíos que se encontró en cada dosificación ensayada.

De los ensayos obtenidos de la estabilidad se pudo apreciar que los valores obtenidos al modificar la mezcla asfáltica con SBR y polipropileno en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, tuvieron los siguientes resultados expresados en kilogramos de 930, 1248 y 966, esto valores han sido superiores al mínimo solicitado en el manual del MTC EG-2013 donde establece un valor de 831 kg. Mientras tanto la mezcla asfáltica convencional brindo un valor de 1005 kg. Como resultado de la evaluación a las muestras se concluyó que el valor obtenido en la dosificación de 0.5% tendría mayor desempeño en la estabilidad por considerarla menos rígida que los demás resultados.

El flujo obtenido en el laboratorio al modificar la mezcla asfáltica con SBR y polipropileno en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%, dieron un valor medido en centímetro de 0.37, 0.37 y 0.42, estos valores están dentro de los parámetros establecidos por el manual del MTC EG-2013 donde indica que los valores de flujo deben estar entre 0.30 a 0.50 cm, estos valores se compararon con la mezcla asfáltica convencional que evidenció un flujo de 0.36 cm. Por consiguiente, el flujo tubo una tendencia a mejorar con respecto a los porcentajes de mezclas asfálticas modificadas.

De los ensayos de estabilidad y flujo se observó la mezcla asfáltica modificada mejoró por cada adición de SBR y polipropileno añadido por lo que se determinó que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímero SBR y polipropileno mejoró la estabilidad y flujo.

3. De los ensayos obtenidos en el laboratorio al realizar la prueba de resistencia a la comprensión diametral a la mezcla asfáltica convencional y las mezclas modificadas con polímero SBR y polipropileno en dosificación de 0.5%, 1.0% y 1.5%, se evidencio que los valores de resistencia a la tracción indirecta tuvieron un mejor desempeño en las mezclas asfálticas modificadas donde los valores obtenidos expresados en kg/cm² fueron de 11.53, 12.74 y 12.19, siendo estos valores muy superiores a la mostrada en la mezcla asfáltica convencional que registró un valor de 9.90 kg/cm². Esto indica que a más dosificación de mezclas asfálticas se obtendrá mayor resistencia a la tracción indirecta.

Se observo un incremento sustancial en los valores de la resistencia a la tracción indirecta, por lo que concluimos este análisis de resultados indicando que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejoró la resistencia a la tracción indirecta.

4. Los resultados del ensayo Cántabro que se realizó en la investigación al modificar la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica modificada con polímeros SBR y polipropileno en dosificaciones de 0.5%, 1.0% y 1.5%, evidenciaron que a mayor cantidad de mezcla asfáltica modificada el incremento

del desgaste aumentaba esto lo demuestra los resultados que se obtuvieron en el laboratorio donde se indica que los valores de desgaste por cada dosificación son de -5.32%, -5.52% y -5.70%, estos valores de desgaste fueron superiores a lo obtenido en la mezcla asfáltica convencional donde el desgaste fue -5.24%.

De los resultados del ensayo Cántabro se evidencio que a mayor adición de SBR y polipropileno, aumenta el porcentaje de desgaste por lo que se finaliza indicando que el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno no mejoro la resistencia al desgaste.

VII. RECOMENDACIONES

De acuerdo a la evaluación realizada se aconseja que se realice el ensayo de rueda cargada de Hamburgo con la finalidad de evaluar la resistencia al ahuellamiento y obtener valores del comportamiento de la mezcla asfáltica modificada y determinar si las propiedades mejoran.

En esta investigación se modificó la mezcla asfáltica partiendo del óptimo contenido de asfalto de la mezcla convencional, de continuar otro investigador se recomienda encontrar el óptimo contenido de asfalto para las mezclas asfálticas modificadas por cada porcentaje de adición y así evaluar y determinar si los valores de estabilidad y flujo varían significativamente.

Los ensayos de resistencia a la compresión diametral se llevaron a cabo con SBR y polímeros de diámetros de 2mm, se recomienda realizar ensayos utilizando diámetros menores a 2mm para evaluar si estos inciden en la resistencia a la tracción indirecta.

Se sugiere variar los porcentajes de 50% de SBR y 50% de polipropileno para realizar el ensayo de Cántabro y verificar si al modificar estos porcentajes la tendencia de desgaste varia o se mantiene.

REFERENCIAS

AL-KHAF AJI, F, Permeability measurements of surface asphalt mixture modified by polymer combination. *Journal of Engineering and Applied Sciences* [en línea]. Vol.13, n.º 18, pp. 7656-7661, 2018. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://10.3923/jeasci.2018.7656.7661>

ISSN: 1816949X

AMERI, Mahmoud [et al]. Evaluating properties of asphalt mixtures containing polymers of styrene butadiene rubber (SBR) and recycled polyethylene terephthalate (rPET) against failures caused by rutting, moisture and fatigue. *Frattura ed Integrita Strutturale* [en línea]. Vol. 14, n.º 53, pp. 177-186, julio de 2020. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://10.3221/IGF-ESIS.53.15>

ISSN: 19718993

AMERI, Mahmoud [et al]. Investigating Effects of Nano/SBR Polymer on Rutting Performance of Binder and Asphalt Mixture. *Advances in Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 2018, 4 de septiembre de 2018. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://10.1155/2018/5891963>

ISSN: 16878434

BOJORQUE, Jaime, FLORES, Cristian y VASQUEZ, Mario. Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. *Revista de la Construcción* [en línea]. Vol. 18, n.º 1, pp. 178-185, 01 de abril 2019. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://10.7764/rdlc.18.1.178>.

ISSN: 07177925

BORJA Torres, Stalin y CÁRDENAS Castillo, Joffre. Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaboradas con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemáticas, 2019. 235 pp.

CAÑARI Otero, Calixto. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente con adición de fibras de polipropileno. Tesis (Maestro en Ingeniería Vial). Lima: Universidad Ricardo Palma, Escuela de Posgrado, 2019. 176 pp.

CASTRO, William, RONDÓN, Hugo y BARRERO, Juan. Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD. *Revista Ingeniería* [en línea]. vol. 21, n.º 1, pp. 7-18, 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2016000100002&lng=en&nrm=iso

ISSN: 2344-8393

CHÁVEZ, Samuel [et al]. Evaluación de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica en caliente modificada por vía seca con tapas plásticas de polipropileno. *Revista técnica de la facultad de ingeniería* [en línea]. Vol. 42, n.º 3, pp. 104-151, 01 de septiembre de 2019. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.22209/rt.v42n3a04>

ISSN: 0254-0770

ESTRELLA Dávila, Genderson. Aplicación de la metodología para la modificación de asfaltos convencionales mediante polímeros en el pavimento de la carretera Pilcomayo - Chupaca 2016. Tesis (Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana de los Andes, Facultad de Ingeniería, 2016. 239 pp.

GOTTAM, Sandeep, RAMESH, Adepu y RAMU, Penki. Evaluation of Bituminous Mix Characteristics Prepared with Laboratory Developed High Modulus Asphalt Binder. *Journal of The Institution of Engineers* [en línea]. Vol. 101. n.º 4, pp. 701-712, agosto de 2020. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40030-020-00462-4>

ISSN: 22502149

HAMZANI [et al]. Determining the properties of semi-flexible pavement using waste tire rubber powder and natural zeolite. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 266, enero de 2021. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121199>

ISSN: 0950-0618

HAO, Gengren, WANG, Yuhong y ZHAO, Kecheng. Property changes of SBS modified asphalt binders during short-term aging and implications on quality management. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 244, 27 de julio de 2020. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118323>

ISSN: 0950-0618

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, México: McGraw-Hill Interamericana Editores, 2018. 711 pp.

ISBN: 9781456260965

HIGUERA, Carlos, CAMARGO, Xiomara y SUÁREZ, Edwin. Effect of Aging on the Properties of Asphalt and Asphalt Mixtures. *Ingeniería y Universidad* [en línea]. Vol. 19, n.º 2, pp. 335-349, 2015. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1114/javeriana.iyu19-2.eapa>

ISSN: 0123-2126

LÓPEZ Jácome, Stalin y VELOZ Vásquez, Yadira. Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, 2013. 161 pp.

LUCENA, Lêda, SILVEIRA, Iarly y COSTA, Daniel. Asphalt binders modified with Moringa Oleifera Lam oil. *Revista Matéria* [en línea]. Vol. 21, n.º 1, pp. 72-82, 2016. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-707620160001.0007>

ISSN: 1517-7076

MARDONES, Luis, [et al]. Evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con la incorporación de fibras sintéticas de aramida y polipropileno. *Infraestructura vial* [en línea]. Vol. 20, n.º 36, pp. 15-24, diciembre 2018. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2020].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v20i36.37729>

ISSN: 2215-3705

MEJÍA Umbarila, Cristian y SIERRA Hernández Cristian. Estado del arte de mezclas asfálticas modificadas en los últimos 10 años: Caso de estudio Universidades de Bogotá D.C. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Piloto de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, 2017. 61 pp.

PALMA, Carolina [et al]. Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos. *Revista Afinidad* [en línea]. Vol. 73 n.º 574, pp. 119-124, 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5774159>

ISSN: 0001-9704

PINEDO Díaz, Diana y VACA López, Renson. Efecto de la fibra de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente, Trujillo 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 139 pp.

