



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Propiedades Mecánicas del Asfalto en caliente adicionando 1.5% de Caucho  
Reciclado Granular, Chimbote - 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Farfan Canchis, Daniel Mariano (ORCID: 0000-0002-7511-3523)

Romero Dextre, Zbigniew Michael (ORCID: 0000-0002-6195-3986)

**ASESORES:**

Mgtr. Muñoz Arana, José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

Mgtr. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío (ORCID: 0000-0003-3336-4786)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**CHIMBOTE - PERÚ**

2019

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de investigación se lo dedicamos principalmente a Dios, quién nos otorgó las fuerzas necesarias para seguir adelante, por guiarnos por el buen camino, por darnos la oportunidad de vivir y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo este proceso.

De igual forma a nuestros padres y hermanos por brindarnos su apoyo incondicional, por sus consejos, por la motivación constante que nos ha permitido ser buenas personas, por su amor y por ayudarnos con los recursos para estudiar.

## **Agradecimiento**

En primer lugar, queremos agradecer a Dios por habernos dado la pasión, el entendimiento y la fortaleza para poder llegar al final de la carrera, por no permitirnos que nos rindiéramos en ningún momento e iluminarnos para salir adelante. Un agradecimiento muy especial a nuestros padres por haberme brindado la oportunidad de estudiar la carrera en la Universidad Cesar Vallejo, por su esfuerzo, dedicación y entera confianza.

A los Docentes de nuestra escuela de Ingeniería Civil por brindarnos sus conocimientos en toda la etapa de nuestra formación profesional.

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de autenticidad

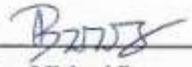
Nosotros, Farfan Canchis Daniel Mariano y Romero Dextre Zbigniew Michael, identificados con DNI: N° 75538020 y N° 70185286 respectivamente, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verdadera y auténtica.

Así mismo, confesamos también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Nuevo Chimbote, 10 de Diciembre del 2019.

  
\_\_\_\_\_  
**Daniel Mariano Farfan Canchis**  
**DNI: 75538020**

  
\_\_\_\_\_  
**Zbigniew Michael Romero Dextre**  
**DNI: 70185286**

## Índice

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	11
2.1. Tipo y diseño de la investigación.....	11
2.2. Operacionalización de variables .....	11
2.3. Población, muestra y muestreo.....	13
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	13
2.4.1. Técnicas.....	13
2.4.2. Instrumentos.....	14
2.4.3. Validez y confiabilidad.....	14
2.5. Procedimiento.....	14
2.6. Método de análisis de datos .....	16
2.7. Aspectos éticos .....	16
III. RESULTADOS .....	17
IV. DISCUSIÓN .....	22
V. CONCLUSIONES.....	24
VI. RECOMENDACIONES.....	25
REFERENCIAS.....	26
ANEXOS .....	31

## RESUMEN

La presente tesis consistió en determinar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, para ello se recopiló información relacionada al tema, para lo cual se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote - 2019?; la investigación se justificó con la adición de caucho reciclado granular en un porcentaje de 1.5% proveniente de neumáticos usados a la mezcla asfáltica con el fin de mejorar propiedades mecánicas de la mezcla modificada, para ello, se planteó la siguiente hipótesis: el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente mejorará con la adición de 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote – 2019, siendo así el objetivo: determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, la metodología empleada fue experimental. La recopilación de datos se realizó mediante ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la universidad César Vallejo, donde se diseñó primeramente una mezcla patrón y una mezcla modificada que contenía 1.5% de caucho reciclado granular en relación al peso de las briquetas patrones, posteriormente, se sometió al ensayo Marshall según el manual de ensayo de materiales redactado por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC E504), que permitió determinar la estabilidad y flujo tanto de la mezcla patrón como de la mezcla modificada con 1.5% de caucho reciclado granular, luego mediante el procesamiento de datos y representación gráfica de los resultados mediante el software Excel se determinó que efectivamente la adición de 1.5% de caucho reciclado granular mejoro la estabilidad y el flujo de a mezcla asfáltica modificada.

**PALABRAS CLAVE:** Mezclas asfálticas, comportamiento mecánico, caucho reciclado granular.

## ABSTRACT

The present thesis consists in determining the mechanical properties of hot asphalt mixes adding 1.5% granular recycled rubber, for this, information related to the subject was collected, for which the following question was asked: What is the behavior of the mechanical properties of hot asphalt by adding 1.5% granular recycled rubber, Chimbote - 2019?; the investigation was justified with the addition of recycled granular rubber in a percentage of 1.5% from used tires to the asphalt mixture in order to improve the mechanical properties of the modified mixture, for this, The following hypothesis was raised: the behavior of the hot asphalt's mechanical properties will improve with the addition of 1.5% granular recycled rubber, Chimbote - 2019, thus being the objective: To determine the behavior of the mechanical properties of hot asphalt by adding 1.5% granular recycled rubber, the methodology used was experimental. The data collection was carried out through tests carried out in the soil mechanics laboratory of the César Vallejo University, where a standard mixture and a modified mixture containing 1.5% recycled granular rubber in relation to the weight of the standard briquettes were first designed, Subsequently, the Marshall test was submitted according to the materials test manual written by the Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E504), which allowed to determine the stability and flow of both the standard mixture and the modified mixture with 1.5% granular recycled rubber, then through data processing and graphical representation of the results using Excel software it was determined that effectively the addition of 1.5% of granular recycled rubber improved the stability and flow of a modified asphalt mixture.

**KEYWORDS:** Asphalt mixes, mechanical properties, granular recycled rubber.

## I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos flexibles, presentan principalmente problemas relacionados a la resistencia a la fatiga y deformaciones, esto trae como consecuencia mayor gasto económico referente a tener un mejor diseño y/o mantenimientos como nos dicen (Cárdenas y Fonseca, 2009, p.25) y (Vila y Jaramillo, 2018, p.4). Por otra parte, se busca hallar nuevos materiales para mejorar sus propiedades mecánicas (Mantilla, 2019, p.1). Una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas es el uso del caucho de los neumáticos, que es un material que tiene la función de proteger los aros de las ruedas de vehículos, brindándoles suavidad al momento de rodar y mejor agarre al momento de maniobrar (Castro, 2008, p.22). Por otro lado, el sector automotor va creciendo a la par de la población, la demanda de neumáticos para los vehículos también irá incrementando (Millones, 2002, p.12). Para profundizar más, Mariátegui (2019, p.32) nos indica que el parque automotor del Perú cuenta con un promedio de 2.6 millones de vehículos dándonos una tasa 11.9 personas por unidad motorizada y que va en tendencia creciente, aumentado cada vez más el número de neumáticos en uso. Sin embargo, cuando los neumáticos cumplen con su periodo de utilidad pasan a ser una problemática monetaria, medioambiental y de la salud. Para Cantanhede y Monge (2002, p.3), esta problemática se debe a que son materiales muy complicados de compactar o mantenerlos en algún relleno sanitario, Ciro, y otros (2015, p.5), añade diciendo que los neumáticos suelen encontrarse tirados o juntándose en grandes volúmenes produciendo de esta manera un riesgo de incendios que afectaría en mayor escala el medioambiente, de igual manera, Martínez (2018, p.2) indica que la acumulación masiva puede ser peligrosos para el medio ambiente debido a que se juntan en grandes proporciones, por consiguiente, son un problema para agencias públicas, privadas y el medio ambiente en general. Añadiendo que, la industria del neumático produce alrededor de 1300 millones de unidades cada año en el mundo, de los cuales en USA se tiran 300 millones de neumáticos quedan prácticamente inutilizables para el mercado automotor por año (Rubber Manufacturers Association, 2016, párr. 5). Entonces el problema es más serio aun considerando que el caucho de los neumáticos necesita diez siglos para que se degrade completamente en la naturaleza (Martín, 2015, p.17). Por otro lado, según TeachBrief (2014, p.2), Delgado, Gilede y Rondón (2018, p. 2), indican que, hasta hace relativamente poco el uso de RTR (Recycled Tire Rubber) grano de caucho reciclado en español (GCR) en pavimentos se había limitado a muy pocos estados, aunque ya había estudios desde 1840 como lo expresa Bressi (2019, p. 2). Sin

embargo, al ver que el comportamiento de las mezclas asfálticas modificadas con caucho era positivo (Hassan, y otros, 2014, p.3). Se convirtió en una excelente manera de hacer uso de material desechado y contribuir con la conservación del ambiente mientras se mejoraba la calidad de pavimentos (Martínez et al, 2015, p. 1), trayendo como consecuencia más estudios para corroborar y adaptar a diversos entornos (Yung, Córdoba y Rondón, 2016, p. 2). Sin embargo, en el Perú mantener las pistas pavimentadas en un estado adecuado de servicio se ha vuelto cada vez un problema más serio, debido que gran parte de las carreteras presentan fallas de ahuellamiento y fatigas, provocados por el exceso de carga, climas extremos, el inadecuado o hasta ausente mantenimiento, debido a ello surgió la necesidad de perfeccionar la metodología de los pavimentos con el objetivo de incrementar la vida útil, así mismo reducir costos en mantenimiento. Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática ( 2017, párr.15) da a conocer que en el año 2017, la ciudad de Chimbote contaba con 215 817 habitantes, sin embargo Marketreport (2019, párr.12) nos da una cifra de 411 600 habitantes para el año 2019 indicando que la población casi se duplicó en poco más de 2 años, a esto tenemos que tener en cuenta que presenta tres avenidas importantes: La avenida José Pardo, la avenida Meiggs y la avenida José Gálvez, estas avenidas se caracterizan por ser las más transitadas en la ciudad de Chimbote, además por presentar fallas debido a sobreesfuerzos en la carpeta de rodadura, generando así su deterioro en corto tiempo. Para aminorar el efecto negativo, se consideró buscar una solución que ayude a perfeccionar las propiedades mecánicas de la carpeta asfáltica, que sea viable y sostenible a fin de que genere confort y seguridad a los habitantes, a raíz de estas circunstancias surge la necesidad de impulsar la adición de caucho reciclado granular en las mezclas asfálticas.

Por consiguiente, se consideró necesario un procedimiento de evaluación, para ello era indispensable conocer algunos trabajos realizados anteriormente por otros investigadores, con la finalidad de tener una noción de los resultados que obtuvieron. Siendo así, Cervera (2016), en su tesis titulada “Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016”, la cual tenía como objetivo determinar cómo influye la incorporación de caucho reciclado a la propiedades mecánicas del asfalto, y pudo llegar a las siguientes conclusiones: a) La incorporación de partículas de caucho reciclado influye de manera positiva la mezcla asfáltica en caliente, incrementando su estabilidad y mejorando la interrelación de flujo en un 2.6% y 2.3% respectivamente en relación con la mezcla patrón. Para esto se hizo uso de 1% de partículas

de caucho reciclado, ya que es la que mejor resultados muestra y cumple con las especificaciones técnicas del manual de Carreteras EG 2013. b) La combinación de PCR en la cantidad de 1% respecto al peso de la mezcla es la que presenta mejor desempeño en los parámetros de estabilidad y flujo para el tránsito pesado. El contenido óptimo para la MAC con adición de 1% de PCR es 5.3% de cemento asfáltico, lo cual haciendo su respectivo análisis cumple las normativas descritas en el EG 2013. De igual manera, Granados (2017) en su tesis titulada “Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional”, evaluó la influencia de la incorporación de granos de caucho en un diseño de mezclas asfáltica realizada por la vía seca respecto a un diseño patrón o convencional, llegando a concluir lo siguiente: a) Para la mezcla asfáltica convencional, se determinó el contenido óptimo de asfalto de 5.5%, con el cual se logró el mejor comportamiento mecánico de la mezcla, obteniéndose los principales resultados de: Estabilidad (1350 kg), Flujo (13.3 – 0.01”), Densidad (2.384 gr/cm<sup>3</sup>), Resistencia Retenida (88.5%), Resistencia Conservada (84.9%), Resistencia a la Compresión (3.0Mpa). b) Para las mezclas modificadas con granos de caucho, se determinó el contenido óptimo de asfalto de 5.5% e incorporación de caucho del 0.5%, con el cual se logró el mejor comportamiento mecánico de la mezcla, obteniéndose los principales resultados de: Estabilidad (2175 kg), Flujo (13.8 – 0.01”), Densidad (2.352 gr/cm<sup>3</sup>), Resistencia Retenida (97.4%), Resistencia Conservada (93.7%), Resistencia a la Compresión (4.4 Mpa). c) Dentro de los parámetros de la estabilidad de la mezcla asfáltica con su respectiva adición de los granos de caucho tuvo un comportamiento más que optimo en comparación con el diseño patrón presentando un 61% más de estabilidad, respecto al flujo sucedió lo contrario debido a que incrementó un 4% respecto a la muestra patrón que trabajando con milímetros la variación no llega a ser significativa. Por otro lado, Salazar (2019), en su tesis titulada “Comportamiento de las mezclas asfálticas adicionándole caucho por la técnica de vía seca”, analizó el comportamiento mecánico en las propiedades de las mezclas asfálticas adicionándole caucho por la técnica de vía seca en relación a la mezcla convencional. Las conclusiones a las que pudo llegar el autor respecto a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas son: a) El contenido óptimo de caucho es de 1.2%, para mezclas asfálticas mejoradas con caucho, con el cual se obtuvo los mejores resultados del comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas y b) La adición de 1.2% de caucho en la mezcla asfáltica presenta un aumento de estabilidad y flujo, por lo cual, comparado con la mezcla asfáltica convencional podemos definir que la estabilidad aumenta de 1410 kg a 1570

kg y el flujo aumenta de 5.56 mm a 6.14 mm de acuerdo a las adiciones de caucho, obteniendo resultados favorables en cada uno de sus propiedades establecidas por el ensayo Marshall. Por consiguiente, Valverde (2018), en su tesis titulada “Influencia del tamaño de partículas de hule reciclado en las propiedades mecánicas del pavimento asfáltico modificado, Nuevo Chimbote-2018”, el cual determino la influencia de la adición de partículas de hule reciclado en las propiedades mecánicas del pavimento asfáltico modificado, Distrito de Nuevo Chimbote - Áncash – 2018, llegando a las siguientes conclusiones: a) Se concluye que el diseño de mezcla asfáltica en caliente elaborado en esta investigación es recomendable para la realización de un pavimento asfáltico, adicionando hule reciclado de neumáticos en 20% con 0.85mm en contenidos óptimos de cantidad de cemento asfáltico de 5.2% obteniendo un valor de estabilidad de 2396 kg y flujo de 4.04mm, mientras que con contenidos óptimos de cantidad de cemento asfáltico de 5.3% obteniendo un valor de estabilidad de 2061 kg y flujo de 4.83mm logrado con una combinación de 40% de agregado grueso y 60% de agregado fino.

Ante todo, es preciso tener cierto conocimiento teórico para desarrollar el objetivo de este trabajo. Es necesario conocer que materiales componen una mezcla asfáltica y según Padilla (2004, p.50) y Álvarez et al (2013, p. 1) nos dicen que una mezcla asfáltica es la unión de asfalto y agregados minerales en proporciones normadas, debido a sus propiedades es el material más común para construir firmes de carreteras, aparcamientos, aeropuertos, etc. Así mismo cumplen la función de proveer una carpeta de rodadura cómoda, estable y económica, facilitando la circulación de vehículos como lo explican (Rondón, y otros, 2007, p.4), (Zhang, Xiaoling y otros, 2018, p. 3) y (Pivoto, y otros, 2006, p.2). Por lo tanto, la preparación de una buena mezcla asfáltica debe ser controlada, tanto en su granulometría como en el porcentaje de asfalto a usarse, por lo que es útil que el material pétreo tenga una buena resistencia Sembiring et al(2019, p.4). A la vez, Valle (2016, p.161) indica que la granulometría del material pétreo dependerá mucho del tipo de mezclas asfáltica, es por ello que se debe seguir una serie de lineamientos de calidad para prevenir posibles fallas en el transcurso del tiempo. Así mismo, Minaya y Ordoñez (2006, p.163), explican que el material que aporta resistencia en una mezcla asfáltica en caliente es el granular, en consecuencia, según el tipo de gradación estas se clasifican en: mezclas de gradación densa, mezclas de gradación abiertas y mezclas de gradación incompleta.

Además, es importante conocer sobre las propiedades mecánicas que tienen las mezclas asfálticas ya que han demostrado ser componentes fundamentales en cuanto al tiempo de diseño de un pavimento, teniendo como principales propiedades a la estabilidad, durabilidad y resistencia a la fatiga. Es por ello, que Flores (2018, p.17), define la estabilidad como la capacidad para oponerse a las deformaciones y desplazamientos causado por cargas estáticas o en movimiento, entonces, se podría decir que un pavimento estable mantiene su forma al encontrarse bajo cargas constantes y un pavimento inestable, desarrolla fallas como las corrugaciones y el ahuellamiento. Mientras que Cervera (2016, p. 22), define que estabilidad de una mezcla asfáltica depende mucho del rozamiento y adherencia interna de los agregados, esto quiere decir que mientras tenga una forma más angular se presentara una superficie más áspera, la estabilidad aumentara significativamente. Adicionalmente al párrafo anterior, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016, p.584), menciona que la deformación que presenta una mezcla asfáltica es la deformación plástica y esto se puede apreciar principalmente en los pavimentos flexibles, este tipo de deformaciones son ocasionadas por factores como el tránsito y el clima, es por ello que existen parámetros para determinar la deformación y son llamados estabilidad y flujo Marshall. La siguiente propiedad mecánica es la durabilidad, que según Cervera (2016, p.23), es la propiedad que le permite al pavimento resistir eventualidades, como la pulverización de los agregados, polimerización y oxidación. Entonces se puede decir que la mezcla asfáltica puede aumentar su durabilidad cuando se incrementa la cantidad de asfalto, empleando una graduación densa de agregados y un buen compactado de mezcla. Flores (2018, p.18), añade diciendo que las fisuras se presentan cuando la mezcla es débil o se vuelve frágil debido a la falta de ductilidad del bitumen a temperaturas bajas, también pueden volverse frágiles por endurecimiento del ligante o por oxidación, debido a la exposición al aire y sol. Por último, tenemos la resistencia a la fatiga, que según Montalvo (2008, p.165) también es conocida como resistencia a la flexión causada por el tránsito, siendo así que la viscosidad y los vacíos, poseen un impacto cuantioso en la resistencia a la fatiga, es decir mientras más vacíos haya dentro del pavimento, la resistencia disminuye, así mismo también se debe considerar que un asfalto envejecido tiene menor resistencia a la fatiga y por lo tanto va a presentar fallas por flexión. Por ende, se entiende que es uno de los límites entre los cuales debe estar el diseño de mezcla asfáltica, ya que si la mezcla es muy rígida se fractura rápidamente, rompiéndose como cristal, presentando grietas con determinada forma que hacen parecer a piel de cocodrilo.

Añadiendo a lo anterior, las mezclas asfálticas convencionales, llegan a un punto donde no pueden soportar la acción del tren de carga y la temperatura, por ende, se necesita diseñar mezclas asfálticas más resistentes, enfocándonos principalmente en la durabilidad, fatiga y ahuellamiento, que son las fallas más frecuentes presentadas en el desempeño de un pavimento flexible. Es preciso señalar que la mezcla asfáltica convencional puede ser modificada a través de la vía húmeda o vía seca, ambas cumplen con la finalidad de incrementar el periodo de utilidad del pavimento, así como mostrar una alta resistencia al tránsito y un mejor confort a los usuarios de la vía (Cervera, 2016, p.21). Siendo así, los estudios sobre el uso de caucho reciclado granular en mezclas asfálticas han incrementado en los últimos años, principalmente el grano de caucho de neumáticos fuera de uso, ya que el uso de estos residuos sólidos disminuye la contaminación ambiental, y al adicionarlo a las mezclas asfálticas mejora las propiedades mecánicas y su comportamiento durante la vida útil del pavimento flexible, el uso de GCR que es el termino por el que se conoce al grano de caucho reciclado es tomado muy frecuentemente para ser adicionado a mezclas asfálticas en caliente haciendo uso del proceso en “seco”, debiendo tener la totalidad de sus partículas de un solo tamaño, lo cual es útil para aminorar el tiempo de fundido de los granos añadiendo una facilidad al momento de mezclarlo a altas temperaturas. El grano de caucho está constituido por componentes que mejoran las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente, entre ellos se encuentra el negro de humo, que es un componente que se destaca por ayudar a disminuir el envejecimiento del asfalto, así mismo el caucho tiende a tardar en deteriorarse a causa de la oxidación debido a que está compuesto por antioxidantes, a su vez, contiene aminas que ayuda a preservar las propiedades del caucho, además que la vida de las mezclas asfálticas modificadas se prolongan gracias a los aceites aromáticos.

Ciertamente, se sabe que una de las opciones para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica es el uso de grano de caucho reciclado y es necesario conocer cómo se obtiene. Entonces, se explica que es el producto del reciclaje de neumáticos que ya cumplieron con su periodo de utilidad, los procesos de trituración tienen como finalidad tener partículas de 1.5mm como tamaño máximo, así mismo se debe tener en cuenta que los granos de caucho se encuentren libres de sus anteriores componentes en su periodo de neumático tales como el acero, fibras y otras adiciones que afecten al producto. Para definir mejor el concepto de un neumático, Chávez Quiñones, y otros, (2014, p.34) nos dice que un neumático es una mezcla elastómerica de más de 200 materias distintas, entre ellos se

encuentran, sílices, plastificantes, hilos metálicos o textiles, el kevlar, los negros de carbono, y el rayón, que sirven para darle forma al neumático. Teniendo en cuenta, que el caucho sintético se creó con el propósito de cumplir con las demandas del caucho natural, encontrando así que las propiedades del caucho sintético poseen ventajas sobre el caucho natural, entre ellas están, mejorar la resistencia al deterioro, gran adherencia al suelo además de, gran resistencia a las diferentes temperaturas. Así mismo Segovia (2007, p.55), define al caucho como un hidrocarburo blanco e incoloro en su estado natural, siendo un sólido duro a una temperatura menor de  $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de  $0\text{ a }10\text{ }^{\circ}\text{C}$  se vuelve opaco y frágil, por encima de los  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  se ablanda y aumenta su flexibilidad, posteriormente si es amasado mecánicamente o calentado a temperaturas superiores a los  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  adopta una textura viscosa.

Entonces, se puede decir que emplear el caucho reciclado granular para estos diseños presenta ventajas económicas, ambientales (Herrera, y otros, 2018) y que mecánicamente mejora el comportamiento de las mezclas asfálticas, incrementando la durabilidad, la resistencia a la fatiga y disminuyendo el ahuellamiento, (Peláez, Velásquez y Giraldo, 2017, p.36). El proceso de mezclado para una mezcla asfáltica modificada por vía seca, es cuando se mezcla el GCR con áridos, ello se hace previamente a la adición del aglomerante asfáltico, sabiendo que estos agregados deben estar a una temperatura estandarizada antes de realizar la mezcla, en este método adiciona entre 1% a 3%, es por ello que se optó por usar 1.5% en la presente investigación. Seguidamente Ramírez (2016, p.50) precisa diciendo que el aglomerante asfáltico es el mismo usado para diseños estándar, pero se debe tener en cuenta que para realizar estas mezclas se demandaran temperaturas más elevadas, donde oscilan por los  $160^{\circ}\text{C}$  y  $190^{\circ}\text{C}$ , al igual que las de compactación, que se encuentran alrededor de  $150^{\circ}\text{C}$  y  $160^{\circ}\text{C}$ .

