



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL**

“Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica  
convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021”

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

**AUTORES:**

Llactas Aguilar, José Miguel (ORCID: [0000-0001-9056-5125](https://orcid.org/0000-0001-9056-5125))

Velásquez Campos, Manuel (ORCID: [0000-0003-1958-5873](https://orcid.org/0000-0003-1958-5873))

**ASESOR:**

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID: [0000-0001-6774-8839](https://orcid.org/0000-0001-6774-8839))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

El presente trabajo lo dedicamos a nuestros padres que simplemente nos hacen llenar de orgullo, confianza y valor y no va haber manera de devolverles lo mucho que me han dado durante toda nuestra vida. Este trabajo es un logro más que llevamos a cabo, y sin lugar a dudas ha sido en gran parte gracias a ustedes.

Le damos nuestras sinceras gracias amados padres

## **Agradecimiento**

A la Universidad César Vallejo, en especial a nuestra querida Facultad de Ingeniería y Arquitectura, por todo el soporte académico y técnico impartido durante nuestra estadía en sus flamantes instalaciones. A cada uno de nuestros maestros por ser esa brújula propulsora de la curiosidad, el conocimiento y la sabiduría en nosotros, sus alumnos.

Agradecemos infinitamente a cada uno del personal que conforma la empresa INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C, por el compromiso y apoyo a esta investigación en sus instalaciones, y por el financiamiento de la misma, facilitando nuestro trabajo, poniendo a nuestra disposición todos los recursos posibles.

Autores

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	20
3.2 Variables y operacionalización.....	20
3.3 Población, muestra y muestreo.....	21
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5 Procedimientos .....	23
3.6 Métodos de análisis de datos.....	24
3.7 Aspectos éticos.....	24
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES.....	54
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS .....	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Composición de neumáticos de camiones y automóviles</i> .....	11
<b>Tabla 2.</b> <i>Gradación para mezcla asfáltica caliente (MAC)</i> .....	12
<b>Tabla 3.</b> <i>Requisitos para mezcla asfáltica en caliente</i> .....	16
<b>Tabla 4.</b> <i>Porcentaje mínimo de vacíos en el agregado mineral</i> .....	16
<b>Tabla 5.</b> <i>Cantidad de briquetas para hallar el contenido óptimo de asfalto y caucho</i> .....	21
<b>Tabla 6.</b> <i>Cantidad de briquetas para determinar los parámetros de diseño Marshall</i> .....	22
<b>Tabla 7.</b> <i>Cantidad de briquetas para determinar los parámetros de caracterización y desempeño de mezclas asfálticas</i> .....	22
<b>Tabla 8.</b> <i>Instrumentos de medición</i> .....	24
<b>Tabla 9.</b> <i>Selección del tipo de cemento asfáltico en función a la temperatura de la ciudad</i> .....	25
<b>Tabla 10.</b> <i>Reporte de análisis del cemento asfáltico PEN 60/70</i> .....	26
<b>Tabla 11.</b> <i>Análisis granulométrico por tamizado de polvo de caucho</i> .....	27
<b>Tabla 12.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino</i> .....	28
<b>Tabla 13.</b> <i>Resultados de análisis granulométricos del agregado mineral grueso</i>	29
<b>Tabla 14.</b> <i>Combinación de agregados para mezcla asfáltica en caliente</i> .....	30
<b>Tabla 15.</b> <i>Resultados de diseño Marshall de la mezcla asfáltica convencional – requerimientos EG – 2013</i> .....	35
<b>Tabla 16.</b> <i>Combinación de agregados con 0.4% de caucho reciclado</i> .....	36
<b>Tabla 17.</b> <i>Combinación de agregados con 0.8% de caucho reciclado</i> .....	36
<b>Tabla 18.</b> <i>Combinación de agregados con 1.2% de caucho reciclado</i> .....	37
<b>Tabla 19.</b> <i>Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas</i> .....	37
<b>Tabla 20.</b> <i>Resultados del ensayo Marshall incorporando diferentes porcentajes de caucho por vía seca</i> .....	38
<b>Tabla 21.</b> <i>Análisis de costo unitario de la carpeta asfáltica e=2” con diferentes porcentajes de caucho reciclado</i> .....	50

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Fibras de caucho reciclado. Bocci y Prospero (2019). .....	10
Figura 2. Proceso de fabricación de asfalto modificado con caucho reciclado por vía seca. Adaptado de Granados (2017).....	19
Figura 3. Modelo de investigación experimental. ....	20
Figura 4. granulometría de caucho reciclado utilizado en la elaboración de la mezcla asfáltica modificada.....	27
Figura 5. Representación gráfica de la curva granulométrica de la combinación de agregado grueso y fino.....	31
Figura 6. Variación de la densidad con relación al porcentaje de cemento asfáltico. ....	32
Figura 7. Variación de vacíos de aire respecto al porcentaje de asfalto. ....	32
Figura 8. Variación de vacíos del agregado mineral con relación al cemento asfáltico. ....	32
Figura 9. Variación de vacíos llenos de cemento asfáltico respecto al porcentaje de cemento asfáltico. ....	33
Figura 10. Variación de flujo respecto al porcentaje de cemento asfáltico. ....	33
Figura 11. Variación de la estabilidad respecto al porcentaje de cemento asfáltico. ....	34
Figura 12. Variación de índice de rigidez respecto al porcentaje de cemento asfáltico. ....	34
Figura 13. Variación de la densidad de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón. ....	39
Figura 14. Variación de la estabilidad en kN de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón. ....	40
Figura 15. Variación de la estabilidad en kg de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón. ....	41
Figura 16. Variación del flujo de la mezcla asfáltica modificado con caucho respecto al diseño patrón. ....	42
Figura 17. Resultados de vacíos de aire de las mezclas modificadas con caucho respecto al diseño patrón a 165°C. ....	43
Figura 18. Resultados de los vacíos en el agregado mineral sin y con caucho a 165°C. ....	44
Figura 19. Resultado de vacíos llenos de cemento asfáltico en mezclas con porcentajes de caucho y diseño patrón a 165°C. ....	45

Figura 20. Resultado de la relación entre la estabilidad y flujo en la mezcla patrón y con porcentajes de caucho a 165°C.....	46
Figura 21. Resultado de la Resistencia a la compresión en la mezcla patrón y con porcentajes de caucho a 165°C. ....	47
Figura 22. Resultado de la Resistencia conservada a la tracción indirecta de la mezcla patrón y con porcentajes de caucho. ....	48
Figura 23. Resultado del ensayo cántabro.....	49

## Resumen

La presente investigación es de diseño experimental y enfoque cuantitativo, tiene como título “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado”. Una de los problemas en el Perú es el tráfico, creó la necesidad de estructuras en pavimentos con mejores propiedades mecánicas, para ello en el presente proyecto de investigación se utilizó un agente modificador que es el caucho, ya que este aditivo al ser agregado al asfalto desarrolla el comportamiento resiliente de las mezclas. Es por ello que el presente proyecto, tiene como objetivo general evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado. En el laboratorio fueron hechos las briquetas con granos de caucho, agregados finos y gruesos y cemento asfáltico, los cuales fueron analizadas según las normas establecidas en la EG-2013 y para obtener los resultados del análisis se empleó el método Marshall. Mediante estos análisis muestran una mejora en el comportamiento de las propiedades de la mezcla asfáltica, Ante ello concluimos que la incorporación de 0.8% de caucho tuvo mejores resultados con el Método Marshall y con 0.4% de caucho tuvo mejor comportamiento en la resistencia al daño inducido por la humedad, mayor resistencia a la pérdida por desgaste. Esto se traduce en el incremento de la vida útil de la estructura de un pavimento, menor costo de mantenimiento, reducción del impacto negativo de las infraestructuras de transporte y al medio ambiente.

**Palabra Clave:** Mezcla asfáltica modificada, Caucho reciclado, proceso por vía seca, propiedades mecánicas, incorporación de caucho reciclado.



## **Abstract**

The present investigation is of experimental design and quantitative approach, its title is "Analysis of the mechanical properties of the conventional hot mix asphalt incorporating recycled rubber." One of the problems in Peru is traffic, it created the need for pavement structures with better mechanical properties, for this in this research project a modifying agent was used, which is rubber, since this additive when added to asphalt develops the resilient behavior of mixtures. That is why the present project has the general objective of evaluating the behavior of the mechanical properties of the conventional hot mix asphalt incorporating recycled rubber. In the laboratory, the briquettes were made with rubber grains, fine and coarse aggregates and asphalt cement, which were analyzed according to the standards established in EG-2013 and the Marshall method was used to obtain the results of the analysis. Through these analyzes, they show an improvement in the behavior of the properties of the asphalt mixture. In view of this, we conclude that the incorporation of 0.8% of rubber had better results with the Marshall Method and with 0.4% of rubber it had better behavior in resistance to induced damage. due to humidity, greater resistance to loss due to wear. This translates into an increase in the useful life of a pavement structure, lower maintenance costs, and a reduction in the negative impact of transport infrastructures and the environment.

**Keywords:** Modified asphalt mix, Recycled rubber, dry process, mechanical properties, incorporation of recycled rubber.

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del tráfico en el Perú creó situaciones de necesidad de estructuras en pavimentos con mejores propiedades mecánicas. Para conseguirlo se han utilizado distintos materiales y técnicas con el fin de optimizar los rendimientos del asfalto (Mantilla y Castañeda, 2019, p. 257). Muchas de estas investigaciones ejecutadas en el área de los asfaltos modificados hacen uso de agentes modificadores como polímeros, plásticos o cauchos; estos aditivos al ser incorporados al asfalto desarrollan el comportamiento resiliente de las mezclas. El caucho es un aditivo de tipo polímero que generalmente contribuye al incremento de la resistencia mecánica (Rondón y Reyes, 2011, p. 28).

Por otro lado, los usos de materiales no biodegradables fueron y son una preocupación a nivel mundial, como países de EE. UU, España y Francia han realizado investigaciones con el objetivo de reciclar materiales como llantas, vidrios y polietileno lo que ha promovido el desarrollo de normativas resultados de dichas investigaciones (Figuroa et al, 2007, p.5). La problemática ambiental mostró que existe un porcentaje de los residuos sólidos provenientes de los desechos plásticos como el caucho, estos desechos impactan de forma negativa al ambiente, contaminando principalmente el aire, ya que generalmente son incinerados al aire libre o utilizados como fuente de energía alterna (Vargas, Córdoba y Rondón, 2016, p.107). Es por ello que se requieren de investigaciones sobre asfaltos modificados que consideren los polímeros como parte del concreto asfáltico para mitigar la deformación y elevar sus propiedades mecánicas. En este proyecto de investigación con caucho reciclado se busca hacer una propuesta de investigación que consistirá en fases de investigación en los que se darán a conocer los resultados de las pruebas mecánicas con la utilización de caucho reciclado y las ventajas que representa su utilización en las mezclas asfálticas.

En la región el desarrollo vial está ligado a las mezclas asfálticas, la construcción de nuevas vías diseñadas con asfalto y el desarrollo de nuevos tipos de asfalto ha permitido su innovación, en el Perú algunas investigaciones se han orientado en la integración de polímeros alternativos en la preparación del asfalto.

Ante esta problemática, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021?, y los **Problemas específicos son**: ¿Cuáles son los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021?, ¿Cuáles son los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021? y ¿Cuáles son los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021?

Con todo lo mencionado, se prosiguió con la elaboración de la justificación de la investigación: **Justificación teórica**, se busca ampliar nuestros conocimientos a través de la exploración del comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada en caliente incorporando caucho reciclado mediante el proceso de vía seca. **Justificación metodológica** Es importante seguir los procedimientos y estándares metodológicos para aplicarlos a la ingeniería para realizar actividades de investigación científica y técnica. El soporte metodológico básico radica en el diseño de la investigación, ya que la experiencia en el campo tendrá un papel primordial. **Justificación técnica** la presente investigación busca emplear material reciclado como el caucho en el diseño de una mezcla asfáltica en caliente convencional mediante proceso seco con el fin obtener mejores propiedades mecánicas, aplicando los conceptos técnicos del Manual de Caminos de Suelos, Geología y Asfalto en la modificación de mezclas asfálticas. **Justificación social** Es importante que la infraestructura vial se encuentre en óptimas condiciones y su vida útil sea planificada para la sociedad, por lo que es necesario que los proyectos sean amigables, de calidad, técnica y económicamente viables. La sociedad y las empresas exigen que las carreteras estén en buen estado para facilitar la fluidez del tráfico, para que las actividades de comercialización como el turismo, la educación, el trabajo, etc. no tienen retrasos de movilidad.

Los objetivos de esta investigación están relacionados directamente con los problemas planteados, el **objetivo general** es el siguiente: Evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021. **Objetivos**

**específicos:** Determinar los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021, Determinar los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021; Determinar los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021.

Además, la investigación tiene como **hipótesis general:** El comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente mejora incorporando caucho reciclado, Lima 2021. **Hipótesis específicas:** Cumplen con la norma los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021. Cumplen con la norma los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021. Cumplen con la norma los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021.

### **Limitaciones del estudio**

En el presente proyecto de investigación se elaboró de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C, y los materiales para la elaboración del proyecto fue facilitado por el laboratorio. Los materiales como agregados gruesos y finos se obtuvieron de Cantera Gloria de la planta de Asfalto DELHEAL ubicado en el Portillo Carapongo, del distrito de Lurigancho-Chosica. Por otra parte, el caucho reciclado fue obtenido de la Empresa NOR SUL S.R.L ubicada en CAL. LOS NOGALES MZA. L LOTE. 5 URB. SHANGRILA en el distrito de Puente Piedra, departamento de Lima. El proyecto se limita a realizar los estudios solo en laboratorio, debido a que se necesita un determinado tiempo para poder medir el desempeño de esta mezcla in situ.

## II. MARCO TEÓRICO

Chavez, Marcobal y Gallego (2019), en su investigación titulada *“Evaluación de laboratorio de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas. incorporado con caucho en procesos húmedos, secos y semihúmedos”* tuvo como objetivo comparar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas con caucho granulado añadido por diferentes tecnologías. Estas tecnologías fueron el proceso húmedo (WP), el proceso seco (DP) y el proceso semihúmedo (SWP). El betún utilizado en esta investigación corresponde a un CA24 betún, denominado de acuerdo con la estandarización chilena y el caucho granulado se produjo en Chile mediante procesos mecánicos a temperatura ambiente, de neumáticos al final de su vida útil, la granulometría utilizada es de 0.5mm como máximo. Para la mezcla DP se usó el 6.49% de asfalto y 1.43 % de caucho con respecto al peso de la mezcla, Tanto la mezcla de referencia WP, como las mezclas DP y SWP fueron fabricados a 175 ° C y compactados a 165 ° C. Los resultados fueron: En cuanto a la influencia de los huecos de aire en la resistencia a la humedad de las mezclas hay que destacar que hay una pequeña diferencia entre DP 0 y DP 30 (12,8% y 12,2% de vacíos de aire respectivamente) que podría explicar parcialmente la mayor resistencia a la humedad de la mezcla DP 30, en cuanto a los valores de resistencia a la tracción indirecta en DP 0 es de 1.34 Mpa y en DP 30 es de 1.61 Mpa, en cuanto a la resistencia al agrietamiento (  $k$  ), obtenida después de determinar el máximo de cargas en la mezcla de DP 30 en promedio falló alrededor de 3 kN. En conclusión, las mezclas de caucho asfáltico fabricadas por proceso seco tienen buen comportamiento en términos de deformación permanente y fatiga que en agrietamiento.

Hande y Farshad (2019), en su investigación titulada *“Evaluación de laboratorio de mezclas modificadas con caucho granulado en proceso seco que contiene aditivos de asfalto de mezcla tibia”* tuvo como objetivo utilizar aditivos de mezcla asfáltica en caliente (WMA) en mezclas modificadas de caucho granulado (CR) por proceso de vía seca, para superar las necesidades de alta temperatura sin comprometer el rendimiento investigado por experimentos. El asfalto utilizado fue

PEN 50/70 (PG 64-22) suministrado por una refinera de petrleo local y el CR se obtuvo de un proveedor local, que se molió en temperatura ambiente, granulometría desde 1.18mm. En la mezcla se usó asfalto como 5% en peso de la mezcla en el rango de  $4,5\% \pm 0,5\%$  de huecos de aire, CR en 2% en peso de la mezcla total y las temperaturas de mezcla y compactación se determinaron como  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$  respectivamente. El esqueleto agregado estaba compuesto por 66.4% de agregados gruesos, 27,8% de áridos finos y 5,8% de relleno. Los resultados del análisis de Marshall para la mezcla WMA  $145^{\circ}\text{C} - 135^{\circ}\text{C} - 75$  golpes, obteniendo valores de estabilidad de 830 kgf y un flujo de 3.8mm. El estudio concluye que la compactación podría reducirse a una temperatura de  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el aditivo WMA se puede utilizar para reducir el esfuerzo.

Noura, et al (2021), en su investigación titulado "*Evaluación del módulo resiliente medido y previsto de Asfalto de masilla de piedra engomado (SMA) modificado con neumático de camión polvo de caucho*", tuvo como objetivo preparar las mezclas (SMA) se modificaron con polvo de caucho para neumáticos de camión (TRP) con dos procesos diferentes: SMA-WP (mezclas SMA modificadas en el proceso húmedo) y SMA-DP (mezclas SMA modificadas en el proceso seco). Se utilizó el asfalto con grado de penetración 60/70, en ambos métodos se utilizó 0%, 3%, 6% y 9% de TRP con partículas entre 0.6mm y 0.07mm para la modificación, calentados a  $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Los resultados de la SMA-DP al 3% TRP fue en estabilidad Marshall fue de 10.5 KN y el flujo 2.8mm. La SMA-DP al 6% TRP tuvo una densidad de  $2.20\text{ g/cm}^3$  y un VTM (porcentaje de vacío de la mezcla) de 4%. La SMA-DP al 3% tuvo una resistencia a la tracción indirecta 0.92 MPa y 22% de VMA (Vacíos en agregados). En conclusión los valores del SMA-DP al 3% mostraron mejor resistencia a la deformación que lo mínimo requerido por la JKR (estabilidad 6.2 KN y flujo 2mm - 4mm).

Ismail y Huang (2019), en su investigación titulado "*Modificación del método seco para mezclar modificador de caucho granulado con agregado y asfalto basado en el diseño de la mezcla aglutinante*", tuvo como objetivo modificar el método seco para mezclar el modificador de caucho granulado (CRM) con asfalto y agregado basado en el diseño de la mezcla aglutinante. Para lograr este objetivo, se prepararon y probaron mezclas de asfalto modificado con caucho en migajas

aplicando varios ensayos, como el ensayo de la estabilidad Marshall, el ensayo de resistencia a la tracción indirecta y la prueba de seguimiento de la rueda. Se utilizó el asfalto grado de penetración 60/70 y el óptimo contenido fue del 4,6% en peso de la mezcla. El polvo de caucho utilizado fue en partículas de 0.163mm a 1.49mm, calentado a 180-190 ° C. Se prepararon seis muestras para cada contenido de caucho en miga (6%, 12%, 18% y 24% en peso de asfalto) para cada proceso (húmedo, seco y complejo). Los resultados de los ensayos Marshall a la mezcla modificada de asfalto con caucho (CRM) por vía seca (DP) obtuvo una estabilidad al 12% de 7.5 KN teniendo un incremento del 27%, con respecto a la mezcla patrón, tuvo un contenido de vacío de 4.02% y resistencia a la tracción indirecta de 87.76%. En conclusión el CRM presentó mejores resultados que la mezcla convencional y estuvo por encima de los parámetros mínimos requeridos.