QADIR, Adnan, GAZDER, Uneb & ALI, Sajjad. Comparison of SBS and PP fibre asphalt modifications for rutting potential and life cycle costs of flexible pavements. *Road Materials and Pavement Design* [en línea]. Vol. 19, n.º 2, pp. 484-493, 6 de diciembre 2016. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14680629.2016.1259124>

ISSN: 14680629

RAHI, Mohammad [et al]. Rutting Characteristics of Styrene-Ethylene/ Propylene-Styrene Polymer Modified Asphalt. *Journal of Materials in Civil Engineering* [en línea]. Vol. 27, n.º 4, abril de 2015. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001102](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001102)
ISSN: 1943-5533

RAPOSEIRAS, A. [et al]. Evaluation of Marshall stiffness, indirect tensile stress and resilient modulus in asphalt mixes with reclaimed asphalt pavement and copper slag. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. Vol. 32, n.º 1, 2017. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732017000100002>
ISSN: 0718-5073

REYES, Fredy. Diseño racional de pavimentos. Bogotá: Digiprint Editores EU, 2012. 584 pp.
ISBN: 9586836223

RONDÓN, Hugo y FERNÁNDEZ, Wilmar. Mechanical resistance of a chemically-modified warm mix asphalt. *Revista Tecnura* [en línea]. Vol. 18, pp. 97-108, diciembre 2014. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2014.DSE1.a09>
ISSN: 0123-921X

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño. Lima: Macro, 2015. 605 pp.
ISBN: 9786123042639

SALEHFARD, Reza, ABDI, Ali y AMINI, Behnam. Effect of SBR/NC on the Rheological Properties of Bitumen and Fatigue Resistance of Hot Mix Asphalt. *Journal of Materials in Civil Engineering*. [en línea]. Vol. 29, n.º 5, mayo de 2017. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020]. Disponible en: [https://10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001756](https://10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001756)
ISSN: 08991561

SANTANA, Robson [et al]. Estabilidade e adesividade de ligante asfalto modificado com blenda de borra oleosa de petróleo com borracha de pneu. *Revista Matéria* [en línea]. Vol. 23, n° 1, 2018, [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0313>

ISSN: 1517-7076

SHOLICHIN, I. y SUTAMA, D. Variations in the addition of polypropylene fiber, fly ash and immersion in asphalt mixtures on stability and flow. *International Journal of Civil Engineering and Technology* [en línea]. Vol. 10, n.º 2, pp. 2032-2039, 2019. [Fecha de consulta 27 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85063560417&partnerID=40&md5=8b378995a12165af74d67eb7a17ee4c8>

ISSN: 09766308

TH, Jin [et al]. Modification of emulsified bitumen using Styrene-Butadiene Rubber (SBR). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. Vol. 527, n.º 1, 2019. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://10.1088/1757-899X/527/1/012050>

ISSN: 17578981

URAZÁN, Carlos, ESCOBAR, Diego y MOCADA, Carlos. Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional. Caso América Latina y el Caribe. *Revista Espacios* [en línea]. Vol. 38, n.º61, p. 9, 15 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n61/17386109.html>

ISSN: 07981015

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica, 5° ed. Perú: Editorial San Marcos, 2015. 495 pp.

ISBN: 9786123028787

VAMEGH, Mostafa, AMERI, Mahmoud y CHAVOSHIAN, Seyed. Performance evaluation of fatigue resistance of asphalt mixtures modified by SBR/PP polymer

blends and SBS. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 209, pp. 202-214, 2019. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.111>

ISSN: 0950-0618

VAMEGH, Mostafa, AMERI, Mahmoud y CHAVOSHIAN, Seyed. Experimental investigation of effect of PP/SBR polymer blends on the moisture resistance and rutting performance of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 253, 2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119197>

ISSN: 0950-0618

VILA, Rolando y JARAMILLO, José. Incidencia del empleo de polímeros como modificadores del asfalto. *Revista Lasallista en Investigación* [en línea]. Vol. 15, n.º 2, pp. 315-326, diciembre de 2018. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a24>

ISSN: 2256-3938

XIA, Tian [et al]. Rheology and thermal stability of polymer modified bitumen with coexistence of amorphous phase and crystalline phase. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 178, pp. 272-279, 2018. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.073>

ISSN: 0950-0618

XIN, Xue [et al]. Chemical, rheological properties and microstructure of road asphalt prepared from deoiled asphalt, slurry oil and polymers. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 257, 2020. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119571>

ISSN: 0950-0618

YEGANEH, Sadegh [et al]. Experimental investigation on the use of waste elastomeric polymers for bitumen modification. *Applied Sciences* [en línea]. Vol. 10, n.º 8, pp. 1-17, abril de 2020. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app10082671>

ISSN: 20763417

YIMIT, M. [et al]. Mechanical and Aging Properties of Polypropylene and Styrene-Butadiene-Styrene Composites Under Outdoor and Indoor Conditions. *Strength of Materials* [en línea]. Vol. 50, n.º 5, pp. 788-799, septiembre de 2018. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11223-018-0024-4>

ISSN: 00392316

YUNG, Yee, CORDOBA, Jorge y RONDÓN, Hugo. Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR). *Revista Ternura* [en línea]. Vol. 20, n.º 50, pp. 106-118, 2016. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a08>

ISSN 0123-921X

ZACHARIAH, Jince [et al]. Effect of polypropylene fibres on bituminous concrete with brick as aggregate. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 168, pp. 867-876, 2018. [Fecha de consulta: 27 de junio de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.016>

ISSN: 0950-0618

ZHANG, Hong-liang [et al]. High and low temperature properties of nanoparticles/polymer modified asphalt. *Construction and Building Materials* [en línea]. Vol. 114, pp. 323-332, 2016. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.118>

ISSN: 0950-0618

ZHANG, Weiguang [et al]. Performance characterization of recycled-asphalt pavement with stabilized rubber-modified asphalt using balanced mix design method. *Journal of Materials in Civil Engineering* [en línea]. Vol. 32, n.º 12, diciembre 2020. [Fecha de consulta: 22 de noviembre de 2020].

Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0003486](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003486)

ISSN: 08991561

ZHAO, B. [et al]. Properties and mechanism of composite asphalt modified by nano-CaCO₃/SBR. *Chang'an Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Chang'an University (Natural Science Edition)* [en línea]. Vol. 37, n.º 5, pp. 15-22, 2017. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85034088995&origin=inward&txGid=1785468ce8cf6281feda3e7443021ed5>

ISSN: 16718879

ZIARI, Hassan, KEYMANESH, Mahmood y ZALNEZHAD, Hossein. Effect of emulsifying agent on rheological properties of bitumen emulsion modified with different techniques of adding SBR latex polymer. *Road Materials and Pavement Design* [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2020].

Disponible en: <https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1835695>

ISSN: 14680629

“SEGUIMIENTO a las condiciones de infraestructura vial distritos de Lima y Callao”. [en línea]. Lima: WEB Defensoría del pueblo. 21 de marzo de 2019. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/informes/informe-de-adjuntia-n-001-2019-dp-amasppi-sp/>

BOLETÍN estadístico 2018 [en línea]. Lima: Web Ministerio de transporte y comunicaciones. 7 de julio de 2018. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020].

Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/publicaciones/boletines/boletin_estadistico_1_semestre_2018.pdf

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). RD N°18-2016-MTC/14: Aprueban actualización del Manual de Ensayo de Materiales, Lima, 2016. 1268 pp.

NORMATIVA de carreteras (España). NLT-346/90 Resistencia a compresión diametral (ensayo brasileño) de mezclas bituminosas, Madrid, 1990. 3 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Escala de Medición
Variable Independiente (X) Polímeros SBS y polipropileno	Para Reyes (2012), el polímero SBR es un "polímero lineal amorfo, por lo general insaturado. Sometido a un proceso de vulcanización, adquiere una estructura parcialmente reticulada, la cual le confiere las propiedades elásticas" (p. 90). Por otra parte, Chávez-Romero (2019), indica que el polipropileno es un "termoplástico obtenido por la polimerización del propileno, [...] resistente a altas temperaturas y es el más ligero de los plásticos." (p. 127)	Adicionar polímero SBR y polipropileno en proporción de 50% del contenido de cada polímero; estas a su vez fueron combinadas en pequeños porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5% con respecto al peso total del agregado	Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 0.5%	g	Razón
			Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 1.0%	g	Razón
			Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 1.5%	g	Razón
Variable Dependiente (Y) Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica	Para Rondon y Reyes (2015), indica que las mezclas asfálticas "están conformadas por agregados pétreos con granulometrías y requisitos mínimos de calidad diferentes" (p. 70).	Evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con adición de polímeros SBS y fibras de polipropileno comparándolo con la mezcla asfáltica convencional	Deformación	Flujo	cm	Razón
				Estabilidad	kg	
				Índice de rigidez	kg/cm	
			Resistencia a la tracción indirecta	desplazamiento vertical	mm	Razón
				deformación horizontal	mm	
				resistencia esfuerzo cortante	N	
Resistencia al desgaste	Temperatura	°C	Intervalo			
	perdida de masa asfáltica	%	Razón			

Anexo 2. Matriz de consistencia

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS USANDO POLÍMEROS SBR Y POLIPROPILENO EN LA AV. DEFENSORES DEL MORRO, CHORRILLOS 2020						
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora de sus propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020?	Analizar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas usando polímeros SBR y polipropileno para mejorar sus propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020	El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas aplicando polímeros SBR y polipropileno mejora las propiedades en la Av. Defensores del Morro, Chorrillos 2020.	Variable Independiente (X) Polímeros SBR y polipropileno	Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 0.5%	Balanza de medición de peso
				Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 1.0%	Balanza de medición de peso
				Dosificación	Adición de Polímero SBR y polipropileno 1.5%	Balanza de medición de peso
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora de la estabilidad y flujo?	Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la estabilidad y flujo.	El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la estabilidad y flujo.	Variable Dependiente (Y) comportamiento mecánico de mezcla asfáltica	Deformación	Flujo	Ensayo Marshall MTC E 504 Ficha técnica
					Estabilidad	
					Índice de rigidez	
¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora a la resistencia a la tracción indirecta?	Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la resistencia a la tracción indirecta.	El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia a la tracción indirecta.	Variable Dependiente (Y) comportamiento mecánico de mezcla asfáltica	Resistencia a la tracción indirecta	desplazamientos vertical	Resistencia a Compresión Diametral Norma NLT-346/90 (1990) Ficha técnica
					deformación horizontal	
					resistencia esfuerzo cortante	
¿Cómo influye en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas la adición de polímeros SBR y polipropileno en la mejora a la resistencia al desgaste?	Determinar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno para mejorar la resistencia al desgaste.	El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con adición de polímeros SBR y polipropileno mejora la resistencia al desgaste.	Variable Dependiente (Y) comportamiento mecánico de mezcla asfáltica	Resistencia al desgaste	Temperatura	Ensayo Cántabro MTC E 515 Ficha técnica
					perdida de masa asfáltica	