Por otra parte, fue el ingeniero Bruce Marshall, quien creó el método Marshall, el cual es utilizado a fin de realizar diseños de mezclas asfálticas (Garnica, Delgado, 2004, p.12). Dicho método se desarrolla a través de la formación y compactación de briquetas o bulks con la mezcla asfáltica a ensayar con una altura de 2.5" y diámetro de 4", para diseñar mezclas asfálticas y el cálculo de las distintas propiedades mecánicas a través del método Marshall (Bojorque, y otros, 2019, p. 5) y (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, p.583).

Continuando con lo anterior, el método Marshall hace uso de una gráfica semi logarítmica para clasificar la granulometría que presentan los agregados y mostrarnos así un diseño ideal en función a ello, en la ordenada se encuentra el porcentaje de material que pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm. El diseño de mezclas asfálticas en caliente según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013, p.561), en la sección 423 denominado pavimento de concreto asfáltico en caliente nos menciona que el tipo de mezcla asfáltica varía según la granulometría de la mezcla de agregados minerales, determinado así si la mezcla es MAC-1, MAC-2 o MAC-3, así mismo, se debe tener en consideración los parámetros de las líneas de control (superior e inferior). Seguidamente, para determinar el contenido óptimo de asfalto dependerá de algunos criterios, el primero de ellos es escoger el porcentaje de asfalto para el 4% de los límites de vacíos de aire, de igual manera se deberá tener en cuenta las propiedades calculadas y comparándolas con los criterios de diseño de mezcla, dichos criterios están basados en cuanto al tráfico vehicular, para la presente investigación se escogió los criterios para el tráfico pesado, para ello se realizara la compactación con 75 golpes en cada cara de las briquetas, la estabilidad será como mínimo 8.15 kN, el flujo (0.25mm)(0.01 in), debería tener como mínimo 8 y como máximo 14, así mismo el porcentaje de vacíos se deberá encontrar entre 3% y 5%, el porcentaje de vacíos llenos de asfalto estará entre 65% y 75% y el porcentaje de vacíos de agregado mineral estará en función al porcentaje de vacíos de aire el máximo tamaño de partícula nominal según lo detalla la norma del (MTC E 504).

Por lo tanto, para el diseño de mezcla se debe tener en cuenta la gradación del agregado, además deberá de estar libre de terrones de arcilla y se aceptará 1% de partículas deleznable, tampoco deberá contener materia orgánica. Además, para el diseño de mezcla asfáltica convencional (MAC), se tendrá en cuenta la granulometría del material el cual se debe ser menor a 1". Para la presente investigación de acuerdo al ensayo granulométrico realizado a los agregados minerales se determinó que las partículas son menores de 1", pasando la totalidad de sus partículas por el tamiz de 1", por lo que el diseño escogido será el diseño MAC-1, además que este diseño es utilizado normalmente para carreteras de grandes longitudes y se encuentran expuestas al tránsito pesado y constante (MTC,2013, p.562).

Cabe resaltar que método Marshall determina de la gravedad específica, la cual se desarrolla después de que la briketa se haya enfriado como se está establecido, de acuerdo a la Norma ASTM D1188, así mismo el peso específico teórico máximo con la norma (MTC E 508),

sobre una mezcla asfáltica comparable para evitar la influencia de la diferencia de gradación (MTC, 2016, p.594). La estabilidad hablando de mezclas asfálticas es la tolerancia o resistencia que tiene la briqueta ensayada a las deformaciones producto de cargas, esta estabilidad varía según el tipo de mezcla, ya que pueden ser usados los diseños MAC 1, 2 ó 3 según la gradación de sus agregados obtenidos mediante el tamizado, además de estar también en función a los diferentes contenidos de asfalto para obtener el óptimo (MTC, 2016, p.583). Consecutivamente el flujo es una manera de determinar el desplazamiento de la mezcla ensayada ante una carga constante, y aunque no existe un número ideal existen límites que te brinda el diseño MAC que ocupes, pasando los límites tu mezcla puede ser rígida o plástica (MTC, 2016, p.583). De igual manera para la prueba del análisis de densidad y vacíos se debe hallar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para varios contenidos de asfalto, preferentemente los que estén cerca del contenido ideal de asfalto (Álvarez, y otros, 2013, p.8). La cantidad porcentual de vacíos, de las briquetas es usado como criterio en los métodos de diseño de una mezcla asfáltica ideal para su trabajo en un pavimento real, también se es usado como parámetro de evaluación de la compactación de pavimentos ya existentes (MTC, 2016, p.594)..

Teniendo en consideración lo anterior podemos plantearnos la siguiente pregunta, ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote - 2019?

A continuación, se justificará la investigación en la cual cabe recalcar que reciclar y reutilizar neumáticos que cumplieron su vida útil es un gran apoyo a la conservación del medio ambiente, teniendo en cuenta ello, nos vimos con la labor de estudiar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular en relación a una mezcla estándar, para reducir los residuos y de manera buscar un mejor desempeño de las mezclas asfálticas cuando funcionen como pavimentos. Hacer uso del GCR con procedencia de neumáticos usados en mezclas asfálticas modifica favorablemente las propiedades mecánicas de los pavimentos y contribuimos en el reciclaje y reutilización de desechos, además se sabe que el uso de partículas de caucho en mezclas asfálticas ya está mucho más desarrollado y son el caso de España y Canadá en específico, usando las partículas como un medio para mejorar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas modificadas y también por buscar contribuir de manera medioambiental. Plantearse la idea de darle un nuevo uso a los neumáticos que cumplieron su vida útil es contribuir con el

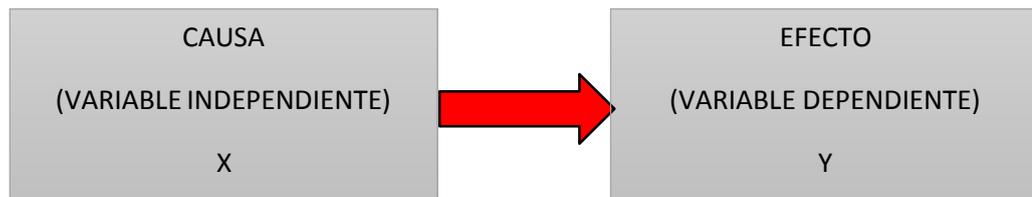
medio ambiente y con un correcto planteamiento se puede dar valor al residuo para que en vez de tener botaderos de neumáticos se pueda optar por fábricas de procesamiento de estos y tengan un mejor uso en las mezclas asfálticas, la presente investigación pretende demostrar que el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente mejorará con la adición de 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote – 2019. Siendo un factor necesario que todos sean conocedores de los beneficios de usar caucho reciclado granular en mezclas asfálticas para pavimentos flexibles.

Seguidamente se planteó objetivo general, el cual determinará el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular y para lograr dicho objetivo se debe determinar el diseño de mezcla asfáltica en caliente, determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra convencional y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular, determinar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra convencional y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación

Este trabajo de investigación se desarrolló en el tipo experimental puro debido a que manipula la variable independiente a fin de generar una relación de causa efecto respecto a la variable dependiente, con el fin de obtener más conocimientos de la interacción (Behar, 2008, p.47).



Dónde:

X: Variable independiente      Caucho reciclado granular

Y: Variable dependiente      Propiedades mecánicas del asfalto en caliente.

### 2.2. Operacionalización de variables

El grado de asociación se evaluará entre dos o más variables, para luego cuantificar, analizar y establecer cómo influye una con la otra (Hernández, et al, 2014, p. 93).

#### **Variable independiente:**

Caucho reciclado granular.

#### **Variable dependiente:**

Propiedades mecánicas del asfalto en caliente.

**Tabla N° 1: Operacionalización de variables**

Título: Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote - 2019"					
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE	El grano de caucho reciclado (GCR) corresponde a partículas de caucho obtenidas del reciclaje de llantas obtenidas de la operación de trituración y/o pulverización (Peláez, Velásquez y Giraldo, 2017, p.36).	La adición de caucho a la mezcla asfáltica se realizará en base a las características de los granos, como su temperatura, peso específico e impurezas.	Granos de caucho	% de impurezas	Razón
CAUCHO RECICLADO GRANULAR				Peso específico	
				Granulometría	
			Temperatura de producción	Temperatura de incorporación	Intervalo
Temperatura de mezclado					
VARIABLE DEPENDIENTE	Son el conjunto de comportamientos y reacciones que presenta el asfalto en caliente al momento de entrar en contacto con fuerzas externas (Menéndez, 2006, p.85).	Se incorpora 1.5% de Caucho Reciclado Granular a la mezcla asfáltica en caliente, para determinar el comportamiento de sus propiedades mecánicas.	Propiedades Mecánicas	Estabilidad	Razón
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE				Flujo	

**Fuente: Elaboración Propia**

### **2.3. Población, muestra y muestreo**

En vista que la población está ligada a la muestra, y a su vez que para cada contenido de asfalto es necesario 3 briquetas, según el manual de ensayo de materiales del MTC en el apartado del ensayo Marshall, y según las especificaciones técnicas generales para construcción de la MTC se consideró el uso de 4 contenidos de asfalto por cada diseño de muestra, obteniéndose así lo siguiente:

- 12 briquetas utilizadas en el diseño de la muestra patrón.
- 12 briquetas utilizadas en el diseño de la muestra con una adición de 1.5% de caucho reciclado granular.

#### **Población:**

En el proyecto de investigación la población se consideró 24 briquetas asfálticas.

#### **Muestra:**

Respecto a la muestra se contó con 12 briquetas para la muestra patrón y 12 briquetas con adición de 1.5% de caucho reciclado granular.

**N= 24 briquetas (Muestra)**

**N´= 24 briquetas (Población)**

#### **Unidad de análisis:**

El análisis se efectuó a cada briketa individualmente.

### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **2.4.1. Técnicas**

Se empleó la observación de los ensayos como técnica, los cuales serán elaborados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Cesar Vallejo, así mismo se verificó que cada material cumpla con los parámetros estipulados por el Manual de Ensayos de Materiales.

## **2.4.2. Instrumentos**

Los instrumentos empleados fueron representados por los protocolos brindados por el laboratorio de mecánica de suelos ya que estos nos reportaran los resultados para cada briqueta ensayada, cumpliendo con la normativa del Manual de Ensayos de Materiales.

### **a) Protocolos:**

- Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos MTC E204 (ASTM C136-06)
- Contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216).
- Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127).
- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127).
- Ensayo Marshall MTC E504 - AASHTO T-245 (ASTM D-1559).

## **2.4.3. Validez y confiabilidad**

No es necesario validar esta investigación por expertos, puesto que son formatos estandarizados según la normativa del Manual de Ensayos de Materiales.

## **2.5. Procedimiento**

Para el procedimiento se planteó realizar en 4 fases que se mencionan a continuación:

### **Fase 1: Recolección de información y antecedentes:**

Esta fase se sitúa inmediatamente después de haber elegido la problemática a tratar en el presente proyecto de investigación y consta de investigar bibliografía, antecedentes ya sean locales, nacionales o hasta internacionales para empaparnos de información y también de ver si nuestro estudio será viable o aplicable a nuestro entorno, para ello se hizo uso de la web, de visitas a bibliotecas y asistencias a ponencias físicas y virtuales, conociendo lo anterior se puede saber con certeza los materiales y ensayos a realizarse, con ello se continuo con la siguiente fase.

## **Fase 2: Adquisición de materiales y transporte:**

Esta fase se empalma con la anterior, y consiste en la compra de materiales que componen las briquetas, entre ellos tenemos a los agregados, el asfalto pen 60/70 que es más común en pavimentos flexibles y el caucho reciclado granular, una vez recolectado, se procedió a llevar los materiales al laboratorio donde realizaremos los ensayos.

## **Fase 3: Ensayos de laboratorio:**

Luego de haber culminado la fase 1 y 2 se prosiguió con la investigación. Contando con todos los materiales en el laboratorio se realizó los siguientes ensayos:

- Determinación de granulometría de los agregados MTC E204 (ASTM C 136-06). Usado para determinar el tamaño de los agregados para que posteriormente se de confirmación el cumplimiento de la distribución y/tamaños.
- Método de ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216). Su referencia normativa es NPT. 339.185.
- Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127). Se usa para el cálculo del volumen ocupado por el agregado en varias mezclas también se le conoce como gravedad específica. Su referencia normativa es NPT. 400.022. Peso específico y absorción del agregado fino.
- Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127). Su referencia normativa es NPT. 400.022. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- Ensayo Marshall MTC E504 - AASHTO T-245 (ASTM D-1559).

## **Fase 4: Recepción de datos e interpretación:**

En esta fase se obtuvo la resultante de los ensayos provenientes del laboratorio y con ello determinar el comportamiento las propiedades mecánicas de la mezcla patrón y de la mezcla propuesta, para ello usamos el programa Excel para trabajar con una base de datos de los valores, para ello seguimos los diseños MAC propuestos por la MTC.

## **2.6. Método de análisis de datos**

Para el realizar el análisis se usaron los datos obtenidos de los ensayos Marshall tanto de la muestra patrón, como el propuesto con 1.5% adicionado de Caucho Reciclado Granular, para ello vimos los resultados en el programa Excel y ver las variaciones de sus propiedades mecánicas con cada contenido de asfalto, para determinar si la adición del Caucho Reciclado Granular mejora dichas propiedades, finalmente se verificó si cumple con los parámetros del diseño Marshall.

## **2.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación se desarrolló con los siguientes principios éticos:

- En la recolección de información y antecedentes se dio crédito a sus respectivos autores.
- Se garantiza que el presente estudio es verídico.
- No se alteró de ninguna manera los datos recolectados durante los ensayos mencionados.
- Se siguió de manera rigurosa los procedimientos indicados en cada ensayo.
- Se avala que la investigación es original y está en función a una problemática palpable.

### III. RESULTADOS

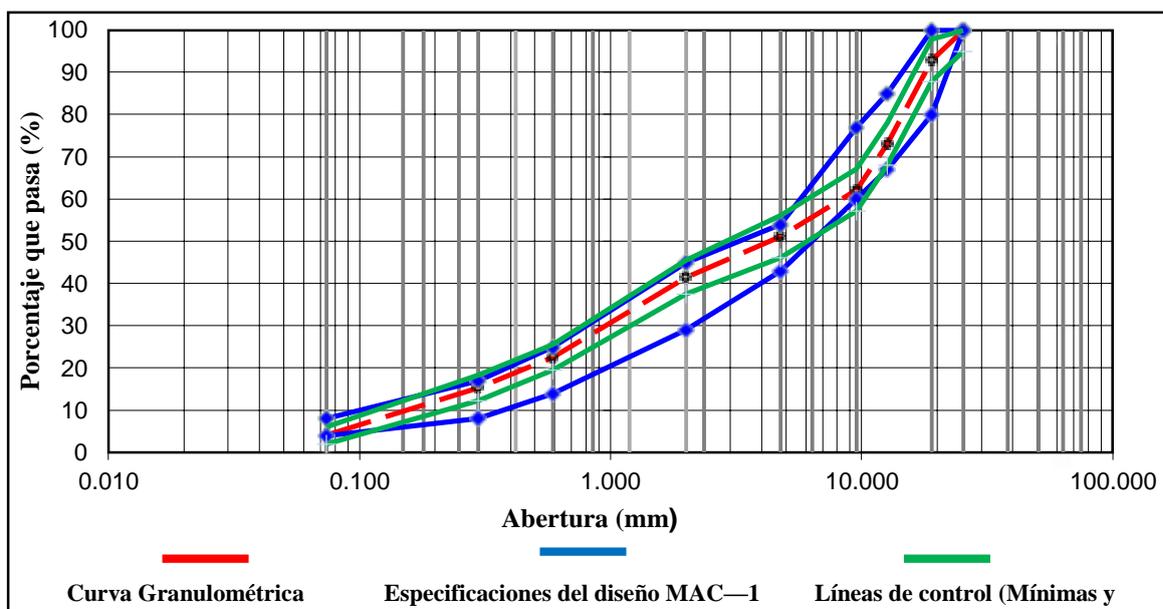
**Primer objetivo específico:** Determinar el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

**Tabla N°2: Resumen del diseño de mezcla asfáltica en caliente**

TAMICES	PIEDRA CHANCADA	ARENA GRUESA	FILLER	MEZCLA AGREGA.	DISEÑOS MAC						TOLERANCIA	CONTROL		OBSERVACI.
	45%	52%	3%	100%	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3		+/-	Min	Máx			
1"	100.00%	100.00%	100.00%	100.0	100	100	100	100	100	100	5	95.0	100.0	Cumple
3/4"	84.10%	100.00%	100.00%	92.8	80	100	100	100	100	100	5	87.8	97.8	Cumple
1/2"	40.10%	100.00%	100.00%	73.0	67	85	80	100	100	100	5	68.0	78.0	Cumple
3/8"	16.00%	99.86%	100.00%	62.1	60	77	70	88	100	100	5	57.1	67.1	Cumple
1/4"	1.47%	96.63%	100.00%	53.9							5	48.9	58.9	
N° 4	0.13%	92.55%	100.00%	51.2	43	54	51	68	65	87	5	46.2	56.2	Cumple
N° 8	0.07%	82.34%	100.00%	45.8							4	41.8	49.8	
N° 10	0.03%	74.00%	100.00%	41.5	29	45	38	52	43	61	4	37.5	45.5	Cumple
N° 16	0.00%	59.20%	100.00%	33.8							4	29.8	37.8	
N° 30	0.00%	37.56%	100.00%	22.5	14	25	17	28	16	29	3	19.5	25.5	Cumple
N° 50	0.00%	23.75%	100.00%	15.3	8	17	8	17	9	19	3	12.3	18.3	Cumple
N° 100	0.00%	9.66%	100.00%	8.0							2	6.0	10.0	
N° 200	0.00%	2.08%	100.00%	4.1	4	8	4	8	5	10	2	2.1	6.1	Cumple

**Fuente: Resultados del laboratorio de la Universidad César Vallejo**

**Gráfico N°1: Diseño de mezcla asfáltica en caliente**



**Fuente: Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo**

**Interpretación:** La curva granulométrica de la mezcla de agregados (piedra chancada, arena gruesa y filler), con porcentajes de 45, 52 y 3 respectivamente, se encuentra dentro de las líneas de control (mínimas y máximas), estableciendo como diseño de mezcla asfáltica el diseño MAC-1.

**Segundo objetivo específico:** Determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra patrón y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular.

Para el desarrollo del objetivo específico fue necesario utilizar el ensayo Marshall en conformidad con las normas ASTM D-1559 y ASHHTO T-245 para mezclas asfálticas en caliente, para lo cual se utilizó las cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de cemento asfáltico PEN 60/70. A continuación se observa un resumen de los resultados del ensayo Marshall para el contenido óptimo de cemento asfáltico para la muestra convencional y para la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular:

**Tabla N° 3: Resumen del ensayo Marshall para el contenido óptimo de cemento asfáltico.**

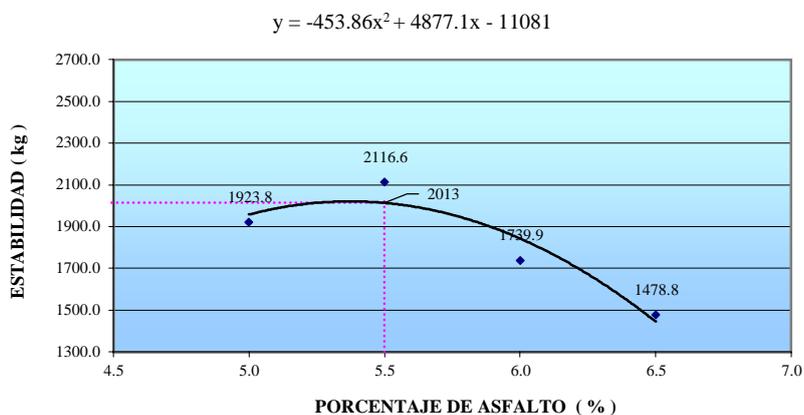
Descripción	Unidades	Mezcla asfáltica en caliente		Parámetros
		Convencional	Modificada	
Número de golpes en cada lado	N°	75	75	75
Contenido óptimo de C. A	%	5.50	5.30	-
Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	2.46	2.47	-
Vacíos de mezcla	%	3.40	3.30	3 a 5
V.M. A	%	10.30	9.60	-
Relación asfalto - vacíos	%	66.50	65.7	65 - 75
Estabilidad	Kg	2013	2064	Mín. 8.15 kN
Flujo	mm	3.50	3.80	2 - 4

**Fuente: Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo**

**Interpretación:** Como se observa la tabla N° 3, la cual indica que para la mezcla asfáltica convencional el contenido óptimo de asfalto es de 5.5%, mientras que para la mezcla asfáltica modificada es de 5.3%.

**Tercer objetivo específico:** Determinar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra patrón y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular.

**Gráfico N° 2: Estabilidad vs Porcentaje de asfalto (convencional)**

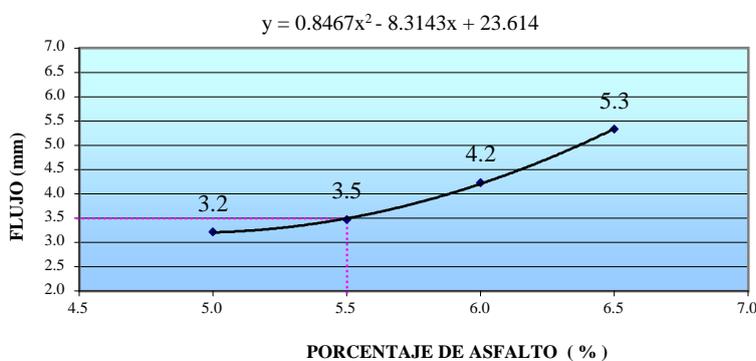


**Fuente:** Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo

**Descripción:** El promedio de estabilidad para las briquetas con 5% de contenido de asfalto es de 1923.8 Kg, para 5.5% es de 2013 Kg según el contenido óptimo de asfalto, para 6% es 1739.9 Kg y para las briquetas con 6.5% de contenido de asfalto es de 1478.8 Kg.

**Interpretación:** Se puede apreciar en el gráfico que la estabilidad sube con el contenido de asfalto entre los intervalos de 5% y 5.5% haciendo que la mezcla sea resistente, sin embargo, pasando los 5.5% se ve que la estabilidad decae.