Huayang, et al (2019), en su investigación titulado "*Efecto de la secuencia de mezcla en mezclas de asfalto que contienen caucho de neumáticos de desecho y Tensioactivos de mezcla tibia*" tuvo como objetivo abordar este problema mediante la caracterización del rendimiento de ingeniería de CRMA caliente preparado por seis secuencias de mezcla diferentes. El asfalto crudo utilizado tuvo un grado de penetración de 60-80 el contenido óptimo se determinó como 6,7%, se utilizó caucho granulado de malla 40 (0.425mm) y la dosis fue del 18% por peso de ligante virgen, mezclado a 160° C vía sec (DP). Los resultados a CRMA DP de las pruebas Marshall fueron estabilidad de 9.5 KN y flujo de 2mm, la prueba de resistencia a la tracción indirecta (ITS) fue de 1000 KPa y resistencia al daño por humedad de la mezcla (ITSR) 88.10%. En conclusión cumple en ITSR (umbral mínimo de 70% a 80%) y el caucho granulado mejora las propiedades como el buen rendimiento de la mezcla asfáltica a altas temperaturas y a la fatiga, sin embargo, tiene un efecto opuesto sobre la resistencia al daño por humedad de la mezcla de asfalto.

Ayala y Heredia (2019), en su investigación titulada "*Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca*". Tuvo como objetivo evaluar mediante la vía seca el desempeño de la mezcla asfáltica modificado con el producto de las llantas recicladas añadiendo diferentes porcentajes. Esta

investigación es cuantitativa y experimental, los autores realizaron una medición de tres mezclas con incorporación de caucho en 0%, 0.75% y 1.5%, a estos evaluaron la estabilidad y flujo módulo de rigidez, compresión cíclica y fatiga, así como también la resistencia retenida en agua. Los resultados de los parámetros medidos indicaron que la estabilidad de la mezcla con o sin caucho cumplen con el valor mínimo de 1800 libras de la norma vigente de Ecuador y con respecto al flujo no cumplieron, además la resistencia retenida en agua estuvo por debajo de la norma, según el módulo de rigidez las mezclas con 0% y 0.75% cumplieron satisfactoriamente la con la norma, mientras que la mezcla con 1.5% de caucho estuvo dentro las tolerancias, sin embargo tuvo una disminución de rigidez. , referente a la deformaciones permanentes o ahuellamientos la mezcla sin caucho tuvo mejor comportamiento, en los ensayos de fatiga se concluyó que los tres diseños de mezcla tienen un comportamiento satisfactorio.

Chamba y Benavides (2019), realizó un estudio sobre "*Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado*". Tuvo como objetivo diseñar la mezcla asfáltica añadiendo caucho de neumáticos reciclados en varios porcentajes, luego medir sus propiedades mecánicas y físicas para así determinar un porcentaje adecuado de diseño. Su metodología utilizada es de tipo experimental y consistió en la molienda de caucho reciclado hasta unos tamaños adecuados (GCR), estos fueron incorporados a las mezclas asfálticas por dos procesos vía seco y húmedo. Los porcentajes de 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% de GCR con relación al peso de los agregados, para luego ser evaluadas dichas mezclas con pruebas de laboratorio. Los resultados muestran que la mezcla con 0.5% de caucho granular y 1% de caucho granular cumplen con los parámetros de estabilidad, flujo para un diseño de pavimento de alto tránsito. Se concluye que la mezcla modificada con GCR, en aspectos económicos no obtuvieron resultados favorables, ya que es mayor en costo en comparación con las mezclas convencionales.

Granados (2017), realizó un estudio sobre el "*Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente haciendo una modificación mediante el proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional*". Tuvo como objetivo analizar los parámetros mecánicos de la mezcla asfáltica alterada con polvo de caucho



añadido por vía seca, en relación a la mezcla común sin polvo de caucho. En su estudio de investigación su metodología fue de diseño experimental y enfoque cuantitativo, los investigadores hicieron una evaluación de los comportamientos mecánicos, mediante los ensayos Marshall en porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5%, y 2%. Los resultados para las mezclas manipuladas con caucho, usaron asfalto de 5.5% y con la adición de caucho del 0.5%, obteniendo así el óptimo comportamiento de las propiedades mecánicas, estos parámetros están dentro de lo establecido en los Criterios del Instituto del asfalto del año 1982 y el Manual de Carreteras EG-2013 del MTC año 2013, teniendo como valores luego de las pruebas de laboratorio en ensayos Marshall parámetros de estabilidad de un valor de 2175 kg, flujo de un valor de 13.8 – 0.01”, en densidad un valor de 2.352 gr/cm<sup>3</sup>, en parámetros de resistencia retenida un valor de 97.4%, en parámetros de resistencia conservada un valor de 93.7% y una resistencia a la compresión con un valor de 4.4 Mpa. El estudio concluye que el porcentaje óptimo comportamiento de las propiedades mecánicas de asfalto es de 5.5% y la mezcla asfáltica alterada con el 0.5% de caucho tuvo un desempeño óptimo.

Contreras y Mamani (2019), en su investigación titulada “*Reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente mediante la incorporación de polvo de caucho de neumáticos usados*”. Tuvieron como objetivo demostrar que el caucho en polvo obtenido de la molienda de llantas usadas reducirá las fallas presentadas por ahuellamiento y ondulación del pavimento mejorando así su vida útil. El tipo de investigación es experimental y diseño convencional sin adición del caucho en polvo y tres diseños modificados incorporando en cada uno de ellas 0.5%, 1% y 1.5% de caucho en polvo. Los valores obtenidos por el método Marshall en cuanto a estabilidad con 1% de polvo de caucho es 1060 Kg y su flujo de 3.3 mm, así mismo el asfalto óptimo de 5.5%. Por otro lado, al someter a las muestras a las pruebas de la rueda de Hamburgo, las cuales fueron mezcladas con 1% de polvo de caucho en donde ésta aguantó las veinte mil pasadas, cumpliendo con los exigido por la norma AASHTO T 324-14. Se concluye que luego de realizar los ensayos Marshall, el porcentaje óptimo con adición de caucho es de 1%, así mismo los ensayos de Rueda de Hamburgo determinó la deformación permanente de 8.9 mm y sin caucho es de 10.5 mm, por lo tanto, hay una mejora de 1.6 mm.

## **Caucho reciclado**

### **Neumáticos**

Los neumáticos forman parte de los automóviles, con forma toroidal, son fabricados a partir de caucho y se utilizan en vehículos de transporte terrestre, tanto livianos como pesados. Estos son fabricados exclusivamente para cada clase de vehículo. Sus principales características son: agarre, confort, duración, durabilidad, resistencia a la rodadura, entre otras. A pesar de contar con buenos hábitos de conducción la vida útil de los neumáticos se encuentra entre 40000 – 50000 km. Al llegar a su límite de uso en la mayoría de los casos dichos neumáticos son desechados (Sánchez y Guzmán, 2010, p. 2).

### **Caucho**

Es un polímero que nace del látex presente en la savia de muchas especies vegetales, y que desde 1879 puede ser sintetizado en un laboratorio. De forma natural la principal especie de la que se obtiene es la *Hevea brasiliensis*, seguida del género ficus (Camacho, 1961, p.10).

### **Reciclaje de los neumáticos usados**

Los neumáticos están compuestos por diversos componentes tales como: fibras sintéticas, caucho, negro de humo, metales y alambres. La máxima eficiencia en su reciclaje consistirá en la separación parcial o total de sus componentes. El proceso de reciclado en términos generales consiste en dos fases: Desvulcanización y Regeneración. El caucho resultante es más barato y puede formar parte en el desarrollo de otros productos (Vázquez et al., 2002, p. 56).

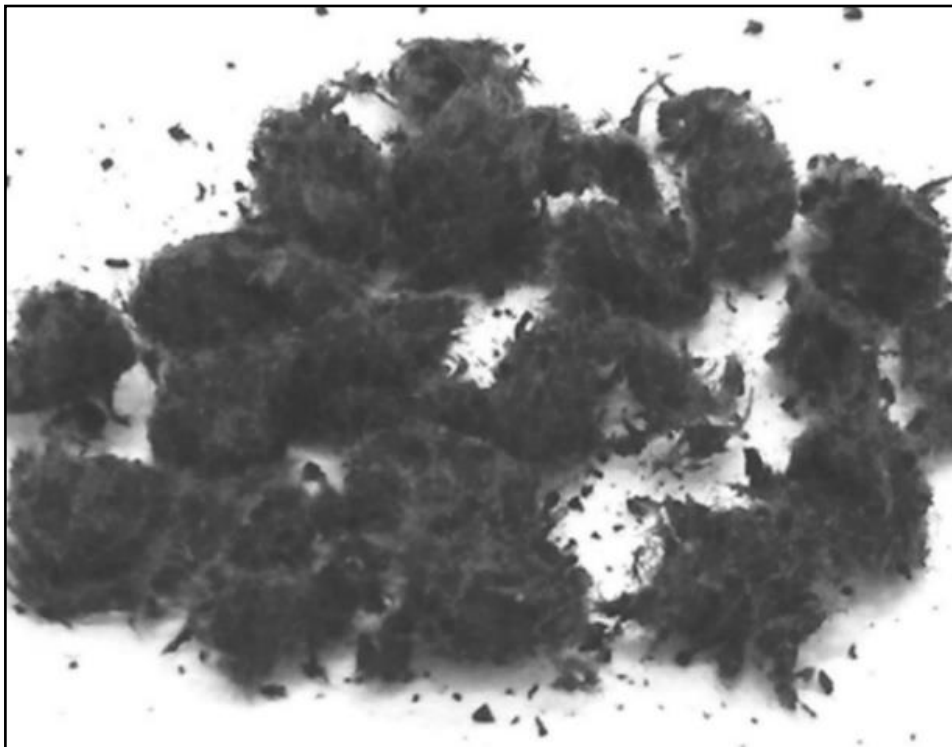
### **Usos del caucho reciclado**

El caucho reciclado puede tener varias aplicaciones tales como concretos y pavimentos, está definido como el conjunto de llantas y neumáticos al terminar su vida útil y que para evitar que se convierta en un desecho o material contaminante es procesado en partículas pequeñas menores a 2 mm (Granados, 2017, p. 40). El volver a utilizar las llantas usadas tienen gran ventaja en los estados que cuentan con normas orientadas a la conservación del medio ambiente ya que la demanda de la fabricación de neumáticos es un gran problema dado que al final

de su tiempo de vida su eliminación resulta complicado (Cachay et al., 2014, p.54).

### **Aplicaciones del caucho reciclado**

Según Peláez, Velásquez y Giraldo (2017, p.36), el caucho reciclado mejora las propiedades elásticas y pueden ser utilizados en concretos, pavimentos y construcción de edificaciones, por las importantes ventajas técnicas, económicas y ambientales que aporta en ello. Algunas de las aplicaciones de caucho reciclado son: para campos de césped artificial, para asfaltado de carreteras, para suelos de parque infantiles, obras civiles, para valoración energética, para calzados, elementos decorativos, obras de arte, etc. (Martin , 2015, p. 18).



*Figura 1. Fibras de caucho reciclado. Bocci y Prospero (2019).*

### **Polvo de caucho reciclado**

El caucho reciclado en polvo tiene un proceso para la obtención consistente en la vulcanización por la que adquiere una forma reticulada, las llantas pueden contener un 16% de caucho natural y un 31% de caucho sintético. El neumático se puede descomponer en dos fases: La primer fase: las dimensiones del caucho triturado oscilan entre 100 – 230 mm de ancho y 300 – 430 mm de largo y la

segunda fase: sus medidas varían de entre 100 – 150 nm, si este proceso se continúa se puede alcanzar longitudes de 13 – 16 mm a las que se les conoce como partículas trituradas. (Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, 2007). En la siguiente tabla 1 se presenta la información relacionada con la composición de neumáticos.

**Tabla 1.** *Composición de neumáticos de camiones y automóviles*

<b>Composiciones características</b>	<b>Camiones autos</b>	<b>Camiones buses</b>
Caucho natural	14%	27%
Caucho sintético	27%	14%
Negro de humo 28%	14-15%	28%
Acero	16-17%	14-15kg
Fibra textil, suavizantes	8.6 kg	16-17kg
Peso promedio	0.06	45.5kg
Volumen		0.36kg

Fuente: Rubber Manufacturers Association.

## **Diseño de la mezcla asfáltica en caliente**

### **Mezcla asfáltica convencional**

Consiste en una combinación compleja de compuestos orgánicos de alto peso molecular, de hidrocarburos con número de carbono mayor a 25 y porciones de metales (níquel, hierro o vanadio); es producto secundario de procesos industriales del petróleo, refinado del aceite o procesos de descarbonización. Por sus propiedades cementantes, termoplásticas y capacidad de tolerar ácidos, álcalis y sales; es un material esencial para la pavimentación porque brinda propiedades de impermeabilidad, flexibilidad y durabilidad a los pavimentos en cualquier condición climática (Granados, 2017, p. 20).

### **Granulometría**

La granulometría son ensayos los cuales se someten a materiales para determinar su composición en cuanto a características físicas. Los materiales son preparados a temperaturas indicadas en las normas y pesadas, luego se pasan por tamizados los cuales son mallas con números establecidos de acuerdo al tamaño de las aberturas de los orificios, el material va quedando en las mallas y

posteriormente se pesan para determinar el porcentaje de contenido de cada tamaño de la muestra seleccionada, las normas especifican el porcentaje ideal del material para determinado uso. Por otro lado, la gradación de los agregados gruesos y finos para una mezcla tiene que cumplir con lo establecido en la siguiente tabla 2.

**Tabla 2.** Gradación para mezcla asfáltica caliente (MAC)

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

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

En la tabla 2, se muestra la gradación de agregados minerales que se emplea para la preparación de la mezcla asfáltica en caliente (MAC), los diseños deberán de responder a alguno de estos husos granulométricos que está especificado en la EG-2013. y también se puede emplear las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515.

### **Peso específico**

Cada muestra sometida a pruebas de laboratorio tiene un peso específico. El valor del peso por unidad de volumen (L) de una sustancia con  $\gamma = w/V$ , donde V es el volumen y w el peso de la sustancia. (Mott, 2006, P. 16).

### **Resistencia a la deformación**

Es un parámetro evaluado por la ingeniería mecánica, ingeniería civil e ingeniería de materiales, que estudian la mecánica de los materiales sólidos que se pueden deformar mediante fuerzas externas. Tiene la capacidad de resistir esfuerzos y

fuerzas externas aplicadas en la superficie. Existe un modelo de resistencia de materiales que determina la diferenciación entre las fuerzas sometidas, los esfuerzos y desplazamientos. La aplicación de las cargas es calculable por la metodología utilizada (Arisnabarreta, 2014, P. 43).

### **Comportamiento elástico**

Según Hooke, la tensión aplicada es proporcional a la deformación observada, este enunciado es conocido como la ley Hooke, esta relación se cumple para la gran mayoría de materiales, y con ellas se puede definir el módulo elástico que es la relación entre el esfuerzo en régimen elástico y la deformación reversible.

$$E = \frac{\delta}{e}$$

Donde:

E: es el módulo de Young

$\delta$ : es la tensión ejercida

e: es la deformación unitaria.

Dicho módulo elástico es característico de cada material y está en relación a las fuerzas de enlace de los átomos que lo conforman (Ballesteros, 2006, P. 38).

### **Propiedades en el diseño de mezclas**

Para una buena calidad de pavimentos de mezcla caliente contribuyen varias propiedades como la durabilidad, estabilidad, impermeabilidad y trabajabilidad (Granados, 2017, p. 20).

#### **Estabilidad**

Según Macedo y Ureta (2020, p.59), La estabilidad de una mezcla es la resistencia al desplazamiento y que puede producir deformaciones a baja cargas de tráfico. Un pavimento estable se dice cuando mantiene la forma y suavidad bajo cargas rápidas, sin embargo, un pavimento inestable tiene grietas y ondulaciones esto indica cambios en la mezcla. Por otro lado, la estabilidad de una mezcla depende entre fricción de partículas que existe entre ellos, la cual

está relacionado con las propiedades del agregado como la textura superficial, la forma, y la cohesión interna (Granados, 2017, p. 20).

### **Durabilidad**

En pavimentos, contiene suficiente y adecuada cantidad de cemento asfáltico que garantizan la durabilidad y resistencia una vez en servicio (Minaya y Ordóñez, 2001). Estos factores se ven afectados por el clima, el tráfico o una combinación de ambos. Para mejorar la resistencia de la mezcla, es mediante el uso de la mayor cantidad de asfalto, ya que la película asfáltica gruesa se endurece rápidamente y el tamaño de partículas denso del agregado resiste la segregación y deshidratación, y al mismo tiempo este asfalto recubierto de forma compacta para una máxima impermeabilidad (Granados, 2017, p. 21).

### **Impermeabilidad**

Es la resistencia que se crea al paso del agua y aire en el interior en el pavimento. Esta propiedad está relacionada con la porosidad de la mezcla compactada. El grado de impermeabilidad que tiene la mezcla se determina por el tamaño de los poros, con independencia de que estén conectados o no, por la accesibilidad del firme de la calzada (Maguiña, 2019, p. 34).

### **Trabajabilidad**

La trabajabilidad es la facilidad con la que se puede colocar y compactar las mezclas bituminosas, lo que puede mejorarse variando los parámetros de clasificación, esto según el tipo de agregado y también el tamaño de partícula (Vega, 2016, p. 13).

### **Elaboración de Mezcla asfáltica convencional ensayo Marshall**

Menciona ASTM D-1559, el método Marshall establece los procedimientos para la fabricación de la mezcla asfáltica en caliente cumplimiento de control de calidad de los materiales. Salazar (2019), Los siguientes materiales se utilizan para diseñar el asfalto de mezcla caliente: Piedra triturada, arena natural, arena triturada y cemento asfáltico (pag.1).