Anexo 3. Panel fotográfico

	
<p>Cantera agregado fino y grueso</p>	<p>Agregados para mezcla asfáltica</p>
	
<p>Polipropileno (PP) y SBR</p>	<p>Mezcla asfáltica con PP y SBR</p>
	
<p>Briquetas mezclas asfálticas modificadas</p>	<p>Ensayo Marshall</p>



Muestras luego del ensayo Marshall



Ensayo de resistencia a compresión diametral



Muestra luego del ensayo de resistencia a la compresión diametral



Ensayo Cántabro



Contador de vueltas – Ensayo cántabro



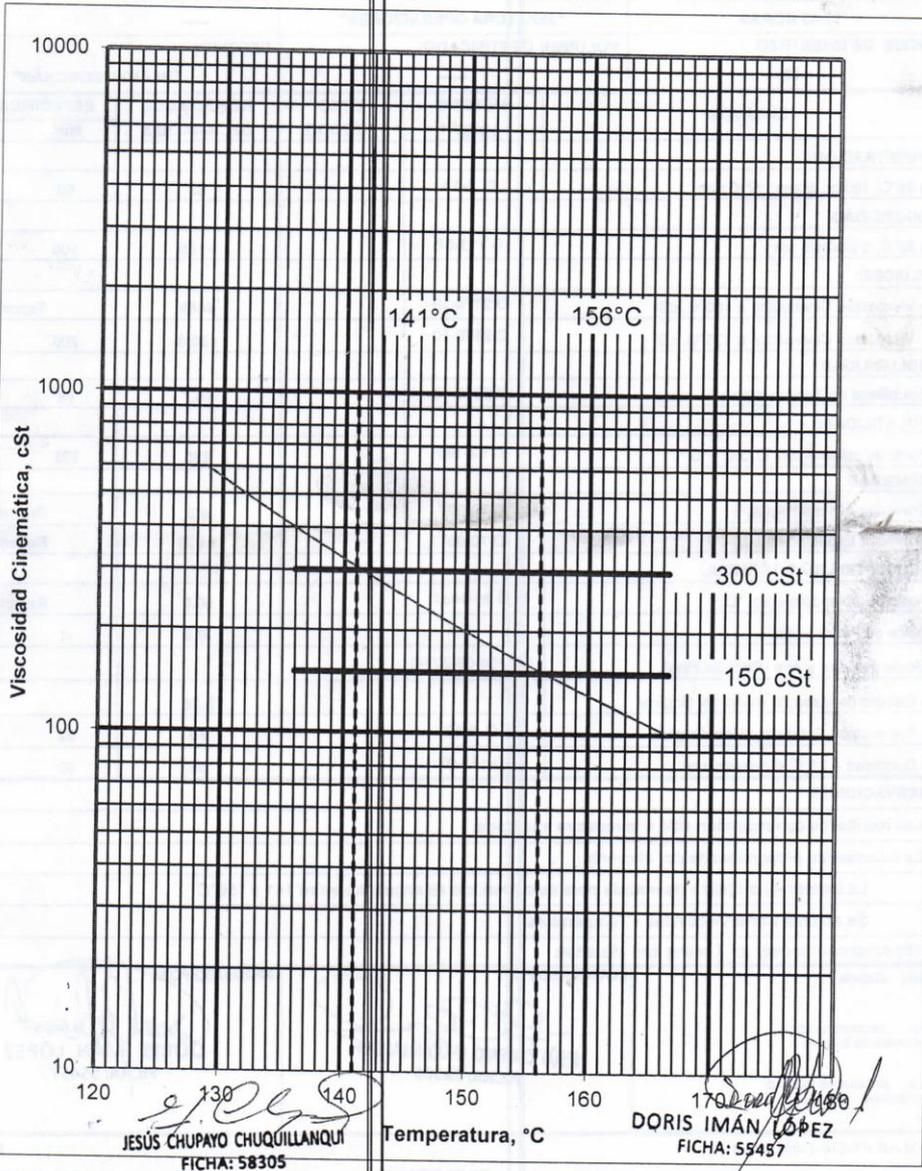
Muestra luego del ensayo cántabro

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

Certificado de calidad del cemento asfáltico

PETRÓLEOS DEL PERÚ - PETROPERÚ S.A.					
INFORME DE ENSAYO (ASFALTO SÓLIDO 60/70 FEN)		N° GDCN-LAB-1768-2020			
FECHA DE REPORTE: 30.09.2020	FECHA DE RECEPCIÓN 29.09.2020	CÓDIGO DE MUESTRA : 11669			
HORA DE RECEPCIÓN: 16:30 HORAS	PROCEDENCIA: "JEFATURA OPERACIONES"	BUQUE/TANQUE: -----			
TANQUE DE MUESTREO : 59	VOLUMEN CERTIFICADO: -----	DESTINO: "PLANTA CONCHÁN"			
ENSAYOS	MÉTODO ASTM ^(A)	OTRO MÉTODO	RESULTADOS DEL ANALISIS	ESPECIFICACIONES	
				MIN.	MAX.
PENETRACIÓN:					
a 25°C, 100 gr, 5 seg., 1/10 mm	D 5-13		63	60	70
DUCTILIDAD:					
a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		>150	100	
FLUIDEZ:					
- Viscosidad Cinemática a 100°C, cSt	D 2170-10		4459		Reportar
- Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	D 2170-10		420.0	200	
SOLUBILIDAD:					
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	D 2042-15		99.7	99	
VOLATILIDAD:					
Punto de Inflamación, C.O.C., °C	D 92-16b		290	232	
DENSIDAD:					
Gravedad API a 60°F, °API	D 70-09 ^{e1}		6.8		Reportar
Gravedad Específica a 60/60°F	D 70-09 ^{e1}		1.023		Reportar
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA:					
Punto de Ablandamiento, °C	D 36-14e1		50.0		Reportar
Índice de Penetración			-0.6	-1	+1
Efecto de Calor y Aire (Película Fina):	D 1754-09(2014)				
- Cambio de Masa, % masa del Original			0.25		0.8
- Penetración Retenida, % del Original	D 5-13		75	52	
- Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113-07		66	50	
OBSERVACIONES:					
1. Los resultados corresponden sólo a la muestra analizada.					
2. La muestra fue proporcionada por el cliente.					
La temperatura óptima de mezcla para este producto se encuentra entre 141 y 156°C					
Se adjunta Carta Viscosidad - Temperatura.					
3. (A):American Society for Testing and Materials					
ORIGINAL : CLIENTE	ELABORADO POR: JESÚS CHUPAYO CHUQUILLANQUI FICHA: 58305		APROBADO POR: DORIS IMÁN LÓPEZ FICHA: 55457		
COPIA 1 : ARCHIVO GENERAL DE INFORMES DE ENSAYO					
COPIA 2 : INFORME DE ENSAYO DE PRODUCTOS					
SRCOLAB-PT-010-F-06, Rev. 5		----- FIN DE INFORME-----		Pag 1 de 2	
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL SIN AUTORIZACIÓN DE PETROPERÚ					
/Petroperu /@petroperu_sa /canalpetroperu /petroperu		Av. Enrique Canaval Moreyra 150, Lima 27 - Perú Central telefónica: (511) 614-5000 Portal empresarial: www.petroperu.com.pe			

Carta Viscosidad - Temperatura ASTM D 341
Rango de Temperatura Optima de Mezcla
TQ. 59 - C. A. 60 / 70 PEN. - 29.09.2020 - 16:30 horas



JESÚS CHUPAYO CHUQUILLANQUI
FICHA: 58305

DORIS IMÁN LÓPEZ
FICHA: 55457

Informe de ensayos agregado grueso y agregado fino



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General de
Programas y Proyectos
de Transportes

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Universalización de la Salud"

Lima, 30 ENE. 2020

OFICIO N° 012 - 2020-MTC/19.01.EE

Señores:

ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.

Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque

Santiago de Surco

Lima 33. -

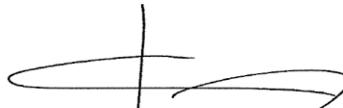
Asunto : Resultados de Ensayos de Laboratorio

Referencia : a) REC N° 004-2020-FE-02
b) O.S. N° 008-2020-MTC/19.01.EE
c) Factura Electrónica: F004-0001618

Me dirijo a ustedes en atención a los documentos de la referencia, a fin de remitir el Informe de Ensayo N° 013-2020-MTC/19.01.EE (17 folios) con los resultados de ensayos de laboratorio, específicamente solicitados y realizados a cinco (05) muestras de agregados, tomadas, remitidas e identificadas como procedentes del Proyecto: "Control de Calidad Cantera Dorita", ubicado en la región Lima.

Atentamente,




ING. CESAR A. FERREYROS CORCUERA
ESTUDIOS ESPECIALES

C.c.:
C.C.C.
MAC
Archivo
JCFC/oesec

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rímac, Lima 25 Perú
T. (511) 4813707
www.mtc.gob.pe

EL PERÚ PRIMERO



PERU

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.
DOMICILIO LEGAL : Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima
PROYECTO : "Control de Calidad Cantera Dorita"
REFERENCIA : REC N° 004-2 020-FE-02
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.01.14.

MUESTRA : Agregados
IDENTIFICACIÓN : El que se indica
CANTIDAD : 90 kg c/u.
PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
FECHA ENSAYO : 2 020.01.20 al 21.

Table with columns: MALLAS, DENOMINACIÓN, Afirmado Base, Afirmado Sub Base, Piedra Huso 67, Piedra Huso 56, Arena Triturada. Rows include sieve sizes (e.g., 3", 2 1/2", 2") and test results for MTC E-204 (2 016) and MTC E-202 (2 016).

Observaciones:
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



Stamp: CONTROL DE CALIDAD - D.E. SAN MIGUEL C. and signature of BACARRANG, ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA. Date: Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (1/10)
oosc/jpc/bed/c
O.S. N° 008





LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20.

MTC E-114 (2 016) SUELOS. EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS (*)

DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Afirmado Base	51
Afirmado Sub Base	45
Arena Triturada	80

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM D-2419 (2014). "Standard test method for sand equivalent value of soils and fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI- CRT del 07.04.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (2/10)
oesc/gmm
O.S. N° 008



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

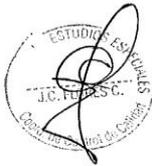
SOLICITANTE : ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C. MUESTRA : Agregados
DOMICILIO LEGAL : Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco IDENTIFICACIÓN : El que se indica
PROYECTO : "Control de Calidad Cantera Dorita" CANTIDAD : 90 kg c/u.
REFERENCIA : REC N° 004-2 020-FE-02 PRESENTACIÓN : Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN : 2 020.01.14. FECHA DE ENSAYO : 2 020.01.20 al 28.

MTC E-209 (2 016) AGREGADOS. DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO (*).

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	RESULTADO (%)
Piedra Huso 67	Pérdida o desgaste del agregado grueso	13,4
Piedra Huso 56	Pérdida o desgaste del agregado grueso	0,6

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-88 (2013) "Aggregate. Standard test method for soundness of aggregates by use of sodium sulfate or magnesium sulfate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos, o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (4/10)
oeso/jpc
O.S. N° 008



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

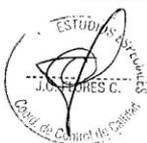
SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20.

MTC E-207 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA DEGRADACIÓN EN AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES POR ABRASIÓN E IMPACTO EN LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO (%)
Afirmado Base	Tamaño Máximo Nominal: 1 ½"	23
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	
Afirmado Sub Base	Tamaño Máximo Nominal: 1"	29
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	
Piedra Huso 67	Tamaño Máximo Nominal: 1/2"	16
	Gradación: "B"	
	Número de Esferas: 11	
Piedra Huso 56	Tamaño Máximo Nominal: 3/4"	14
	Gradación: "A"	
	Número de Esferas: 12	

Observaciones:

- (*) ASTM C-131 (2014). "Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (6/10)
oesc/ccg
O.S. N° 008



LABORATORIO CEE

Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 461-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

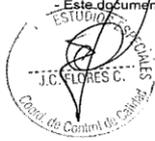
SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20 al 21.