**Gráfico N° 3: Flujo vs Porcentaje de asfalto (Convencional)**

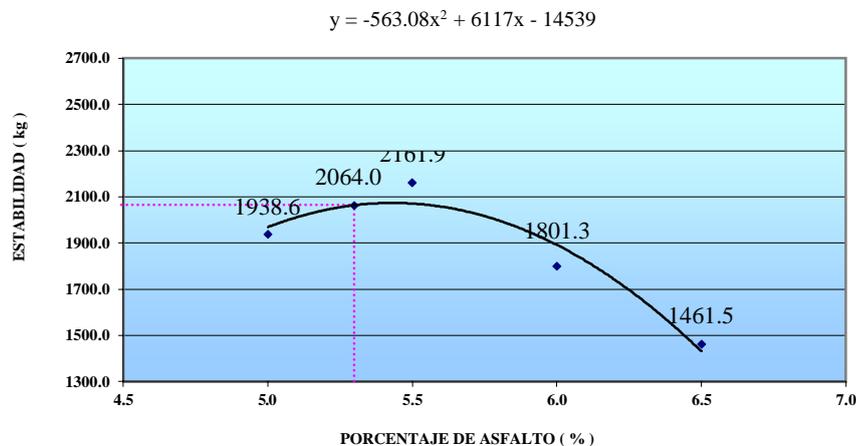


**Fuente:** Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo

**Descripción:** El promedio del flujo las briquetas con 5% de contenido de asfalto es de 3.2 mm, para 5.5% es de 3.5 mm, para 6% es de 4.2 mm y para las briquetas con 6.5% de contenido de asfalto es de 5.3 mm.

**Interpretación:** Se puede apreciar en la gráfica que el asfalto aumenta el flujo de las briquetas, esto significa que aumenta la deformabilidad de la mezcla asfáltica debido a las propiedades que presenta el asfalto.

**Gráfico N° 4: Estabilidad vs Porcentaje de asfalto (Modificada)**

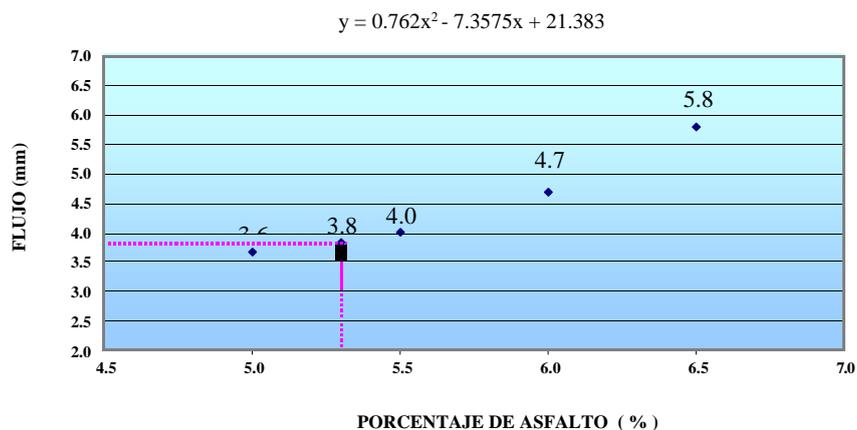


**Fuente: Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo**

**Descripción:** El promedio de estabilidad para las briquetas con 5% de contenido de asfalto es de 1938.6 Kg, para 5.3% es de 2064 Kg, para 5.5% es de 2161.9 Kg, para 6% es de 1801.3 Kg y para las briquetas con 6.5% de contenido de asfalto es de 1461.5Kg,

**Interpretación:** Se puede apreciar en el gráfico que la estabilidad sube con el contenido de asfalto entre los intervalos de 5% y 5.5% haciendo que la mezcla sea resistente, sin embargo, pasando los 5.5% se ve que la estabilidad decae más debido a que la adición de caucho aumenta viscosidad de la mezcla en general, sin embargo, la estabilidad con el contenido óptimo de asfalto en un porcentaje de 5.3 % para la mezcla modificada es de 2064 Kg.

**Gráfico N° 5: Flujo vs Porcentaje de Asfalto (Modificada)**



**Fuente: Resultados del laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo**

**Descripción:** El flujo de las briquetas con 5% de contenido de asfalto es de 3.6 mm, para 5.30% es de 3.80 mm, para 5.5% es de 4.0 mm, para 6% es de 4.7 mm y para las briquetas con 6.5% de contenido de asfalto es de 5.8 mm.

**Interpretación:** Se puede apreciar que al aumentar el contenido de asfalto el flujo incrementa, y es debido a la incorporación del 1.5% de caucho reciclado, estableciendo que para el contenido óptimo de 5.3% de cemento asfáltico el flujo es de 3.80 mm.

#### IV. DISCUSIÓN

En la investigación realizada por Valverde, demostró mediante el diseño de mezcla asfáltica en caliente, que con un contenido óptimo de 5.3% de cemento asfáltico se obtiene un valor de estabilidad de 2061kg y flujo de 4.83mm, mientras que al adicionarle 20% de hule reciclado con 5.2% de contenido óptimo de cemento asfáltico se obtiene un valor de estabilidad de 2396 kg y flujo de 4.04 mm, logrado con una combinación de 40% de agregado grueso y 60% de agregado fino, en comparación con la presente investigación la cual fue desarrollada según los lineamientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para el diseño de mezcla asfáltica en caliente denominado MAC, debido a la granulometría de los materiales, la combinación que presenta el diseño de mezcla es de 45% de piedra chancada, 52% de arena gruesa y 3% de filler, dando como valores 2013 kg de estabilidad y 3.50mm de flujo, con 5.5% de contenido óptimo de cemento asfáltico, mientras que la mezcla con adición de 1.5% de caucho reciclado granular el valor de la estabilidad es de 2064 kg y flujo de 3.80mm. Demostrando que el diseño de mezcla de la presente investigación cumple con los parámetros establecidos en la sección 423 denominado pavimento asfáltico en caliente, determinando así el diseño MAC-1 de la tabla 423-03.

Con respecto al contenido óptimo de cemento asfáltico para el diseño de mezcla asfáltica en caliente (MAC), en la normativa descrita en el EG-2013 del Ministerio de Transportes y comunicaciones, se logró determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico para la muestra patrón y la mezcla modificada con 1.5% de caucho reciclado granular, obteniendo como resultados, que para la mezcla asfáltica convencional el contenido óptimo de cemento asfáltico es de 5.5% , mientras que para la mezcla modificada con 1.5% de caucho reciclado granular el contenido óptimo de cemento asfáltico es de 5.3%, presentando mejor desempeño en los parámetros de estabilidad y flujo detallados en la norma MTC E-504, por lo cual haciendo un contraste con el primer antecedente correspondiente a Cervera quien determino que el contenido óptimo de mezcla asfáltica para la MAC con adición de 1% de PCR es de 5.3% de cemento asfáltico presentando mejores resultados en la estabilidad y flujo para el tránsito pesado, de igual manera, Granados corrobora con su investigación que para una mezcla asfáltica convencional el contenido óptimo de cemento asfáltico es de 5.5%, mientras que para la mezcla asfáltica modificada con 0.5% de granos de caucho, el contenido óptimo de cemento asfáltico es 5.5%.

Teniendo en cuenta las investigaciones de Granados, quien añadiendo 0.5% de GCR vio incrementos de estabilidad y flujo de 61.1% y 3.75% respectivamente, respecto a Cervera con una adición de 1% de grano de caucho reciclado se observó incrementos de estabilidad de 2.6% y flujo de 2.3%, finalmente para Salazar con adición de 1.2% de caucho reciclado granular se observa un aumento de 11.34% para la estabilidad y 10.43% de flujo y se puede corroborar en el presente estudio teniendo una mejora en la estabilidad de 2013 Kg de la mezcla convencional a 2064 Kg de la mezcla modificada aumentando la estabilidad en 2.53% , en el flujo de 3.5mm de la mezcla convencional a 3.8mm a la mezcla modificada incrementando un 8.57% el flujo, de esta manera podemos afirmar que la adición de caucho reciclado granular mejora las propiedades mecánicas de los diseños de mezcla asfáltica modificada.

## V. CONCLUSIONES

1. El diseño de mezcla asfáltica en caliente presente en esta investigación es el diseño MAC-1, el cual tiene una dosificación de 45% de piedra chancada, 52% de arena gruesa y 3% de filler, el diseño se logró determinando la granulometría de los agregados minerales que conforman la mezcla.
2. El contenido óptimo de cemento asfáltico para la mezcla convencional es de 5.5% y para la mezcla modificada con 1.5% de caucho reciclado granular es de 5.3%, siendo inferior debido a las propiedades que presenta el caucho, el cual hace que la mezcla se vuelva más viscosa aumentando su flujo y sobrepasando el porcentaje de la muestra patrón.
3. La incorporación de 1.5% de caucho reciclado granular mejora las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas, esto se demostró mediante el ensayo de Marshall aplicado a las briquetas asfálticas, obteniendo para la mezcla asfáltica convencional una estabilidad de 2013 Kg y flujo de 3.5mm, mientras que para la mezcla asfáltica modificada se obtuvo una estabilidad de 2064 Kg y flujo de 3.8mm.
4. Se concluye que el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente con adición de 1.5% de caucho reciclado granular, mejora incrementando la estabilidad en 2.53% y el flujo 8.57%, en comparación con la muestra convencional.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a los futuros investigadores hacer uso de agregados procedentes del mismo lugar para el desarrollo de algún proyecto o investigación debido a que variar la procedencia de los agregados varia también la granulometría y con ello puede afectar la correcta determinación del diseño de mezcla.
- Se recomienda a los futuros investigadores o laboratoristas siempre trabajar con varios contenidos de asfalto al momento de hacer diseños de mezcla, para que mediante la observación del comportamiento mecánico de los diseños propuestos podamos determinar el ideal que cumpla con los requisitos establecidos en las especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013 establecido por la MTC.
- Se recomienda a los futuros investigadores que para el flujo de mezclas asfálticas modificadas con caucho reciclado granular trabajar con porcentajes menores de contenido asfalto un 0.2% respecto a mezclas convencionales o patrones, debido a que trabajar con contenidos iguales hace que el flujo tienda a variar de manera ineficiente para el buen desempeño de la mezcla asfáltica.

## REFERENCIAS

1. Álvarez , Alex, Carvajal, Juan y Walubita, Lubinda. 2013. Comparison of the air voids characteristics of different hot mix asphalt (HMA) mixture types. Departamento de ingeniería civil. Santiago de Chile : s.n., 2013. pág. 14, Artículo científico.
2. Álvarez, Alex, Pimienta, Aixa y Estkhri, Cindy. 2013. Laboratory evaluation of compactability and performance of warm mix asphalt. Medellín : s.n., 2013. pág. 11, Artículo científico.
3. Behar Rivero, Daniel. 2008. Metodología de la investigación. [ed.] A. Rubeira. Quito : Shalom, 2008. 978-959-212-783-7 .
4. Bojorque, Jaime, Flores, Cristian y Vásquez , Mario. 2019. Marshall parameters for quality control of hot mix asphalt after pavement construction. Cuenca : s.n., 2019. pág. 8, Artículo científico.
5. Bressi, Sara. 2019. Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements:State of the Art and Statistics. Department of Civil and Industrial Engineering, University of Pisa. Pisa : Coatings, 2019. pág. 22, Artículo científico.
6. Cantanhede, Álvaro y Monge, Gladys. 2002. Estado del arte del manejo de llantas usadas en las Américas. División de salud y ambiente, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima : s.n., 2002. pág. 41, Artículo científico.
7. Cárdenas, Jaleydi y Fonseca, Elsa. 2009. Modelación del comportamiento reológico de asfalto convencional y modificado con polímero reciclado, estudiada desde la relación viscosidad-temperatura. Escuela de ingeniería de Antioquia. Antioquia : s.n., 2009. pág. 13, Artículo científico. 1794-1237.
8. Castro, Guillermo. 2008. Materiales y compuestos para la industria del neumático. Departamento de ingeniería mecánica, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires : s.n., 2008. pág. 57, Artículo científico.
9. Cervera, César. 2016. Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016. Universidad Privada del Norte. Cajamarca : s.n., 2016. pág. 156, Tesis.

10. Chávez Quiñones, Jorge Manuel y Herna Apolo, Eddie Bryan. 2014. Elaboración de mezclas asfálticas con partículas de caucho reciclado en el departamento de Lambayeque. Universidad Señor de Sipán. Pimentel : s.n., 2014. pág. 85, Tesis.
11. Ciro, Erwin, y otros. 2015. Effect of the recycled rubber on the properties of recycled rubber/ Recycled polypropylene blends. Bogotá : s.n., 2015. pág. 16, Artículo científico. 1794-9165.
12. Delgado, Miguel, y otros. 2018. Influence of four non-conventional additives on the physical, rheological and thermal properties of an asphalt. Bogotá : s.n., 2018. pág. 9, Artículo científico.
13. Díaz, César y Castro, Liliana. 2017. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejora las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Universidad Santo Tomás. Bogota : s.n., 2017. pág. 80, Monografía de grado.
14. Flores Pérez, Jhon Richard. 2018. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018. Escuela profesional de ingeniería civil, Universidad César Vallejo. Lima : s.n., 2018. pág. 174, Tesis.
15. Garnica, Paul, Delgado, Horacio y Gómez, José. 2004. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Querétero : s.n., 2004. pág. 246. 0188-7297.
16. Granados, José. 2017. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional. Universidad Ricardo Palma. Lima : s.n., 2017. pág. 294, Tesis.
17. Hassan, Norhidayah , y otros. 2014. A Review of Crumb Rubber Modification in Dry Mixed Rubberised asphalt mixtures. Department Geotechnics and Transportation, Universiti Teknologi Malaysia. Malasia : Jurnal Teknologi, 2014. pág. 8, Artículo científico. 2180-3722.
18. Hernández Sampieri, Roberto, Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014|. Metodología de la investigación. Sexta. México DF : Interamericana Editores S.A., 2014|. 978-1-4562-2396-0.

19. Herrera, Rosa, Aenlle, Anadelys y Villegas, Néilson. 2018. Evaluation of natural additives for warm asphalt mix. La Habana : s.n., 2018. pág. 7, Artículo científico.
20. INEI. 2017. Censos Nacionales 2017. Lima : s.n., 2017. Artículo científico. 48.
21. Mantilla, Javier y Castañeda, Eduardo. 2019. Assessment of simultaneous incorporation of crumb rubber and asphaltite in asphalt binders . Universidad Nacional de Colombia. Bucaramanga : DYNA, 2019. pág. 7, Artículo científico. 0012-7353.
22. Mariátegui, Leandro. 2019. El sector automotriz: retos y tendencias. 2019. pág. 3, Artículo científico.
23. Marketreport. 2019. Perú Población 2019. Lima : s.n., 2019. Artículo científico.
24. Martín Gonzáles, Álvaro. 2015. Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica. ETS de Ingeniería de Edificación, Universitat Politecnica de Valencia. Valencia : s.n., 2015. pág. 98, Artículo científico.
25. Martínez, G., y otros. 2018. Thirteen Years of Continuous Development in Crumb Rubber Modified Asphalt Mixtures in Bogota: Achieving Pavement. Universidad del Norte. Barranquilla : s.n., 2018. pág. 10, Artículo científico.
26. Martínez, José, y otros. 2015. Valorization of vinasse as binder modifier in asphalt mixtures. Universidad Nacional de Colombia. Medellin : s.n., 2015. pág. 5, Artículo científico. 2346-2183.
27. Millones Mamani, Bernabe Andres. 2002. Gestión ambiental de desperdicios de neumáticos generados por el parque automotor de Lima. Facultad de ingeniería química y manufacturera, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima : s.n., 2002. pág. 135, Informe de suficiencia.
28. MTC. 2013. Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para la construcción. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima : s.n., 2013. págs. 559-561, Manual.

29. MTC. 2016. Manual de ensayos de materiales. Dirección General de Caminos y Carreteras, Ministerio de transporte y comunicaciones. Lima : s.n., 2016. pág. 1269, Norma.
30. Peláez Arroyave , Gabriel Jaime, Velasquez Restrepo, Sandra Milena y Giraldo Vásquez, Diego Hernán. 2017. Applications of recycled rubber: a literature review. Ciencias e Ingeniería Neogranadina. 2017. pág. 24, Artículo científico.
31. Pivoto, Luciano, y otros. 2006. Modeling of Asphalt-rubber Rotational Viscosity by statistical analysis and neural networks. Universidad Federal de Rio Grande. Rio Grande : s.n., 2006. pág. 1, Artículo científico.
32. Ramírez Palma, Náyade Irene. 2006. Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Departamento de ingeniería civil, Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2006. pág. 116, Memoria.
33. Rondón, Hugo, y otros. 2007. Estado del conocimiento del estudio sobre mezclas asfálticas modificadas en Colombia. Medellin : s.n., 2007. pág. 11, Artículo científico.
34. Salazar Saldaña, Giancarlo Keinth. 2019. Comportamiento de las mezclas asfálticas adicionándole caucho por la técnica de vía seca. Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo. Chimbote : s.n., 2019. pág. 160, Tesis.
35. Segovia Airaudó, Raúl Alejandro. 2007. Estudio del efecto de la variación en la granulometría del caucho en mezclas asfálticas por vía seca. Universidad de Chile. Santiago de Chile : s.n., 2007. pág. 17, Tesis.
36. Sembiring, S., Situmeang, R. y Sembiring, Z. 2019. Synthesis and characterization of asphalt composite precursors using amorphous rice husk silica. Department of Chemistry, Lampung University. Indonesia : s.n., 2019. pág. 6, Artículo científico.
37. TechBrief. 2014. The use of recycled tire rubber to modify asphalt binder and mixtures. Office of asset managment, pavements, and construction, U.S. Department of transportation federal highway y administration. 2014. pág. 14, Artículo científico.
38. Valle Rodas, Raúl. 1976. Carreteras, calles y aeropistas. Cuarta. Caracas : El Ateneo, 1976. pág. 413.

39. Vila, Rolando y Jaramillo, José Gabriel. 2018. Incidencia del empleo de polímeros como modificadores. Quito : s.n., 2018. Artículo científico.
40. Yung, Yee, Cordoba, Jorge y Rondón, Hugo. 2016. Evaluación del desgaste por abrasión de una mezcla drenante modificada con residuo de llanta triturada (GCR). s.l. : Revista Tecnura, 2016. pág. 13, Artículo científico. 0123-921.
41. Zhang, Xiaoliang, y otros. 2018. Feasibility Evaluation of Preparing Asphalt Mixture with Low-Grade Aggregate, Rubber Asphalt and Desulphurization Gypsum Residues. 2018. Artículo científico.

# **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**  
**MATRIZ DE**  
**CONSISTENCIA**

**TABLA N° 4: MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores		Justificación		
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>Variable 1: ADICIÓN DE 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR</b>		<p>Reciclar y reutilizar neumáticos que cumplieron su vida útil es un gran apoyo a la conservación del medio ambiente, teniendo en cuenta ello, nos vimos en la tarea de estudiar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular en relación a una mezcla estándar, para reducir los residuos y de manera buscar un mejor desempeño de los pavimentos. Hacer uso del caucho proveniente de neumáticos usados en mezclas asfálticas modifica favorablemente las propiedades mecánicas de los pavimentos y contribuimos en el reciclaje y reutilización de desechos.</p> <p>Se sabe que el uso de partículas de caucho en mezclas asfálticas ya está mucho más desarrollado y son el caso de España y Canadá en específico, usando las partículas como un medio para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas y también por buscar contribuir de manera medioambiental con el reciclaje y reutilización.</p> <p>Plantearse la idea de darle un nuevo uso a los neumáticos que cumplieron su vida útil es contribuir con el medio ambiente y con un correcto planteamiento se puede dar valor al residuo para que en vez de tener botaderos de neumáticos se pueda optar por fábricas de procesamiento de estos y tengan un mejor uso en las mezclas asfálticas, por ejemplo.</p>		
<p>¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1,5% de caucho reciclado granular, Chimbote - 2019?</p>	<p>Determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote-2019.</p>	<p>El comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente mejora con la adición de 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote - 2019.</p>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>			
			Granos de Caucho	% de impurezas			
	Peso específico						
	Granulometría						
	Temperatura de producción		Temperatura de incorporación				
			Temperatura de mezclado				
	<b>Variable 2: PROPIEDADES MECANICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE</b>		<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>			
	<p>Determinar el diseño de mezcla asfáltica en caliente.</p>		<p>Determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra convencional y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>		Estabilidad	
						Flujo	
<p>Determinar la estabilidad y flujo de la mezcla asfáltica en caliente para la muestra convencional y la muestra modificada con 1.5% de caucho reciclado granular.</p>							

**ANEXO N° 2**  
**INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS**

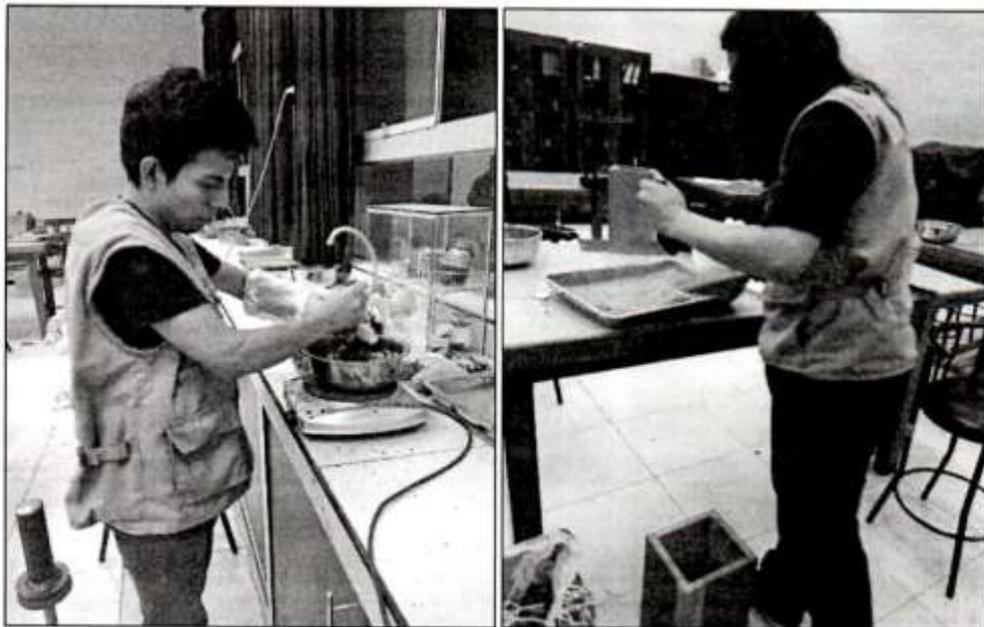


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

"PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019"

Autor:

- Daniel Mariano Farfan Canchis
- Michael Zbigniew Romero Dextre

SEPTIEMBRE DE 2019



*Ing. Victor Herrera Lazaro*  
CIP 216087 Jefe de Laboratorio





## ÍNDICE

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. OBJETIVOS

### 2. LABORATORIO

#### 2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

### 3. RESUMEN DE RESULTADOS

### 4. CONCLUSIONES

### ANEXO

#### ANEXO I : ENSAYOS DE LABORATORIO



Ing. Víctor Herrera Lazaro  
CIP 218087 Jefe de Laboratorio





## 1. GENERALIDADES

### 1.1. OBJETIVOS

El presente informe tiene por objetivo determinar las propiedades físico - mecánicas de los materiales empleados para el Proyecto de Investigación "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019", la evaluación fue realizada por medio de trabajos de ensayos de laboratorio; necesarios para definir la calidad de materiales a emplear.