## **Procedimiento**

Según la EG-2013, se obtiene las muestras de los materiales y se pesa cada una de las muestras, luego las muestras se calentaron en horno a una temperatura entre 140 °C a 150°C aproximada, posteriormente se sometieron los moldes a una temperatura de 95 ° a 150 ° C y se colocó en el compresor. Luego se procede a pesar los agregados según las cantidades obtenidos en la combinación de agregados, la preparación se realiza en una cocina eléctrica hasta llegar una temperatura de 150°C, se introduce el termómetro en la mezcla para ver la temperatura de compactación. Se adiciona un filtro al molde, luego se chusea 15 veces alrededor y 10 veces al centro con una espátula. A continuación, se procede a compactar a 75 golpes por cara con el martillo Marshall. Este tipo de procedimiento se realiza de forma continua con las siguientes partes faltantes. Después de transcurrido 2 horas de tiempo de preparación, retiramos el molde con ayuda del extractor, anotamos los pesos respectivos, y los metemos a baño maría a 25°C por de 5 min aproximadamente, luego se procedió a hacer el proceso de secado parcial de las briquetas y se deja a una temperatura del ambiente para poder determinar el peso en aire de las briquetas saturadas con superficie seca, luego se procedió hacer el proceso de acondicionamiento en baño maría hasta obtener una temperatura de 60 °C, luego se sumergió cada briqueta por 2 minutos , esto se realiza con fin de permanecer al mismo tiempo en el agua cada briqueta por 30 minutos, luego transcurrido el tiempo, las muestras se retiraron para colocar en la máquina de ensayo de Marshall hasta obtener el valor límite de su estabilidad, y se registra los valores obtenidos en el ensayo. Los criterios de la selección de la mezcla asfáltica en caliente, se observa en la siguiente tabla 2, 3 y 9 de acuerdo las especificaciones en la EG-2013.



**Tabla 3. Requisitos para mezcla asfáltica en caliente**

Parámetro de diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	90
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
Inmersión - Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa min.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo-Asfalto	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conversada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

**Tabla 4. Porcentaje mínimo de vacíos en el agregado mineral**

Tamiz	Tamaño máximo nominal de partículas		Mínimo % de vacíos
	Pulgadas	mm	VAM
No. 16	0,0469	1,18	23,5
No. 8	0,093	2,36	21,0
No. 4	0,187	4,75	18,0
3/8	0,375	9,5	16,0
1/2	0,500	12,5	15,0
3/4	0,750	19,0	14,0
1	1,0	25,0	13,0
1 1/2	1,5	37,5	12,0
2	2,0	50,0	11,5
2 1/2	2,5	63,0	11,0

Fuente: The Asphalt Institute 's, Manual (MS-2).

## **Ensayo Inmersión-Compresión**

Esta prueba se utiliza para determinar el efecto que tiene el agua sobre la resistencia a la compresión de una mezcla de asfalto compactado que contiene un cemento bituminoso. Por otro lado, este ensayo mide la pérdida o desgaste de resistencia a la compresión, esto debido a la acción del agua en una mezcla bituminosa comprimida (Granados, 2017, p. 56).

## **Ensayos de caracterización y desempeño de la mezcla asfáltica**

### **Ensayo de compresión diametral**

Es la aplicación de una fuerza de compresión sobre una probeta cilíndrica de asfalto hasta que este muestre signos de fallas por su superficie. Esta fuerza produce tensión en el plano donde se aplica el esfuerzo, por lo que la falla de tracción se presenta antes que la de compresión triaxial, lo que permite a la probeta resistir mayores fuerzas de compresión (Granados, 2017, p. 58). En el Perú este método de prueba para probetas está normalizado el Método de ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral de la Norma Técnica Peruana NTP 339.084 y de forma internacional normalizado por la Norma Internacional ASTM C 496-96.

### **Resistencia a la tracción indirecta**

Se evalúa a través de una prueba de fuerza indirecta, donde se determina la relación tensión (TSR), de acuerdo con los procedimientos dados en la norma AASHTO T283. La sensibilidad al daño por humedad se determinó mediante la preparación de un conjunto de muestras compactadas en el laboratorio. Este grupo se divide en dos subgrupos con el mismo contenido en asfalto (Granados, 2017, p. 59). La resistencia a la tracción de las briquetas húmedas y secas se calcula como porcentajes para medir el daño inducido por la humedad a la mezcla asfáltica (Rathore y Zaumanis, 2020).

Fórmula para calcular la resistencia a la tracción indirecta (ITS)

$$ITS = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot h}$$

Donde:

ITS: Resistencia de tracción indirecta (MPa)

P: Máxima carga (N)

D: Diámetro medio (mm)

h: Altura media de la probeta (mm)

### **Ensayo cántabro**

Esta prueba sirve para determinar el desgaste de la mezcla, para ello se emplea la máquina de los Ángeles, el procedimiento se sigue de acuerdo a MTC E 515 Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016), Caracterización de mezclas bituminosas abiertas a través del Ensayo de Cántabro pérdida por desgaste. Donde nos indica en el procedimiento, que antes de realizar el ensayo de las briquetas se mantienen a temperatura de 15°C a 30°C por seis horas mínimo, para luego determinar el peso de cada biqueta (Granados, 2017, p. 60).

Fórmula para determinar el valor de la pérdida por desgaste de la probeta

$$P = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \cdot 100$$

Dónde:

P: Pérdida por desgate (%)

P1: Masa inicial de probeta (g)

P2: Masa inicial de probeta (g)

### **Mezcla asfáltica modificado**

Los asfaltos modificados son resultado de la adición de algún tipo de polímero, que le pueden adicionar estabilidad en el tiempo y a la temperatura. Estos modificadores pueden producir una reacción iónica que eleva la cohesión entre el material pétreo y el asfalto incluso en presencia de agua. Los Tipos de polímeros son: polímero tipo I (bloques de estireno), polímero tipo II (bases de polímeros elastoméricos lineales), polímero tipo III (elastómeros Etil-Vinil-Acetato), caucho reciclado (molienda de neumáticos) (Catarina, 2010, p. 13).

## Técnica utilizada de polvo de caucho en materiales bituminosos

### Proceso por vía seca

En este proceso consiste en mezclar el caucho reciclado con los agregados antes de mezclar con el asfalto, el caucho actúa como agregado y las partículas más finas interactúan con el asfalto modificando sus propiedades y por otro lado la velocidad de digestión será directamente proporcional a la temperatura e inversamente proporcional al tamaño y el tiempo que transcurre hasta su instalación en obra (Sánchez, 2021, p. 25).

En la siguiente figura 2 se observa el proceso de adición de caucho reciclado al asfalto por vía seca.



Figura 2. Proceso de fabricación de asfalto modificado con caucho reciclado por vía seca. Adaptado de Granados (2017).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Este proyecto de investigación es de tipo aplicada cuantitativo, dado que los resultados tienen aplicación directa en área de la ingeniería civil y que las variables específicas corresponden a propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencionales y modificadas con porcentajes de caucho reciclado, de diseño experimental descriptivo, ya que se manipuló la variable independiente consistente en el porcentaje de caucho reciclado, y se realizará un análisis descriptivo de cada variable específica por porcentaje de caucho reciclado (Fernandez, Baptista, & Hernandez, 2014, p. 4).

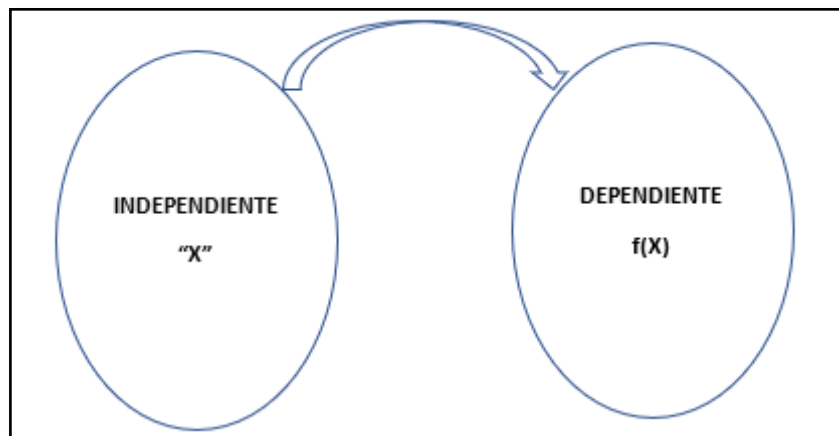


Figura 3. Modelo de investigación experimental.

Siendo:

X = caucho reciclado

f(x) = propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente

#### 3.2 Variables y operacionalización

**Variable Independiente:** Caucho reciclado

**Variable Dependiente:** Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente.

### 3.3 Población, muestra y muestreo

**Población:** Según Niño (2011) sostiene, que la población está constituida por todos los elementos que forman parte de una investigación. La presente investigación está conformada por el total de briquetas de mezcla asfáltica elaboradas con la metodología Marshall en el laboratorio. La población está conformada por 120 briquetas de asfalto.

**Muestra:** Según Niño (2011), indica que la muestra es una parte selectiva de la población, que se elige con el fin de evaluar sus características del total. La muestra del presente proyecto de investigación corresponde a 120 briquetas de asfalto, siendo 48 para determinar el óptimo contenido del asfalto, 36 para ensayos Marshall y 36 para pruebas de caracterización y desempeño, como se detallan en las tablas 5, 6 y 7.

**Tabla 5.** Cantidad de briquetas para hallar el contenido óptimo de asfalto y caucho

Resistencia de mezcla bituminosas empleando el Aparato Marshall – MTC E 504						
Porcentajes de caucho	Porcentaje de Cemento Asfáltico					Cantidad de muestras
	4.50%	5%	5.40%	6%	6.50%	
0.00%	3	3	3	3	3	12
0.40%	3	3	3	3	3	12
0.80%	3	3	3	3	3	12
1.20%	3	3	3	3	3	12
Total						48

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 5, se visualiza la cantidad de 48 briquetas que se elaborarán en el laboratorio para determinar el óptimo porcentaje de asfalto y el óptimo porcentaje de caucho a incorporar para los posteriores ensayos.

**Tabla 6.** Cantidad de briquetas para determinar los parámetros de diseño Marshall

Diseño marshal - MTC E 504				
Porcentajes de caucho	Porcentaje de Asfalto	Briquetas para ensayo Marshall	Ensayo de Inmersión-Compresión	Número de muestras
0.00%	5.4	3	6	9
0.40%	5.4	3	6	9
0.80%	5.4	3	6	9
1.20%	5.4	3	6	9
Total				36

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 6, se observa la cantidad de 36 briquetas fabricadas para determinar los parámetros Marshall.

**Tabla 7.** Cantidad de briquetas para determinar los parámetros de caracterización y desempeño de mezclas asfálticas

Cantidad de briquetas para determinar los parametros de caracterizacion y desempeño				
Porcentaje de caucho	Porcentaje de Asfalto (%)	Resistencia a la tracción indirecta AASHTO T 283	Ensayo Cántabro de perdida por desgaste- MTC E 515	Cantidad de muestras
0.00%	5.4	6	3	9
0.40%	5.4	6	3	9
0.80%	5.4	6	3	9
1.20%	5.4	6	3	9
TOTAL				36

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 7, se muestra la cantidad 36 de briquetas que se elaborarán para medir mediante las pruebas de laboratorio el desempeño de la mezcla asfáltica modificada con distintos porcentajes de caucho.

**Muestreo:** Niño (2011), menciona que el muestreo es una técnica mediante la cual se determina la muestra de la población. En la presente investigación la técnica aplicada fue de tipo de muestreo no probabilístico, ya que la muestra fue delimitada por el investigador, es decir, la muestra no fue elegida al azar. Se obtendrá a partir de briquetas elaboradas en el laboratorio según los criterios del investigador.

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

La técnica que se empleó en la investigación fue la observación, ya que es el método más confiable. Según Niño (2011), menciona que esta técnica permite ver el entorno, lo diario, esquivar los peligros y resolver las necesidades. Para la presente investigación se utilizarán las técnicas de observación directa junto a los equipos de análisis de ensayos en pavimentos de asfalto del laboratorio de INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. Instrumento de recolección de datos que se empleó en el proyecto de investigación: Se aplicaron diversos instrumentos a cada variable de estudio, además de ensayos de laboratorio para tener los resultados y determinar el comportamiento del caucho reciclado en la mezcla asfáltica convencional en caliente mediante proceso de vía seca.

Validez: La presente investigación fue validada por el juicio de especialistas en la Ingeniería Civil, donde se validaron los instrumentos desarrollados de los ensayos de laboratorio, y con las firmas de tres especialistas fue validada los instrumentos propuestos.

Fiabilidad: En el presente proyecto de investigación, la fiabilidad se refiere a la calibración de los equipos empleados en las pruebas de laboratorio, con el fin de garantizar los resultados más precisos y al mismo tiempo confiables de las pruebas.

### **3.5 Procedimientos**

La investigación consistirá en cuatro fases: Primera fase (consistente en la adquisición de los materiales a utilizar), Segunda fase (elaboración de las briquetas tanto convencionales como modificadas con caucho reciclado), Tercera fase (consiste en la determinación de los parámetros evaluados en el laboratorio INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C y Cuarta fase (consiste en el análisis estadístico de los resultados). Para la elaboración de las briquetas con caucho reciclado se hace uso del ensayo Marshall para poder determinar las proporciones adecuadas para diseñar la mezcla asfáltica convencional.



### 3.6 Métodos de análisis de datos

En la actual investigación se realizaron los ensayos para evaluar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada como: Inmersión - Compresión y Tracción Indirecta, Ensayo Marshall, Compresión Diametral y ensayo de Cántabro. En la tabla 8 se muestra cada ensayo y las normas nacionales e internacionales vigentes.

### 3.7 Aspectos éticos.

El proyecto se lleva a cabo con gran transparencia, compromiso, responsabilidad y, sobre todo, respeto por los antecedentes y se cita con prontitud porque sirvió como principal fuente de información. Por otro lado, el proyecto se desarrolló en base al Manual de Carreteras elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en 2016 y normas internacionales con el fin de obtener resultados confiables en el desarrollo de las distintas pruebas propuestas. Así mismo, se aplicarán los instrumentos de tabla 5, 6 y 7 recolección de datos tales como las normas vigentes como se visualiza en la tabla 8:

**Tabla 8.** *Instrumentos de medición*

Nombre de ensayo	Procedimiento
Peso específico NTP 440.022	Procedimiento para densidad promedio de agregados, peso específico y absorción del agregado fino
Análisis Granulométrico NTP 400.012	Método para determinar la distribución de partículas por tamaño
Ensayo Marshall ASTM D-1559 Y ASHTO T-245	Determinar el contenido óptimo del asfalto para mezcla de agregados y sus propiedades
Ensayo de Inmersión-Compresión y Tracción directa MTC E 518	Determinar el desgaste de cohesión producido por la acción del agua
Ensayo de Compresión diametral AASHT T283	Para determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral
Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste-MTC E 515	Determinar el desgaste por abrasión y fricción que sufre un pavimento

Fuente: elaboración propia.

## IV. RESULTADOS

En este capítulo, de la presente investigación, se han realizado una serie de ensayos y estudios sobre materiales, los cuales forman parte del diseño destinado a proporcionar mejoras en sus propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, se realizan los ensayos a los materiales empleados y los criterios de selección de mezclas asfálticas y sus respectivos resultados se desarrollan de acuerdo Manual de ensayo de materiales (MTC, 2016) y EG-2013, entre otras normas y documenta que consideraron para este estudio es documentos técnicos como el Manual de Empleo de Caucho (NFU), Manual de principios de construcción de pavimentos de la mezcla asfáltica en caliente MS-22,(Instituto del Asfalto,1982). Para desarrollar la investigación sobre la incorporación de partículas de caucho por proceso seco, es importante partir de un asfalto convencional, para comparar el cambio de propiedades mecánicas de la mezcla patrón, en el proceso de agregar distintos porcentajes de caucho.

### 4.1 Materiales

#### Cemento asfáltico

En la presente investigación la selección del cemento asfáltico fue basada en la EG-2013, se orienta a utilizar el asfalto PEN 60/70, considerando que este proyecto se realizó en la ciudad de lima, donde la temperatura media anual es entre 15°C a 24°C y/o mayor. Las propiedades se observan en la tabla 10, este fue proporcionado por el laboratorio INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C, el cual cumple los requisitos de calidad basados en EG-2013.

**Tabla 9.** Selección del tipo de cemento asfáltico en función a la temperatura de la ciudad

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

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016).

**Tabla 10.** Reporte de análisis del cemento asfáltico PEN 60/70

ANALISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70		
PROPIEDADES	MÉTODO	RESULTADOS
	ASTM / OTROS	
PENTRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	67
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 AASHTO T 51	>150
VOLATILIDAD		
Gravedad Específica a 15.6 °C / 15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0272
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	309
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	6.3
FLUIDEZ		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	50.7
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	D 445	4733
Viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	492
ENSAYOS DE PELICULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.09
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5/ AASHTO T 49	74.6
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 AASHTO T 51	>150
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.98
OTROS		
Índice de penetración	UNE-EN 12591	-0.3
Ensayo de la Mancha (Nafta-Xileno)	AASHTO T 102	20% xileno, negativo

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 10, se observa el reporte de análisis del cemento asfáltico PEN 60/70, que cumple las especificaciones en la EG-2013.

### **Caucho reciclado**

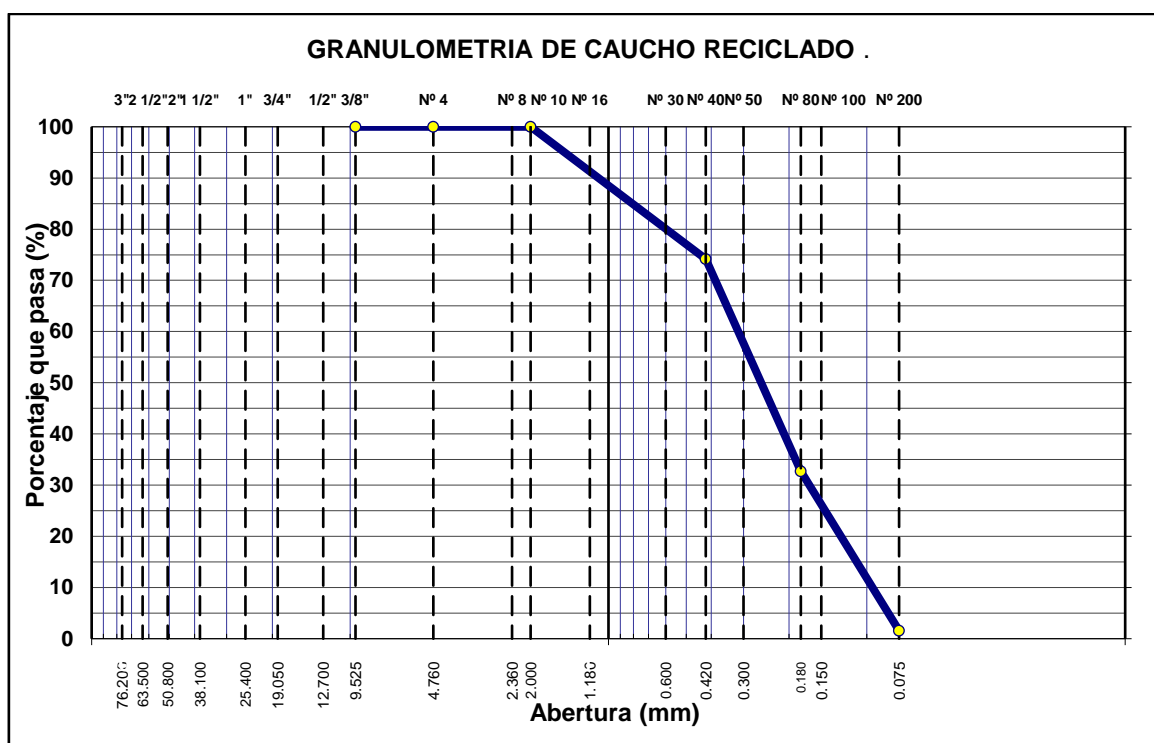
Para la presente investigación el caucho reciclado se adquirió en la empresa Nort Sul S.R.L., obteniéndose en el análisis granulometría un tamaño máximo de 2 mm como se observa en la figura 3. Las características y propiedades físicas indican en la guía de fabricación del Manual de Empleo de caucho de NFU en mezclas bituminosas (Centro de Estudios y Experimentos de Obras Públicas, 2007).