MTC E-206 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Afirmado Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,783
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,812
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,865
	Absorción (%)	1,03
Afirmado Sub Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,735
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,775
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,849
	Absorción (%)	1,46
Piedra Huso 67	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,849
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,864
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,893
	Absorción (%)	0,53
Piedra Huso 56	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,857
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,870
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,894
	Absorción (%)	0,45

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-127 (2015). "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of coarse aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de Calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (7/10)
oesc/bedic
O.S. N° 008



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rímac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/ú.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.20 al 21.

MTC E-205 (2 016) AGREGADOS. MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (*)

IDENTIFICACIÓN	ENSAYO	RESULTADO
Afirmado Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,669
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,735
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,857
	Absorción (%)	2,46
Afirmado Sub Base	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,664
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,722
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,829
	Absorción (%)	2,18
Arena Triturada	Peso específico bulk (base seca) g/cm ³	2,830
	Peso específico bulk (base saturada) g/cm ³	2,852
	Peso específico aparente (base seca) g/cm ³	2,893
	Absorción (%)	0,77

Observaciones:

- (*) Referencia: ASTM C-128 (2012). "Standard test method for density, relative density (specific gravity), and absorption of fine aggregate".
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (8/10)
oesc/bedic
O.S. N° 008



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rímac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.21.

NTP 400.040 (2 015) AGREGADOS. PARTÍCULAS CHATAS O ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO (*)

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	3,2
Piedra Huso 56	Partículas chatas y alargadas (relación 1 a 3)	2,3

Observaciones:

- (*) Referencia. ASTM D-4791 (2010). "Aggregates. Flat or elongated particles in coarse aggregate"
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOP/ - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



[Signature]
BACH. ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
 Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (9/10)
 oesc/bedic
 O.S. N° 008



LABORATORIO CEE



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac

Tel.: (051) 481-3707

email: mac_dee@mtc.gob.pe

000001



PERU Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

LABORATORIO DE LA COODINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES

INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2 020-MTC/19.01.EE

SOLICITANTE	: ARENA PIEDRA Y AFIRMADO S.A.C.	MUESTRA	: Agregados
DOMICILIO LEGAL	: Calle Monte Rosa N° 270 Int. 403 Chacarilla de Estanque - Santiago de Surco - Lima	IDENTIFICACIÓN	: El que se indica
PROYECTO	: "Control de Calidad Cantera Dorita"	CANTIDAD	: 90 kg c/u.
REFERENCIA	: REC N° 004-2 020-FE-02	PRESENTACIÓN	: Sacos de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	: 2 020.01.14.	FECHA DE ENSAYO	: 2 020.01.21.

MTC E-210 (2 016) PORCENTAJE DE CARAS DE FRACTURA EN EL AGREGADO GRUESO

Identificación	Descripción	Resultado (%)
Piedra Huso 67	Partículas con una ó más caras de fractura	100,0
	Partículas con dos ó más caras de fractura	97,8
Piedra Huso 56	Partículas con una ó más caras de fractura	100,0
	Partículas con dos ó más caras de fractura	100,0

Observaciones:

- Cara fracturada, n.- una superficie angular, áspera y rugosa, o rota de un agregado ocasionada por chancado u otro medio artificial, o por medio natural.
- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante. Procedencia: Cantera Dorita.
- Fecha de orden de ensayo y/o preparación: 2 020.01.14.
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002 - 98/INDECOPI - CRT del 07.01.98).
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



BACH. ING. ORLANDO E. SAN MIGUEL CABRERA
Lima, 28 de Enero de 2 020

USA (10/10)
oesc/bedic
O.S. N° 008



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rimac Telf.: (051) 481-3707 email: mac_dee@mtc.gob.pe



LABORATORIO DE LA COORDINACIÓN DE ESTUDIOS ESPECIALES
INFORME DE ENSAYO N° 0 1 3 - 2020 - MTC/19.01.EE

SOLICITANTE : ARENA, PIEDRA Y AFIRMADO SAC
DOMICILIO LEGAL : Cal. Monte Rosa N° 270 Int. 403 Urb. Chacarilla del Estanque- Santiago de Surco - Lima
PROYECTO : "Control de Calidad Cantera Dorita"
REFERENCIA : REC N°- 004-2020-FE-02
FECHA DE RECEPCIÓN : 2020.01.14
MUESTRA : Agregados
IDENTIFICACIÓN : La que se indica
CANTIDAD : 50 - 100 kg kg
PRESENTACIÓN : Sacos de Polietileno
FECHA DE ENSAYO : Del 2020.01.21 al 2020.01.22

MTC E - 219 (2 016) : SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES

Identificación	Resultado (mg/kg)
Afirmado Base; Cantera Dorita	427
Afirmado Sub - Base; Cantera Dorita	602
Piedra Huso 67; Cantera Dorita	36
Piedra Huso 56; Cantera Dorita	48
Arena Triturada; Cantera Dorita	239

Observaciones:

- Muestra proporcionada e identificada por el solicitante
- Fecha de orden de ensayo: 2020.01.14
- Los resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos ó como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce (Resolución N° 0002-98/INDECOPI-CRT del 07.01.98).
- Los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados, siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.
- Equivalencias: mg/kg = ppm; para obtener resultados en % dividir valores (en mg/kg ó ppm) por 10,000



UAQ (1/1)
rfs/dco/afh
O.S.N° 008



Av. Túpac Amaru N° 150 - Rímac

Telf. (051) 481-3707

email: mac_dee@mic.gob.pe

Ficha técnica polímero SBR

ELASTOMEROS

Caucho SBR



Caucho sintético de uso general producido de estireno y butadieno, resistente a la abrasión e impactos, posee buenas propiedades de aislamiento de ruido y vibración. Usado para reemplazar directamente el caucho natural. No recomendable para aplicaciones con aceites o gasolinas.

Aplicación: Acoples de ejes, Bridas, Sellos, Soportes, Revestimientos, Aisladores de vibración y otros.

Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	1.6	g / cm ³	ISO 1183-1

Propiedades Mecánicas (23°C)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	60	Shore A	
Esfuerzo de tracción	3.45	MPa	ISO 37
Alargamiento de rotura	300	%	ISO 37
Resistencia a la abrasión			Excelente
Adhesión a metales			Excelente
Adhesión a materiales rígidos			Excelente
Resistencia a la compresión			Aceptable a Excelente
Resistencia a la rotura por flexión			Buena
Resiliencia			Buena
Resistencia al desgarre			Aceptable a excelente
Amortiguación de vibraciones			Aceptable a buena

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Máxima temperatura de servicio	80	°C	Temperatura del aire continuo
Mínima temperatura de servicio	-30	°C	Temperatura del aire continuo
Quiebre de material por temperatura	-62	°C	

Propiedades de Resistencia Química	Valor
Ácidos fuerte	Pobre a aceptable
Ácidos débiles	Aceptable a buena
Ácidos orgánicos fuertes	Pobre a aceptable
Ácidos orgánicos débiles	Buena
Alcohol	Buena
Aldehídos	Pobre a aceptable
Alcalinos fuertes	Aceptable a buena

Nota: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ ; 1 MPa = 1 N/mm²



Propiedades de Resistencia Química	Valor
Alcalinos Débiles	Aceptable a buena
Amina	Pobre a buena
Aceites animales y vegetales	Pobre a buena
Fluidos de frenos	Pobre a buena
Aceites éster	Pobre
Éster (Fosfato de aquilo y arilo)	Pobre
Éter	Pobre
Combustibles	Pobre
Disolventes halogenados	Pobre
Hidrocarburos halogenados	Pobre
Cetonas	Pobre a buena
Solventes de lacas	Pobre
GLP y aceites de combustibles	Pobre
Aceites minerales	Pobre
Petróleo aromáticos	Pobre
Petróleo no-aromático	Pobre
Refrigerantes basados en amoniaco	Buena
Refrigerantes con aceite	Pobre

Desempeño ambiental	Valor
Anti-inflamabilidad	Pobre
Pemeabilidad gaseosa	Aceptable
Olor	Bueno
Resistencia al ozono	Pobre
Resistencia a la oxidación	Excelente
Resistencia a la radiación	Pobre a buena
Resistencia al vapor	Aceptable a buena
Resistencia a luz solar	Pobre
Retención de sabor	Aceptable a buena
Resistencia al ambiente	Aceptable a buena
Resistencia al agua	Buena a excelente

Ficha técnica de polipropileno

Polipropileno-PP



Polímero termoplástico que presenta excelente resistencia química e inocuidad ante compuestos orgánicos y ácidos, siendo así de aplicación para la industria alimentaria, posee buena rigidez, dureza y resistencia superficial; logrando así una buena estabilidad dimensional.

Aplicación: cajas, botellas, tuberías, industria automotriz, envases de alimentos y cosméticos.

Propiedades Físicas	Valor	Unidad	Comentario
Gravedad específica	0.91	g / cm ³	ASTM D792
Absorción de Agua	<= 0.010	%	Sumergido, 24hr; ASTM D570
	<= 0.010	%	Saturación en Agua (23°C), ASTM D570

Propiedades Mecánicas (23°C)	Valor	Unidad	Comentario
Dureza	78	Shore D	ASTM D2240
Esfuerzo de tracción	33	MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción(65°C)	2.76	MPa	ASTM D638
Módulo de tracción	1.31	GPa	ASTM D638
Alargamiento de rotura	400	%	ASTM D638
Esfuerzo de flexión	33.1	MPa	ASTM D790
Módulo de flexión	1.34	GPa	ASTM D790
Esfuerzo de compresión	34.5	MPa	10 % de Deformación, ASTM D695
Módulo de compresión	1.38	GPa	ASTM D695
Ensayo de impacto Izod con entalle	0.641	J/cm	ASTM D256 Tipo A
Coefficiente de fricción dinámica	0.25		Seco vs. Acero; QTM55007
Maquinabilidad	3		Rango 1-10, 1 fácil de maquinar

Propiedades Térmicas	Valor	Unidad	Comentario
Fusión	164	°C	Máximo cristalino; ASTM D3418
Máxima temperatura de servicio	82	°C	Temperatura del aire continuo
Deflexión a 1.8 MPa	98	°C	ASTM D648
Inflamabilidad	HB		Espesor 3.17 mm

Nota: 1 g/cm³ = 1000 kg/m³ ; 1 MPa = 1 N/mm²

Polipropileno-PP



Propiedades de Resistencia Química	Valor	Comentario
Ácidos fuerte	Aceptable	pH 1-3
Ácidos débiles	Aceptable	
Alcohol	Aceptable	
Alcalinos fuertes	Aceptable	pH 11-14
Disolventes clorados	No Aceptable	
Exposición al sol constante	Limitada	
Agua caliente	Limitada	
Hidrocarburos alifáticos	No Aceptable	
Hidrocarburos aromáticos	No Aceptable	
Soluciones salinas inorgánicas	Aceptable	
Cetonas y esteres	No Aceptable	