Para alcanzar el objetivo principal, previamente se requiere lograr los siguientes objetivos secundarios:

- + Realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales.
- + Elaboración de Ensayo Marshall.
- + Interpretación de los resultados de los ensayos de laboratorio.

## 2. LABORATORIO

### 2.1. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se realizaron según normas:

- Ensayos especiales de laboratorio de mecánica de suelos:
  - Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente - Método Marshall (ASTM D1559)
  - Estabilidad y Flujo Marshal
  - Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM C136)
  - Peso Específico y Absorción (ASTM C127)
  - Peso Unitario (MTC E203)
  - Contenido de Humedad (MTC E108)

## 3. RESUMEN DE RESULTADOS

De los ensayos realizados en laboratorio, obtenemos los siguientes resultados:

  
**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
CIP 216087 - Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



➤ *Agregado Grueso*

**Cuadro N°01:** Ensayo de agregado grueso

AGREGADO GRUESO	Und.	Ensayo
Granulometría	-	Cumple
Peso Unitario Suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1161.80
Peso Unitario Compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1275.55
Gravedad Específica	gr/cm <sup>3</sup>	2.721
Absorción	%	1.00
Humedad	%	0.66

➤ *Agregado Fino*

**Cuadro N°02:** Ensayo de agregado fino

AGREGADO FINO	Und.	Ensayo
Granulometría	-	Cumple
Peso Unitario Suelto	kg/cm <sup>3</sup>	1615.13
Peso Unitario Compactado	kg/cm <sup>3</sup>	1777.93
Gravedad Específica	gr/cm <sup>3</sup>	2.686
Absorción	%	1.40
Humedad	%	1.89

➤ *Filler*

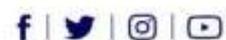
**Cuadro N°04:** Ensayo de agregado fino (Filler)

FILLER	Und.	Ensayo
Peso Especifico	gr/cm <sup>2</sup>	1.500

  
**Ing. Víctor Herrera Lázaro**  
ZIP 215507 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



➤ *Diseño Mezcla Asfáltica en Caliente (Método Marshall)*

**Cuadro N°05: Ensayo Diseño De Mezcla Asfáltica - Patrón**

C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	Und.	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso Especifico Max. de la Probeta (RICE)	gr/cm <sup>3</sup>	2.576	2.544	2.524	2.501
Vacios	%	4.14	3.38	2.87	2.18
V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	9.41	10.31	11.01	11.65
Vacios llenados con C.A.	%	56.09	67.20	73.99	81.27
Flujo	mm	3.22	3.47	4.23	5.33
Estabilidad corregida	kg	1923.81	2116.62	1739.89	1478.84
Indice de Rigidez	kg/cm	5988.65	6105.95	4115.26	2775.76

**Cuadro N°06: Ensayo Diseño De Mezcla Asfáltica – Adición de 1.5% de Caucho Reciclado**

C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	Und.	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Peso Especifico Max. de la Probeta (RICE)	gr/cm <sup>3</sup>	2.541	2.564	2.584	2.593
Vacios	%	2.79	3.19	4.44	3.56
V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	9.37	9.40	10.35	9.71
Vacios llenados con C.A.	%	70.23	66.17	57.35	63.97
Flujo	mm	3.64	3.98	4.66	5.76
Estabilidad corregida	kg	1938.64	2161.93	1801.33	1461.54
Indice de Rigidez	kg/cm	5329.66	5437.00	3871.78	2539.53

**4. CONCLUSIONES**

Basándose en los ensayos de laboratorio y el análisis correspondiente, se puede concluir lo siguiente:

➤ Agregados

- Los ensayos realizados a los agregados para el diseño de mezcla asfáltica cumplieron con los requerimientos mínimos según reglamento.

➤ Diseño de Mezcla Asfáltica (Método Marshall)

- Se determino lo siguiente:

*Diseño Patrón*

Para la muestra patrón se obtuvo los siguientes resultados:

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 218987 Jefe de Laboratorio



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



**Cuadro N°07:** Diseño De Mezcla Asfáltica - Patrón

Piedra Chancada	%	46.00
Arena Chancada	%	50.00
Filler	%	4.00
Cemento Asfáltico en peso	%	5.50
Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	2.46
Vacios	%	3.40
Vacios Agregado Mineral	%	10.30
Vacios llenados con C.A.	%	66.50
Flujo	mm	3.50
Estabilidad	kg	2013.00

*Diseño con Adición de 1.5% de Caucho Reciclado*  
Para la muestra se obtuvo los siguientes resultados:

**Cuadro N°08:** Diseño De Mezcla Asfáltica – Adición de 1.5% de Caucho Reciclado

Piedra Chancada	%	46.00
Arena Chancada	%	50.00
Filler	%	4.00
Cemento Asfáltico en peso	%	5.30
Peso unitario	gr/cm <sup>3</sup>	2.47
Vacios	%	3.30
Vacios Agregado Mineral	%	9.60
Vacios llenados con C.A.	%	65.7
Flujo	mm	3.80
Estabilidad	kg	2064.00

**Estabilidad**

Se observa que los valores de la estabilidad en la muestra patrón y en la adición de 1.5% de caucho reciclado en las mezclas asfálticas, superan el valor de los 815 kg, parámetro mínimo según especificaciones técnicas.

**Flujo**

Se observa que los valores de la flujo en la muestra patrón y en la adición de 1.5% de caucho reciclado en las mezclas asfálticas, están comprendidos en los parámetros de 2 – 4 mm.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

  
Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 216887 – Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

*Vacios Llenos de Aire*

Se observa que los valores de vacios llenos de aire en la muestra patrón y en las adición de 1.5% de caucho reciclado en las mezclas asfálticas, están comprendidos en los parámetros de 3% – 5%, según especificaciones.

*Vacios de Agregado Mineral (VMA)*

Se observa que los valores de vacios de agregado mineral (VMA) en la muestra patrón y en la adición de 1.5% de caucho reciclado en las mezclas asfáltica.

*Vacios Llenos de Asfalto*

Se observa que los valores de vacios llenos de asfalto en la muestra patrón y en las adición de 1.5% de caucho reciclado en las mezcla asfáltica, entan comprendidos en los parámetros de 65% – 75%, requeridos.

*Factor de Rigidez*

Se observa que los valores de indice de rigidez en la muestra patrón y en las adición de 1.5% de caucho reciclado en la mezcla asfáltica, están comprendidos en los parámetros de 1750kg/cm – 4000kg/cm, según especificaciones.

El análisis de los resultados se basó en los reglamentos vigentes.

- Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013
- Manual de Ensayos de Materiales (MTC-2016)



Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 210082 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

# ANEXO I ENSAYOS DE LABORATORIO



*Ing. Víctor Herrera Lazaro*  
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



TESIS	1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-GRA-01
SOLICITA	D/ DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO**  
ASTM C136

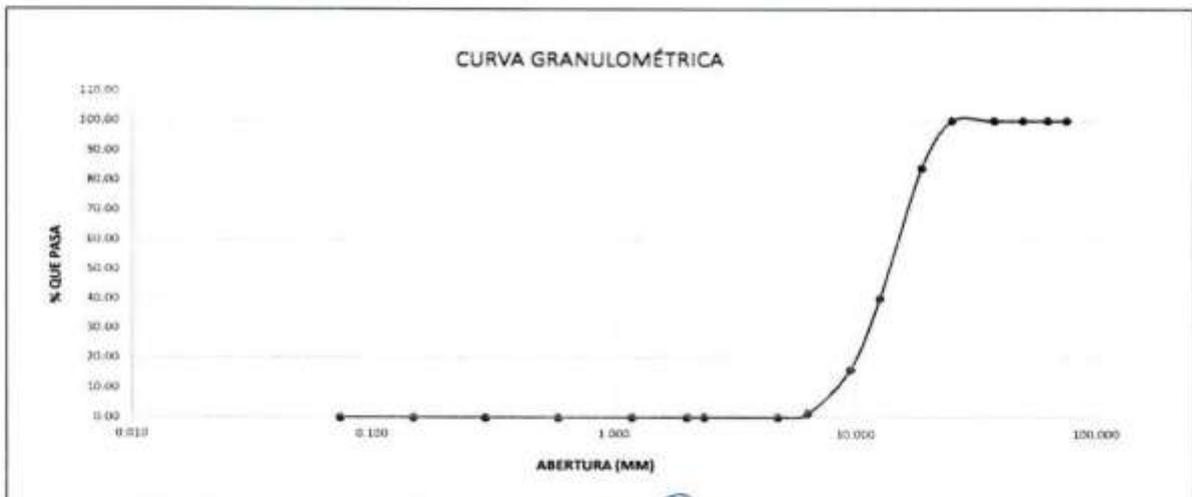
Material: Piedra Chancada  
Cantera: Chero

1.- Granulometría

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr)
N° 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	477.00	15.90	15.90	84.10
1/2"	12.700	1320.00	44.00	59.90	40.10
3/8"	9.525	723.00	24.10	84.00	16.00
1/4"	6.350	436.00	14.53	98.53	1.47
N° 4	4.760	40.00	1.33	99.87	0.13
N° 8	2.360	2.00	0.07	99.93	0.07
N° 10	2.000	1.00	0.03	99.97	0.03
N° 16	1.190	1.00	0.03	100.00	0.00
N° 30	0.590	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.297	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO	ASTM C-117.04	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		3000.00	100.00		

Peso	
Peso inicial seco, (gr.)	3000.00
Peso lavado y seco, (gr)	3000.00

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 216007 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



TESIS	: PROPIEDADES MECANICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-PU-01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

Material: Piedra Chancada  
Cantera: Chero

1.- PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	26020.00	26000.00	26026.00
Peso de molde	(gr)	4280.00	4280.00	4280.00
Peso de muestra	(gr)	21740.00	21720.00	21746.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	18708.30	18708.30	18708.30
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1162.05	1160.98	1162.37
<b>Peso unitario prom. (kg/m<sup>3</sup>)</b>		1161.80		

2.- PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	27891.00	28154.00	28385.00
Peso de molde	(gr)	4280.00	4280.00	4280.00
Peso de muestra	(gr)	23611.00	23874.00	24105.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	18708.30	18708.30	18708.30
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1262.06	1276.12	1288.47
<b>Peso unitario prom. (kg/m<sup>3</sup>)</b>		1275.55		

Observación: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

  
**Ing. Víctor Herrera Lázaro**  
 CIP 216087 - Jefe de Laboratorio



<b>TESIS</b>	1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO REICLADO GRANULAR CHIMBOTE - 2019	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-GEA-01
<b>SOLICITA</b>	2. DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	1. Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	16/09/2019

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
ASTM C127

**Material:** Piedra Chancada  
**Cantera:** Chero  
**Saturación:** 24 hrs.

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	3498.0	3495.0	gr
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	2215.0	2208.0	gr
C	Volumen de masas+ volumen de vacios (A+B)	1283.0	1287.0	cm3
D	Peso de material seco en estufa	3462.0	3461.5	gr
E	Volumen de masa (C-(A-D))	1247.0	1253.5	cm3
F	P.e Bulk (Base Seca) D/C	2.70	2.69	gr./cm3
G	P.e Bulk (Base Saturada) A/C	2.73	2.72	gr./cm3
H	P.e Aparente ( Base Seca ) D/E	2.78	2.76	gr./cm3
I	Absorción (%) ((A-D)/D) x100	1.04	0.97	%

P.e Bulk (Base Seca)	:	2.694	gr./cm3
P.e Bulk (Base Saturada)	:	2.721	gr./cm3
P.e Aparente ( Base Seca )	:	2.769	gr./cm3
Absorción (%)	:	1.00	%

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

<b>TESIS</b>	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	<b>REGISTRO N°:</b> TS-CHU-01
<b>SOLICITA</b>	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**  
MTC E108

**Material:** Piedra Chancada  
**Cantera:** Chero

Procedimiento	Tara No		
	24	20	7
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	3728	3740	3750
TARA+SUELO SECO (gr)	3707	3720	3730
PESO DEL AGUA (gr)	21	20	20
PESO DE LA TARA (gr)	623	623	623
PESO DEL SUELO (gr)	3084	3097	3107
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	0.65	0.64
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.66		

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 210987 Jefe de Laboratorio





<b>TESIS</b>	1. <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECYCLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>REGISTRO N°:</b> TS-GRA-02
<b>SOLICITA</b>	1. <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	1. <u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO**  
ASTM C136

**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero

**1.- Granulometría**

TAMIZ	Peso retenido (gr)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr)
N° 3"	76.200	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	4.00	0.14	99.86
1/4"	6.350	95.00	3.23	96.63
N° 4	4.760	120.00	4.08	92.55
N° 8	2.380	300.00	10.21	82.34
N° 10	2.000	245.00	8.34	74.00
N° 16	1.190	435.00	14.80	59.20
N° 30	0.590	636.00	21.64	37.56
N° 50	0.297	406.00	13.81	23.75
N° 100	0.149	414.00	14.09	9.66
N° 200	0.074	223.00	7.59	2.08
PLATO	ASTM C-117.04	61.00	2.08	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>2939.00</b>	<b>100.00</b>		

Peso	
Peso inicial seco, (gr.)	3000.00
Peso lavado y seco, (gr)	2939.00

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 216447 - Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CALCHO RECICLADO GRANULARIL CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-PU-02
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHES Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

Material: Arena Gruesa  
Cantera: Chero

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	20325.00	20378.00	20353.00
Peso de molde	(gr)	4640.00	4640.00	4640.00
Peso de muestra	(gr)	15685.00	15738.00	15713.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	9728.00	9728.00	9728.00
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1612.36	1617.80	1615.23
Peso unitario prom. (kg/m <sup>3</sup> )		1615.13		

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	21947.00	21971.00	21889.00
Peso de molde	(gr)	4640.00	4640.00	4640.00
Peso de muestra	(gr)	17307.00	17331.00	17249.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	9728.00	9728.00	9728.00
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1779.09	1781.56	1773.13
Peso unitario prom. (kg/m <sup>3</sup> )		1777.93		

Observación: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

  
**Ing. Víctor Herrera Lázaro**  
CIP 716087 - Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



TESIS	1: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-GEA-02
SOLICITA	1: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	1: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

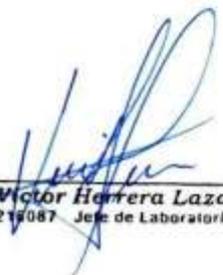
**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
ASTM C127

Material: Arena Gruesa  
Cantera: Chero  
Saturación: 24 hrs.

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	500	500	gr.
B	Peso de picnometro + agua	1254.3	1254.2	gr.
C	Volumen de masas + volumen de vacios (A+B)	1754.3	1754.2	cm <sup>3</sup> .
D	Peso de picnometro + agua + material	1568	1568.2	gr.
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	186.3	186	cm <sup>3</sup> .
F	Peso de material seco en estufa	493	493.2	gr.
G	Volumen de masa (E-(A-F))	179.3	179.2	cm <sup>3</sup> .
H	P e Bulk (Base Seca) F/E	2.65	2.65	gr./cm <sup>3</sup>
I	P e Bulk (Base Saturada) A/E	2.68	2.69	gr./cm <sup>3</sup>
J	P e Aparente ( Base Seca ) F/G	2.75	2.75	gr./cm <sup>3</sup>
K	Absorción (%) ((A-F)/F) x100)	1.42	1.38	%

P e Bulk (Base Seca)	:	2.649	gr./cm <sup>3</sup>
P e Bulk (Base Saturada)	:	2.686	gr./cm <sup>3</sup>
P e Aparente ( Base Seca )	:	2.751	gr./cm <sup>3</sup>
Absorción (%)	:	1.40	%

Observación: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 219087 - Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



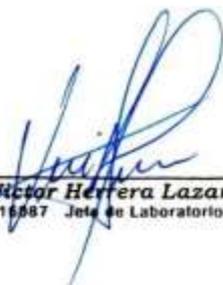
<b>TESIS</b>	: <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO</u>	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-C16J-02	
	: <u>RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01	
<b>SOLICITA</b>	: <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>			
<b>UBICACIÓN</b>	: <u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>		<b>FECHA:</b>	16/09/2019

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**  
MTC E108

**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero

PRUEBA N°	Tara No		
	2	14	25
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	3724	3745	3865
TARA+SUELO SECO (gr)	3669	3688	3807
PESO DEL AGUA (gr)	55	57	58
PESO DE LA TARA (gr)	726	726	726
PESO DEL SUELO (gr)	2943	2962	3081
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.87	1.92	1.88
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	1.89		

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

  
**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
 CIP 216887 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

<b>TESIS</b>	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-GEB-01
<b>SOLICITA</b>	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHES Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01
<b>UBICACIÓN:</b>	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b>	16/09/2019

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA**

ASTM D 2041

N° MUESTRA	UND.	PATRON			
		1	2	3	4
CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO		5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
1.- PESO DEL FRASCO	gr.	-	-	-	-
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA	gr.	7300.5	7300.5	7300.5	7300.5
3.- PESO NETO DE LA MUESTRA	gr.	1229.7	1224.1	1228.4	1225.2
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	gr.	8052.8	8043.4	8042.2	8035.9
5.- DIFERENCIA DEL PESO ( 4 ) - ( 3 )	gr.	6823.1	6819.3	6813.8	6810.7
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 5 )	cc	477.4	481.2	486.7	489.8
7.- PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 3 ) / ( 6 )	gr/cc	2.576	2.544	2.524	2.501
Observaciones: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante					



*Ing. Victor Herrera Lazaro*  
CIP 216087 - Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

<b>TESIS</b>	: <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>REGISTRO N°:</b>	TS-DM-01
<b>SOLICITA</b>	: <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>	<b>PAGINA N°:</b>	01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	: <u>Districto Chimbote - Provincia / Sana - Departamento Ancash</u>	<b>FECHA:</b>	16/09/2019

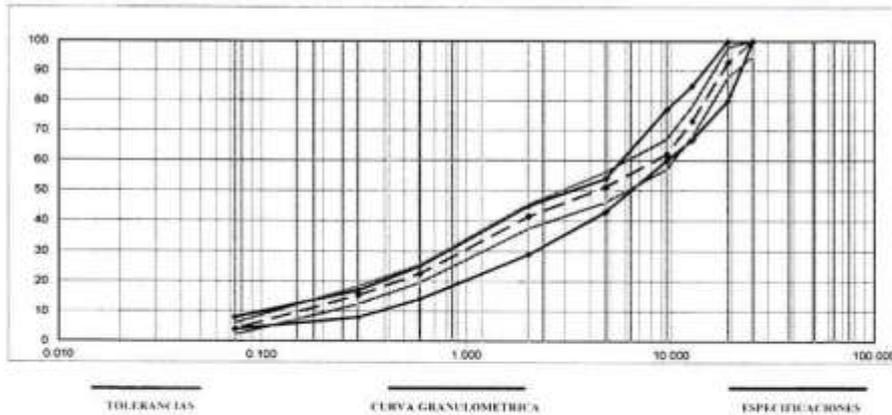
**DISEÑO DE MEZCLA**

CANTERA PIEDRA CHANCADA : CHERO  
 CANTERA ARENA CHANCADA : CHERO  
 CANTERA DE FILLER : CHERO

OBSERVACIONES		AGREGADOS	DOSIFICACIÓN	
COMBINACION		Grava < 1"	45.00	%
% GRAVA	46.00%	Areña Triturada	52.00	%
% ARENA	50.00%	Filler	3.00	%
% FILLER	4.00%			
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>%</b>

**COMPOSICIÓN DE MEZCLA DE MATERIALES PARA ASFALTO (MAC-1)**

TAMICES	PIEDRA CHANCADA 45%	ARENA GRUESA 52%	FILLER 3%	MEZCLA 100%	ESPECIFICACIONES						TOLERANCIA	TOLERANCIAS		OBSERV. ACI
					MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3	MAC - 4	MAC - 5	MAC - 6		MIN	MAX	
1"	100.00%	100.00%	100.00%	100.0	100	100	100	100	100	100	3	95.0	100.0	CUMPLE
3/4"	84.10%	100.00%	100.00%	93.8	80	100	100	100	100	100	2	87.8	97.8	CUMPLE
1/2"	40.10%	100.00%	100.00%	73.8	67	85	80	100	100	100	3	68.0	78.0	CUMPLE
3/8"	16.00%	89.80%	100.00%	42.1	60	77	70	88	100	100	3	57.1	67.1	CUMPLE
1/4"	1.47%	96.63%	100.00%	93.9							3	49.0	59.0	
Nº 4	0.13%	92.55%	100.00%	91.2	43	64	51	68	85	87	3	40.2	54.2	CUMPLE
Nº 8	0.07%	82.34%	100.00%	47.8							4	41.8	49.8	
Nº 16	0.03%	74.00%	100.00%	41.8	29	40	38	52	43	61	4	27.8	45.8	CUMPLE
Nº 30	0.00%	59.20%	100.00%	33.8							4	20.8	37.8	
Nº 60	0.00%	37.50%	100.00%	22.5	14	25	17	26	16	29	3	19.5	25.5	CUMPLE
Nº 100	0.00%	23.75%	100.00%	15.3	8	17	8	17	9	19	3	12.3	18.3	CUMPLE
Nº 200	0.00%	9.66%	100.00%	8.0							2	6.0	18.0	
	0.00%	2.08%	100.00%	4.1	4	8	4	8	5	10	2	2.1	6.1	CUMPLE



  
**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
 CIP 210087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



TESIS :	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-MS-01
SOLICITA :	DANIEL MARIANO FARFAN CANCHES Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN :	Districto: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

ENSAYO METODO MARSHALL  
ASTM D-1559 Y ASHITO T-245

DESCRIPCION	N°	CÁLCULOS			PROMEDIO
		1	2	3	
1 NÚMERO DE PROBETA					
2 C.A EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3 % DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.70	43.70	43.70	
4 % DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.50	47.50	47.50	
5 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.80	3.80	3.80	
6 PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc.	1.018	1.018	1.018	
7 PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc.	2.694	2.694	2.694	
8 PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc.	2.769	2.769	2.769	2.731
9 PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc.	2.649	2.649	2.649	
10 PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc.	2.751	2.751	2.751	2.700
11 PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc.	1.500	1.500	1.500	1.500
12 ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.	6.35	6.35	6.35	
13 PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr.	1230.90	1227.80	1231.90	
14 PESO DE PROBETA SATURADA	gr.	1231.90	1228.60	1233.20	
15 PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr.	732.00	733.00	734.10	
16 VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	c.c.	499.90	495.60	499.10	
17 PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc.	2.462	2.477	2.468	2.469
18 PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc.	2.576	2.576	2.576	2.576
19 MAXIMA DENSIDAD TEORICA $100[(2/3)+(3/P8)+(4/P10)+(5/P11)]$	gr/cc.	2.437	2.437	2.437	
20 % DE VACIOS $100*[(18-17)/18]$	%	4.408	3.821	4.177	4.14
21 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	gr/cc.	2.590	2.590	2.590	
22 PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/P8)+(4/P10)+(5/P11)]$	gr/cc.	2.670	2.670	2.670	
23 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/P8)+(4/P10)+(5/P11)]$	gr/cc.	2.630	2.630	2.630	
24 C.A ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO $(23-21)/[(23*21)*6]*100$	%	0.601	0.601	0.601	
25 % DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA $[(3+4+5)/17]*21$	%	90.333	90.887	90.551	
26 % DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA $(100-(23+20))$	%	5.260	5.292	5.272	
27 % VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	9.667	9.113	9.449	9.41
28 C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA $(2-(24/100)*(3+4+5))$	%	4.429	4.429	4.429	
29 RELACION ASFALTO - VACIOS $(26/27)*100$	%	54.406	58.069	55.798	56.09
30 LECTURA DEL ARO	Kg.	410.00	430.00	445.00	428.33
31 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1771	1857	1921	
32 FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.040	
33 ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	kg.	1842.23	1931.22	1997.97	1923.81
34 LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	polg.	13.00	12.00	13.00	12.67
35 FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm.	3.30	3.05	3.30	3.22
36 RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35 )	kg/cm.	5579	6336	6051	5988.65