**Tabla 11. Análisis granulométrico por tamizado de polvo de caucho**

Tamiz	M-1	M-2	M-3
mm	% que pasa	% que pasa	% que pasa
2	100	-	-
1.19	45 -90	100	-
0.6	30 -80	10 - 80	100
0.3	5 - 50	5 - 70	0 - 40
0.15	0 - 30	0 - 30	0 - 25
0.075	0 - 15	0 - 15	0 - 15

Fuente: Adaptado del Centro de Estudios y Experimentos de Obras Públicas (2007).

En la tabla 11, se visualiza el huso granulométrico que se emplea para la modificación de mezclas asfálticas bituminosas en caliente, el tamaño máximo utilizado es de 2 mm.



*Figura 4.* granulometría de caucho reciclado utilizado en la elaboración de la mezcla asfáltica modificada.

En la figura 3, se observa la curva granulométrica de caucho reciclado adquirido en la empresa Nort Sul S.R.L. Este fue obtenido mediante el proceso de trituración mecánica el tamaño máximo de la muestra es de 2 mm y se encuentra dentro de los usos del Manual de Empleo de caucho NFU de la tabla 11.

## Agregados finos

Los agregados minerales deben cumplir los husos granulométricos de la EG-2013, estos se visualizan en la tabla 12.

**Tabla 12.** *Análisis granulométrico del agregado fino*

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm)		
			≤3.000	>3.000	
Equivalente de Arena	MTC E 114	62	60	70	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	44.6	30	40	Cumple
Azul de metileno	AASTHO TP 57	7.25	8 máx.	8 máx.	Cumple
Índice de plasticidad (malla N,° 40)	MTC E 111	N.P.	NP	NP	Cumple
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	6.8	-	18% máx.	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	50	35 mín.	35 mín.	Cumple
Índice de plasticidad (malla N,° 200)	MTC E 111	N.P.	4 máx.	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0006	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción	MTC E 205	0.44	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12, se observa los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio que fueron realizados para verificar la calidad del agregado fino, el cual cumple los requisitos de la EG-2013. El agregado fino fue proporcionado por el proveedor (cantera gloria).

## Agregado grueso

El análisis granulométrico de los agregados debe cumplir los requerimientos máximos y mínimos que exige en la EG-2013, estos resultados se observan en la tabla 13.

**Tabla 13. Resultados de análisis granulométricos del agregado mineral grueso**

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm)		
			≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	2.67	18% máx.	15% máx.	Cumple
Absorción los Angeles	MTC E 207	19.8	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	76	35% mín.	35% mín.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	8.7	10% máx.	10% máx.	Cumple
caras fracturadas	MTC E 210	91/81	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.069	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción	MTC E 206	0.72	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 13, se visualiza los ensayos realizados en laboratorio para verificar la calidad del agregado grueso, el cual está dentro los parámetros de la EG-2013, el cual fue proporcionado por la cantera gloria.

### **Combinación de agregados**

Es el proceso que se emplea para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente (MAC), este debe cumplir la gradación especificados en la EG-2013, el cual se visualiza en la tabla 2, también se pueden emplear las gradaciones especificadas en la ASTM D 3515 – HUSO D5, este se visualiza en la tabla 14.

**Tabla 14.** *Combinación de agregados para mezcla asfáltica en caliente*

TAMICES		PORCENTAJE DE AGREGADOS		Mezcla MAC			Chequeo
		Arena Triturada Gloria	Grava Chancada Gloria	Combinación teórica	Especificación ASTM D 3515 - HUSO D5		
		< 3/16"	3/4" - 1/2"				
		55.00%	45.00%				
3/4"	19.05	100	100	100	100	100	ok
1/2"	12.7	100	80.1	91.1	90	100	ok
3/8"	9.525	100	54.8	79.7			
# 4	4.76	97.5	7.3	56.9	44	74	ok
# 8	2.36	69.8	1.2	38.9	28	58	ok
# 16	1.18	44.7	0.6	24.9			
# 30	0.6	29.6	0.4	16.5			
# 50	0.3	20.9	0	11.5	5	21	ok
# 100	0.15	15.3	0	8.4			
# 200	0.075	11.6	0	6.4	2	10	ok

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14, se presenta el porcentaje de combinación de los agregados para la preparación de la mezcla asfáltica convencional, obteniendo la proporción de 55% de agregado fino y 45% de agregado grueso. Esta combinación se realizó según la norma ASTM D 3515 HUSO D5. También se observa que el máximo tamaño del agregado grueso es de 3/4".

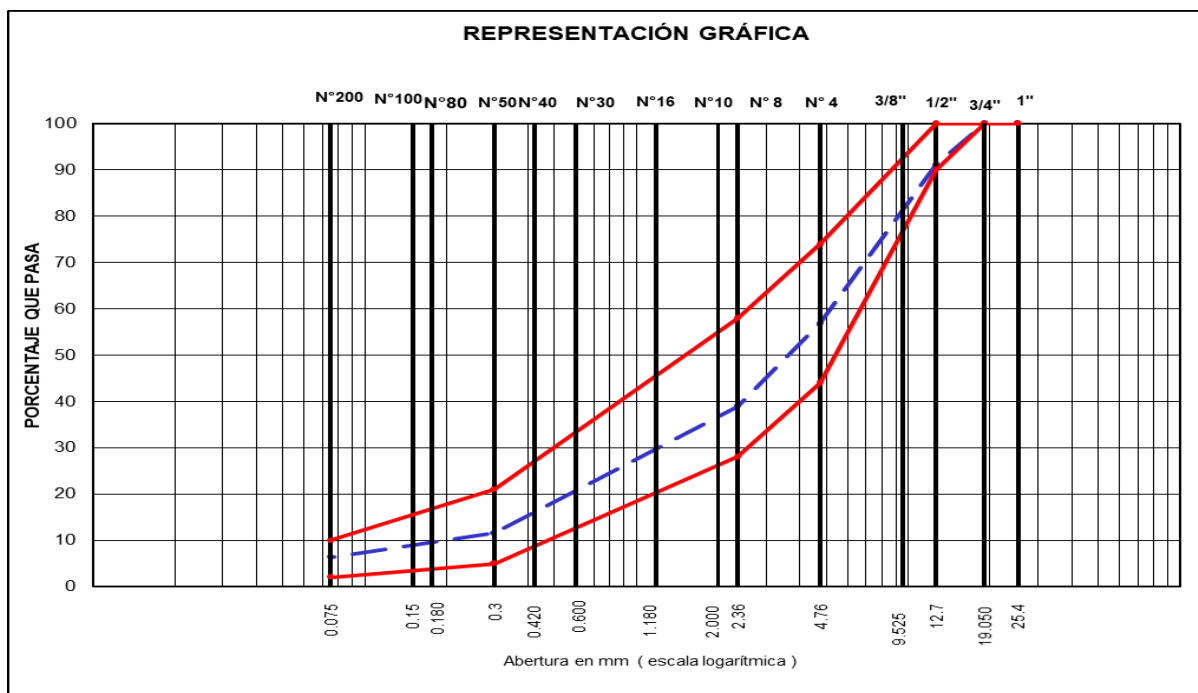


Figura 5. Representación gráfica de la curva granulométrica de la combinación de agregado grueso y fino.

En la figura 5, se muestra la curva granulométrica de la combinación del agregado grueso y fino para la elaboración de la mezcla asfáltica convencional que está dentro de los parámetros basados en la EG-2013.

## 4.2 Diseño de mezcla asfáltica convencional

### Ensayo Marshall

En esta investigación se empleó el huso granulométrico ASTM D 3515 como se muestra en la tabla 14 y el concreto bituminoso de clase A, las briquetas fueron compactados con 75 golpes por lado de acuerdo a la norma MTC E, y la evaluación según las especificaciones de EG-2013. El Método De Diseño Marshall permite determinar y calcular las diferentes propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica mediante la compactación de las briquetas, obteniendo los valores de Estabilidad, Densidad, Fluidez, Vacíos de aire, Vacíos de agregado mineral, Vacíos llenos de cemento asfáltico, Resistencia a la compresión, entre otros (Granados, 2017, p. 51).



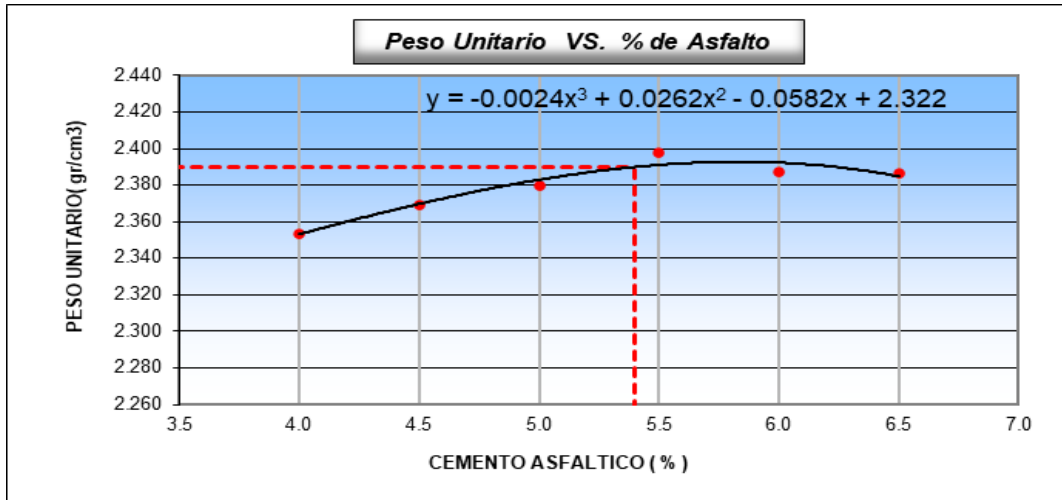


Figura 6. Variación de la densidad con relación al porcentaje de cemento asfáltico.

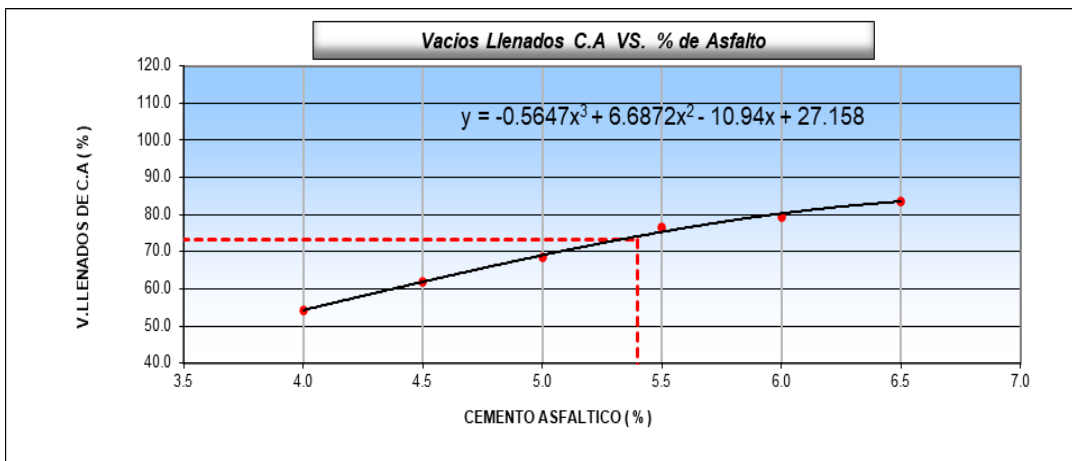


Figura 7. Variación de vacíos de aire respecto al porcentaje de asfalto.

Figura

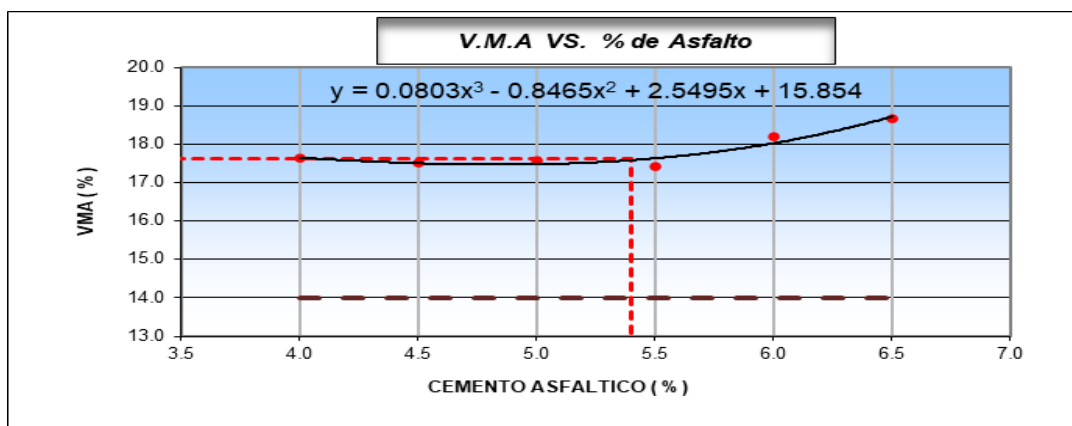


Figura 8. Variación de vacíos del agregado mineral con relación al cemento asfáltico.

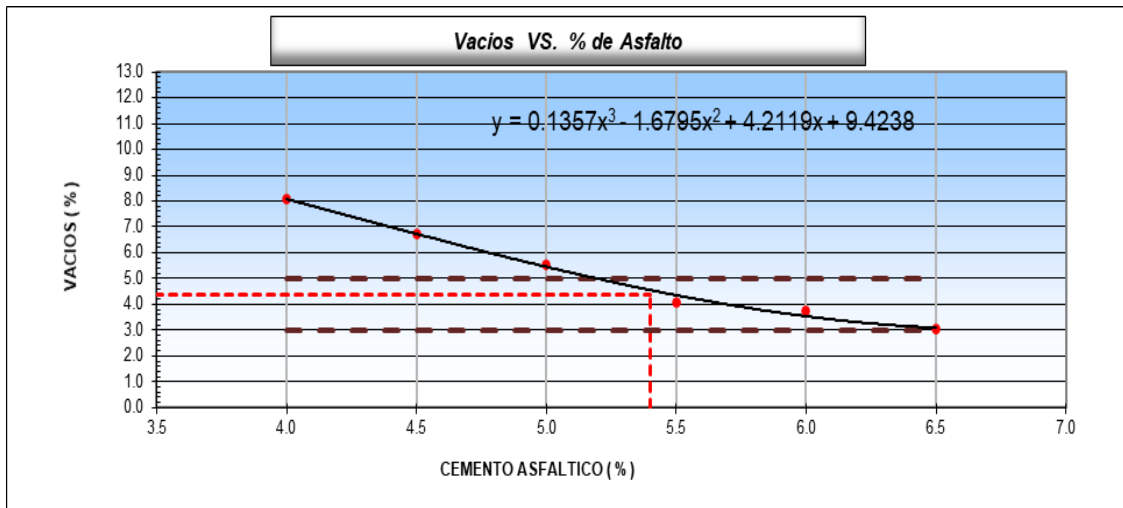


Figura 9. Variación de vacíos llenos de cemento asfáltico respecto al porcentaje de cemento asfáltico.

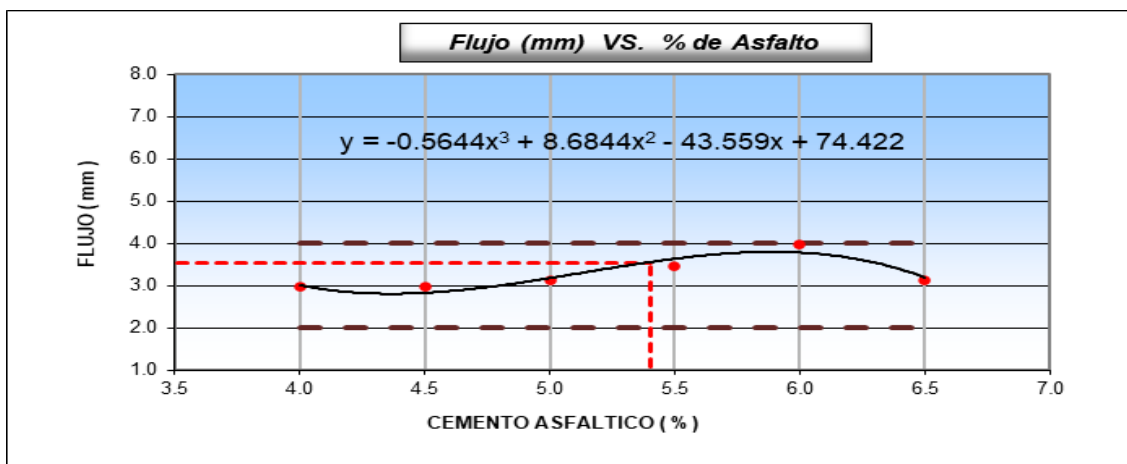


Figura 10. Variación de flujo respecto al porcentaje de cemento asfáltico.

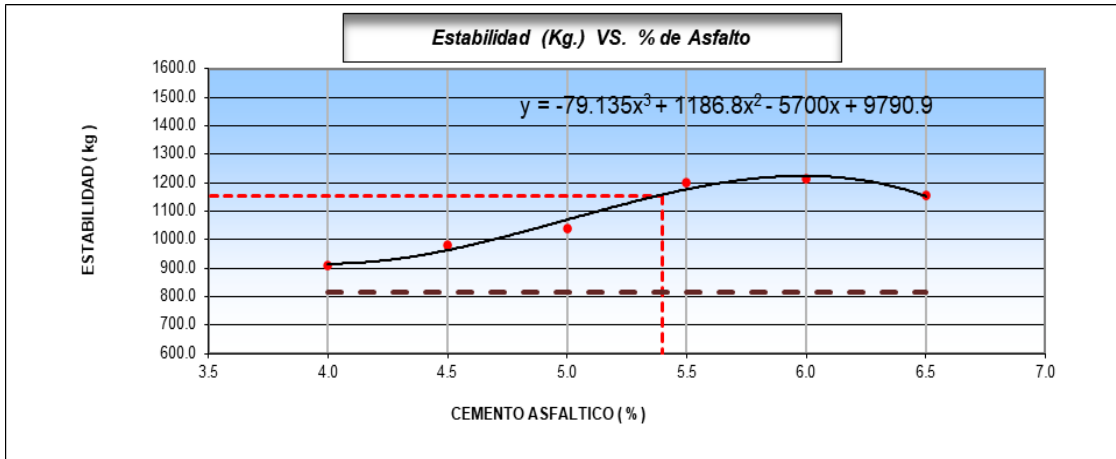


Figura 11. Variación de la estabilidad respecto al porcentaje de cemento asfáltico.