Ensayo Marshall mezcla convencional



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLIMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) -TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA Y RECICLADOS IN SITU CON ENULSIONES ASFALTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFALTICAS EN FRIO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE : CONTROL UBICACIÓN : SANTA CLARA, ATE - LIMA CANTERA : DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC. MUESTRA : ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 4,5	DPTO DE CALIDAD : GUSTAVO ALIAGA M. : HECTOR OLMEDO FECHA : 30 SEP 2020
---	---

MATERIAL	% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40				Nº80	Nº200
A GRAVA TRITURADA	39,60	40,0												
B ARENA	60,40	60,0												
C FILLER	0,0	0,0												

MEZCLA	100	100	100,0	100,0	91,7	83,2	60,4	40,0	19,5				12,1	7,1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28				8-17	4-8

N	1	2	3	4	5	Promedio
1 Numero de Probeta						
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	4,50	4,50	4,50		
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37,82	37,82	37,82		
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57,68	57,68	57,68		
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0,000	0,000	0,000		
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1,020	1,020	1,020		
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,849	2,849	2,849		
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,893	2,893	2,893		2,893
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,83	2,83	2,83		
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2,893	2,893	2,893		2,893
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0,000	0,000	0,000		
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.	6,63	6,69	6,53		
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1253,9	1250,0	1253,6		
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1261,3	1257,9	1257,4		
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	727,0	725,9	724,6		
16 Volumen de la Probeta	c.c.	534,3	532,0	532,8		
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,347	2,350	2,353		2,350
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,650	2,598	2,598		
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2,672	2,672	2,672		
20 % de Vacios	%	11,4	9,6	9,4		10,1
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,837	2,837	2,837		
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,893	2,893	2,893		
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2,893	2,893	2,893		
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0,69	0,69	0,69		
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78,99	79,08	79,19		
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9,57	11,36	11,38		
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	21,01	20,92	20,81		20,9
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3,84	3,84	3,84		
29 Relacion Asfalto - Vacios	%	45,56	54,30	54,65		51,5
30 Lectura del Aro	pul.	104	105	108		
31 Estabilidad sin Corregir	kg	653	660	678		
32 Factor de Estabilidad		1,00	1,00	1,00		
33 Estabilidad Corregida	kg	653	660	678		664
34 Lectura del Fleximetro (0,01")	pul.	7	9	8		8,0
35 Fluencia	cm.	0,18	0,23	0,20		0,20
36 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3875	2885	3337		3299


IVONNE ESTEFANY CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Rvda

Hector Olmedo

 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLÍMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) - TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFÁLTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

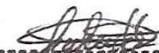
ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE : CONTROL	DPTO DE CALID.: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN : SANTA CLARA, ATE - LIMA	: HÉCTOR OLMEDO
CANTERA : DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORE SAC.	FECHA : 30 SEP. 2020
MUESTRA : ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 5.0	

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ															
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.00																
B ARENA	60.40	60.00																
C FILLER	0.00	0.00	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40							Nº80	Nº200	

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5							12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28							8-17	4-8

N	1	2	3	4	5	Promedio
1	Numero de Probeta					
2	C.A. en Peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	37.62	37.62	37.62		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	57.38	57.38	57.38		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	0.00	0.00	0.00		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	1.020	1.020	1.020		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	2.849	2.849	2.849		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2.893	2.893	2.893		2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	2.830	2.83	2.83		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	2.893	2.893	2.893		2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	0.000	0.000	0.000		
12	Altura Promedio de la Probeta	6.51	6.57	6.63		
13	Peso de la Probeta en el Aire	1255.0	1257.7	1253.9		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1257.7	1258.5	1256.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	731.5	730.5	731.9		
16	Volumen de la Probeta	526.2	528.0	525.0		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.385	2.382	2.388		2.385
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	2.570	2.570	2.570		
19	Maxima Densidad Teorica	2.650	2.650	2.650		
20	% de Vacios	7.2	7.3	7.1		7.2
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	2.837	2.837	2.837		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	2.893	2.893	2.893		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	2.893	2.893	2.893		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	0.69	0.69	0.69		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	79.85	79.75	79.96		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	12.95	12.83	12.97		
27	% Vacios del Agregado Mineral	20.15	20.25	20.04		20.1
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	4.34	4.34	4.34		
29	Relacion Asfalto - Vacios	64.28	63.88	64.73		64.3
30	Lectura del Are	134	148	130		
31	Estabilidad sin Corregir	838	924	813		
32	Factor de Estabilidad	1.00	1.00	1.00		
33	Estabilidad Corregida	838	924	813		859
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	11	12	11		11.3
35	Fluencia	0.28	0.30	0.28		0.29
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	3000	3032	2911		2981


IVONNE ESTEFANY CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Rvdo

Héctor Olmedo

tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLIMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) -TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA* RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFALTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFALTICAS EN FRIO EMBOLSADO - OBERO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TECNICO PARA LA APLICACION VIAL

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 5.5		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40				Nº80	Nº200
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.0												
B ARENA	60.40	60.0												
C FILLER	0.0	0.0												

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5				12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-98	51-68	38-52	17-28				8-17	4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5		Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.42	37.42	37.42				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	57.08	57.08	57.08				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				2.893
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.61	6.61	6.57				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1250.0	1258.2	1254.1				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1250.0	1262.4	1258.1				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	733.6	734.7	732.5				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	516.4	527.7	525.6				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.421	2.384	2.386				2.397
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.513	2.513	2.513				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.628	2.628	2.628				
20	% de Vacios	%	3.7	5.1	5.1				4.8
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.62	79.41	79.46				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.71	15.47	15.48				
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	19.38	20.59	20.54				20.2
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.85	4.85	4.85				
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	81.03	75.13	75.40				77.2
30	Lectura del Aro	pul.	157	158	150				
31	Estabilidad sin Corregir	kg	979	986	936				
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33	Estabilidad Corregida	kg	979	986	936				967
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	13	13	13				13.0
35	Fluencia	cm.	0.33	0.33	0.33				0.33
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2965	2965	2836				2929

[Signature]
IVONNE ESTEFANY
CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP Nº 229501
[Signature]

Hector Olmedo
[Signature]
 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLIMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) -TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA REICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFALTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFALTICAS EN FRIJO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 6.0		

MATERIAL	% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	N#4	N#10	N#40			N#80	N#200
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.0											
B ARENA	60.40	60.0											
C FILLER	0.0	0.0											

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5			12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28			8-17	4-8

	N	1	2	3	4	5	Promedio
1 Numero de Probeta	%	6.00	6.00	6.00			
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	37.22	37.22	37.22			
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	56.78	56.78	56.78			
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00			
5 % de Filler en Peso de Mezcla	gr/cc.	1.020	1.020	1.020			
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	2.849	2.849	2.849			
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.830	2.83	2.83			
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	0.000	0.000	0.000			
11 Peso Especifico Aparente del Filler	cm.	6.44	6.54	6.52			
12 Altura Promedio de la Probeta	gr.	1254.9	1256.0	1260.3			
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1258.7	1254.3	1259.3			
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	732.9	731.9	732.8			
15 Peso de la Probeta en el Agua	c.c.	523.8	522.4	526.5			
16 Volumen de la Probeta	gr/cc.	2.396	2.404	2.394			2.398
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.475	2.475	2.475			
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.606	2.606	2.606			
19 Maxima Densidad Teorica	%	3.2	2.9	3.3			3.1
20 % de Vacios	gr/cc.	2.837	2.837	2.837			
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	%	0.69	0.69	0.69			
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	79.37	79.65	79.30			
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	17.43	17.49	17.42			
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	20.63	20.35	20.70			20.6
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	5.35	5.35	5.35			
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	84.48	85.96	84.14			84.9
29 Relacion Asfalto - Vacios	pul.	160	160	155			
30 Lectura del Aro	kg	998	998	967			
31 Estabilidad sin Corregir		1.00	1.00	1.00			
32 Factor de Estabilidad	kg	998	998	967			988
33 Estabilidad Corregida	pul.	15	14	14			14.3
34 Lectura del Fleximetro (0.01")	cm.	0.38	0.36	0.36			0.36
35 Fluencia	kg/cm.	2619	2806	2720			2715
36 Relacion Estabilidad / Fluencia							


 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Rvdo

Hector Olmedo
 fu.
 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
 PLANTA



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLÍMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) -TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA Y RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFÁLTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: ENSAYO MARSHALL MAC II %C.A. = 6.5		

MATERIAL	% Mezcla		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40			Nº80	Nº200
A GRAVA TRITURADA	39.60	40.0											
B ARENA	60.40	60.0											
C FILLER	0.0	0.0											

MEZCLA	100	100	100.0	100.0	91.7	83.2	60.4	40.0	19.5			12.1	7.1
LIMITES DE ESPECIFIC.			100.0	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28			8-17	4-8

	N	1	2	3	4	5	Promedio
1 Numero de Probeta							
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50			
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.03	37.03	37.03			
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	56.47	56.47	56.47			
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00			
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020			
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849			
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.83	2.83			
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.893
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000			
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.46	6.42	6.42			
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1251.7	1255.9	1250.0			
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1252.6	1262.0	1265.0			
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	731.7	732.1	729.7			
16 Volumen de la Probeta	c.c.	520.9	529.9	535.3			
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.403	2.370	2.335			2.369
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.440	2.440	2.440			
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.585	2.585	2.585			
20 % de Vacios	%	1.5	2.9	4.3			2.9
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837			
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.69	0.69	0.69			
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.18	78.10	76.95			
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	19.30	19.04	18.76			
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	20.82	21.90	23.05			21.9
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.86	5.86	5.86			
29 Relacion Asfalto - Vacios	%	92.71	86.91	81.36			87.0
30 Lectura del Aro	pul.	127	130	124			
31 Estabilidad sin Corregir	kg	795	813	777			
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00			
33 Estabilidad Corregida	kg	795	813	777			795
34 Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	15	14	15			14.7
35 Fluencia	cm.	0.381	0.358	0.381			0.373
36 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2087	2288	2038			2137


 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Pudo

Hector Olmedo

 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
 PLANTA



SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLÍMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) - TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA Y RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFÁLTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