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 216017 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



TESIS :	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO	REGISTRO N°:	TS-MS-02
	RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	PAGINA N°:	01 de 01
SOLICITA :	DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash		
		FECHA:	16/09/2019

**ENSAYO METODO MARSHALL**  
ASTM D-1559 Y ASHHTO T-245

1	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA					
2	C.A EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.50	5.50	5.50	5.50
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.47	43.47	43.47	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.25	47.25	47.25	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.78	3.78	3.78	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.50
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr	1227.50	1232.70	1223.80	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr	1228.00	1233.10	1224.30	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr	728.40	732.90	725.20	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 34 - 15 )	cc	499.60	500.20	499.10	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc	2.457	2.464	2.452	2.458
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc	2.544	2.544	2.544	2.544
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA 100(2.6)+(3.78)+(4.725)+(5.711)	gr/cc	2.419	2.419	2.419	
20	% DE VACIOS 100*((18-17)/18)	%	3.415	3.123	3.610	3.38
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL ( 3+4+5 )(3.77)+(4.9)+(5.11)	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL ( 3+4+5 )(3.8)+(4.10)+(5.11)	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ( 3+4+5 )(3.78)+(4.725)+(5.711)	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO (23-21)/(23*21)*6*100	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA ((3+4+5)/17)/21	%	89.663	89.935	89.482	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA (100-(25+20))	%	6.922	6.943	6.908	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	10.337	10.065	10.518	10.31
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA ( 2-(24/100)*(3+4+5)	%	4.932	4.932	4.932	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS (26/27)*100	%	66.960	68.977	65.677	67.20
30	LECTURA DEL ARO	Kg	460.00	475.00	480.00	471.67
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1985	2049	2071	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.040	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	2064.71	2131.46	2153.70	2116.62
34	LECTURA DEL FLEXMETRO ( 0.001"	pul	14.00	13.00	14.00	13.67
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm	3.56	3.30	3.56	3.47
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/35)	kg/cm	5806	6455	6057	6105.95

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



TESIS :	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-MS-03
SOLICITA :	DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

ENSAYO METODO MARSHALL  
ASTM D-1559 Y ASHTO T-245

	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA					
2	C.A EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.00	6.00	6.00	6.00
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.24	43.24	43.24	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.00	47.00	47.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.76	3.76	3.76	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.500
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr.	1222.77	1226.60	1225.30	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr.	1223.00	1226.80	1225.70	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr.	722.70	726.50	727.40	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	cc.	500.30	500.30	498.30	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc.	2.444	2.452	2.459	2.452
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc.	2.524	2.524	2.524	2.524
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA $100((2.6)+(3/P8)+(4/P10)+(5/P11))$	gr/cc	2.402	2.402	2.402	
20	% DE VACIOS $100*((18-17)/18)$	%	3.164	2.861	2.574	2.87
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/P8)+(4/P10)+(5/P11))$	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO $(21-21)((23*21)*6*100)$	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA $((3+4+5)/17)/21$	%	88.720	88.998	89.261	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA $(100-(25*20))$	%	8.115	8.141	8.165	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	11.280	11.002	10.739	11.01
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA $(2-(24/100))*(3+4+5)$	%	5.435	5.435	5.435	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS $(26/27)*100$	%	71.947	73.996	76.028	73.99
30	LECTURA DEL ARO	Kg	380.00	396.00	385.00	387.00
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1643	1711	1664	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.040	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	1708.74	1779.93	1730.99	1739.89
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	pul.	17.00	16.00	17.00	16.67
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm.	4.32	4.06	4.32	4.23
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm.	3957	4380	4009	4115.26

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

  
Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 210087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



TESIS	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-MS-04
SOLICITA	DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZIBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	Distrito: Chimbote - Provincia: Sana - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

ENSAYO METODO MARSHALL  
ASTM D-1559 Y ASHBITO T-245

	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA					
2	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.50	6.50	6.50	6.50
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.01	43.01	43.01	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	46.75	46.75	46.75	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.74	3.74	3.74	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.500
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr	1222.90	1215.30	1215.90	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr	1223.10	1215.50	1216.00	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr	722.80	719.20	719.20	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	cc	500.30	496.30	496.80	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc	2.444	2.449	2.447	2.447
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc	2.501	2.501	2.501	2.501
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA $100((2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.384	2.384	2.384	
20	% DE VACIOS $100*((18-17)/18)$	%	2.283	2.107	2.157	2.18
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/7)+(4/9)+(5/11))$	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)((3/8)+(4/10)+(5/11))$	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO $(23-21)(23*21)^6*100$	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA $((3+4+5)*17)/21$	%	88.258	88.416	88.371	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA $(100-(25+20))$	%	9.460	9.477	9.472	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL $(100 - 25)$	%	11.742	11.584	11.629	11.65
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA $(2-(24/100)*(3+4+5))$	%	5.938	5.938	5.938	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS $(26/27)*100$	%	80.561	81.809	81.448	81.27
30	LECTURA DEL ARO	Kg	325.00	328.00	332.00	328.33
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1408	1421	1438	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.040	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	1464.01	1477.36	1495.16	1478.84
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	pul.	20.00	21.00	22.00	21.00
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm.	5.08	5.33	5.59	5.33
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm.	2882	2770	2676	2775.76

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



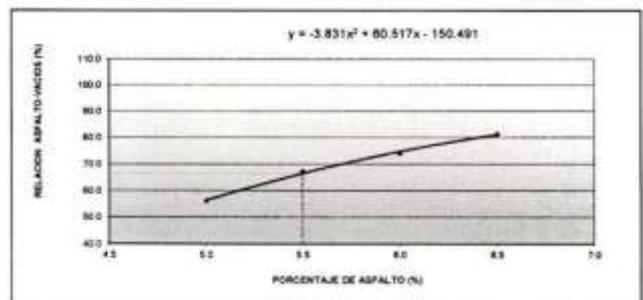
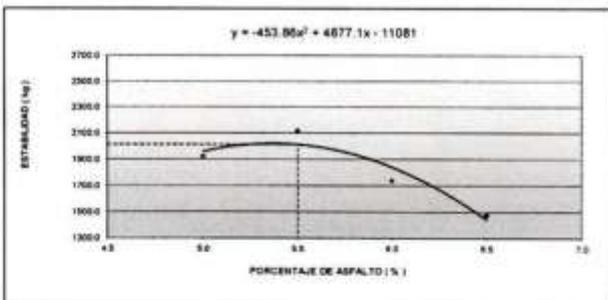
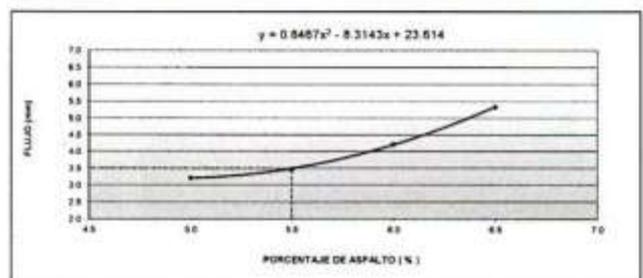
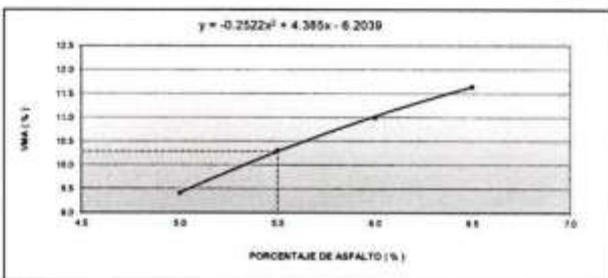
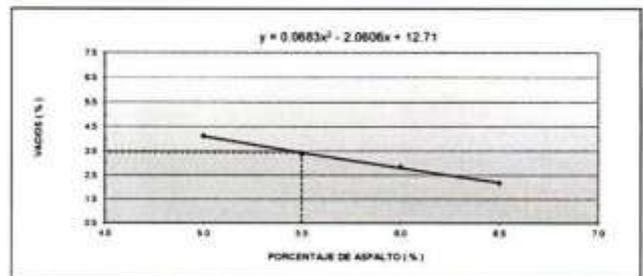
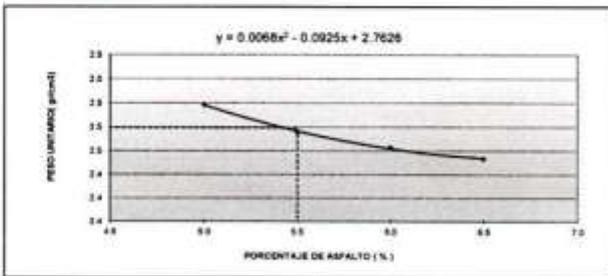
Ing. Victor Herrera Lazaro  
CIP 216887 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

<b>TESIS</b> :	<u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO</u>	<b>REGISTRO N°:</b>	<u>TS-EM-01</u>	
	<u>RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>PAGINA N°:</b>	<u>01 de 01</u>	
<b>SOLICITA</b> :	<u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>			
<b>UBICACIÓN</b> :	<u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>		<b>FECHA:</b>	<u>16/09/2019</u>

**ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 - MEZCLA MAC-1**



ENSAYO	RESULTADO	ESPECIF.	ENSAYO	RESULTADO	ESPECIF.
OPTIMO CONTENIDO C.A (%)	5.50	-	FLUJO ( mm )	3.5	2 - 4
CAL HIDRATADA OPTIMA (%)	-	-	ESTABILIDAD ( kg )	2013	MIN 815 KN
PESO UNITARIO ( gr/ cm3 )	2.460	-	ASFALTO-VACIOS (%)	66.5	65 -75
VACIOS ( % )	3.4	3 - 5			
V.M.A ( % )	10.3	-			

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 216887 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO GRANULAR.	REGISTRO N°:	TS-GRU-01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO**  
ASTM C136

**Material:** Piedra Chancada  
**Cantera:** Chero

I.- Granulometría

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acum	% Que pasa
N°	Abert. (mm)	(gr)	(%)	(%)	(gr)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.300	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	477.00	15.90	15.90	84.10
1/2"	12.700	1320.00	44.00	59.90	40.10
3/8"	9.525	723.00	24.10	84.00	16.00
1/4"	6.350	436.00	14.53	98.53	1.47
N° 4	4.760	40.00	1.33	99.87	0.13
N° 8	2.360	2.00	0.07	99.93	0.07
N° 10	2.000	1.00	0.03	99.97	0.03
N° 16	1.190	1.00	0.03	100.00	0.00
N° 30	0.590	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 50	0.297	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
N° 200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO	ASTM C-117.04	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		3000.00	100.00		

Peso	
Peso inicial seco, (gr.)	3000.00
Peso lavado y seco, (gr)	3000.00

**OBSERVACIONES**

La muestra tomada identificada por el solicitante



*Ing. Victor Herrera Lazaro*  
CIP 216687 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

<b>TESIS</b>	: <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO</u>	<b>REGISTRO N°:</b> TS-PU-01
	: <u>RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>SOLICITA</b>	: <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>	
<b>UBICACIÓN</b>	: <u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**PESO UNITARIO DE AGREGADO GRUESO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

**Material:** Piedra Chancada  
**Cantera:** Chero

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	26020.00	26000.00	26026.00
Peso de molde	(gr)	4280.00	4280.00	4280.00
Peso de muestra	(gr)	21740.00	21720.00	21746.00
Volumen de molde	(cm3)	18708.30	18708.30	18708.30
Peso unitario	(Kg/m3)	1162.05	1160.98	1162.37
<b>Peso unitario prom. (kg/m3)</b>			1161.80	

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	27891.00	28154.00	28385.00
Peso de molde	(gr)	4280.00	4280.00	4280.00
Peso de muestra	(gr)	23611.00	23874.00	24105.00
Volumen de molde	(cm3)	18708.30	18708.30	18708.30
Peso unitario	(Kg/m3)	126.26	1276.12	1288.47
<b>Peso unitario prom. (kg/m3)</b>			896.95	

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 215087 - Jefe de Laboratorio





TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-GEA-01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
ASTM C127

**Material:** Piedra Chancada  
**Cantera:** Chero  
**Saturación:** 24 hrs.

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	3498.0	3495.0	gr
B	Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	2215.0	2208.0	gr
C	Volumen de masas+ volumen de vacios (A+B)	1283.0	1287.0	cm3
D	Peso de material seco en estufa	3462.0	3461.5	gr
E	Volumen de masa (C-(A-D))	1247.0	1253.5	cm3
F	P.e Bulk (Base Seca) D/C	2.70	2.69	gr./cm3
G	P.e Bulk (Base Saturada) A/C	2.73	2.72	gr./cm3
H	P.e Aparente ( Base Seca ) D/E	2.78	2.76	gr./cm3
I	Absorción (%) ((A-D)/D) x100	1.04	0.97	%

P.e Bulk (Base Seca)	:	2.694	gr./cm3
P.e Bulk (Base Saturada)	:	2.721	gr./cm3
P.e Aparente ( Base Seca )	:	2.769	gr./cm3
Absorción (%)	:	1.00	%

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 215087 Jefe de Laboratorio



TESIS	1. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO	REGISTRO N°:	TS-CHU-01	
	RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	PAGINA N°:	01 de 01	
SOLICITA	1. DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE			
UBICACIÓN	1. Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash		FECHA:	16/09/2019

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**  
MTC E108

Material: Piedra Chancada  
Cantera: Chero

Procedimiento	Tara No		
	24	30	7
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	3728	3740	3750
TARA+SUELO SECO (gr)	3707	3720	3730
PESO DEL AGUA (gr)	21	20	20
PESO DE LA TARA (gr)	623	623	623
PESO DEL SUELO (gr)	3084	3097	3107
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.68	0.65	0.64
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.66		

Observación: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.

<b>TESIS</b>	: <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO</u> <u>RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>REGISTRO N°:</b> TS-GRA-02
<b>SOLICITA</b>	: <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	: <u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO**  
ASTM C136

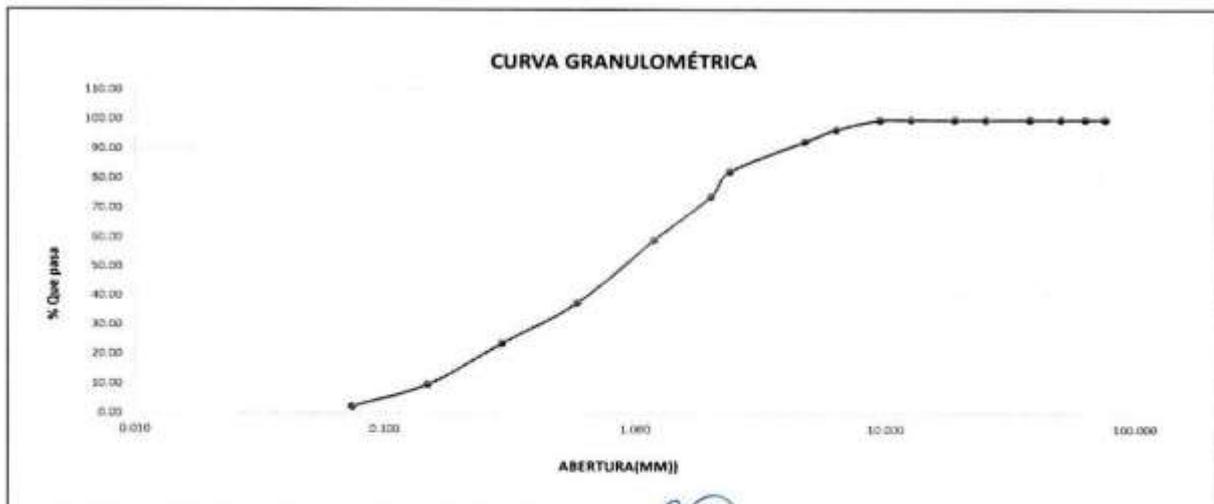
**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero

**1.- Granulometría**

TAMIZ	Abert. (mm)	Peso retenido (gr)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acum. (%)	% Que pasa (gr)
N° 3	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	4.00	0.14	0.14	99.86
1/4"	6.350	95.00	3.23	3.37	96.63
N° 4	4.760	120.00	4.08	7.45	92.55
N° 8	2.380	300.00	10.21	17.66	82.34
N° 10	2.000	245.00	8.34	26.00	74.00
N° 16	1.190	435.00	14.80	40.80	59.20
N° 30	0.590	636.00	21.64	62.44	37.56
N° 50	0.297	406.00	13.81	76.25	23.75
N° 100	0.149	414.00	14.09	90.34	9.66
N° 200	0.074	223.00	7.59	97.92	2.08
PLATO	ASTM C-117.04	61.00	2.08	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>2939.00</b>	<b>100.00</b>		

Peso	
Peso inicial seco, (gr.)	3000.00
Peso lavado y seco, (gr)	2939.00

OBSERVACIONES
La muestra tomada identificada por el solicitante



  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 219087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)

<b>TESIS</b>	1. <u>PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1 5% DE CAUCHO RECYCLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019</u>	<b>REGISTRO N°:</b> TS-PU-02
<b>SOLICITA</b>	1. <u>DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE</u>	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	1. <u>Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**PESO UNITARIO DE AGREGADO FINO SUELTO Y COMPACTADO**  
MTC E203

**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero

**1.- PESO UNITARIO SUELTO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	20325.00	20378.00	20353.00
Peso de molde	(gr)	4640.00	4640.00	4640.00
Peso de muestra	(gr)	15685.00	15738.00	15713.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	9728.00	9728.00	9728.00
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1612.36	1617.80	1615.23
Peso unitario prom. (kg/m <sup>3</sup> )		1615.13		

**2.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

Ensayo N°		01	02	03
Peso de molde + muestra	(gr)	21947.00	21971.00	21889.00
Peso de molde	(gr)	4640.00	4640.00	4640.00
Peso de muestra	(gr)	17307.00	17331.00	17249.00
Volumen de molde	(cm <sup>3</sup> )	9728.00	9728.00	9728.00
Peso unitario	(Kg/m <sup>3</sup> )	1779.09	1781.56	1773.13
Peso unitario prom. (kg/m <sup>3</sup> )		1777.93		

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante



**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 219957 Jefe de Laboratorio





<b>TESIS</b>	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	<b>REGISTRO N°:</b> TS-GEA-02
<b>SOLICITA</b>	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 16/09/2019

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
ASTM C127

**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero  
**Saturación:** 24 hrs.

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	500	500	gr
B	Peso de picnometro + agua	1254.3	1254.2	gr
C	Volumen de masas + volumen de vacios (A+B)	1754.3	1754.2	cm <sup>3</sup>
D	Peso de picnometro + agua + material	1568	1568.2	gr
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)	186.3	186	cm <sup>3</sup>
F	Peso de material seco en estufa	493	493.2	gr
G	Volumen de masa (E-(A-F))	179.3	179.2	cm <sup>3</sup>
H	P e Bulk (Base Seca) F/E	2.65	2.65	gr /cm <sup>3</sup>
I	P e Bulk (Base Saturada) A/E	2.68	2.69	gr /cm <sup>3</sup>
J	P e Aparente ( Base Seca ) F/G	2.75	2.75	gr /cm <sup>3</sup>
K	Absorción (%) ((A-F)/F) x100	1.42	1.38	%

P e Bulk (Base Seca)	2.649	gr /cm <sup>3</sup>
P e Bulk (Base Saturada)	2.686	gr /cm <sup>3</sup>
P e Aparente ( Base Seca )	2.751	gr /cm <sup>3</sup>
Absorción (%)	1.40	%

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante

**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
CIP 210087 Jefe de Laboratorio



<b>TESIS</b>	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	<b>REGISTRO N°:</b> TS-CHU-02
<b>SOLICITA</b>	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	<b>PAGINA N°:</b> 01 de 01
<b>UBICACIÓN</b>	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	<b>FECHA:</b> 16/09/2019.