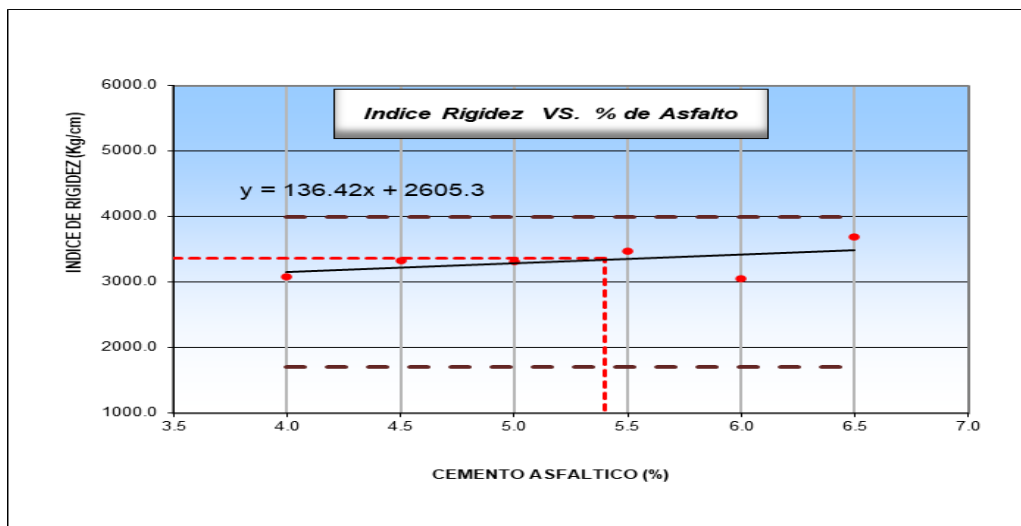


Figura 12. Variación de índice de rigidez respecto al porcentaje de cemento asfáltico.

En las figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12, se visualiza la determinación del contenido óptimo de asfalto en la mezcla asfáltica, llegando a determinar que el contenido óptimo de asfalto que se va usar para este diseño es 5.4%. También se evaluó que cumpla los parámetros de diseño basados en la EG-2013 y del manual de ensayos MTC E 504.

**Tabla 15.** Resultados de diseño Marshall de la mezcla asfáltica convencional – requerimientos EG – 2013

<b>RESULTADOS MARSHALL – DISEÑO PATRÓN</b>				
<b>Especificaciones</b>	<b>Unidades</b>	<b>Espec.</b>	<b>Resultado</b>	<b>Condición</b>
Número de Golpes	Nº	75	75	Cumple
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	(%)	+/- 0.2	5.4	Cumple
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	(g/cm <sup>3</sup> )	-	2.39	Cumple
Estabilidad, kN.	kN.	8.14 Mín.	11.31	Cumple
Estabilidad, kgf	kgf	830 Min.	1152.9	Cumple
Flujo	(mm)	2 - 4	3.5	Cumple
Flujo, (0.01pulg.)	(0.01 pulg.)	8 - 14	13.9	Cumple
Vacíos de aire, %	(%)	3 - 5	4.4	Cumple
V.M.A, %	(%)	Min. 14	17.6	Cumple
V.LL.CA., %	(%)	-	73.3	Cumple
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	(kg/cm)	1700 - 4000	3,369.10	Cumple
Relación Polvo 0.074/Asfalto Efectivo	-	1.3	1.2	Cumple
Índice compactibilidad	(%)	Min. 5 (***)	5.74	Cumple
Estabilidad Retenida, 24 Horas	(%)	Min. 75	86.1	Cumple

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 15, se visualiza los resultados obtenidos en la determinación del contenido óptimo de asfalto, estos están dentro de los parámetros de diseño Marshall que está establecido en manual de carreteras EG-2013 y MTC E 504. También se puede interpretar que este diseño es para tráfico de alto tránsito por los 75 golpes de compactación, los cuales se muestra en la tabla 3.

**Tabla 16.** *Combinación de agregados con 0.4% de caucho reciclado*

<b>PESO PARA MOLDEO DE BRIQUETAS CON 0.4% DE CAUCHO RECICLADO</b>					
Tamiz	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Retenido	peso de agregados	peso acumulado por tamiz
				(gr)	(gr)
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	103.1	103.1
3/8"	79.7	20.3	11.4	132.1	235.3
Nº 4	56.9	43.1	22.8	264.2	499.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	206.3	705.8
< Nº 8		100.0	39.1	453.1	1158.9
<b>Cemento asfáltico (5.40%)</b>					<b>66.4</b>
<b>Caucho reciclado (0.4%)</b>					<b>4.7</b>
<b>Peso total</b>					<b>1230.0</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 16, se muestra la preparación de las briquetas con el contenido de 5.4% de asfalto y 0.4% de caucho reciclado, se realizó el cálculo de la cantidad de los agregados, caucho y cemento asfáltico. Para una briketa de 1230 gr se utilizó 4.7 gr de caucho reciclado, 66.4 gr de cemento asfáltico y los agregados se agrega de acuerdo al número de tamiz, se agrega de manera acumulativa.

**Tabla 17.** *Combinación de agregados con 0.8% de caucho reciclado*

Fuente: elaboración propia.

<b>PESO PARA MOLDEO DE BRIQUETAS CON 0.8% DE CAUCHO RECICLADO</b>					
Tamiz	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Retenido	peso de agregados	peso acumulado por tamiz
				(gr)	(gr)
1"	100.0	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	0.0	0.0
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	102.7	102.7
3/8"	79.7	20.3	11.4	131.6	234.3
Nº 4	56.9	43.1	22.8	263.2	497.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	205.5	703.0
< Nº 8		100.0	39.1	451.3	1154.3
<b>Cemento asfáltico (5.40%)</b>					<b>66.4</b>
<b>Caucho reciclado (0.8%)</b>					<b>9.3</b>
<b>Peso total</b>					<b>1230.0</b>

En la tabla 17, visualiza la preparación de las briquetas con 0.8% de caucho reciclado, se realizó el cálculo de la cantidad de los agregados, caucho y cemento asfáltico. Para una briketa de 1230 gr se necesita 9.3 gr de caucho reciclado, 66.4 gr de cemento asfáltico y los agregados se agrega de acuerdo al número de tamiz.

**Tabla 18.** *Combinación de agregados con 1.2% de caucho reciclado*

<b>PESO PARA MOLDEO DE BRIQUETAS CON 1.2% DE CAUCHO RECICLADO</b>					
Tamiz	% Pasa	% Retenido Acumulado	% Retenido	peso de agregados	peso acumulado por tamiz
				(gr)	(gr)
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	102.3	102.3
3/8"	79.7	20.3	11.4	131.1	233.4
Nº 4	56.9	43.1	22.8	262.1	495.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	204.6	700.1
< Nº 8		100.0	39.1	449.5	1149.6
<b>Cemento asfáltico (5.40%)</b>					66.4
<b>Caucho reciclado (0.8%)</b>					14.0
<b>Peso total</b>					1230.0

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 18, se observa la elaboración de las briquetas con 1.2% de caucho reciclado, se realizó el cálculo de cantidad de agregados de acuerdo el tamiz. Para este molde de briquetas se consideró 1230 gr de peso, 66.4 gr de cemento asfáltico y 14 gr de caucho reciclado.

**Tabla 19.** *Peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas*

<b>ENSAYO RICE</b>			
<b>% De Caucho</b>	<b>0.40%</b>	<b>0.80%</b>	<b>1.20%</b>
Contenido Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4
1.- Peso del material, g	1,500.00	1,500.00	1,500.00
2.- Peso agua + frasco, g	7,542.20	7,542.20	7,542.20
3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g	9,042.20	9,042.20	9,042.20
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g	8,439.20	8,432.60	8,428.90
5.- Volumen [ 3 - 4 ], g	603	609.6	613.3
Peso Específico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	2.488	2.461	2.446

Fuente: elaboración propia.

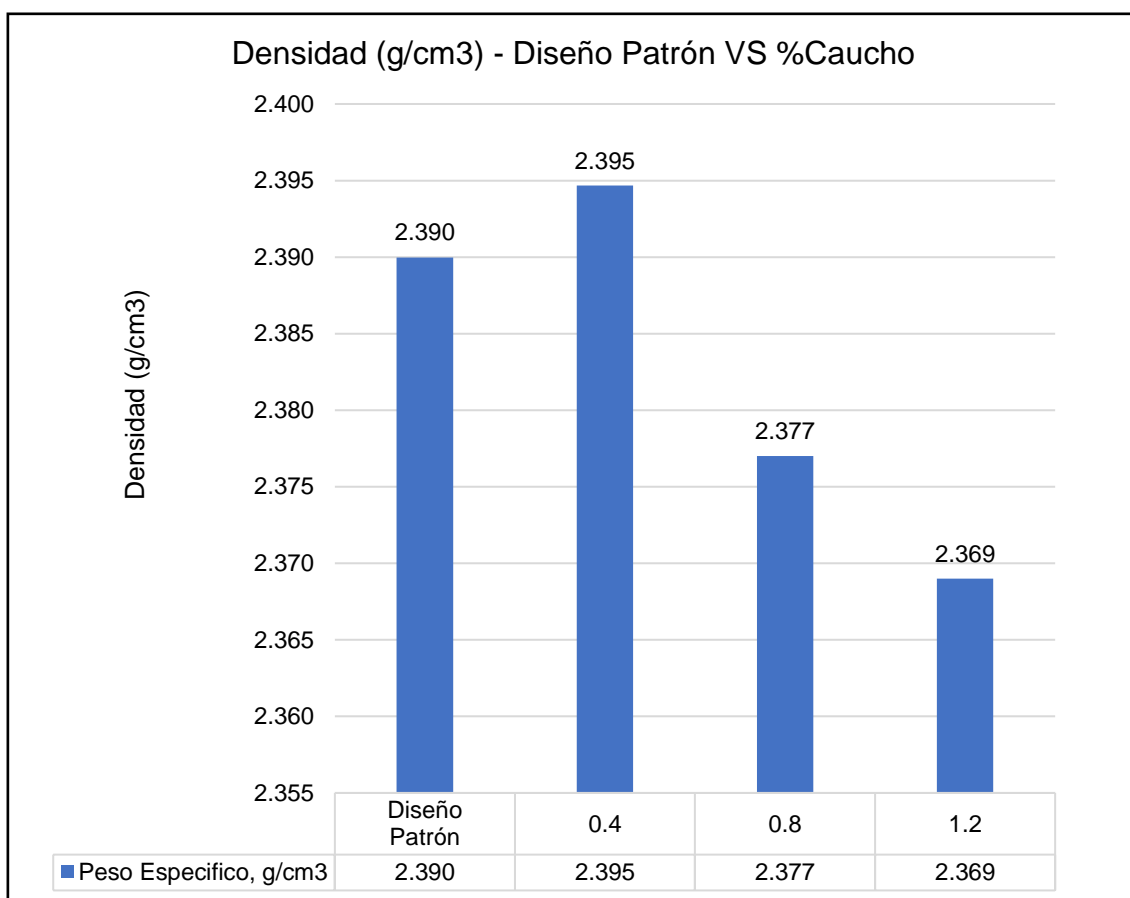
En la tabla 19, se visualiza la densidad máxima teórica de la mezcla asfáltica bituminosa con diferentes porcentajes de caucho. Se muestra que la mezcla con 0.4% caucho tiene mayor peso específico con 2.488 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 20.** Resultados del ensayo Marshall incorporando diferentes porcentajes de caucho por vía seca

RESULTADOS MARSHALL CON PORCENTAJES DE CAUCHO					
Mezcla Asfáltica Modificada por vía seca con distintos porcentajes de caucho					
Número de Golpes		75			Especificación
Porcentajes de Caucho	Diseño patrón	0.40%	0.80%	1.20%	
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	5.4	±0.2
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2.39	2.395	2.377	2.369	
Estabilidad, kN.	11.31	14.8	16.2	15.7	8.14 Min.
Estabilidad, kgf	1152.9	1453.8	1560.5	1534.6	830 Min.
Flujo, (0.01pulg.)	13.9	13.7	13.3	13.7	8 - 14 (0.01 pulg.)
vacíos de aire, %	4.4	3.7	3.4	3.1	3% - 5 %
V.M.A, %	17.6	17.8	19	19.2	14 mín.
V.LL.CA, %	73.3	78.9	82.1	83.7	-
Absorción de Asfalto, %	-	0.16	0.32	0.48	-
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3369.1	4,356.70	4,870.30	4,602.30	1700 - 4000 (kg/cm)
Temperatura máxima mezcla, °C	165	165	165	165	160 - 170 °C
Relación Polvo <sub>0.074</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
Recubrimiento, %	100	100	100	100	100%
Desprendimiento, % retenido	95	95	95	95	95

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 20, se visualiza los resultados obtenidos mediante los ensayos del Método Marshall de la mezcla asfáltica modificado con 0.4%, 0.8% y 1.2% de caucho reciclado, se elaboró 3 briquetas por cada porcentaje de caucho, de este modo se obtuvo un resultado promedio en cada parámetro, estos valores tienen una mejora significativa con respecto a la mezcla convencional que se muestra en la tabla 15. Los resultados obtenidos están dentro de las especificaciones de la EG-2013.



*Figura 13.* Variación de la densidad de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón.

En la figura 13, se muestra que la densidad es inversamente proporcional al porcentaje de caucho reciclado, a medida que se va incrementando la cantidad de caucho la densidad disminuye, la mezcla asfáltica con 1.2% de caucho tuvo una pérdida de densidad de 0.021 g/cm<sup>3</sup> que equivale a 0.87% respecto a la mezcla patrón. Sin embargo, la norma no establece mínimos y máximos, pero la densidad está relacionada con el rendimiento duradero de la mezcla, por ende, el caucho afecta a las propiedades físicas mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.



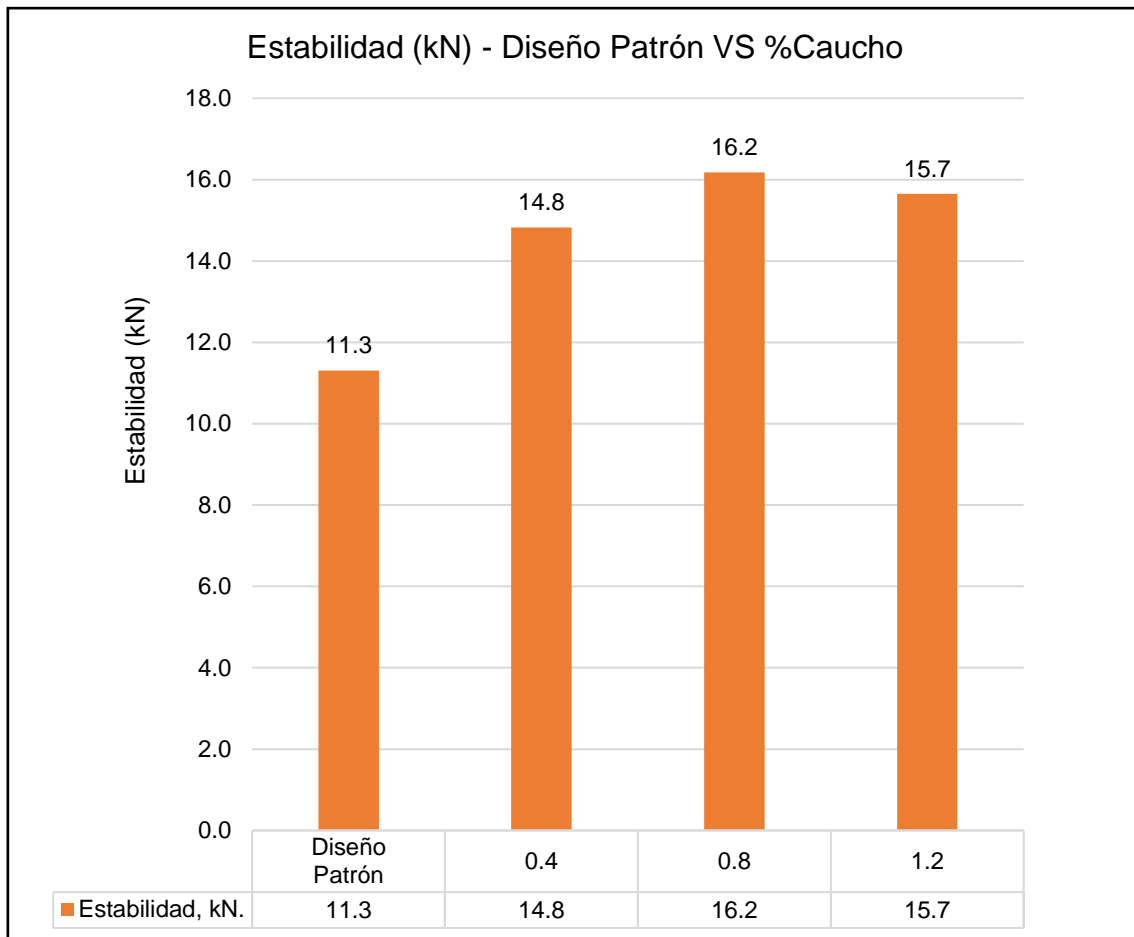
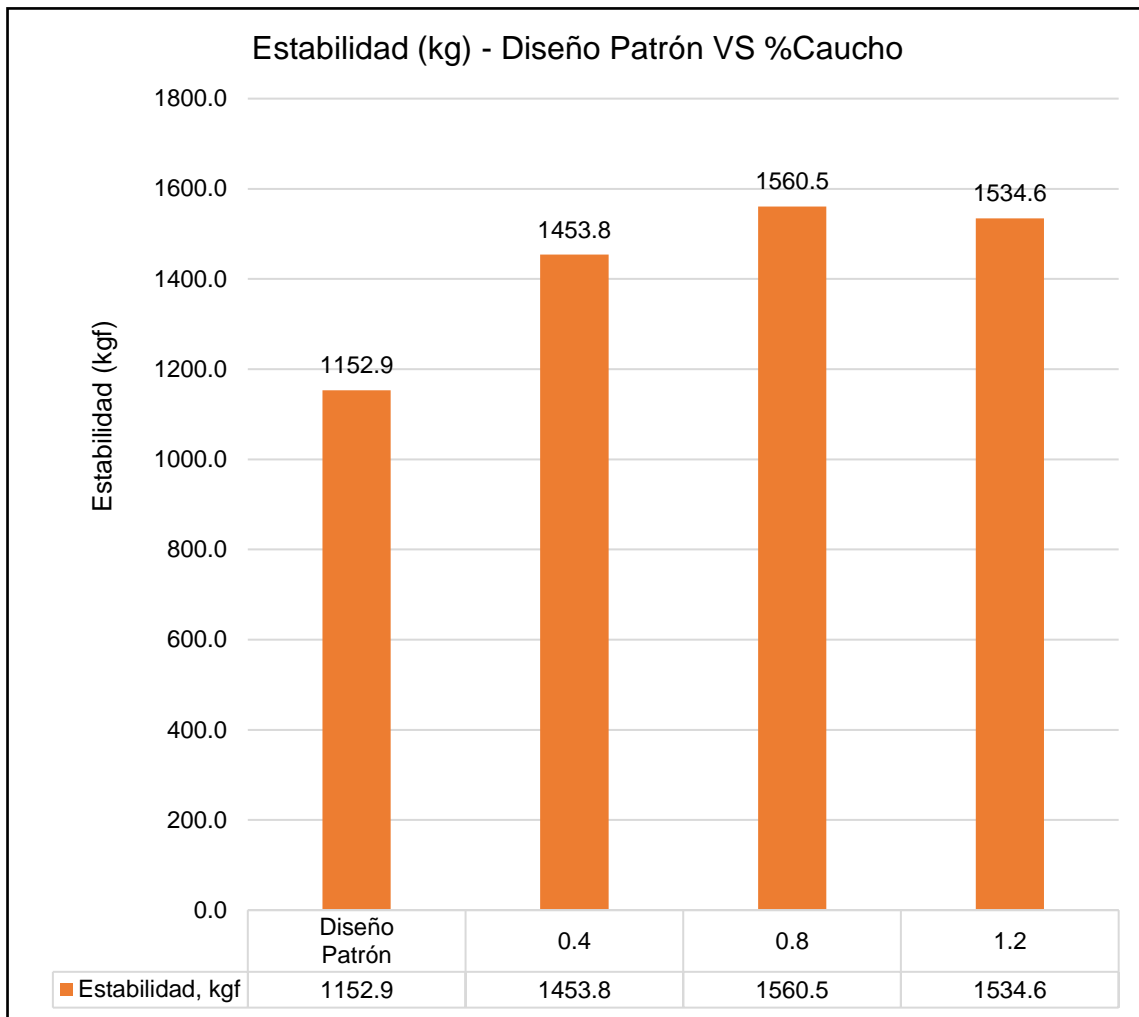