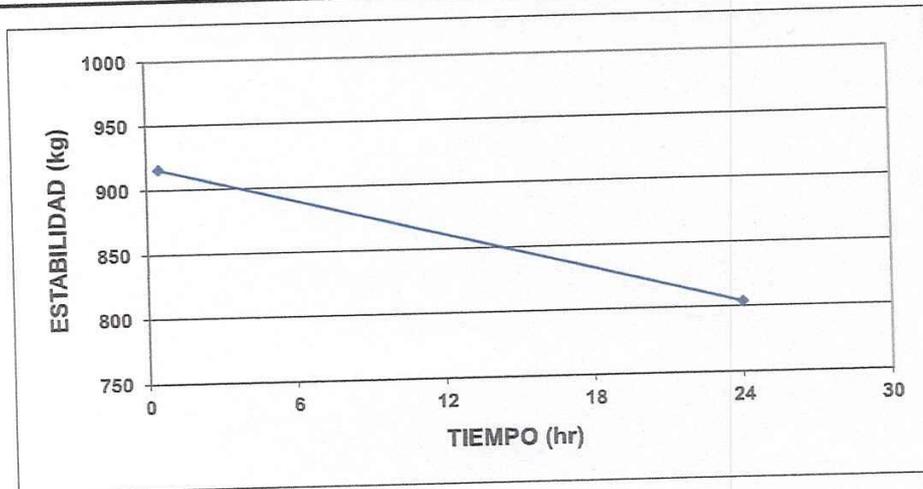
ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: MEZCLA ASFÁLTICA MAC2		

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS)

Nº DE PROBETAS	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
1 Contenido de Cemento Asfáltico	5.81	5.81	5.81			5.81	5.81	5.81		
2 Peso Probeta al Aire	1252.2	1254.5	1255.8			1251.6	1252.0	1260.9		
3 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1253.5	1256.3	1261.5			1252.5	1253.6	1261.7		
4 Peso de la Probeta en el Agua	745.9	741.9	738.5			744.4	736.1	746.2		
5 Volumen de la Probeta	507.6	514.4	523.0			508.1	517.5	515.5		
6 Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.467	2.439	2.401			2.463	2.419	2.446		
7 Lectura del Dial Anillo Marshall	150	145	149			120	134	119		
8 Estabilidad sin corregir	936	906	930			752	838	746		
9 Factor Estabilidad	1.04	1.00	1.00			1.04	1.00	1.00		
10 Estabilidad corregida (kg)	974	906	930			782	838	746		
11 Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	937					789				
12 Promedio Estabilidad (24 Horas)						84.2				
13 Estabilidad Retenida (%)						84.2				

Observaciones: DISEÑO MAC 2 - PEN 60/70




 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP Nº 229501
Rvdo

Hector Olmedo

 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA



OBRAS DE URBANIZACIÓN - PAVIMENTOS DE ASFALTO - RECICLADOS - BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN -
 MORTERO ASFÁLTICO - MICROPAVIMENTOS - EDIFICACIONES - ALQUILER DE MAQUINARIA-VENTA DE ASFALTO Y AGREGADOS

**Ensayo de lavado asfáltico
 ASTM D-2172**

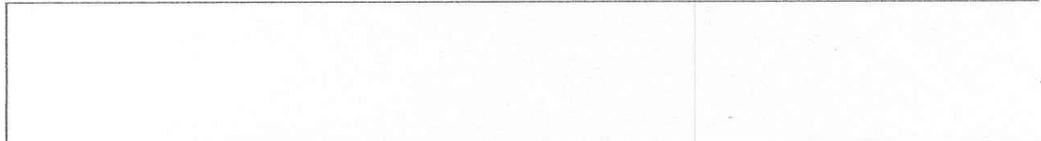
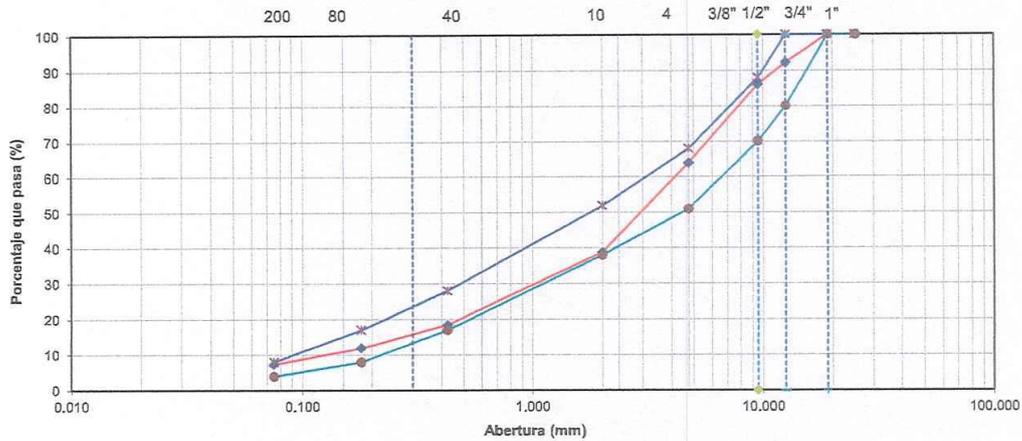
DATOS GENERALES

CLIENTE : CONTROL MEZCLA CONVENCIONAL TIPO MAC2 INGENIERO : GUSTAVO ALIAGA M.
 OBRA : PAVIMENTACIÓN EN CALIENTE
 UBICACIÓN : PLANTA JEROME SANTA CLARA, ATE - LIMA LABORATORIO : OGH

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : MUESTRA N° 1 Peso Inicial Seco : 1176.4 g
 FECHA : 30 SEPTIEMBRE 2020 Peso Lavado Seco : 1105.5 g

TAMIZ	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				ESPECIF.		OBSERVACIONES
	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN MAC - II	
1 1/4"	31.250	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	100	
1/2"	12.500	86.87	7.9	7.9	92.1	80	
3/8"	9.500	66.88	6.0	13.9	86.1	70	
N° 4	4.750	245.56	22.2	36.1	63.9	51	TEMPERATURA : 150°C
N° 10	2.000	276.00	25.1	61.3	38.7	38	TIPO C/ASFÁLTICO : 60/70
N° 40	0.425	225.34	20.4	81.7	18.3	17	PIEDRA : 36.1 %
N° 80	0.180	71.23	6.4	88.1	11.9	8	ARENA : 56.5 %
N° 200	0.075	50.30	4.6	92.6	7.4	4	FINOS : 7.4 %
< N° 200	FONDO	81.30	7.4	100.0	0.0		C.ASFÁLTICO: 6.03 %
		1105.48	100.0				



[Signature]
 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Rvdo

Méctor Olmedo
[Signature]
 tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA

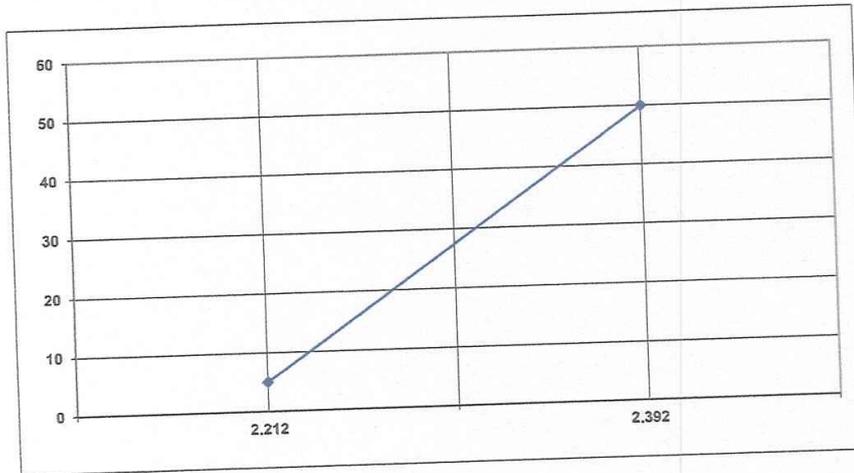


SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLIMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) -TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA Y RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFÁLTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACION VIAL.

ENSAYO MARSHALL AASHTO T - 245 ASTM D 1559

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: MEZCLA ASFÁLTICA MAC2		

ENSAYO DE ÍNDICE DE COMPACTABILIDAD



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	5	5	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1240.6	1243.6	1255.1	1257.1
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1292.0	1281.5	1259.0	1264.0
3.- Peso por Desplazamiento	724.9	723.7	735.9	736.7
4.- Volumen de la Briqueta	567.1	557.8	523.1	527.3
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2.168	2.229	2.399	2.384
PROMEDIOS	2.21		2.39	

2.209	2.392
5	50

1
GEB(50) - GEB(5)

IC = 5.5

Hector Olmedo
tec

Ivonne Estefany Contreras Lavado
 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Pudo

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA



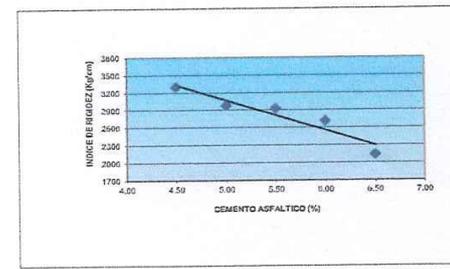
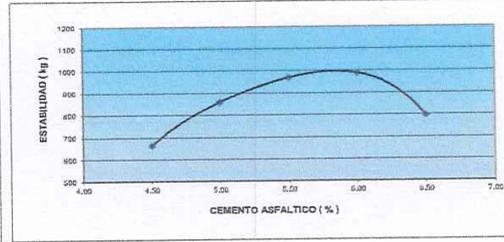
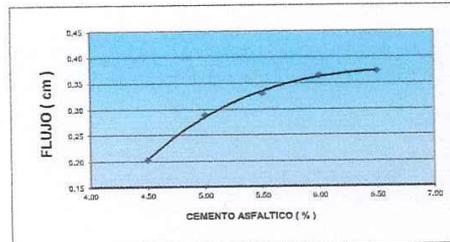
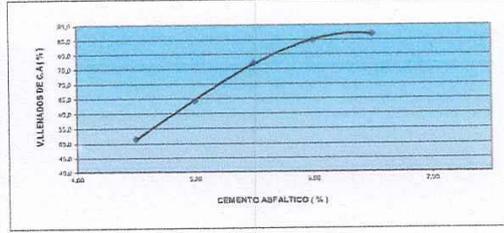
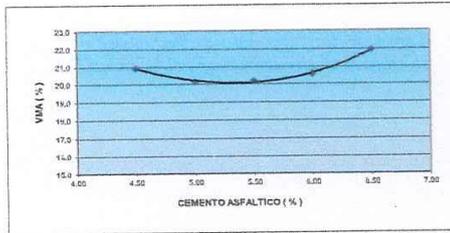
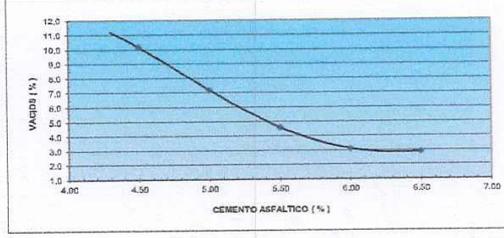
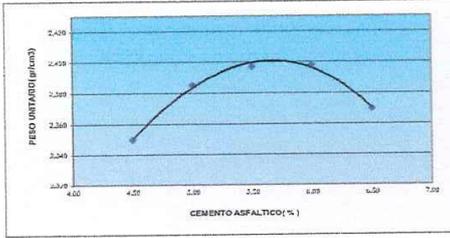
SISTEMA DE MICROPAVIMENTOS CONVENCIONALES Y MODIFICADOS CON POLÍMEROS (SYSTEM SLURRY SEAL) - TRATAMIENTOS SUPERFICIALES - BASE ESTABILIZADA Y RECICLADOS IN SITU CON EMULSIONES ASFÁLTICAS - CAPE SEAL - MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO EMBOLSADO - DISEÑO Y CONTROL DE CALIDAD - SOPORTE TÉCNICO PARA LA APLICACIÓN VIAL