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO  
MTC E108**

**Material:** Arena Gruesa  
**Cantera:** Chero

PRUEBA N°	Tara No		
	2	14	25
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	3724	3745	3865
TARA+SUELO SECO (gr)	3669	3688	3807
PESO DEL AGUA (gr)	55	57	58
PESO DE LA TARA (gr)	726	726	726
PESO DEL SUELO (gr)	2943	2962	3081
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.87	1.92	1.88
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	1.89		

**Observación:** Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante



**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°: TS-DM-01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DENTRE	PAGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA: 16/09/2019

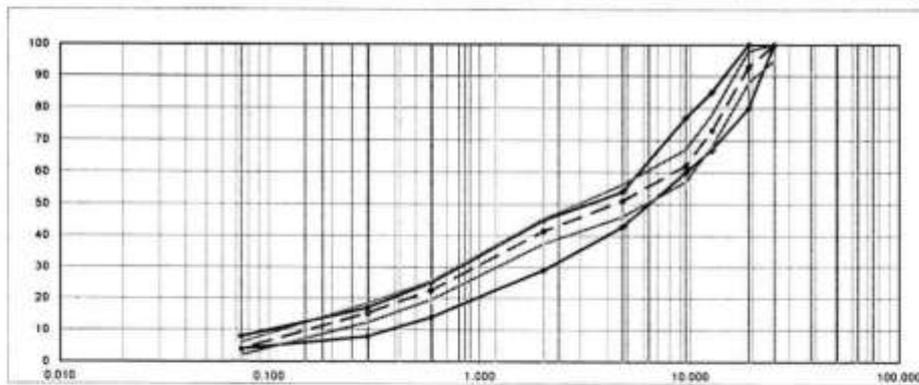
### DISEÑO DE MEZCLA

CANTERA PIEDRA CHANCADA	:	CHERO
CANTERA ARENA CHANCADA	:	CHERO
CANTERA DE FILLER	:	CHERO

OBSERVACIONES		AGREGADOS	DOSIFICACION	
COMBINACION		Grava < 1"	45.00	%
% GRAVA	46.00%	Arena Triturada	52.00	%
% ARENA	50.00%	Filler	3.00	%
% FILLER	4.00%			
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100.0</b>	<b>%</b>

### COMPOSICIÓN DE MEZCLA DE MATERIALES PARA ASFALTO (MAC-1)

TAMICES	PIEDRA CHANCADA	ARENA GRUESA	FILLER	MEZCLA	ESPECIFICACIONES						TOLERANCIA	TOLERANCIAS		OBSERVAC.	
					MAC-1	MAC-2	MAC-3	MAC-4	MAC-5	MAC-6		MIN	MÁX		
1"	100.00%	100.00%	100.00%	100.0	100	100	100	100	100	100	100	5	95.4	100.0	CUMPLE
3/4"	84.10%	100.00%	100.00%	92.8	94	100	100	100	100	100	100	5	87.8	97.8	CUMPLE
1/2"	40.10%	100.00%	100.00%	73.8	67	95	80	100	100	100	100	5	68.0	78.0	CUMPLE
3/8"	36.00%	99.80%	100.00%	62.1	68	77	70	88	100	100	100	5	57.1	67.1	CUMPLE
1/4"	1.47%	96.67%	100.00%	53.9								5	48.9	58.9	
Nº 4	0.13%	92.55%	100.00%	51.2	44	54	51	68	63	67	67	5	46.7	56.7	CUMPLE
Nº 8	0.07%	82.34%	100.00%	45.9								4	41.9	49.9	
Nº 10	0.05%	74.00%	100.00%	41.9	29	45	38	52	43	61	61	4	37.9	45.9	CUMPLE
Nº 16	0.00%	59.20%	100.00%	33.8								4	29.8	37.8	
Nº 30	0.00%	37.50%	100.00%	22.9	14	27	17	28	16	29	29	3	19.9	25.9	CUMPLE
Nº 50	0.00%	23.75%	100.00%	15.3	6	17	8	17	5	18	18	3	12.3	19.3	CUMPLE
Nº 100	0.00%	9.66%	100.00%	8.8								2	6.8	10.8	
Nº 200	0.00%	2.08%	100.00%	4.1	4	8	4	8	5	10	10	2	2.1	6.1	CUMPLE



TOLERANCIAS

CURVA GRANULOMETRICA

ESPECIFICACIONES



**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
CIP 216887 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los  
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-MS-01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**ENSAYO METODO MARSHALL**  
ASTM D-1559 Y ASHFTO T-245

	DESCRIPCION	N°	CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA	N°				
2	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.70	43.70	43.70	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.50	47.50	47.50	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.80	3.80	3.80	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.500
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr	1235.80	1228.80	1233.80	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr	1236.80	1229.60	1235.20	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr	735.00	732.50	737.00	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	c c	501.80	497.10	498.20	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc	2.463	2.472	2.477	2.470
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc	2.541	2.541	2.541	2.541
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA(2.65+(3/98)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.437	2.437	2.437	
20	% DE VACIOS 100*((18-17)/18)	%	3.094	2.732	2.552	2.79
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/(3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/(3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL ( 3+4+5 )/(3/98)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO (23-21)/(23*21)*100	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA ((3+4+5)*17)/21	%	90.349	90.686	90.854	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA (100-(25-20))	%	6.557	6.581	6.594	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	9.651	9.314	9.146	9.37
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA (2-(24/100)*(3+4+5))	%	4.429	4.429	4.429	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS (26/27)*100	%	67.940	70.666	72.097	70.23
30	LECTURA DEL ARO	Kg.	412.00	435.00	448.00	431.67
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1780	1878	1934	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.040	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	kg.	1851.13	1953.47	2011.32	1938.64
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001 * )	pulg.	14.00	15.00	14.00	14.33
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm.	3.56	3.81	3.56	3.64
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm.	5206	5127	5656	5329.66

  
**Ing. Víctor Herrera Lazaro**  
 CIP 276087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



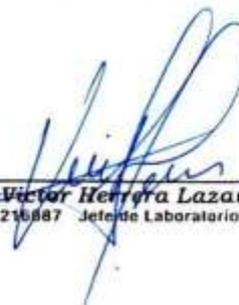
ucv.edu.pe



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-M5-02
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

**ENSAYO METODO MARSHALL**  
ASTM D-1559 Y ASHFTO T-245

	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA					
2	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.50	5.50	5.50	5.50
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.47	43.47	43.47	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.25	47.25	47.25	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.78	3.78	3.78	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.50
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr	1228.00	1234.20	1232.50	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr	1228.40	1231.40	1230.40	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr	732.20	736.30	733.50	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	cc	496.20	495.10	496.90	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc	2.475	2.493	2.480	2.483
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc	2.564	2.564	2.564	2.564
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA (100/(2.65+(3/98)+(4/10)+(5/11)))	gr/cc	2.419	2.419	2.419	
20	% DE VACIOS 100*((18-17)/18)	%	3.492	2.790	3.275	3.19
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/((3/7)+(4/9)+(5/11))	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/((3/8)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/((3/9)+(4/10)+(5/11))	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO (23-21)/((21*21)*6*100)	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA ((3+4+5)*17)/21	%	90.314	90.972	90.517	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A. EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA (100-(25+20))	%	6.194	6.239	6.208	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	9.686	9.028	9.483	9.40
28	C.A. EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA (2-(24/100)*(3+4+5))	%	4.932	4.932	4.932	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS (26/27)*100	%	63.944	69.101	65.461	66.17
30	LECTURA DEL ARO	Kg	478.00	465.00	480.00	474.33
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	2062	2007	2071	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.090	1.040	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	2144.80	2187.29	2153.70	2161.93
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	pul	15.00	16.00	16.00	15.67
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm	3.81	4.06	4.06	3.98
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm	5629	5382	5299	5437.00

  
**Ing. Victor Herrera Lazaro**  
 CIP 216887 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



uvc.edu.pe



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-MS-03
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

ENSAYO METODO MARSHALL  
ASTM D-1559 Y ASBITO T-245

	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NÚMERO DE PROBETA					
2	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.00	6.00	6.00	6.00
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.24	43.24	43.24	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	47.00	47.00	47.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.76	3.76	3.76	
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE DE CEMENTO ASFÁLTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECÍFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.500
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr	1234.50	1231.40	1228.90	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr	1236.20	1234.50	1232.00	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr	734.00	733.80	738.70	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	cc	502.20	500.70	493.30	
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc	2.458	2.450	2.491	2.470
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc	2.584	2.584	2.584	2.584
19	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA $100[(2/G)+(3/P8)+(4/P10)+(5/P11)]$	gr/cc	2.402	2.402	2.402	
20	% DE VACÍOS $100*[(18-17)/18]$	%	4.876	4.831	3.599	4.44
21	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)]$	gr/cc	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$	gr/cc	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL $(3+4+5)/[(3/P8)+(4/P10)+(5/P11)]$	gr/cc	2.630	2.630	2.630	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO $(23-21)/(23*21)*6*100$	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA $(23+4+5)/(17)*21$	%	89.233	89.275	90.430	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA $(100-(25+20))$	%	5.891	5.894	5.970	
27	% VACÍOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	10.767	10.725	9.570	10.35
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA $(2-(24/100)*(3+4+5))$	%	5.435	5.435	5.435	
29	RELACION ASFALTO - VACÍOS $(26/27)*100$	%	54.711	54.955	62.386	57.35
30	LECTURA DEL ARD	Kg	388.00	395.00	400.00	394.33
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1677	1707	1729	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.040	1.090	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	1744.34	1775.48	1884.16	1801.33
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001* )	pul.	18.00	19.00	18.00	18.33
35	FLUENCIA ( .34 / 100 X 25.4 )	mm	4.57	4.83	4.57	4.66
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm	3815	3679	4121	3871.78

  
Intj. Victor Herrera Lazaro  
C.P 214067 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



TESIS	: PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO	REGISTRO N°	: TS-MIS-04
	: RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	PAGINA N°	: 01 de 01
SOLICITA	: DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE		
UBICACIÓN	: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA	: 16/09/2019

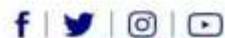
ENSAYO METODO MARSHALL  
ASTM D-1559 Y ASHTO T-245

	DESCRIPCION		CÁLCULOS			PROMEDIO
			1	2	3	
1	NUMERO DE PROBETA					
2	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.50	6.50	6.50	6.50
3	% DE GRAVA TRITURADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.01	43.01	43.01	
4	% DE ARENA COMBINADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	46.75	46.75	46.75	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	3.74	3.74	3.74	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE CEMENTO ASFALTICO	gr/cc	1.018	1.018	1.018	
7	PESO ESPECIFICO BULK DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.694	2.694	2.694	
8	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA GRAVA TRITURADA	gr/cc	2.769	2.769	2.769	2.731
9	PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.649	2.649	2.649	
10	PESO ESPECIFICO APARENTE DE LA ARENA COMBINADA	gr/cc	2.751	2.751	2.751	2.700
11	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL FILLER	gr/cc	1.500	1.500	1.500	1.500
12	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm	6.35	6.35	6.35	
13	PESO DE LA PROBETA EN EL AIRE	gr.	1233.00	1228.80	1226.50	
14	PESO DE PROBETA SATURADA	gr.	1235.60	1230.20	1229.40	
15	PESO DE LA PROBETA EN EL AGUA	gr.	735.00	742.00	743.00	
16	VOLUMEN DE LA PROBETA ( 14 - 15 )	cc.	500.60	488.20	486.40	
17	PESO ESPECIFICO BULK DE LA PROBETA ( 13 / 16 )	gr/cc.	2.463	2.517	2.522	2.501
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (ENSAYO RICE)	gr/cc.	2.593	2.593	2.593	2.593
19	MAXIMA DENSIDAD TEORICA 100(2/6)+(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc.	2.384	2.384	2.384	
20	% DE VACIOS 100*((18-17)/18)	%	5.008	2.927	2.750	3.56
21	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/(3/7)+(4/9)+(5/11)	gr/cc.	2.590	2.590	2.590	
22	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc.	2.670	2.670	2.670	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (3+4+5)/(3/8)+(4/10)+(5/11)	gr/cc.	2.630	2.630	2.630	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO SECO (23-21)/(23*21)*100	%	0.601	0.601	0.601	
25	% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO / VOLUMEN BRUTO DE LA PROBETA ((3+4+5)/17)/21	%	88.934	90.882	91.047	
26	% DEL VOLUMEN DEL C.A EFECTIVO / VOLUMEN DE PROBETA (100-(25+20))	%	6.058	6.191	6.202	
27	% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL ( 100 - 25 )	%	11.066	9.118	8.953	9.71
28	C.A EFECTIVO / PESO DE LA MEZCLA (2-(24/100)*(3+4+5))	%	5.938	5.938	5.938	
29	RELACION ASFALTO - VACIOS (26/27)*100	%	54.745	67.897	69.279	63.97
30	LECTURA DEL ARO	Kg	320.00	315.00	308.00	314.33
31	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1386	1365	1335	
32	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.040	1.090	1.090	
33	ESTABILIDAD CORREGIDA ( 31 X 32 )	Kg	1441.76	1487.76	1455.11	1461.54
34	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	pul.	23.00	23.00	22.00	22.67
35	FLUENCIA ( 34 / 100 X 25.4 )	mm.	5.84	5.84	5.59	5.76
36	RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA ( 33/ 35)	kg/cm.	2468	2547	2604	2539.53

Ing. Víctor Herrera Lazaro  
CIP 219087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

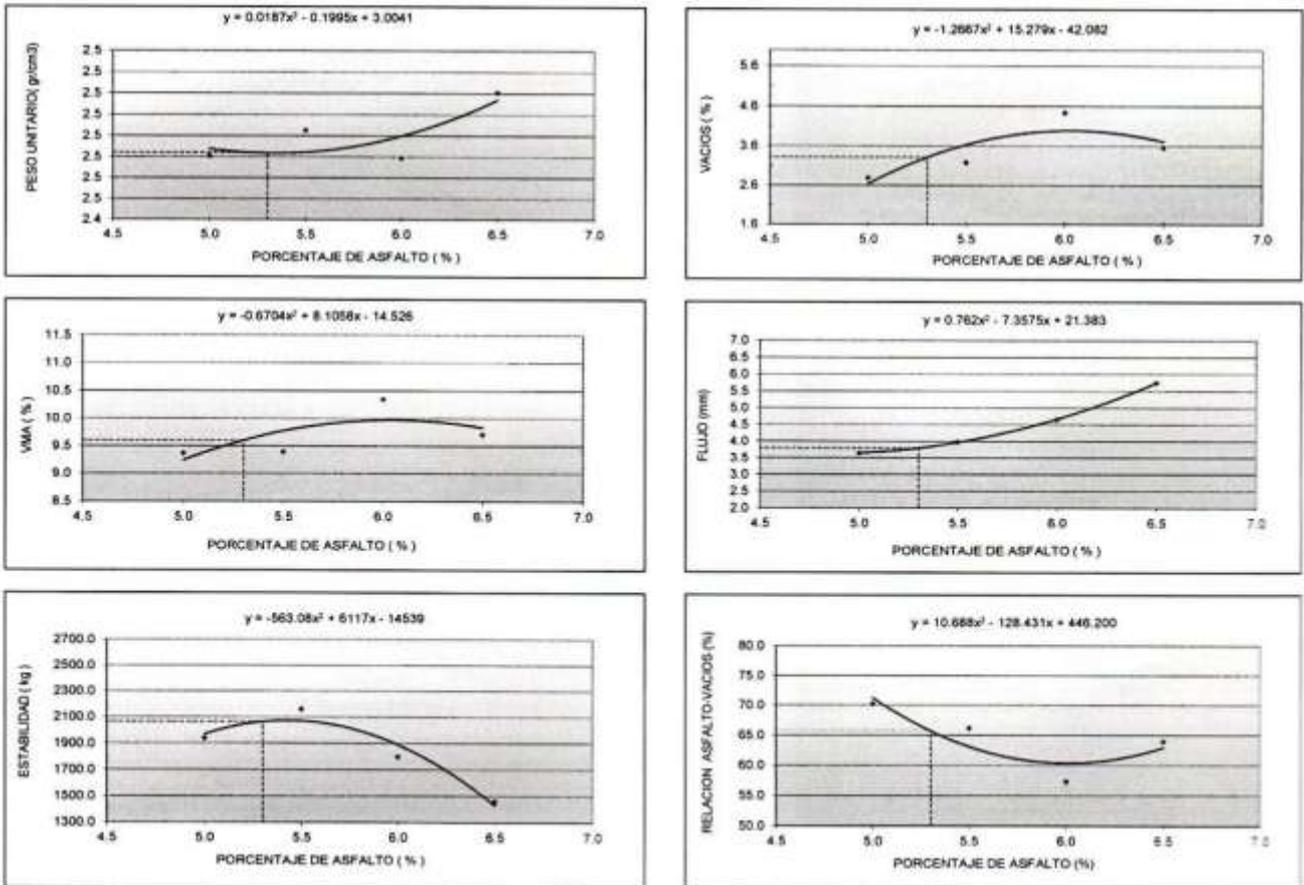


ucv.edu.pe



TESIS :	PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ASFALTO EN CALIENTE ADICIONANDO 1.5% DE CAUCHO RECICLADO GRANULAR, CHIMBOTE - 2019	REGISTRO N°:	TS-PMA-01
SOLICITA :	DANIEL MARIANO FARFAN CANCHIS Y MICHAEL ZBIGNIEW ROMERO DEXTRE	PAGINA N°:	01 de 01
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA:	16/09/2019

ENSAYO MARSHALL ASTM D 1559 - MEZCLA MAC-1



RESULTADOS

ENSAYO	RESULTADO	ESPECIF.	ENSAYO	RESULTADO	ESPECIF.
ÓPTIMO CONTENIDO C.A (%)	5.30	-	FLUJO (mm)	3.8	2 - 4
CAL HIDRATADA ÓPTIMA (%)	-	-	ESTABILIDAD (kg)	2064	MÍN 815 KN
PESO UNITARIO (gr/cm <sup>3</sup> )	2.472	-	ASFALTO-VACIOS (%)	65.7	65 - 75
VACIOS (%)	3.3	3 - 5			
V.M.A (%)	9.6	-			



Ing. Victor Herrera Lazaro  
C: P 215087 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 150 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : 007-2019  
Fecha de emisión : 2019-04-26

1. Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.

Dirección : AV. LARCO NRO. 1770 URB. SAN ANDRES 5TA ETAPA LA LIBERTAD - VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Descripción del Equipo : PRESA MARSHALL

Marca de Prensa : FORNEY  
Modelo de Prensa : LA-3626-01-220  
Serie de Prensa : FORNEY

Marca de Celda : KELI  
Modelo de Celda : DEF-A  
Serie de Celda : AF44834  
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : HIWEIGH  
Modelo de Indicador : 315-X8  
Serie de Indicador : 985268715

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES DE UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH  
23 - ABRIL - 2019

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó por comparación con celda patrón

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,5	29,5
Humedad %	53	51

7. Resultados de la Medición

Los errores de la Prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

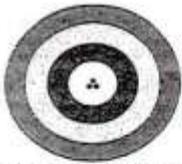


TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	500,40	502,35	-0,08	-0,47	501,38	-0,27	-0,39
1000	1000,50	1000,45	-0,05	-0,05	1000,48	-0,05	0,00
1500	1500,05	1495,70	0,00	0,29	1497,88	0,14	0,29
2000	1998,20	1994,25	0,09	0,29	1996,23	0,19	0,20
2500	2493,45	2494,65	0,26	0,21	2494,05	0,24	-0,05
3000	2990,60	2990,90	0,31	0,30	2990,75	0,31	-0,01
3500	3487,65	3489,50	0,35	0,30	3488,58	0,33	-0,05
4000	3984,65	3988,60	0,38	0,29	3986,63	0,34	-0,10

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0045x - 4,4936$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

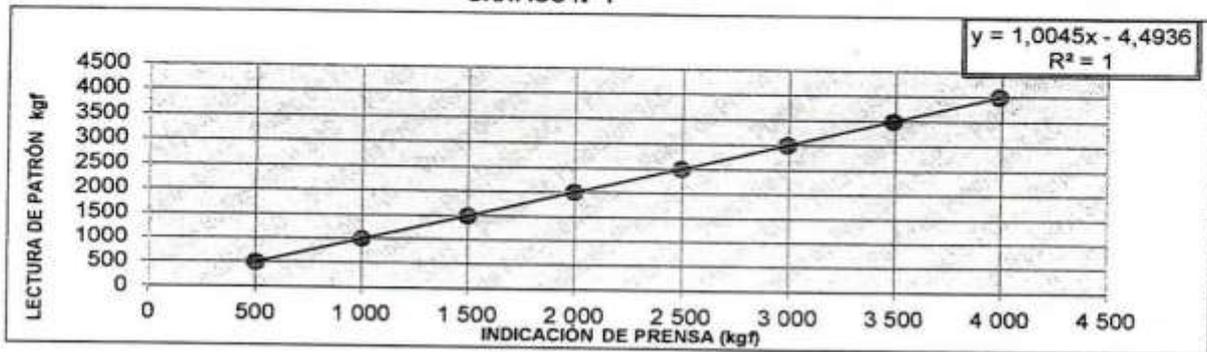
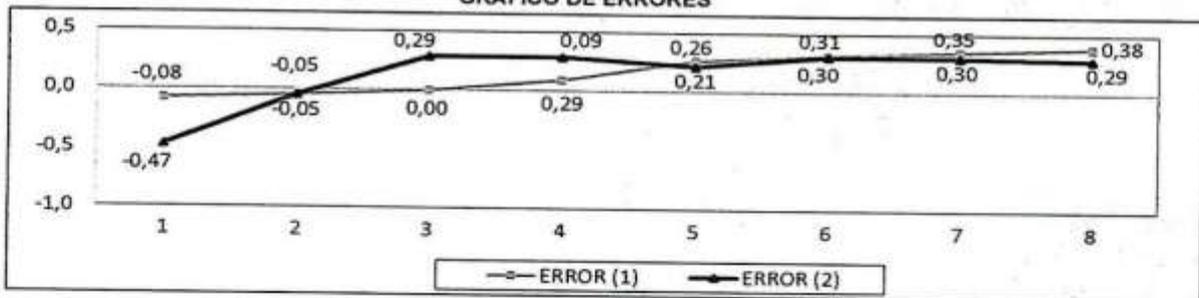


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 267 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : 007-2019  
Fecha de Emisión : 2019-04-25

**1. Solicitante** : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
**Dirección** : AV. LARCO NRO. 1770 URB. SAN ANDRES STA ETAPA - TRUJILLO - VICTOR LARCO HERRERA - LA LIBERTAD

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
**Marca** : KERN  
**Modelo** : FKB 36K0.1  
**Número de Serie** : W1409126

**Alcance de Indicación** : 36000 g

**División de Escala de Verificación ( e )** : 1 g

**División de Escala Real (d)** : 0,1 g

**Procedencia** : ALEMANIA

**Identificación** : NO INDICA

**Tipo** : ELECTRÓNICA

**Ubicación** : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**Fecha de Calibración** : 2019-04-23

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

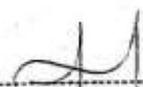
### 3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

### 4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES de UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
NUEVO CHIMBOTE - ANCASH



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DEL PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,9 °C	27,2 °C
Humedad Relativa	57 %	57 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1, F2 y M1)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-093-2018
		LM-094-2018 / M-1503-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	26,9			27,0		
	Carga L1= 18 000,1 g			Carga L2= 36 000,1 g		
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)
1	18 000,0	0,06	-0,11	36 000,2	0,07	0,08
2	18 000,0	0,07	-0,12	36 000,3	0,08	0,17
3	18 000,0	0,08	-0,13	36 000,4	0,09	0,26
4	17 999,9	0,07	-0,22	36 000,2	0,06	0,09
5	18 000,0	0,08	-0,13	36 000,3	0,07	0,18
6	18 000,2	0,06	0,09	36 000,4	0,08	0,27
7	18 000,1	0,09	-0,04	36 000,1	0,04	0,01
8	17 999,9	0,03	-0,18	36 000,2	0,05	0,10
9	18 000,2	0,06	0,09	36 000,1	0,07	-0,02
10	18 000,3	0,07	0,18	36 000,3	0,06	0,19
Diferencia Máxima	0,40			0,29		
Error máximo permitido	± 2 g			± 3 g		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

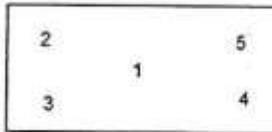


Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 267 - 2019

Página: 3 de 3



Vista Frontal

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

		Temp. (°C)							
		Inicial	Final						
		27,0	27,1						
Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E <sub>o</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)
1	2,0	2,0	0,03	0,02	12 000,0	11 999,6	0,04	-0,39	-0,41
2		2,0	0,04	0,01		12 000,2	0,08	0,17	0,16
3		2,0	0,03	0,02		12 000,4	0,07	0,38	0,36
4		2,0	0,07	-0,02		11 999,6	0,03	-0,38	-0,36
5		2,0	0,04	0,01		11 999,3	0,05	-0,70	-0,71
						Error máximo permitido : ± 2 g			

(\*) valor entre 0 y 10 e

### ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)								
		Inicial	Final							
		27,1	27,2							
Carga L(g)	CRECIENTES					DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E <sub>c</sub> (g)		
2,0	2,0	0,07	-0,02							1
5,0	5,0	0,08	-0,03	-0,01	5,0	0,09	-0,04	-0,02		1
1 000,0	1 000,0	0,07	-0,02	0,00	1 000,0	0,08	-0,03	-0,01		1
2 000,0	2 000,0	0,08	-0,03	-0,01	2 000,0	0,07	-0,02	0,00		1
5 000,0	5 000,0	0,09	-0,04	-0,02	5 000,1	0,05	0,10	0,12		1
10 000,0	10 000,1	0,06	0,09	0,11	10 000,1	0,07	0,08	0,10		2
15 000,1	15 000,1	0,05	0,00	0,02	15 000,2	0,08	0,07	0,09		2
20 000,0	20 000,2	0,07	0,18	0,20	20 000,1	0,04	0,11	0,13		2
25 000,0	25 000,1	0,04	0,11	0,13	25 000,2	0,07	0,18	0,20		3
30 000,0	30 000,2	0,07	0,18	0,20	30 000,3	0,08	0,27	0,29		3
36 000,1	36 000,3	0,08	0,17	0,19	36 000,3	0,08	0,17	0,19		3

(\*\*) error máximo permitido

#### Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000618 \times R$$

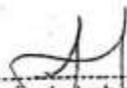
$$U_R = 2 \sqrt{0,0209 \text{ g}^2 + 0,000000000985 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

**ANEXO N° 3**  
**ESPECIFICACIONES DE LOS**  
**MATERIALES**

Cabe indicar que los materiales recopilados para la elaboración de la mezcla asfáltica convencional y la mezcla asfáltica mejorada con la adición de Caucho Reciclado Granular, así mismo el laboratorio donde se efectuaron los ensayos correspondientes, fueron de los siguientes colaboradores:

Cantera CHERO: Cantera con una amplia experiencia en la producción de agregados para mezclas asfálticas, proporcionó (100 kg) de piedra chancada y (100 kg) de arena gruesa.