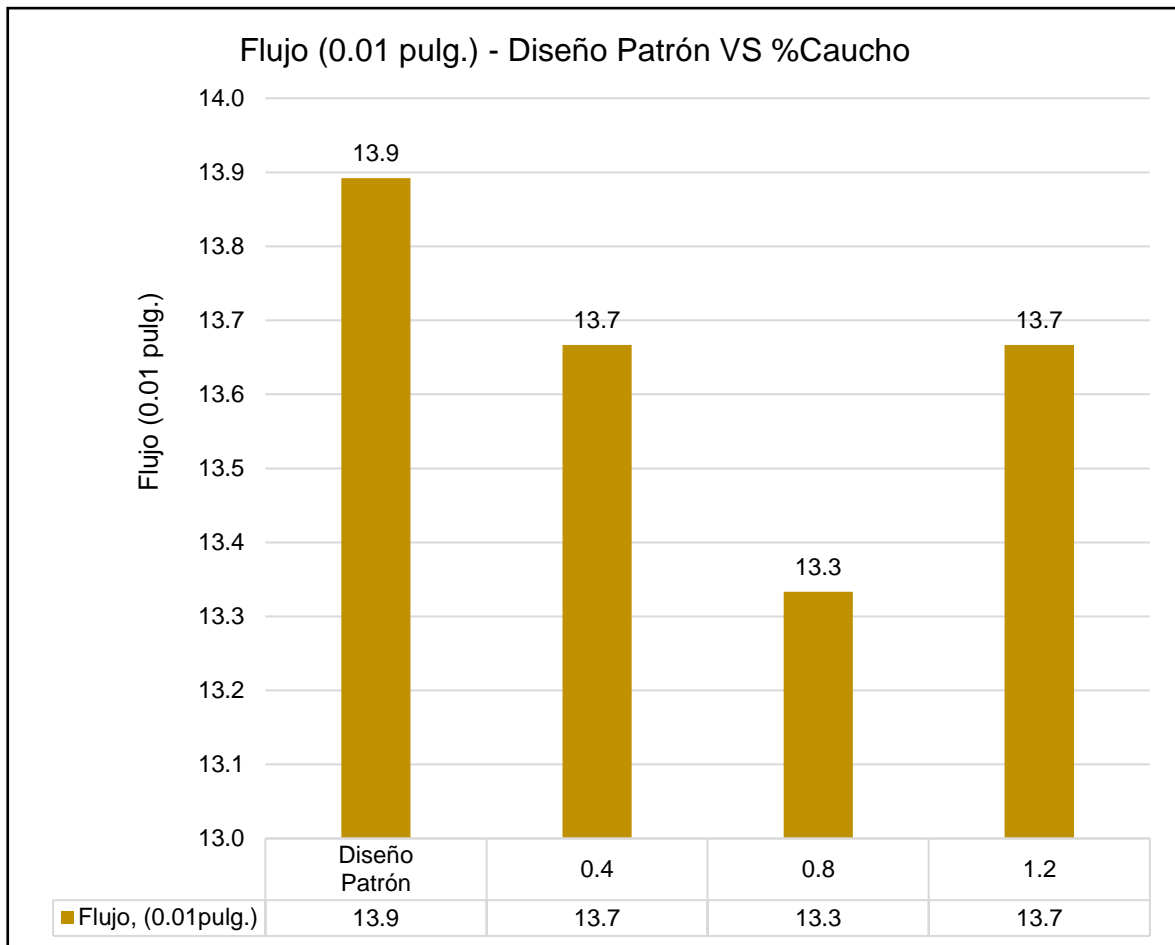
Figura 14. Variación de la estabilidad en kN de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón.

En la figura 14, se visualiza los resultados obtenidos de la estabilidad, este es una de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente. En esta investigación se obtuvo una mejor estabilidad con las mezclas modificadas con caucho obteniendo valores por encima de la mezcla patrón y cumpliendo con los parámetros de diseño, lo cual se visualiza en la tabla 15. Por ende, la mezcla con 0.8% de caucho tiene mayor resistencia incrementado 43.36% con respecto a la mezcla patrón, quiere decir que tiene mayor capacidad de resistir a las deformaciones, desplazamientos y es capaz de mantener su forma bajo las cargas de tránsito.



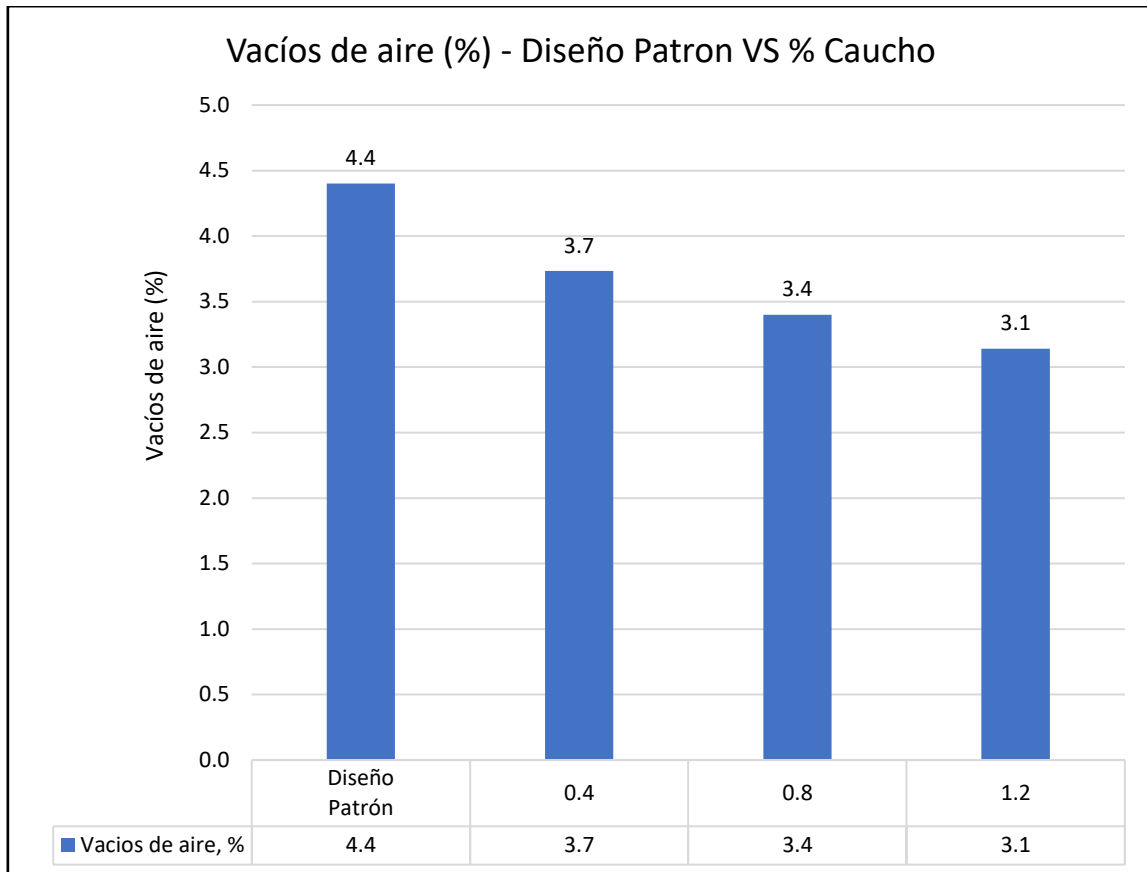
*Figura 15.* Variación de la estabilidad en kg de la mezcla con caucho reciclado respecto a la mezcla patrón.

En la figura 15, se muestra una mejora de la estabilidad con las mezclas modificadas con caucho, obteniendo valores por encima de la mezcla patrón y cumpliendo con los parámetros de diseño, lo cual se visualiza en la tabla 21. Por ende, la mezcla con 0.8% y 1.2% de caucho tiene mayor resistencia a las deformaciones incrementando 35.35% y 33.12% respectivamente.



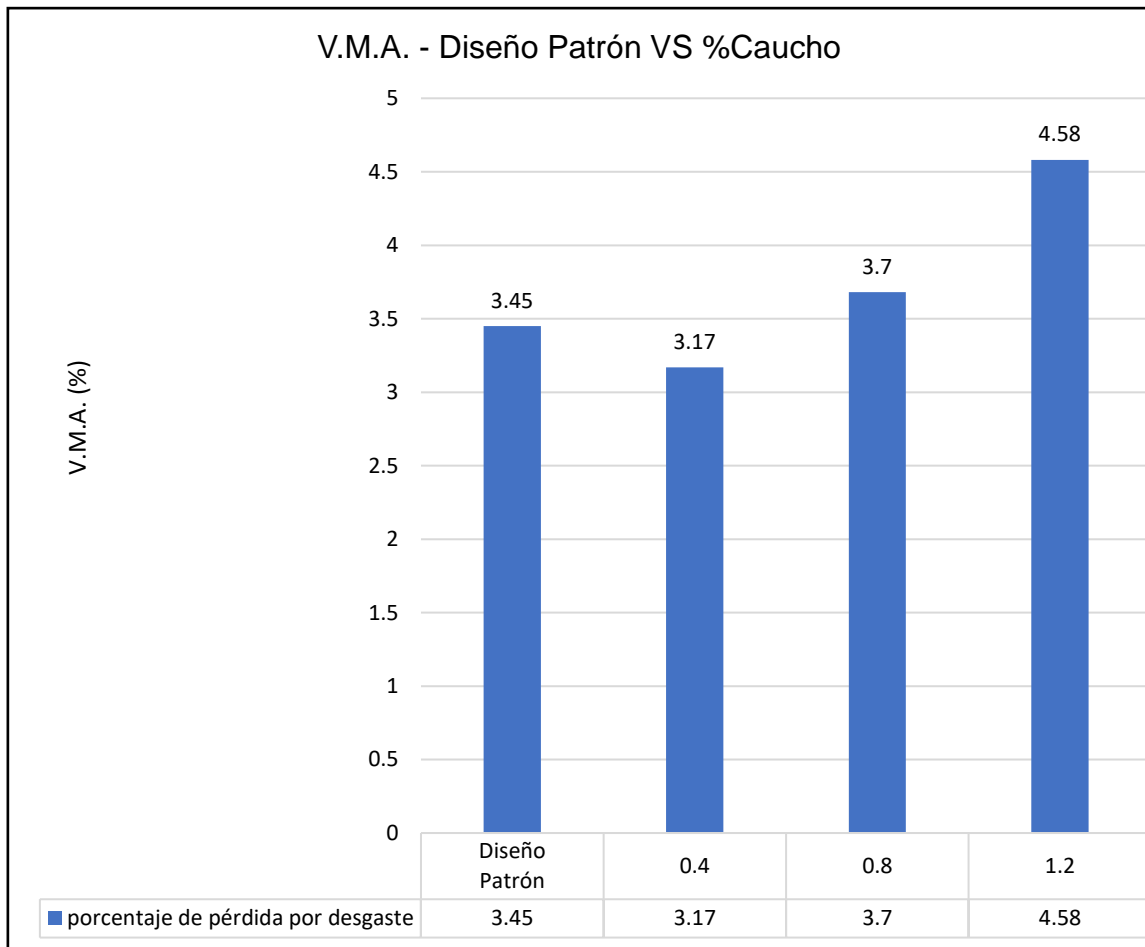
*Figura 16.* Variación del flujo de la mezcla asfáltica modificado con caucho respecto al diseño patrón.

En la figura 16, se muestran los resultados del flujo de la MAC modificada a temperatura de 165°C con un tiempo de digestión de 30 minutos. Los valores obtenidos están dentro del rango de los criterios de instituto del asfalto (1982) y también dentro los parámetros de diseño Marshall MTC E 504.



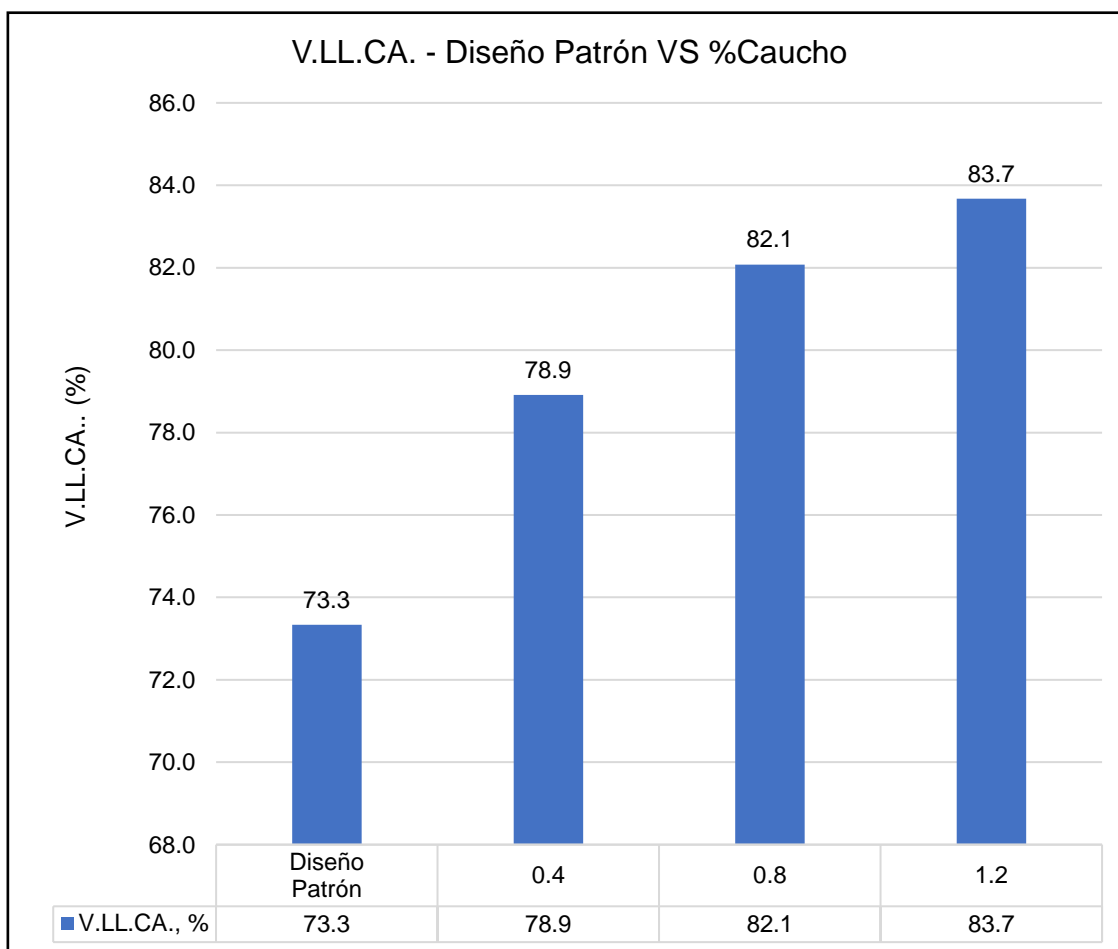
*Figura 17.* Resultados de vacíos de aire de las mezclas modificadas con caucho respecto al diseño patrón a 165°C.

En la figura 17, se muestran los resultados de vacíos de aire de la mezcla patrón y con los diferentes porcentajes de caucho reciclado, el cual disminuye ligeramente a medida que va incrementando el porcentaje de caucho. También es importante mencionar que todos los valores obtenidos están dentro de los parámetros de diseño Marshall (3%-5%) y para el criterio de diseño del Instituto del asfalto (1982). Por consiguiente, la mezcla asfáltica que tiene menor cantidad de vacíos, será menos susceptible a la humedad evitando el ingreso del agua al mismo que pueda causar el deterioro. Pero también un contenido de vacíos menor a los parámetros de diseño puede producir exudación de asfalto.