CLIENTE	: CONTROL	DPTO DE CALIDAD	: GUSTAVO ALIAGA M.
UBICACIÓN	: SANTA CLARA, ATE - LIMA		: HECTOR OLMEDO
CANTERA	: DORITA - PLANTA JEROME CONSTRUCTORES SAC.	FECHA	: 30 SEP. 2020
MUESTRA	: GRÁFICA DE DISEÑO ÓPTIMO MAC2		

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

DOSIFICACIÓN AGREGADOS

PIEDRA : 40%
 ARENA : 60%
 CEM. ASFÁLTICO : PEN 60 - 70



RESULTADOS :

ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	: 5.81
PESO UNITARIO (gr/ cm3)	: 2.400
VACIOS (%)	: 3.6
V.M.A (%)	: 20.4
V. LLENADOS C.A (%)	: 80.5
FLUJO (cm)	: 0.36
ESTABILIDAD (kg)	: 1005
ÍNDICE DE RIGIDEZ (kg/cm)	: 2.810

[Signature]
 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
[Signature]

Héctor Olmedo
[Signature]
 Tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA

Ensayo Marshall mezcla modificada



OBRAS DE URBANIZACIÓN - PAVIMENTOS DE ASFALTO - RECICLADOS - BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN
MORTERO ASFALTICO - MICROPAVIMENTOS - EDIFICACIONES - ALQUILER DE MAQUINARIA-VENTA DE ASFALTO YAGREGADOS

ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559 DATOS GENERALES

CLIENTE	: ANALISIS DE COMPORTAMIENTO MECÁNICO CON PP. + SBR CAUCHO 0.5%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2		
UBICACIÓN	: CONTROL MEZCLA TIPO MAC 2	LABORATORIO	: OGH
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ									
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60		Nº200
A GRAVA TRITURADA	34.5	40.0										
B ARENA	65.5	60.0										
C FILLER	0.0	0.0										

MEZCLA	100	100	100.0	92.5	86.7	65.5	38.9	19.5	13.3			8.9
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8_17		4-8

	N	1	2	3	4	5		Promedio
1 Numero de Probeta								
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.03	6.03	6.03				
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	32.45	32.45	32.45				
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	61.52	61.52	61.52				
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00				
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020				
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849				2.871
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.830	2.830				2.862
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
11 Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000				
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.44	6.46	6.46				
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1249.0	1253.0	1243.2				
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1250.9	1256.1	1245.1				
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	731.0	734.1	728.2				
16 Volumen de la Probeta	c.c.	519.9	522.0	516.9				
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.402	2.400	2.405				2.403
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.519	2.519	2.519				
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575				
20 % de Vacios	%	4.6	4.7	4.5				4.6
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837				
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893				
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865				
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35				
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.03	77.97	78.12				
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.34	17.32	17.36				
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	22.0	22.0	21.9				22.0
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.70	5.70	5.70				
29 Relacion Asfalto - Vacios	%	78.9	78.6	79.3				79.0
30 Lectura del Are	put.	283	281	279				
31 Estabilidad sin Corregir	kg	899	959	932				
32 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00				
33 Estabilidad Corregida	kg	889	959	932				930
34 Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	15	14	15				14.7
35 Fluencia	cm.	0.4	0.4	0.4				0.37
36 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2360	2697	2446				2498

[Signature]
IVONNE ESTEFANY
CONTRERAS LAVADO
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 229501
[Signature]

Hector Omedo
[Signature]
tec.

JEROME CONSTRUCTORES SAC
30 SEP 2020
PLANTA



OBRAS DE URBANIZACION - PAVIMENTOS DE ASFALTO - RECICLADOS - BASE ESTABILIZADA CON EMULSION
MORTERO ASFALTICO - MICROPAVIMENTOS - EDIFICACIONES - ALQUILER DE MAQUINARIA-VENTA DE ASFALTO YAGREGADOS

**ENSAYO MARSHALL
ASTM D-1559**

DATOS GENERALES

CLIENTE	: ANALISIS DE COMPORTAMIENTO MECANICO CON PP. + SBR CAUCHO 1%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2	LABORATORIO	: OGH
UBICACION	: CONTROL MEZCLA TIPO MAC 2		
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº80			Nº200
A GRAVA TRITURADA	34,5	40,0											
B ARENA	65,5	60,0											
C FILLER	0,0	0,0											
MEZCLA	100	100	100,0	92,5	86,7	65,5	38,9	19,5	13,3				8,9
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8,17			4-8

	N	1	2	3	4	5	Promedio
1 Numero de Probeta	%	6,03	6,03	6,03			
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	32,45	32,45	32,45			
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	61,52	61,52	61,52			
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	0,00	0,00	0,00			
5 % de Filler en Peso de Mezcla	gr/cc.	1,020	1,020	1,020			
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	2,849	2,849	2,849			
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2,893	2,893	2,893			2,871
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2,830	2,830	2,830			
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2,893	2,893	2,893			2,862
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	0,000	0,000	0,000			
11 Peso Especifico Aparente del Filler	cm.	6,65	6,60	6,63			
12 Altura Promedio de la Probeta	gr.	1252,5	1248,3	1249,1			
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1257,5	1253,5	1255,0			
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	726,0	724,9	725,0			
15 Peso de la Probeta en el Agua	c.c.	531,5	528,6	530,0			
16 Volumen de la Probeta	gr/cc.	2,357	2,362	2,357			2,358
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2,507	2,507	2,507			
18 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2,575	2,575	2,575			
19 Maxima Densidad Teorica	%	6,0	5,8	6,0			5,9
20 % de Vacios	gr/cc.	2,837	2,837	2,837			
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2,893	2,893	2,893			
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2,865	2,865	2,865			
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	%	0,35	0,35	0,35			
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	76,54	76,70	76,55			
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	17,46	17,49	17,46			
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	23,5	23,3	23,4			23,4
27 % Vacios del Agregado Mineral	%	5,70	5,70	5,70			
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	74,4	75,1	74,4			74,7
29 Relacion Asfalto - Vacios	pul.	353	401	346			
30 Lectura del Aro	kg	1202	1364	1179			
31 Estabilidad sin Corregir		1,00	1,00	1,00			
32 Factor de Estabilidad	kg	1202	1364	1179			1248
33 Estabilidad Corregida		15	14	15			14,7
34 Lectura del Fleximetro (0,01")	cm.	0,4	0,4	0,4			0,37
35 Fluencia	kg/cm.	3155	3836	3094			3351
36 Relacion Estabilidad / Fluencia							

*He son Omeo
tec.*

IVONNE ESTEFANY
CONTRERAS LAVADO
INGENIERA CIVIL
Reg. CIP Nº 229501
Pvico

JEROME CONSTRUCTORES SAC
30 SEP 2020
PLANTA



OBRAS DE URBANIZACION - PAVIMENTOS DE ASFALTO - RECICLADOS - BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN
 MORTERO ASFALTICO - MICROPAVIMENTOS - EDIFICACIONES - ALQUILER DE MAQUINARIA-VENTA DE ASFALTO YAGREGADOS

**ENSAYO MARSHALL
 ASTM D-1559
 DATOS GENERALES**

CLIENTE	: ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO MECÁNICO CON PP. + SBR CAUCHO 1.5%	ING. LABORT	: GUSTAVO ALIAGA MIRANDA
OBRA	: PAVIMENTACION EN CALIENTE TIPO MAC 2	LABORATORIO	: OGH
UBICACIÓN	: CONTROL MEZCLA TIPO MAC 2		
FECHA	: 30 SEP. 2020		

MATERIAL	%		POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1	3/4	1/2"	3/8	Nº4	Nº10	Nº40	Nº60	Nº200			
A GRAVA TRITURADA	34.5	40.0												
B ARENA	65.5	60.0												
C FILLER	0.0	0.0												
MEZCLA	100	100	100.0	92.5	86.7	65.5	38.9	19.5	13.3					8.9
LIMITES DE ESPECIFIC.			100	100	80-100	70-88	51-68	38-52	17-28	8_17				4-8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	4	5	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.03	6.03	6.03			
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	32.45	32.45	32.45			
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	61.52	61.52	61.52			
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	0.00	0.00	0.00			
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.020	1.020	1.020			
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.849	2.849	2.849			
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.871
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.830	2.830	2.830			
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			2.862
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	0.000	0.000	0.000			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.	6.99	6.96	6.95			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1245.5	1244.4	1241.5			
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1249.2	1250.5	1245.5			
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	713.6	713.0	711.1			
16	Volumen de la Probeta	c.c.	535.6	537.5	535.4			
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.325	2.315	2.319			2.320
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.471	2.471	2.471			
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575			
20	% de Vacios	%	5.9	6.3	6.2			6.1
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837			
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.893	2.893	2.893			
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865			
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35			
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	75.53	75.20	75.32			
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	18.58	18.50	18.52			
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	24.5	24.8	24.7			24.7
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.70	5.70	5.70			
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	76.9	74.6	75.1			75.2
30	Lectura del Aro	pul.	309	263	277			
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1054	899	946			
32	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00			
33	Estabilidad Corregida	kg	1054	899	946			966
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	cm.	16	17	17			16.7
35	Fluencia	cm.	0.4	0.4	0.4			0.42
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2594	2082	2191			2283

Hecho en mano
Jr
Tec.