LIDER GRASS PERÚ: Empresa proveedora de grass sintético y caucho reciclado granular Caucho Reciclado Granular, se encuentra ubicada en el Jr. Jorge Chávez N° 977 - Dpto.: 808- Breña - Lima - Perú.

PETROPERÚ: Empresa que opera en el sector petroquímico, petróleo y gas, cuenta con 50 años de experiencia en la elaboración de productos derivados del petróleo, se encuentra ubicada en la Av. Brea y Pariñas 110 Urb. Zona Industrial El Trapecio, Chimbote, Santa – Ancash.

Laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo: Laboratorio perteneciente a la Universidad Cesar Vallejo donde se practican ensayos de los materiales componentes de una infraestructura vial, en dicho laboratorio se llevó a cabo los ensayos de calidad de los agregados y ensayos de la mezcla asfáltica en caliente (Diseño Marshall y ensayo de materiales). Ubicada en la Av. Central, Nuevo Chimbote - Santa - Ancash.

# Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A



## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO <b>ASFALTO SÓLIDO</b>	Fecha efectiva: Enero 2019
TIPO DE PRODUCTO <b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	Reemplaza edición de: Enero 2014
NOMBRE DE PRODUCTO <b>ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN</b>	

ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO
<b>PENETRACIÓN</b> , a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49
<b>VOLATILIDAD</b>				
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48
<b>DUCTILIDAD</b> a 25°C, 5cm/min, cm	100		D-113	T-51
<b>SOLUBILIDAD</b> , % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44
<b>SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA</b>				
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179
Perdida por calentamiento, % masa	0.8			
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49
<b>DUCTILIDAD</b> a 25°C, 5cm/min, cm	50		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1	+ 1		Francés RLB
<b>FLUIDEZ</b>				
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA</b> ( gr./cm <sup>3</sup> )	1.018			
<b>REQUERIMIENTO GENERAL:</b>	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C.			

### OBSERVACIONES:

(a) En concordancia con la Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.



PETROPERÚ .... LA ENERGÍA QUE MUEVE TU MUNDO



**LÍDER GRASS PERÚ E.I.R.L.**  
**ESPECIFICACIONES DEL CAUCHO RECICLADO GRANULAR**

Número de contacto: 991002616 - 992605729

DIRECCIÓN: Jr. Jorge Chávez N° 977 - Dpto: 808 Breña - Lima - Perú  
 RUC: 20562783114

<b>CARARTERÍSTICA</b>	<b>VALORES</b>
Humedad	0.75% del peso
Gravedad específica	1.15 g/cm <sup>3</sup>
Contenido de metales no ferrosos	Sin presencia visible
Contenido de metales ferrosos	Max. 0.01%
Contenido de fibra	Max. 0.5%
Contenido de polvo mineral	Max. 4%
Contenido de otros elementos	Max. 0.25%
Tamaño nominal de partícula	1.19mm
Temperatura de incorporación	> 50 °C
Temperatura de mezclado	160 °C - 190 °C

**ANEXO N° 4**  
**NORMA TÉCNICA**  
**(MTC E 504)**

## MTC E 504

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

#### 1. OBJETO

- 1.1 Determinar a partir de la preparación y compactación de especímenes de mezcla bituminosa para pavimentación, de altura nominal de 64 mm y 102 mm de diámetro, el diseño de una mezcla asfáltica y calcular sus diferentes parámetros de comportamiento, por medio del método manual Marshall.

#### 2. FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este modo operativo está destinado para su empleo con mezclas densas bituminosas de laboratorio y aquellas producidas en planta, con agregados hasta de 25 mm de tamaño máximo y para recompactación de muestras de pavimentos asfálticos.
- 2.2 Los especímenes de mezclas bituminosas compactadas, moldeadas por este procedimiento son empleados para varios ensayos físicos tales como estabilidad, flujo, resistencia a tracción indirecta y módulos. El análisis de densidad y vacíos también es conducido sobre especímenes para diseño de mezcla y evaluación de la compactación en campo.

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

- 2.3 Los valores de estabilidad Marshall y flujo junto con la densidad, vacíos de aire de la mezcla total, vacíos en el agregado mineral ó simplemente vacíos ó ambos, llenados con asfalto; son empleados para el diseño de mezclas en laboratorio, así como para la evaluación de mezclas asfálticas. Así también la estabilidad y flujo Marshall pueden ser empleados para monitorear los procesos de producción de mezclas bituminosas en planta. También pueden ser empleados como referencia para evaluar diferentes mezclas y los efectos de acondicionamientos tales como con agua.

- 2.4 La estabilidad y flujo Marshall son características de las mezclas bituminosas determinadas a partir de especímenes compactados de una geometría específica y en una manera prescrita.

La estabilidad Marshall es la máxima resistencia a la deformación a una razón constante de carga. La magnitud de la estabilidad Marshall varía con el tipo y gradación del agregado y grado del bitumen empleado, así como su cantidad. Varias agencias establecen criterios para los valores de la estabilidad Marshall. El flujo Marshall es una medida de la deformación de las mezclas bituminosas determinado durante el ensayo de estabilidad. No existe un valor ideal, pero hay límites aceptables. Si el flujo en el contenido óptimo de asfalto sobrepasa el límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica ó inestable, y si está bajo el límite inferior esta se considera demasiado rígida.

- 2.5 Para propósitos de diseño de mezcla los resultados de los ensayos de estabilidad y flujo deberán consistir del promedio de un mínimo de 03 especímenes por cada incremento de contenido de ligante, donde el contenido de ligante varía en incrementos de 0,5% sobre un rango de contenido de ligante. El rango de contenido de ligante generalmente es seleccionado en base a la experiencia y datos históricos de los materiales componentes, pero puede incluir también juicio y error para incluir el rango deseable de las propiedades de la mezcla. Las mezclas densas generalmente mostrarán un pico en la estabilidad a un determinado contenido de ligante. Este pico en el contenido de ligante puede ser promediado con otros contenidos de ligante tal como el contenido de ligante en el contenido de la máxima densidad de la curva ligante-densidad y el contenido de ligante en los vacíos de aire deseados y vacíos llenados.



- 2.6 La estabilidad y flujo Marshall efectuados en laboratorio de campo, obtenida de especímenes hechos de mezclas producidas en planta pueden variar significativamente de los valores de diseño obtenido en el laboratorio debido a las diferencias del mezclado que hay entre una planta y la efectuada en laboratorio. Esto también incluye la eficiencia en el mezclado y el envejecimiento producido.
- 2.7 Las diferencias significativas en la estabilidad y flujo Marshall de un grupo de ensayos a otro ó de un valor promedio de un grupo numerosos de datos ó especímenes preparados de una mezcla producida en planta puede indicar pobre mezclado, técnicas incorrectas de ensayo, cambio de gradación, cambio del contenido de ligante, ó mal funcionamiento del proceso de planta. La fuente de la variación deberá ser averiguada y el problema resuelto.
- 2.8 Los especímenes a menudo serán preparados empleando el método indicado aquí, pero pueden ser preparados empleando otros tipos de procedimientos de compactación. Otros tipos de compactación pueden hacer variar las características de resistencia en comparación con los preparados por el método Marshall.
- 2.9 Los valores de estabilidad y flujo Marshall pueden ser determinados también empleando núcleos provenientes de un pavimento para información y evaluación. Sin embargo, estos resultados no pueden ser comparados con resultados de especímenes preparados en laboratorio y no deberán ser empleados para propósitos de especificación ó aceptación.

### 3. REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM-D6926: "Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens Using Marshall Apparatus".  
3.2 ATM D 6927: "Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures".

### 4. EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

#### 4.1 EQUIPOS PARA LA PREPARACIÓN DE LOS ESPECIMENES

- 4.1.1 Molde ensamblado para Especímenes, moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión cumplirán con los detalles mostrados en la Figura 1.
- 4.1.2 Extractor de Especímenes, Tendrá un disco de acero que encajará en el molde sin doblarse y no será menor de 100 mm de diámetro y 12,5 mm de espesor. El disco de acero es empleado para extraer los especímenes compactados de los moldes con el uso del collar del molde. Cualquier dispositivo adecuado de extracción tal como una gata hidráulica puede ser empleado, de tal manera que el espécimen no se deforme durante el proceso de extracción.
- 4.1.3 Martillos de Compactación:

- 4.1.3.1 Martillos de Compactación con manubrio sostenido manualmente (tipo I) ó manubrio fijo (Tipo 2), ya sea operado mecánicamente ó a mano como se muestra en la Figura 2, tendrá un pie de compactación plano con un tornillo y una masa deslizante de  $4,54 \pm 0,01$  kg con caída libre de  $457,2 \pm 1,5$  mm (ver la Figura 2 para tolerancias en los martillos). Un martillo mecánico se muestra en la Figura 2.

**Nota 2.** Los martillos manuales de compactación deberán ser equipados con una protección de seguridad para los dedos.

- 4.1.3.2 Martillo de Compactación con Manubrio Fijo, con sobrecarga en la parte superior del manubrio, base de rotación constante y operado mecánicamente (Tipo 3), deberá tener la cara circular de apisonado y un peso deslizante de  $4,54 \pm 0,01$  kg con una caída libre de  $457,2 \pm 1,5$  mm. Posee un mecanismo de rotación en la base. La velocidad de rotación de la base y la razón de golpes será de 18 a 30 rpm y  $64 \pm 4$  golpes por minuto respectivamente. **Nota 3.** El aparato para martillo Marshall tipo 3 está disponible en versiones con más de un martillo. La operación múltiple de varios martillos afectará



arativos se obtendrán compactando todos los especímenes con el mismo martillo y sin la operación de ningún otro.

- 4.1.3.3 Pedestal de Compactación, Consistirá de un poste de madera de 203,2 por 203,2 mm, aproximadamente de 457 mm de largo cubierto con una placa de acero aproximadamente de 304,8 mm por 304,8 mm y 25,4 mm de grosor. Este podrá ser de roble, pino amarillo u otra madera que tenga un promedio de densidad de 670 a 770 kg/m<sup>3</sup>. El poste de madera estará asegurado por pernos a través de 4 ángulos a un bloque de concreto. La placa de acero deberá estar firmemente fijada al poste. El pedestal ensamblado será instalado de tal manera que el poste esté a plomo y la placa nivelada.
- 4.1.3.4 Sostén de Molde para Espécimen, En compactadores de martillo simple, el sostén estará montado sobre el pedestal de compactación de tal manera que el molde de compactación quede centrado con el pedestal de compactación. Los sostenedores de moldes de compactadores multimartillos necesariamente no estarán centrados. Los sostenedores mantendrán el molde de compactación, el collar y la placa de base asegurados y en posición durante la compactación del espécimen.
- 4.1.3.5 Hornos, cacerolas para calentado ó placas calentadoras, Los hornos serán de aire circulante ó termostáticamente controlados, las cacerolas de calentamiento y las placas calentadoras serán proveídos para calentar los agregados, el material bituminoso, los moldes de especímenes, martillos de compactación y otros equipos a 3°C de las temperaturas requeridas para el mezclado y la compactación. Protecciones adecuadas ó baños de arena se emplearán sobre la superficie de las placas calentadoras para minimizar el sobrecalentamiento local.
- 4.1.4 Molde ensamblado para Especímenes, moldes cilíndricos, placas de base y collarines de extensión cumplirán con los detalles mostrados en la Figura 1.
- 4.1.4.1 Aparatos de Mezclado, Se recomienda el mezclado mecánico. Cualquier tipo de mezclador mecánico puede ser empleado siempre y cuando la mezcla se mantenga a la temperatura de mezclado requerida y se produzca una mezcla homogénea y bien cubierta en la cantidad requerida y en un tiempo pertinente, así también que permita que toda la mezcla sea recuperada. Una bandeja de metal ó bolo de suficiente capacidad para el mezclado a mano puede ser empleado.
- 4.1.4.2 Contenedores para Calentamiento de Agregados, Bandejas de metal de fondo plano, ú otros adecuados.
- 4.1.4.3 Contenedores cubiertos para calentar material bituminoso, ya sean latas tipo gill, vasos, potes de vaciado ú otras bandejas podrán ser empleadas.
- 4.1.4.4 Herramientas de mezclado, consistirán de cucharones de acero (cucharón de punta Mason con la punta redondeada), cucharas ó espátulas para batido y mezclado a mano.
- 4.1.4.5 Termómetros calibrados, Para determinar temperaturas de agregados, bitumen y mezclas bituminosas. Termómetros del tipo de vidrio ó de dial con armazones de metal se recomiendan. Se requieren en un rango de 10 a 200 °C con sensibilidad de 3°C.
- 4.1.4.6 Balanza, con aproximación al menos de 0,1 g para las bachadas de mezcla.
- 4.1.4.7 Guantes, para maniobrar el equipo caliente.
- 4.1.4.8 Crayones de marcado, para identificar los especímenes.
- 4.1.4.9 Cucharón de base plana para bache los agregados.
- 4.1.4.10 Cuchara larga para colocar la mezcla en el molde de especímenes.
- 4.2. EQUIPOS PARA EL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO
- 4.2.1 Cabezal de Ruptura (ver Figura 3)
- 4.2.2 Máquina de Carga a Compresión (ver Figura 4).



- 4.2.4 Medidor de Flujo.
- 4.2.5 Baño de Agua (precisión de  $\pm 1^\circ\text{C}$ ).
- 4.2.6 Horno, capaz de mantener la temperatura especificado  $\pm 1^\circ\text{C}$ .
- 4.2.7 Baño de Aire, para el caso de mezclas con asfaltos líquidos deberá ser automáticamente controlado y mantendrá la temperatura del aire a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ .
- 4.2.8 Termómetros, con precisión de  $0,2^\circ\text{C}$ .