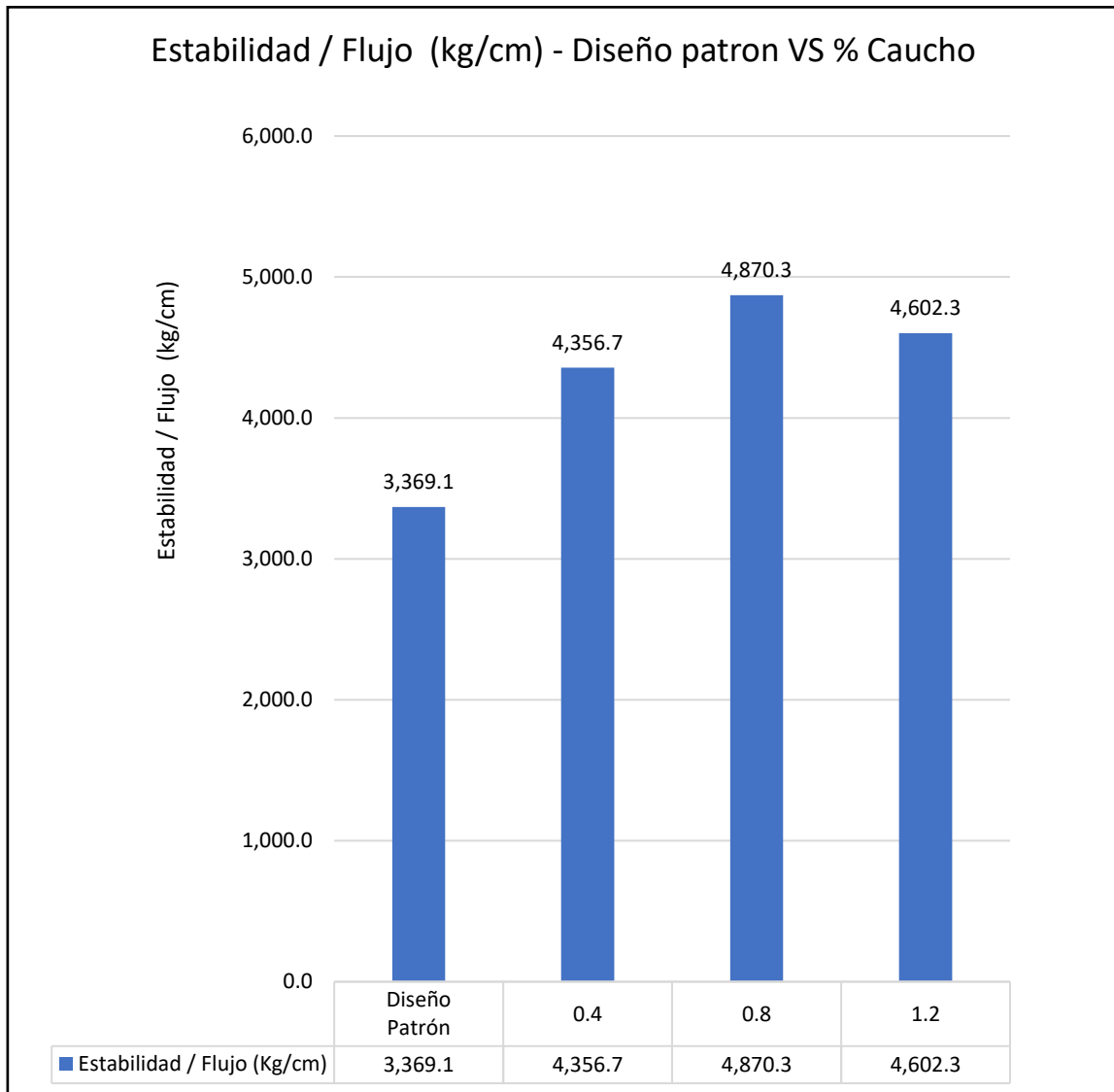
*Figura 18.* Resultados de los vacíos en el agregado mineral sin y con caucho a 165°C.

En la figura 18, se muestran los resultados de ensayos realizados a 3 briquetas por cada porcentaje de caucho, el cual aumenta en relación a la cantidad de porcentaje, cumpliendo con los criterios de Diseño Marshal (14% min) y del Instituto del asfalto (1982). La mezcla con mayor porcentaje de vacíos tiene más espacio para el cemento asfáltico, este puede representar mayor durabilidad de la mezcla.



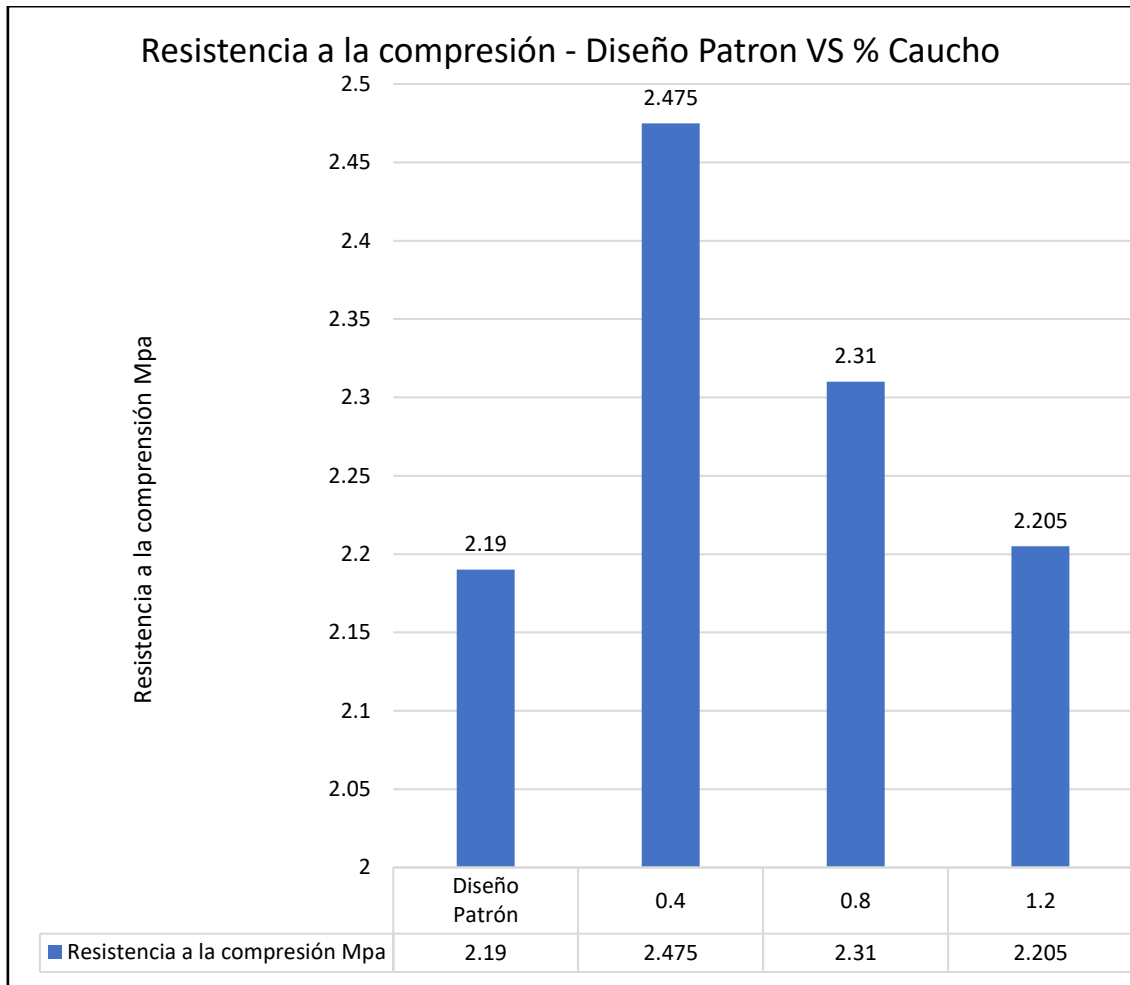
*Figura 19.* Resultado de vacíos llenos de cemento asfáltico en mezclas con porcentajes de caucho y diseño patrón a 165°C.

En la figura 19, se observa que los resultados están ligeramente dentro de los criterios de diseño Marshall y del Instituto de asfalto (1982). Asimismo, se debe mencionar que, un exceso de vacíos llenos de asfalto provoca problemas de estabilidad, sin embargo, una carencia ocasiona problemas de trabajabilidad, flexibilidad, fatiga y durabilidad.



*Figura 20.* Resultado de la relación entre la estabilidad y flujo en la mezcla patrón y con porcentajes de caucho a 165°C.

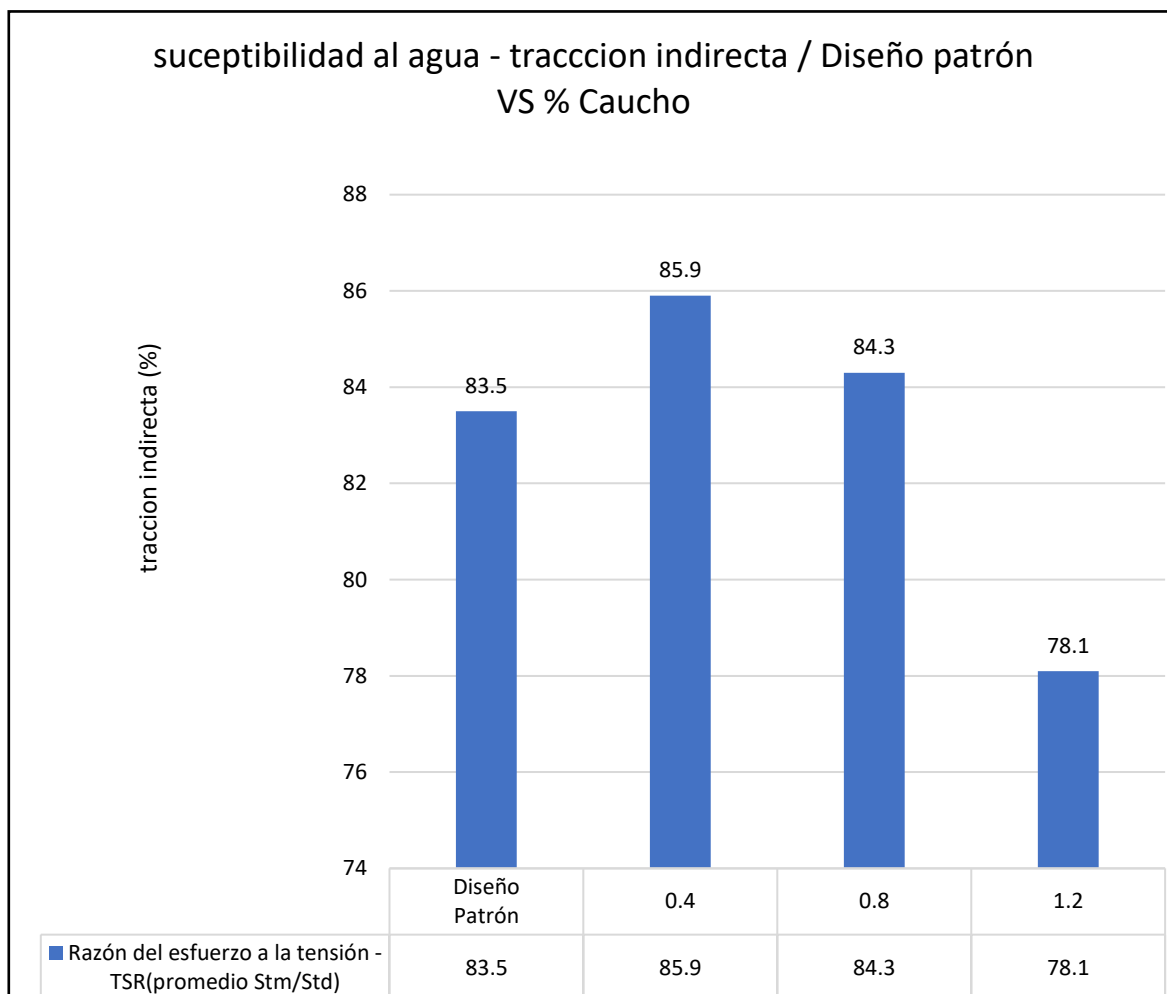
En la figura 20, se visualiza que los resultados obtenidos están por encima de los criterios de diseño Marshall y del Instituto de asfalto (1982). Sin embargo, no afecta las propiedades mecánicas de la mezcla.



*Figura 21.* Resultado de la Resistencia a la compresión en la mezcla patrón y con porcentajes de caucho a 165°C.

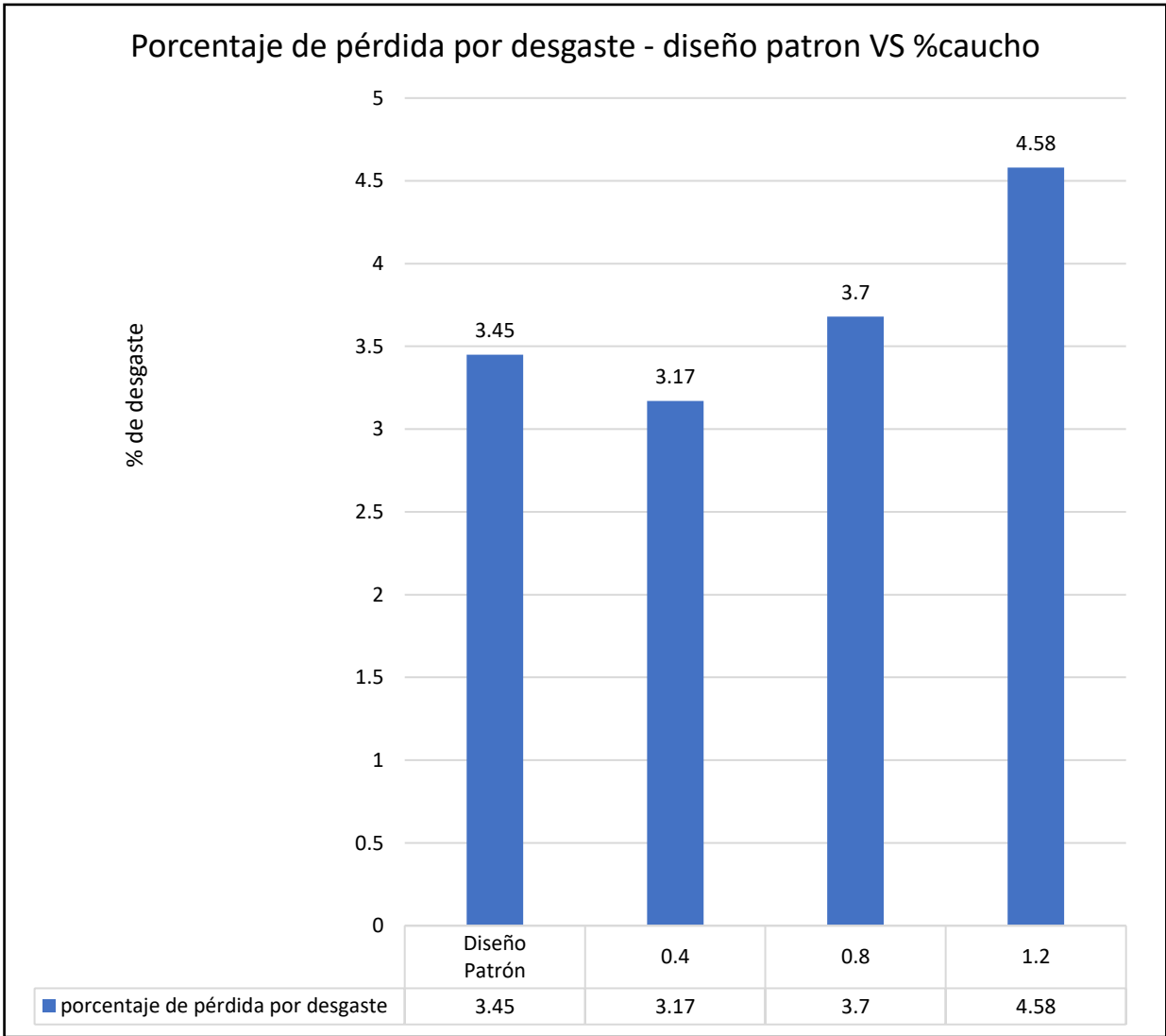
En la figura 21, se observa que tiene mayor resistencia a la compresión con 0.4% de caucho reciclado, esto quiere decir que tendrá mayor resistencia al daño producido por efecto del agua. También se observa que a mayor porcentaje de caucho va disminuyendo la resistencia a la compresión. Sin embargo, está dentro de los parámetros que solicita la norma MTC E 518





*Figura 22.* Resultado de la Resistencia conservada a la tracción indirecta de la mezcla patrón y con porcentajes de caucho.

En la figura 22, se visualiza los resultados obtenidos de la resistencia al daño inducido por la humedad, en las condiciones más críticas de la mezcla asfáltica. la mezcla patrón y las mezclas con 0.4% y 0.8% de caucho cumplen con los parámetros establecidos en la norma MTC E 522



*Figura 23.* Resultado del ensayo cántabro.

En la figura 23, se visualiza que el porcentaje que ha tenido menor desgaste es 0.4% obteniendo mejor desempeño de 8.83% menos que la mezcla patrón. Los valores de pérdida por desgaste fueron obtenidos mediante los ensayos de cántabro empleando la máquina de los ángeles establecido en la norma MTC E 515.

**Tabla 21. Análisis de costo unitario de la carpeta asfáltica e=2” con diferentes porcentajes de caucho reciclado**

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE CARPETA ASFÁLTICA CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CAUCHO POR : M2												
TESIS		ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO, LIMA 2021										
AUTORES		LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL Y VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL										
PROVEEDOR DE ASFALTO		CONSTRUCTORA CHAMONTE SAC										
FECHA		DICIEMBRE DE 2021						UNIDAD			m2	
ITEM	DESCRIPCION	INCORPORACION DE 0.4% DE CAUCHO				INCORPORACION DE 0.8% DE CAUCHO			INCORPORACION DE 1.2% DE CAUCHO			
		UND	CANT	P. UNT S/.	PARCIAL S/.	CANT	P. UNT S/.	PARCIAL S/.	CANT	P. UNT S/.	PARCIAL S/.	
1.00.00	CARPETA ASFÁLTICA											
1.01.00.	IMPRIMACION ASFÁLTICA CON MC-30	m2	1.00	S/. 3.50	S/. 3.50	1.00	S/. 3.50	S/. 3.50	1.00	S/. 3.50	S/. 3.50	
1.02.00.	COLOCACION DE CARPETA ASFÁLTICA e=2”	m2	1.00	S/. 36.50	S/. 36.50	1.00	S/. 36.50	S/. 36.50	1.00	S/. 36.50	S/. 36.50	
2.00.00	CAUCHO RECICLADO											
2.01.01	INCORPORACION DE CAUCHO RECICLADO (PROVEEDOR NORT SOUL S.R.L	kg	0.441	S/. 0.50	S/. 0.22	0.866	S/. 0.50	S/. 0.43	1.312	S/. 0.50	S/. 0.66	
COSTO DIRECTO					S/.	40.22		S/.	40.43		S/.	40.66

RESUMEN	COSTO POR M2	INCREMENTO DE COSTO POR m2
CARPETA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	S/. 40.00	0.00
CARPETA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 0.4% DE CAUCHO	S/. 40.22	S/. 0.22
CARPETA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 0.8% DE CAUCHO	S/. 40.43	S/. 0.43
CARPETA ASFÁLTICA MODIFICADA CON 1.2% DE CAUCHO	S/. 40.66	S/. 0.66

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 21, se muestra el análisis de costo unitario de la carpeta asfáltica con 0.4%, 0.8% y 1.2% de caucho y la cantidad de caucho que requiere por m2 es 0.441 kg, 0.866 kg y 1.312 kg respectivamente. El incremento del costo es mínimo con respecto a la mezcla convencional en comparación con los beneficios que aporta a la estructura de un pavimento.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se planteó como objetivo general evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado. Luego de obtener los resultados del estudio experimental a nivel de laboratorio, con la incorporación de gránulos de caucho reciclado en la mezcla asfáltica patrón en caliente para la evaluación de sus propiedades mecánicas. Se realizó el proceso comparativo entre los resultados encontrados mediante los ensayos de laboratorio y de los antecedentes estudiados, en el presente capítulo de discusión se plasma los resultados obtenidos en el mismo planteado para los objetivos.