[Signature]
 IVONNE ESTEFANY
 CONTRERAS LAVADO
 INGENIERA CIVIL
 Reg. CIP N° 229501
Rudo

JEROME CONSTRUCTORES SAC
 30 SEP 2020
PLANTA

Ensayo de resistencia a compresión diametral de mezclas Bituminosas

NLT 346/90



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DIAMETRAL DE MEZCLAS BITUMINOSAS

NLT 346/90

DISEÑO	MEZCLA ASFALTICA TIPO MAC II CONVENCIONAL	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	
Golpes por lado		75	75	75	
Diametro mm.	mm	101.11	101.17	101.14	
Espesor mm.	mm	62.30	62.41	62.37	
Masa seca al aire	gr.	1,214.11	1,216.14	1,213.58	
Masa (SSS)	gr.	1,216.30	1,218.23	1,215.14	
Masa en el agua	gr.	703.1	705.3	704.6	
Volumen del especimen	c.c	513.2	512.9	510.5	
Densidad aparente	gr/cc.	2.366	2.371	2.377	
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.465	2.465	2.465	
Porcentaje de vacios (%)	%	4.03	3.81	3.57	
Peso especifico de laboratorio	gr/cc.	2.467	2.467	2.467	
Compactación del ensayo	%	100.20	100.15	100.19	
Temperatura del procedimiento	°c	25.0	25.0	25.0	
Velocidad de carga	mm.s-1	0.85	0.85	0.85	
Carga (N)	P	9,970	9,885	9,909	
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Resistencia	Mpa	0.995	0.987	0.989	
Promedio de resistencia		0.990 Mpa		9.90 kgf/cm2	

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - 66428



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DIAMETRAL DE MEZCLAS BITUMINOSAS

NLT 346/90

DISEÑO MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP. + SBR CAUCHO 0.5% ING. RESP.
CANTERA DORITA - SANTA CLARA TECNICO SILVINO NAVARRO
CLIENTE FECHA

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	
Golpes por lado		75	75	75	
Diametro mm.	mm	101.26	101.23	101.32	
Espesor mm.	mm	63.59	63.47	63.52	
Masa seca al aire	gr.	1,217.14	1,216.52	1,215.73	
Masa (SSS)	gr.	1,215.36	1,214.12	1,213.58	
Masa en el agua	gr.	715.3	718.5	714.6	
Volumen del espécimen	c.c	500.1	495.6	499.0	
Densidad aparente	gr/cc.	2.434	2.455	2.436	
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
Porcentaje de vacios (%)	%	5.48	4.68	5.38	
Peso especifico de laboratorio	gr/cc.	2.403	2.403	2.403	
Compactación del ensayo	%	100.45	100.52	100.49	
Temperatura del procedimiento	°c	25.0	25.0	25.0	
Velocidad de carga	mm.s-1	0.85	0.85	0.85	
Carga (N)	P	11,592	11,479	11,687	
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Resistencia	Mpa	1.154	1.142	1.163	
Promedio de resistencia		1.153 Mpa		11.53 kgf/cm2	

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - C.P. 68428



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DIAMETRAL DE MEZCLAS BITUMINOSAS

NLT 346/90

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP. + SBR CAUCHO 1.0%	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	
Golpes por lado		75	75	75	
Diametro mm.	mm	101.51	101.42	101.56	
Espesor mm.	mm	63.33	63.51	63.48	
Masa seca al aire	gr.	1,221.32	1,219.62	1,220.42	
Masa (SSS)	gr.	1,218.51	1,217.45	1,217.96	
Masa en el agua	gr.	716.5	718.6	715.3	
Volumen del especimen	c.c	502.0	498.9	502.7	
Densidad aparente	gr/cc.	2.433	2.445	2.428	
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
Porcentaje de vacios (%)	%	5.52	5.05	5.71	
Peso especifico de laboratorio	gr/cc.	2.358	2.358	2.358	
Compactación del ensayo	%	100.76	100.85	100.83	
Temperatura del procedimiento	°c	25.0	25.0	25.0	
Velocidad de carga	mm.s-1	0.85	0.85	0.85	
Carga (N)	P	12,877	12,667	12,977	
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Resistencia	Mpa	1.278	1.256	1.287	
Promedio de resistencia		1.274 Mpa		12.74 kgf/cm2	

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESION DIAMETRAL DE MEZCLAS BITUMINOSAS

NLT 346/90

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP + SBR CAUCHO 1.5%	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	
Golpes por lado		75	75	75	
Diametro mm.	mm	101.35	101.41	101.37	
Espesor mm.	mm	63.51	63.35	63.49	
Masa seca al aire	gr.	1,208.36	1,206.12	1,209.47	
Masa (SSS)	gr.	1,206.55	1,203.68	1,207.14	
Masa en el agua	gr.	714.0	715.0	716.0	
Volumen del especimen	c.c	492.6	488.7	491.1	
Densidad aparente	gr/cc.	2.453	2.468	2.463	
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.575	2.575	2.575	
Porcentaje de vacios (%)	%	4.73	4.15	4.37	
Peso especifico de laboratorio	gr/cc.	2.320	2.320	2.320	
Compactación del ensayo	%	100.64	100.53	100.67	
Temperatura del procedimiento	°c	25.0	25.0	25.0	
Velocidad de carga	mm.s-1	0.85	0.85	0.85	
Carga (N)	P	12,550	11,993	12,252	
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Resistencia	Mpa	1.247	1.193	1.217	
Promedio de resistencia		1.219 Mpa		12.19 kgf/cm2	

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 58428

Ensayo de mezclas bituminosas mediante la pérdida por desgaste – Cántabro



WRC INGENIO S.A.C.
INGENIERIA Y GEOTECNIA

ESTUDIOS - PROYECTOS
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO

WWW.WRCINGEOSAC.COM

ENSAYO DE MEZCLAS BITUMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE - CANTABRO

METODO MTC E 515 - NLT 352/86

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II CONVENCIONAL	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	5.81
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.21	101.15	101.13	101.27
Espesor mm.	mm	55.10	55.11	55.06	55.17
Masa seca al aire	gr.	997.2	997.7	998.1	997.8
Masa (SSS)	gr.	1,000.0	1,001.0	1,003.1	1,002.4
Masa en el agua	gr.	573.1	571.5	573.2	572.6
Volumen del especimen	c.c	426.9	429.5	429.9	429.8
Densidad aparente	gr/cc.	2.336	2.323	2.322	2.322
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.465	2.435	2.448	2.478
Porcentaje de vacios (%)	%	5.24	4.60	5.16	6.31
Temperatura del procedimiento	°c.	25.0	25.0	25.0	25.0
Numero de vueltas	rev.	300.0	300.0	300.0	300.0
Estado de probeta inicial	gr.	997.5	996.1	998.4	99.5
Estado de probeta despues del ensayo	gr.	992.32	990.84	993.11	94.30
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Perdida por desgaste	%	5.18	5.26	5.29	5.21
Promedio de perdida por desgaste	%	5.24			

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C durante 30 minutos



TEC. LABORATORISTA

INGENIERO RESPONSABLE

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



ENSAYO DE MEZCLAS BITUMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE - CANTABRO

METODO MTC E 515 - NLT 352/86

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP. + SBR CAUCHO 0.5%	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	5.81
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.52	101.38	101.42	101.53
Espesor mm.	mm	55.12	55.21	55.18	55.32
Masa seca al aire	gr.	998.0	998.2	997.6	998.5
Masa (SSS)	gr.	1,003.4	1,002.5	1,003.1	1,004.2
Masa en el agua	gr.	579.8	572.4	573.4	573.9
Volumen del especimen	c.c	423.6	430.1	429.7	430.3
Densidad aparente	gr/cc.	2.356	2.321	2.322	2.320
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.526	2.486	2.475	2.485
Porcentaje de vacios (%)	%	6.73	6.64	6.20	6.62
Temperatura del procedimiento	°c.	25.0	25.0	25.0	25.0
Numero de vueltas	rev.	300.0	300.0	300.0	300.0
Estado de probeta inicial	gr.	996.3	995.2	997.5	994.3
Estado de probeta despues del ensayo	gr.	991.07	989.86	992.09	989.02
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Perdida por desgaste	%	5.23	5.34	5.41	5.28
Promedio de perdida por desgaste	%	5.32			

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño María a 25°C durante 30 minutos



TEC. LABORATORISTA

INGENIERO RESPONSABLE

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



ENSAYO DE MEZCLAS BITUMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE - CANTABRO

METODO MTC E 515 - NLT 352/86

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP. + SBR CAUCHO 1.0%	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	5.81
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.48	101.42	101.51	101.46
Espesor mm.	mm	55.84	55.71	55.62	55.52
Masa seca al aire	gr.	998.2	997.6	998.5	998.6
Masa (SSS)	gr.	1,000.2	1,003.7	1,004.1	1,002.6
Masa en el agua	gr.	580.2	578.6	577.3	573.9
Volumen del especimen	c.c	420.0	425.1	426.8	428.7
Densidad aparente	gr/cc.	2.377	2.347	2.340	2.329
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.526	2.486	2.475	2.485
Porcentaje de vacios (%)	%	5.91	5.60	5.47	6.26
Temperatura del procedimiento	°c.	25.0	25.0	25.0	25.0
Numero de vueltas	rev.	300.0	300.0	300.0	300.0
Estado de probeta inicial	gr.	998.5	998.2	998.6	998.4
Estado de probeta despues del ensayo	gr.	992.99	992.63	993.12	992.87
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Perdida por desgaste	%	5.51	5.57	5.48	5.53
Promedio de perdida por desgaste	%	5.52			

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño Maria a 25°C durante 30 minutos



TEC. LABORATORISTA

INGENIERO RESPONSABLE

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL N° 68428



ENSAYO DE MEZCLAS BITUMINOSAS MEDIANTE LA PERDIDA POR DESGASTE - CANTABRO

METODO MTC E 515 - NLT 352/86

DISEÑO	MEZCLA ASFÁLTICA TIPO MAC II + PP. + SBR CAUCHO 1.5%	ING. RESP.	
CANTERA	DORITA - SANTA CLARA	TECNICO	SILVINO NAVARRO
CLIENTE		FECHA	

MUESTRA IDENTIFICADA	N	1	2	3	4
Contenido de PEN	%	5.81	5.81	5.81	5.81
Metodo de Compactación		Marshall	Marshall	Marshall	Marshall
Carga aplicada		Impacto	Impacto	Impacto	Impacto
Golpes por lado		50	50	50	50
Diametro mm.	mm	101.36	101.38	101.41	101.37
Espesor mm.	mm	55.23	55.31	55.28	55.34
Masa seca al aire	gr.	997.6	996.5	997.4	997.2
Masa (SSS)	gr.	1,006.4	1,008.6	1,007.2	1,007.5
Masa en el agua	gr.	581.3	576.2	571.3	573.9
Volumen del especimen	c.c	425.1	432.4	435.9	433.6
Densidad aparente	gr/cc.	2.347	2.305	2.288	2.300
Maxima gravedad especifica	gr/cc.	2.526	2.486	2.475	2.485
Porcentaje de vacios (%)	%	7.10	7.30	7.55	7.45
Temperatura del procedimiento	°c.	25.0	25.0	25.0	25.0
Numero de vueltas	rev.	300.0	300.0	300.0	300.0
Estado de probeta inicial	gr.	995.3	994.6	992.4	995.8
Estado de probeta despues del ensayo	gr.	989.61	988.89	986.72	990.08
RESULTADO Y CALCULO DEL ENSAYO					
Perdida por desgaste	%	5.69	5.71	5.68	5.72
Promedio de perdida por desgaste	%	5.70			

OBSERVACIONES Roturas de testigos realizadas despues de saturar en Baño María a 25°C durante 30 minutos



TEC. LABORATORISTA

INGENIERO RESPONSABLE

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - IP 68428