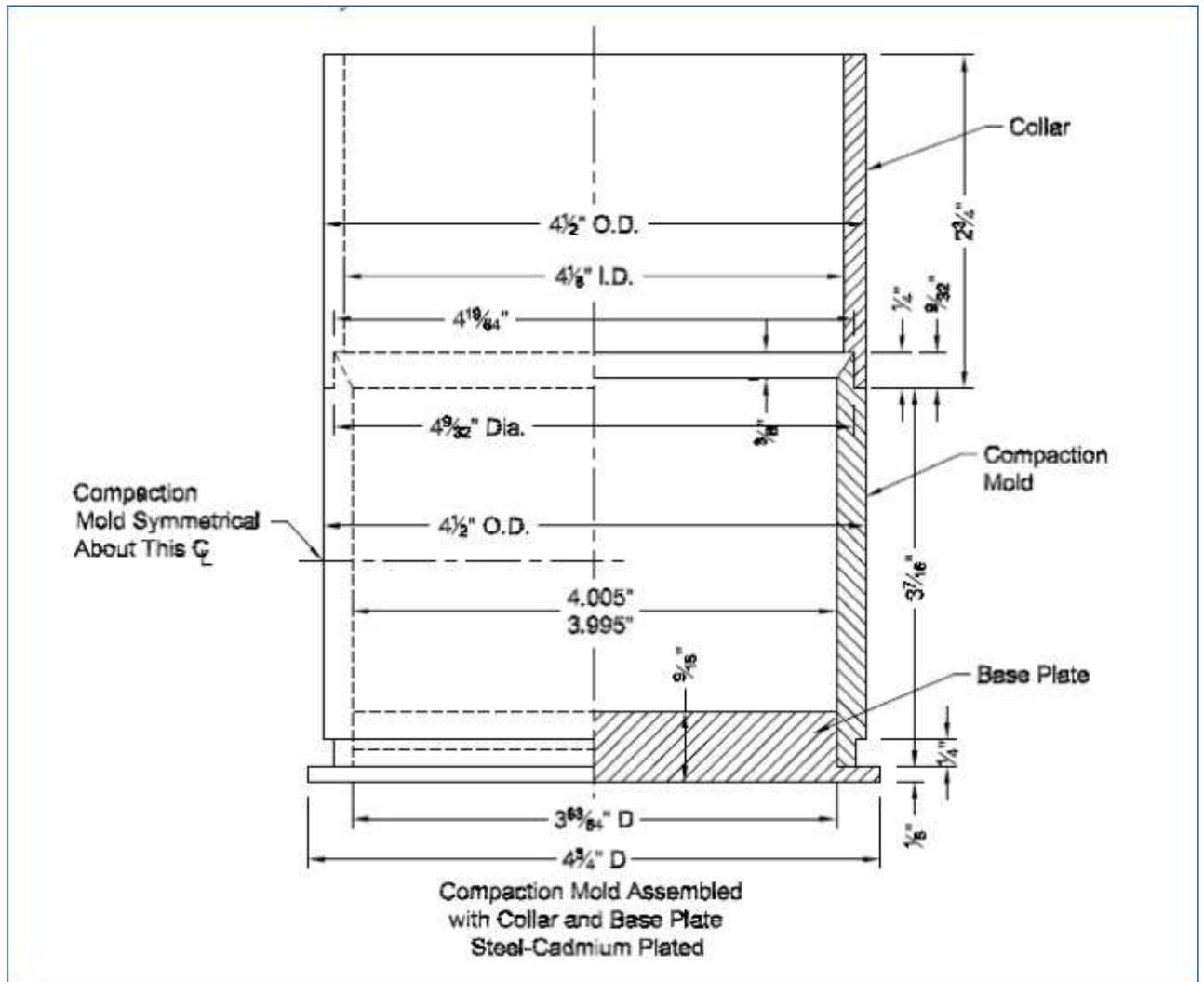


Figura 1. Molde de Compactación

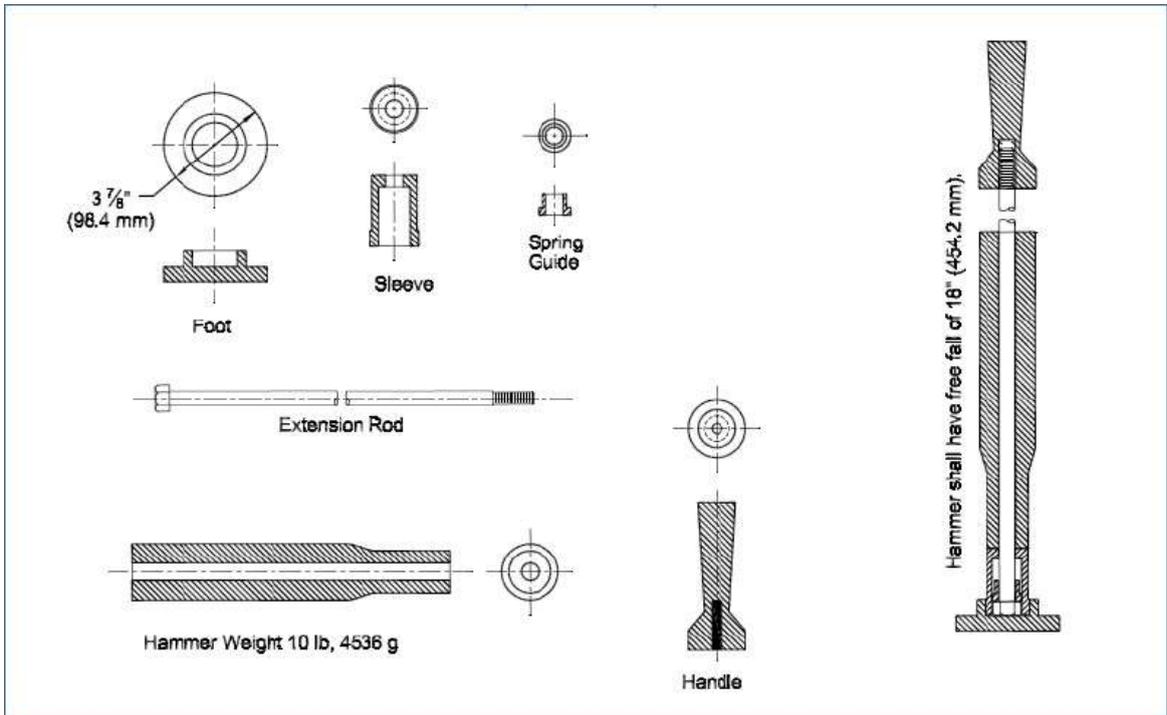


Figura 2. Martillo de Compactación

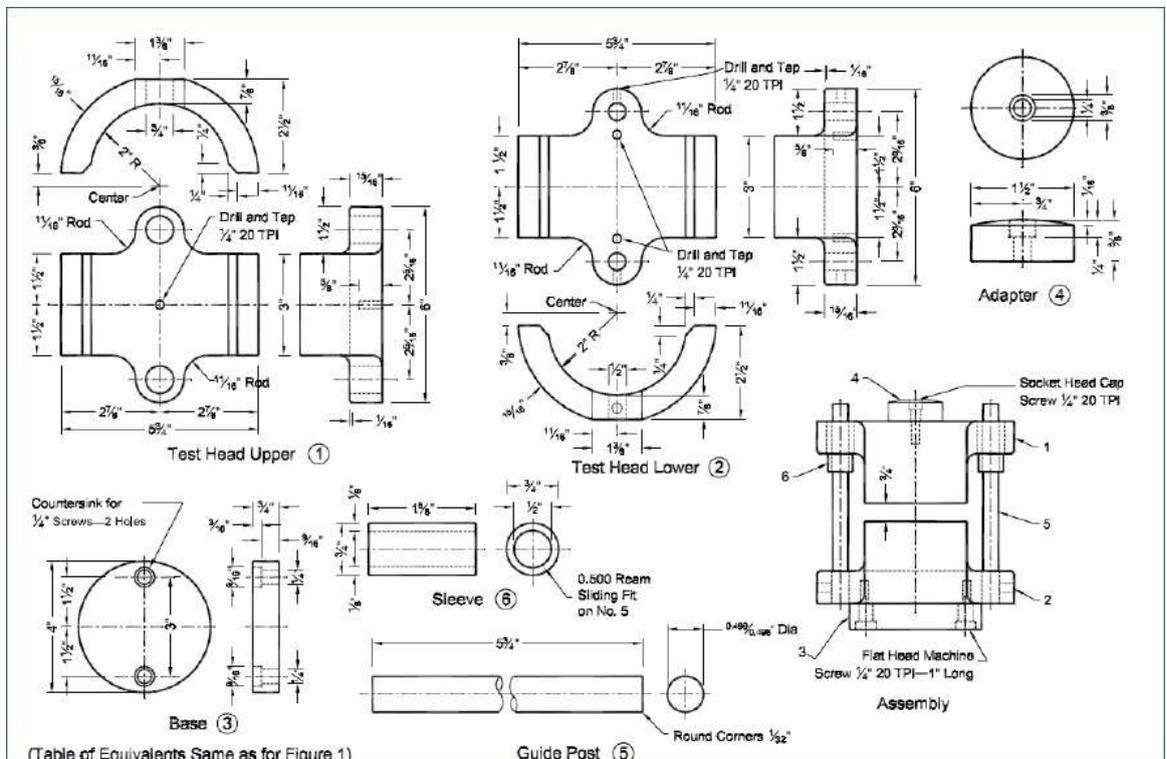


Figura 3. Cabezal de Rotura

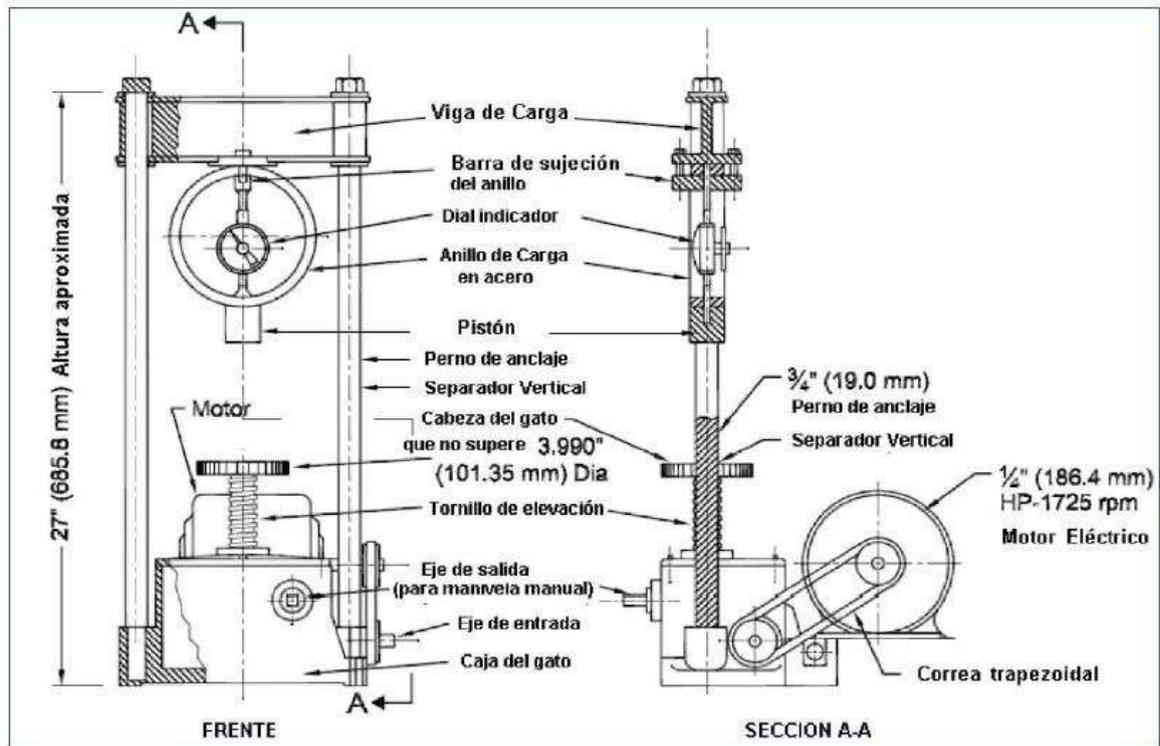


Figura 4. Máquina de Carga a Compresión

## 5. MUESTRA

5.1 No existe información al respecto para este método.

## 6. PROCEDIMIENTO

6.1 Especímenes de Ensayo.

6.1.1 Preparación de Agregados, Secar los agregados a peso constante. El secado en horno será hecho de 105 °C a 110 °C. Después del secado, separa los agregados por tamizado en seco en las fracciones deseadas. Las fracciones mínimas siguientes son las recomendadas:

- 25 a 19 mm (1 a ¾ pulg)
- 19 a 12,5 mm (¾ a ½ pulg)
- 12,5 a 9,5 mm (½ a 3/8 pulg)
- 9,5 a 4,75 mm (3/8 a N°4)
- 4,75 a 2,36 mm (N°4 a N°8)
- 2,36 mm (pasante la N°8)

6.1.2 Determinación de temperaturas de mezcla y compactación:

6.1.2.1 El cemento asfáltico empleado en preparar las muestras será calentado para producir viscosidades de  $0,17 \pm 0,02$  Pa.s y  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s para mezclado y compactado respectivamente. Un ejemplo de una carta viscosidad temperatura se da en la Figura 2 de D 2493.

**Nota 4.** La selección de las temperaturas de compactación y mezclado a viscosidades de  $0,17 \pm 0,02$  Pa.s y  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s, respectivamente no aplican a asfaltos modificados. El usuario contactará con el productor para establecer los rangos apropiados de temperaturas de compactación y mezclado.

6.1.2.2 Mezclas con Asfaltos Cut back, La temperatura a la cual un asfalto cut back será calentado para producir una viscosidad de 0,17 a 0,02 Pa.s será la temperatura de mezcla. La temperatura de compactación para mezcla de asfalto cut back se selecciona empleando una carta viscosidad versus porcentaje de solvente para asfaltos cut back. De la carta compuesta determine el porcentaje de solvente del asfalto cut back por peso a partir de su viscosidad a 60°C después que este haya perdido el 50% de su solvente (para asfaltos de curado medio y rápido) ó 20% de su solvente (para asfaltos de curado lento). La temperatura de compactación se determina de la carta viscosidad temperatura como aquella a la cual el asfalto cut back debe ser calentado para producir una viscosidad de  $0,28 \pm 0,03$  Pa.s después de la pérdida de la cantidad especificada de solvente original.

6.1.2.3 Mezclas de Pavimentación Recompactadas, Los materiales obtenidos de un pavimento existente serán calentados en recipientes cubiertos en horno a 3°C de la temperatura de compactación deseada. El calentamiento durará lo suficiente como para obtener la temperatura deseada. Si la temperatura de compactación para una mezcla específica no se conoce, la experiencia ha mostrado que estas mezclas serán compactadas una temperatura entre 120 °C a 135 °C. Durante la preparación para el calentamiento a temperatura de compactación el material será calentado y trabajado hasta una condición de mezcla suelta. Cualquier agregado roto podrá ser removido. La estabilidad de mezclas recalentadas y recompactadas de pavimentos existentes es común que sea más alta que la original debido al endurecimiento del asfalto en servicio. El proceso de recalentamiento solo tendrá una menor influencia en el endurecimiento del asfalto.

#### 6.1.3 Preparación de la Mezcla

6.1.3.1 Los especímenes podrán ser preparados de bachadas solas ó de bachadas múltiples que contengan suficiente material para tres ó cuatro especímenes.

6.1.3.2 Pesar en contenedores separados la cantidad de cada fracción de agregado requerida para producir una bachada que resultará en una, dos, tres o cuatro especímenes compactados de  $63,5 \pm 2,5$  mm de altura (cerca de 1200, 2400, 3600 ó 4800 g respectivamente). Colocar los agregados de las bachadas en contenedores sobre una placa de calentamiento ó en horno y calentar a temperatura por encima de, pero sin exceder la temperatura de mezcla establecida en 6.1.2 por más de 28 °C para mezclas con cemento asfáltico y brea y 14 °C para mezclas con asfaltos cut back. Cargar el contenedor de la mezcla con el agregado caliente y mezclar en seco con cuchara (por 5 s, aprox.) con cuchara ó pala. Formar un cráter en el agregado mezclado seco y pese la cantidad requerida de material bituminoso a la temperatura de mezcla dentro de la mezcla. Para mezclas preparadas con asfaltos cut back introducir la espátula en el bowl de mezclado y determinar el peso total de los componentes de la mezcla más el bowl y la espátula antes de proceder con el mezclado. Se debe ejercer cuidado para prevenir la pérdida de la mezcla durante el mezclado y el subsecuente manipuleo. En este punto la temperatura de la mezcla deberá estar entre los límites de aquella determinada en 6.1.2. Mezclar los agregados y el material bituminoso rápidamente hasta que estén cubiertos totalmente por 60 s para bachadas simples y por 120 s para bachadas para especímenes múltiples.

6.1.3.3 Acondicionar las bachadas simples en contenedores de metal cubiertos en horno a 8 °C a 11 °C por encima de la temperatura de compactación establecida en 6.1.2 para un mínimo de 1 h y máximo de 2 h.

6.1.3.4 Para muestras de múltiples bachadas, colocar la bachada total en una superficie limpia no absorbente. Mezcle a mano para asegurar uniformidad y cuartear a un tamaño de muestra para conformar el espécimen de altura requerida. Para cementos asfálticos y alquitrán poner las muestras en contenedores de metal cubiertos y en un horno ventilado a la temperatura establecida en 6.1.3.2



para acondicionarlos por espacio mínimo de 1 h y máximo de 2 h. Curar la mezcla de asfalto cut back en el bowl de mezclado en un horno ventilado mantenido aproximadamente a 11 °C por encima de la temperatura de compactación. El curado debe ser continuado en el bowl de mezclado hasta una pérdida precalculada de 50% en peso del solvente. La mezcla puede ser batida en el bowl de mezclado durante el curado para acelerar la pérdida de solvente. Sin embargo, se debe tener cuidado para prevenir la pérdida de mezcla. Pesar la mezcla durante el curado intervalos consecutivos de 15 min inicialmente y menos de 10 min conforme se aproxima al peso de la mezcla con el 50% de pérdida de solvente.

6.1.3.5 Otros materiales bituminosos ó producidos en planta pueden requerir técnicas especiales de curado. **Nota 5.** Calentar las mezclas por un período de tiempo antes de la compactación puede resultar en especímenes que tengan propiedades diferentes de aquellos que son compactados inmediatamente después de su mezclado (el criterio Marshall Original está basado en un procedimiento sin curado).

6.1.4 Compactación de los Especímenes:

6.1.4.1 Limpiar completamente el molde ensamblado y la cara del martillo de compactación y calentarlos ambos en agua hirviendo en horno ó en una placa calentadora a temperatura entre 90 y 150 °C. Colocar un pedazo de papel no absorbente cortado del tamaño de la base del molde antes de introducir la mezcla. Colocar la mezcla en el molde, chusear vigorosamente la mezcla con una espátula calentada 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces en el interior. Colocar otra pieza de papel no absorbente para que encaje en la parte superior de la mezcla. La temperatura de la mezcla inmediatamente antes de la compactación deberá estar entre los límites de las temperaturas de compactación establecida en 6.1.2.

6.1.4.2 Colocar el molde ensamblado en el pedestal de compactación con el sujetador y aplicar el número requerido de golpes con el martillo especificado de compactación. Remover la placa de base y el collar y voltear y reensamble el molde. Aplicar el mismo número de golpes de compactación en la cara reversa del espécimen. Después de la compactación, remover el collar y la placa de base. Permitir que el espécimen se enfríe lo suficiente para prevenir algún daño y extraer el espécimen de su molde. El enfriar los especímenes en el molde puede ser facilitado por su inmersión en agua fría. Para facilitar la extracción, el molde y el espécimen pueden ser brevemente sumergido en agua en un baño de agua caliente para calentar el molde de metal y reducir la distorsión del espécimen. Cuidadosamente transfiera el espécimen a una superficie suave y plana y permita que se enfríen a temperatura de sala (puede ser toda la noche). Se puede emplear también un ventilador para facilitar el enfriado.

6.1.4.3 Cuando se lleva a cabo la compactación con el martillo operado manualmente, coger el eje del martillo con la mano tan cerca de la perpendicular de la base del molde ensamblado como sea posible. En este procedimiento original Marshall ningún aparato mecánico de cualquier tipo debe ser empleado para restringir el manubrio del martillo en posición vertical durante la compactación.

**Nota 6.** El vástago del martillo debe ser limpiado y aceitado ligeramente.

6.1.5 Ensayo de Estabilidad y Flujo.

6.1.5.1 Se ensayarán un mínimo de 03 especímenes que tendrán el mismo tipo de agregado, calidad y gradación, el mismo tipo y cantidad de filler, y la misma fuente de ligante, grado y cantidad. Además tendrán la misma preparación: temperatura, compactación y enfriamiento.

6.1.5.2 Los especímenes deberán enfriarse a temperatura ambiente después de la compactación. Durante el enfriamiento serán colocados sobre una superficie suave y plana. Se determinará el peso específico bulk de cada espécimen por el método D2726. Los pesos específicos bulk de los



Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

ntro de  $\pm 0,020$  del promedio tal como se

- 6.1.5.3 Medir el espesor de los especímenes de acuerdo a MTC E 507.
- 6.1.5.4 Los especímenes podrán acondicionarse para su ensayo tan pronto alcancen la temperatura ambiente. Los ensayos se completarán dentro de las 24 h de haberse compactado los especímenes. Llevar los especímenes a la temperatura especificada por inmersión en agua de 30 a 40 min. Ó colocarlos en horno de 120 a 130 min.
- 6.1.5.5 Mantener el baño u horno a  $60 \pm 1$  °C para cemento asfáltico,  $49 \pm 1$  °C para alquitrán con caucho y  $38 \pm 1$  °C para alquitrán.
- 6.1.5.6 Llevar los especímenes preparados con asfalto líquido a temperatura colocándolos en el baño de aire por 120 a 130 min. Mantener el baño de aire a  $25 \pm 1$ °C.
- 6.1.5.7 Limpiar completamente las líneas guías y el interior de las superficies del cabezal antes de ejecutar el ensayo. Lubricar las líneas guías de tal manera que el segmento superior del cabezal se deslice libremente sobre ellas. El cabezal deberá estar a temperatura de 20 a 40 °C. Si se emplea el baño de agua, limpiar el exceso de agua del interior de los segmentos del cabezal.
- 6.1.5.8 Remover un espécimen del agua, horno ó baño de aire (en caso del baño de agua remover el exceso con una toalla) y colocarlo en el segmento inferior del cabezal. Colocar el segmento superior sobre el espécimen y colocar el conjunto completo en la máquina de carga. Si se usa, colocar el flujómetro en posición sobre una de las líneas guías y ajustarlo acero mientras se sostiene firmemente contra el segmento superior del cabezal mientras el ensayo se está ejecutando. El tiempo desde la remoción del espécimen del baño a la determinación de la carga máxima no debe exceder los 30 segundos. Aplicar la carga al espécimen por medio de una razón constante de 50 mm/min. Hasta que la carga decrezca según lo indique el dial de carga. Registrar la máxima carga indicada en la máquina de carga ó convertirla de la lectura máxima del dial micrómetro como estabilidad Marshall. Liberar el flujómetro ó anotar la lectura del dial micrómetro en el instante en que la máxima carga empieza a decrecer. El valor del flujo normalmente se da en unidades de 0,25 mm. Este procedimiento pueda que requiera de dos personas para conducir el ensayo y registrar los datos.

## 7. CÁLCULOS E INFORME

### 7.1 CÁLCULOS

- 7.1.1 Los especímenes moldeados en laboratorio deberán satisfacer los requerimientos de espesor de  $63,5 \pm 2,5$  mm. Los especímenes dentro de la tolerancia de espesor pueden ser corregidos basados en el volumen del espécimen. Las estabilidades determinadas en núcleos extraídos de campo con amplios rangos de variación de espesor también serán corregidas. Sin embargo, los resultados con correcciones mayores deberán ser empleados con precaución. Ver la tabla 1 para los factores de corrección. La razón de correlación es empleada de la siguiente manera:

$$A = B \times C$$

Dónde:

A = Estabilidad corregida.

B = Medida de la estabilidad (carga).

C = Razón de correlación de la tabla 1.

### 7.2 INFORME

- 7.2.1 Identificación de la muestra (número, si es mezcla de laboratorio ó de planta ó núcleo del pavimento).
- 7.2.2 Tipo de material bituminoso, fuente y grado.
- 7.2.3 Tipos de agregado, fuente y gradación.

7.2.4 Tipo y tiempo de curado antes de la compactación.

7.2.5 Tipo de martillo (sostenido manualmente, ó fijo, mecánicamente ó manualmente operado, pie de



7.2.7 Temperatura de mezclado.

7.2.8 Temperatura de Compactación.

7.2.9 Tipo y tiempo de curado.

7.2.10 Peso específico bulk individual y promedio.

7.2.11 Altura de cada espécimen de prueba en milímetros aproximación de 0,25 mm.

7.2.12 Valores individuales y promedio de la estabilidad Marshall (corregidos y sin corregir, si se requiere) aproximación de 50 N.

7.2.13 Valores individuales y promedio del flujo Marshall en unidades de 0,25 mm.

7.2.14 Temperatura del Ensayo de estabilidad y flujo.

**TABLA 1. Factores de Estabilidad de Correlación <sup>a</sup>**

Volumen del espécimen, cm <sup>3b</sup>	Espesor del espécimen <sup>a</sup>		Razón de la Correlación
	mm	Pulg	
200 - 213	25,4	1,00 (1)	5,56
214 - 225	27	1,06 (1 1/16)	5
226 - 237	28,6	1,12 (1 1/8)	4,55
238 - 250	30,2	1,19 (1 3/16)	4,17
251 - 264	31,8	1,25 (1 1/4)	3,85
265 - 276	33,3	1,31 (1 5/16)	3,57
277 - 289	34,9	1,38 (1 3/8)	3,33
290 - 301	36,5	1,44 (1 7/16)	3,03
302 - 316	38,1	1,50 (1 1/2)	2,78
317 - 328	39,7	1,56 (1 9/16)	2,5
329 - 340	41,3	1,62 (1 5/8)	2,27
341 - 353	42,9	1,69 (1 11/16)	2,08
354 - 367	44,4	1,75 (1 3/4)	1,92
368 - 379	46	1,81 (1 13/16)	1,79
380 - 392	47,6	1,88 (1 7/8)	1,67
393 - 405	49,2	1,94 (1 15/16)	1,56
406 - 420	50,8	2,00 (2)	1,47
421 - 431	52,4	2,06 (2 1/16)	1,39
432 - 443	54	2,12 (2 1/8)	1,32
444 - 456	55,6	2,19 (2 3/16)	1,25
457 - 470	57,2	2,25 (2 1/4)	1,19
471 - 482	58,7	2,31 (2 5/16)	1,14
483 - 495	60,3	2,38 (2 3/8)	1,09
496 - 508	61,9	2,44 (2 7/16)	1,04
509 - 522	63,5	2,50 (2 1/2)	1
523 - 535	65,1	2,56 (2 9/16)	0,96
536 - 546	66,7	2,62 (2 5/8)	0,93
547 - 559	68,3	2,69 (2 11/16)	0,89
560 - 573	69,8	2,75 (2 3/4)	0,86
574 - 585	71,4	2,81 (2 13/16)	0,83
586 - 598	73	2,88 (2 7/8)	0,81
599 - 610	74,6	2,94 (2 15/16)	0,78
611 - 626	76,2	3,00 (3)	0,76

<sup>a</sup> Mide la estabilidad del espécimen multiplicado por la relación para el espesor de la muestra es igual a la estabilidad corregida para 2 .” (63,5 mm) del espécimen.

<sup>b</sup> La relación Volumen-espesor se basa en un diámetro de la probeta de 4” (101,6 mm)

## 8. PRECISIÓN Y DISPERSIÓN

### 8.1 PRECISIÓN

No se aplica una regla de precisión para esta práctica. Los especímenes deberán ser aceptados ó rechazados por otros ensayos basados en requerimientos del criterio que está siendo aplicado. Para la

determinación de la estabilidad y flujo Marshall de acuerdo a la Práctica D 6926, emplee solo aquellos especímenes replicados que tienen peso específico bulk dentro de  $\pm 0,02$  de su promedio. **Nota 7.** Para dos especímenes preparados por laboratorios participantes en un programa de ensayo AMRL, un solo operador 1s y la deferencia aceptable de dos resultados, d2s, para el peso específico bulk fue de 0,007 y 0,020 respectivamente. Los resultados de estos ensayos se encuentran disponibles como un reporte de investigación.

**ANEXO N° 5**

**SECCIÓN 423 – PAVIMENTO  
ASFÁLTICO EN CALIENTE**

## SECCIÓN 423 – PAVIMENTO ASFÁLTICO EN CALIENTE

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

La gradación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC) deberá responder a algunos de los husos granulométricos, especificados en la Tabla 423-03. Alternativamente pueden emplearse las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 e Instituto del Asfalto.

Tabla 423-03

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

#### a) Filler o polvo mineral

El filler o relleno de origen mineral, que sea necesario emplear como relleno de vacíos, espesante del asfalto o como mejorador de adherencia al par agregado-asfalto, podrá ser de preferencia cal hidratada, que deberá cumplir la norma AASHTO M-303.

La cantidad a utilizar se definirá en la fase de diseños de mezcla según el Método Marshall.

#### b) Cemento asfáltico

El Cemento Asfáltico deberá cumplir con lo especificado en la Subsección 415.02 (b) y los equivalentes al PG (Grado de Comportamiento-AASHTO

#### c) Fuentes de provisión o canteras

Se aplica lo indicado en la Subsección 415.04. Adicionalmente el Supervisor deberá aprobar los yacimientos de los agregados, relleno mineral de aportación y cemento asfáltico, antes de procederse a la entrega de dichos materiales.

**ANEXO N° 6**  
**PANEL**  
**FOTOGRAFICO**



**FOTO N° 1: ENSAYO DE GRANULOMETRÍA**



**FOTO N° 2: ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA**



**FOTO N° 3: CONTENIDO DE HUMEDAD**



**FOTO N°4: TAMIZADO DE FILLER POR MALLA N° 200**



**FOTO N° 5: MEZCLADO DE MATERIALES EN ESTUFA**



**FOTO N° 6: INCORPORACIÓN DE CAUCHO A MEZCLA MODIFICADA**



**FOTO N° 7: COMPACTACIÓN DE BRIQUETAS**



**FOTO N° 8: DETERMINACIÓN DE PESO DE BRIQUETA SUMERGIDA EN AGUA**



**FOTO N° 9: COLOCACIÓN DE BRIQUETAS EN EL APARATO MARSHALL**



**FOTO N° 10: ENSAYO DE BRIQUETAS CON EL APARATO MARSHALL**



**FOTO N° 11: ETIQUETADO DE BRIQUETAS**



**FOTO N° 12: ENUMERACIÓN DE BRIQUETAS**