Se planteó como primer objetivo determinar los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado. Según Rondón y Reyes (2015, p. 352), las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa mejora significativamente con la incorporación de caucho reciclado por vía seca, se pueden traducir en mayor durabilidad y la reducción de mantenimiento hasta 20% y 57%, mayor resistencia al desgaste por abrasión, disminución del ruido de rodadura (4 a 10 decibeles), menor espesor de capa de pavimento y ayuda a disminuir el impacto negativo al medio ambiental que ocasiona las llantas. En la presente investigación fue desarrollada según los lineamientos especificados en la EG-2013, obteniéndose para el diseño de mezcla asfáltica convencional en caliente un óptimo contenido de asfalto PEN 60/70 de 5.4%, y se halló un valor de estabilidad de 1152.9 kgf, vacíos de aire 4.4%, V.A.M. 17.6% y V. LL.CA. 73.3%, mientras que al incorporar un 0.8% de caucho reciclado, se obtuvo resultados en estabilidad de 1560.5 kgf, vacíos de aire de 3.4%, V.A.M. 19% y V. LL.CA. 82.1%, logrando una mejora del 43.36%, 29.41%, 7.95% y 12% respectivamente. Según Granados (2017), en su estudio con un 0.5% de caucho encontró una mejora con respecto a la mezcla convencional en estabilidad 61%, V.A.M 7.84% y un incremento en vacíos de aire del 17.5%. Por otro lado, Ismail y Huang (2019), con 12% de caucho en relación del peso del asfalto obtuvo un incremento en la estabilidad de 26.90% respecto a

la mezcla convencional. Coincidimos con los autores en las mejoras obtenidas en sus propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. Sin embargo, discrepamos sobre el incremento del porcentaje de vacíos de aire, ya que en nuestra investigación disminuyó un 29.41%, esto por el efecto del caucho que contiene partículas finas dentro de la mezcla y esto hace menos susceptible a la humedad. De esta manera podemos afirmar que la incorporación de caucho reciclado mejora las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente.

Como segundo objetivo se planteó, determinar los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado. Según Granados (2017), consiste en evaluar las diferentes propiedades y comportamientos de la mezcla asfáltica convencional en caliente añadiendo porcentajes de caucho, por medio de las pruebas de la Resistencia a la Compresión Diametral MTC E 513 y Resistencia conservada a la tracción indirecta AASHTO T 283. En la presente investigación se encontró una mejora del 85.9% en la resistencia conservada a la tracción indirecta de la mezcla asfáltica modificado con 0.4% de caucho, teniendo un aumento de 2.87% con respecto a la mezcla patrón. Según Noura, et al (2021), en su investigación obtuvo una mejora de 37.2% en resistencia al daño inducido por la humedad, con 9% en relación al peso del aglutinante (0.5% del peso de los agregados). Por otro lado Chavez, Marcobal y Gallego (2019), utilizando 6.49% de cemento asfáltico y 1.43% de caucho granulado obtuvo un incremento en la resistencia a la tracción indirecta de 20.15% con respecto a la mezcla patrón. Por otra parte Ismail y Huang (2019), con 12% de caucho en relación del peso del cemento asfáltico obtuvo un incremento en la resistencia de la tracción indirecta de 75.17% con respecto a la mezcla patrón. Por su parte Granados (2017), utilizó 5.5% de cemento asfáltico y 5.5% de caucho obtuvieron un incremento de 63% respecto a la mezcla convencional. Discrepamos con los autores en las mejoras obtenidas de la resistencia a la tracción indirecta, esto se debe al mayor tiempo de digestión que los autores utilizaron, ya que a mayor tiempo de digestión el caucho interactuar mejor con el asfalto.

Como tercer objetivo se planteó determinar los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado. Según Granados (2017), consiste en analizar los parámetros mecánicos de la mezcla asfáltica alterada con polvo de caucho añadido por vía seca, este ensayo sirve para determinar el porcentaje de la pérdida por desgaste normalizado en la norma MTC E 515. En la presente investigación se obtuvo un mejor desempeño con 0.4% de caucho obteniendo 3.17% de desgaste y un incremento de 8.83% con respecto a la mezcla patrón. Según Granados (2017), obtuvo un porcentaje de desgaste de 3.6% con 0.5% de caucho, este tuvo mayor desgaste frente a la mezcla convencional del 3%. Discrepamos con el autor ya que nosotros obtuvimos un mejor desempeño con 0.4% de mezcla modificada. Sin embargo, discrepamos con el autor, ya que en nuestra investigación obtuvimos un menor desgaste con respecto a la mezcla patrón del 3%, este por el efecto del caucho que contiene partículas finas dentro de la mezcla y esto hace más resistente a la abrasión producido por las llantas de los vehículos en la estructura del pavimento.

## VI. CONCLUSIONES

La incorporación de caucho reciclado por vía seca influye significativamente en la mejora de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional. Se empleó cemento asfáltico PEN 60/70 con un óptimo contenido de 5.4% y los agregados finos y gruesos utilizados para el diseño fue de 55% y 45% respectivamente, para la elaboración de las briquetas se consideró un tiempo de digestión de 30 min, con una temperatura de preparación de 165°C en todos los ensayos. La incorporación de 0.8% de caucho tuvo mejores resultados con el Método Marshall y con 0.4% de caucho tuvo mejor comportamiento en la resistencia al daño inducido por la humedad, mayor resistencia a la pérdida por desgaste. Esto se traduce en el incremento de la vida útil de la estructura de un pavimento, reducción del impacto negativo de las infraestructuras de transporte y menor costo de mantenimiento.

La incorporación de 0.8% de caucho se determinó mejores resultados en los comportamientos mecánicos de la mezcla asfáltica cumpliendo con las Especificaciones en la EG-2013, obteniéndose un incremento con respecto a la mezcla patrón en los principales resultados de: Estabilidad del 43.36%, vacíos de aire del 29.41%, vacíos de agregado mineral del 7.95% y vacíos llenos de cemento asfáltico del 12% y la resistencia a la compresión (2.475 Mpa) incrementado con respecto a la mezcla patrón en 85.9%. Por otro lado, el uso de caucho fue reciclado dando un nuevo uso para la mejora de las propiedades de la mezcla, y también como una alternativa para poder reducir el impacto ambiental negativo, ya que la infraestructura vial es muy importante que se encuentre en condiciones óptimas para facilitar la fluidez del tráfico.

La incorporación de 0.4% de caucho reciclado tuvo mejores resultados en los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica modificada con caucho mediante el proceso de vía seca, obteniéndose un incremento con respecto a la mezcla patrón en los principales resultados de: la resistencia al daño inducido por la humedad de 85.9%, la cual supera a la mezcla patrón y al 80% mínimo especificado en la norma EG-2013. Para obtener mejores valores de

caracterización es importante determinar las temperaturas de digestión mayores al empleado, ya que este ayuda a interactuar con el asfalto.

Mediante la incorporación de 0.4% de caucho reciclado tuvo mejor desempeño mediante los resultados del ensayo cántabro realizado en la máquina de los Ángeles normalizada en la norma MTC E 515, obteniéndose un incremento con respecto a la mezcla patrón en los principales resultados de: la pérdida por desgaste de 3.17%, tuvo menor desgaste con respecto a la mezcla patrón de 8.83%. Esto significa que la mezcla con 0.4% de caucho reciclado es resistente a la abrasión y fricción producidas por los vehículos en la estructura de un pavimento.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda establecer un tiempo de digestión mayores a 30 min para obtener mejores propiedades en la mezcla asfáltica modificada. Por otro lado, realizar pruebas que permitan el análisis del comportamiento de asfalto in situ de la mezcla asfáltica mejorados con caucho y una mayor inversión en este tipo de investigaciones para poner en práctica estos avances, ya que esta tecnología aún no se aplica en el nuestro país.

Se recomienda dar nuevo uso al caucho reciclado en mezclas asfálticas, ya que se logró una mayor resistencia a las deformaciones y es menos susceptible a la humedad en proceso por vía seca, esto para carreteras construidas en zonas lluviosas. Por otro lado, utilizando estos materiales reciclados estaríamos contribuyendo con el medio ambiente, ya que muchas veces estos residuos terminan en botaderos.

Se recomienda emplear tamaños más gruesos de caucho que el utilizado en esta investigación por el proceso de vía seca, también se debe continuar con la investigación por proceso húmedo para poder observar las propiedades de la mezcla asfáltica.

Se recomienda realizar ensayos de Rueda de Hamburgo para medir el ahuellamiento.

## REFERENCIAS

ABUTGATTAS, Camila, CARNEJO, Gretta. Investigación sobre la realidad de caucho en desuso en Perú comparándolo con otros países. Para Optar por el Grado Académico de (Bachiller en Ingeniería Industrial). Arequipa. Universidad Católica del Perú, 2020. Disponible en [https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16341/1/ABUGATTAS\\_DE LGADO\\_CAM\\_INV.pdf](https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16341/1/ABUGATTAS_DE LGADO_CAM_INV.pdf)

AYALA, Karla, HEREDIA, Joel. Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca. Tesis (para obtención título de ingeniería civil). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2019. Disponible en <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/13840/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-317.pdf>

BAKHEIT, Ismail, HUANG, Xiaoming. Modification of the dry method for mixing crumb rubber modifier with aggregate and asphalt based on the binder mix design, *Construction and Building Materials* [en línea]. 2019, Vol. 220, 278-284. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819314618>

ISSN: 0950-0618

BOCCI, Edoardo, PROSPERI, Emiliano. Recycling of reclaimed fibers from end-of-life tires in hot mix asphalt [en línea]. Octubre de 2020, vol. 7. [fecha de consulta: 13 de junio]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756419302041>

CAMACHO, Edilberto. Algunos datos interesantes sobre el cultivo del caucho [en línea]. Costa Rica. [ fecha de consulta: 16 de junio]. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/15988>

CAPCHA, Karla. Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018. Tesis (Para optar título de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36367>

CARTNER, Willian. Delelopment of More Rational Approaches [en línea]. 1989. [fecha de consulta: 22 de junio de 2021]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=crdyG1QCchMC&pg=PA104&dq=Manual+\(MS-2\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjfxLn-89n0AhU\\_IrkGHdb0AlkQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q=Manual%20\(MS-2\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=crdyG1QCchMC&pg=PA104&dq=Manual+(MS-2)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjfxLn-89n0AhU_IrkGHdb0AlkQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q=Manual%20(MS-2)&f=false)

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (2007). Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosa (6ª ed.). Madrid, España: CEDEX. Disponible en [http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/27EDCC96-7C3A-42B5-96B7-F6B87D0BD3DF/116371/Manual\\_NFU.pdf](http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/27EDCC96-7C3A-42B5-96B7-F6B87D0BD3DF/116371/Manual_NFU.pdf)

CHAVEZ, Francisco, MARCOBAL, Jose, GALLEGO, Juan. Laboratory evaluation of the mechanical properties of asphalt mixtures with rubber incorporated by the wet, dry, and semi-wet process. *Construction and Building Materials*, 2019, vol. 205, p. 164-174. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819301916>

CONTRERAS, Martínez, MAMANI, Vilcatoma. Reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente a través de la incorporación de polvo de caucho proveniente de neumáticos usados. Tesis de pregrado. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru, 2019.

EMERY, John. Properties of flexible pavement materials [en line]. 1983, American society for testing and materials. [fecha de consulta: 23 de mayo de 2012].

Disponible en

[https://books.google.com.pe/books?id=rDRjBKceovsC&pg=PA136&dq=ASTM+D-1559&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjS\\_fjX8tn0AhVhILkGHbVpCCsQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=ASTM%20D-1559&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=rDRjBKceovsC&pg=PA136&dq=ASTM+D-1559&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjS_fjX8tn0AhVhILkGHbVpCCsQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=ASTM%20D-1559&f=false)

FARFAN, Daniel; ROMERO, Michael. Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionando 1.5% de caucho reciclado granular, Chimbote-2019. Tesis (Título profesional de Ingeniero civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo Chimbote, 2019. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45919>

FIGUEROA, Ana Sofía et al. Analysing polystyrene-modified asphalt and its incidence in a heat-dense asphalt mixture [en línea]. 2007, vol.27, n.3, pp.5-15. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092007000300001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300001)

ISSN 0120-5609.

GRANADOS, José. Comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente modificada con caucho mediante proceso por vía seca respecto a la mezcla asfáltica convencional. Tesis (para grado académico de maestro en ingeniería vial). Lima: Universidad Ricardo Palma, Perú, 2017.

HANDE, Ozturk, FARSHAD, Kamran. Laboratory Evaluation of Dry Process Crumb Rubber Modified Mixtures Containing Warm Mix Asphalt Additives [en línea]. 2019, vol. 229. Disponible en: <https://trid.trb.org/view/1653253>

ISSN 0950-0618

HUAYANG YU, et al Effect of mixing sequence on asphalt mixtures containing waste tire rubber and warm mix surfactants, *Journal of Cleaner Production*. 2020, Vol. 246, 119008 Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619338788>

ISSN 0959-6526.

Instituto del Asfalto (Estados Unidos), Manual de Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente MS-22. Lexington, 1989, Asphalt Institute.

MACEDO, Sergio, URETA, Cristian. Influencia del caucho reciclado utilizado como agente modificante en los parámetros de diseño de una mezcla asfáltica. Tesis (título profesional de ingeniero civil). Perú: Universidad de Ricardo Palma, 2020. Disponible en <http://168.121.49.87/handle/URP/3681>

MANQUIÑA, Walther. Caucho reciclado de llantas en la mezcla de Asfalto a Compresión para mejorar las Propiedades Mecánicas. Tesis (Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Vial). Lima: Universidad de Ricardo Palma, Perú, 2019.

MANTILLA, Javier, CASTAÑEDA, Eduardo. Assessment of simultaneous incorporation of crumb rubber and asphaltite in asphalt binders [en línea]. 2019, n°. 208. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/496/49660955032/html/q>

MARTÍN, Álvaro. Aplicación del caucho reciclado como solución constructiva ecológica. Tesis (Doctoral). Universidad Politécnica de València, 2015.

Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/55735>

Ministerio de transportes y comunicaciones. MANUAL DE CARRETRAS: Especificaciones técnicas generales para construcción. 1.a ed. Perú : Empresa Editora Macro EIRL, 2013. 733 PP.

ISBN: 978-612-304-116-8

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Perú). Manual de Ensayo de Materiales. Lima, Perú. 2016.

MORENO, Elmer. Estudio comparativo del asfalto tradicional y el asfalto con la inclusión de caucho reciclado, con fines de pavimentación, Lima-2016. Tesis (para optar título profesional en Ingeniería civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2016.

MORENO, Lucrecia, CHAMBA, Fátima, BENEVIDES, Jonathan. Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando caucho triturado de neumático reciclado. Tesis (para obtener título de ingeniero civil). Ecuador: Universidad Estatal Península De Santa Elena, 2019.

Disponible en <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5225>

MOTT, Robert. Mecánica de fluidos [en línea]. México: Universidad de Dayton, 2016. Disponible en <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>

NIÑO, Víctor. Metodología de la investigación. Bogotá: Ediciones de la U. 2011.

NOURA, Sajjad et al. Evaluation of measured and predicted resilient modulus of rubber Stone Mastic Asphalt (SMA) modified with truck tire rubber powder [en línea]. 2021, vol. 15. Disponible en:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214509521001480>

Norma AASHTO T 283 (2003). Standard Method of Test Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture Induced Damage.

Norma AASHTO T 283. Standard Method of Test Resistance of Compacted Asphalt Mixtures to Moisture Induced Damage. 2003.

Norma ASTM D 3515. Standard Specification for Hot-Mixed, Hot-Laid Bituminous Paving Mixtures. 2001.

Norma NTL 346/90. Resistencia a la compresión diametral de mezclas Bituminosas 1990.

OLARTE, BRANDON, SOLER, Rubén. Efecto del grano de caucho en el ahuellamiento de una mezcla asfáltica tipo md-12. Tesis (para optar título de ingeniero de transportes y vías). Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2018. Disponible en <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3094>

ORTIZ, Kerlly. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON CAUCHO SBR USANDO METODO MARSHALL. Tesis (licenciatura). Samborondón : Universidad De Especialidades Espíritu Santo, 2016. Disponible en <http://repositorio.uees.edu.ec/handle/123456789/599>

PELÁEZ, Gabriel, VELÁSQUEZ, Sandra, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. 2017.

RATHORE, Mukul, ZAUMANIS, Martins. Impact of laboratory mixing procedure on the properties of reclaimed asphalt pavement mixtures. Construction and Building Materials, 2020, vol. 264, p. 120709. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061820327148>

REN, Shisong, et al. Investigating the role of swelling-degradation degree of crumb rubber on CR/SBS modified porous asphalt binder and mixture. Construction and Building Materials, 2021, vol. 300, p. 124048. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821018080>

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: Materiales, construcción y Diseño. 1 a. ed. Colombia: Empresa Editora Macro EIRL, 2015. 680 PP.

ISBN: 978-958-771-175-2

RONDON, Hugo, REYES, Fredy. Pavimentos, materiales, construcción y diseño. [En línea]. 1.a ed. Bogotá: 2015 [fecha de consulta: 20 de junio de 2021].

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

ISBN: 978-958-771-175-2

SALAZAR, Stéphanie. Incorporación de caucho reciclado en las mezclas asfálticas para mejorar pavimentos flexibles en la Ciudad de Lima, Perú 2019. Tesis (para obtener el título profesional de ingeniería civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Perú, 2019. Disponible en

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46143>

SANCHEZ, Miguel, GUZMAN, Marta. Análisis de la eficiencia medioambiental del recauchutado de neumáticos [en línea]. 2013. [ fecha de consulta: 22 de marzo de 2021]. Disponible en <https://editorial.umh.es/2013/08/02/analisis-de-la-eficiencia-medioambiental-del-recauchutado-de-neumaticos/>

ISBN: 978-84-96297-92-0

SÁNCHEZ, Manuel. Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura. Tesis (para optar título profesional). Perú: Universidad de Piura, 2021. Disponible en <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4871>

SINGH, Baliyar, et al. Graphene sandwiched crumb rubber dispersed hot mix asphalt. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2020, vol. 7, no 5, p. 652-667. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756418305002>

VASQUEZ Gonzales, Antonio et al. Medio Ambiente: Calidad ambiental [en línea]. 2002. España. [fecha de consulta: 16 de mayo]. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=295>

ISBN: 84-7800-777-6

VEGA, Danilo Sebastián. Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25264>

YUNG, Wan, CORDOBA, Jorge, RONDÓN, Hugo. Evaluation of abrasion of a modified drainage mixture with rubber waste crushed (GCR) [en línea]. 2016, n°. 50. [ fecha de consulta: 23 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257049511009.pdf>

ISSN: 0123-921X

YU, Huayang, et al. Effect of mixing sequence on asphalt mixtures containing waste tire rubber and warm mix surfactants. *Journal of Cleaner Production*, 2020, vol. 246, p. 119008. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619338788>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variables y de consistencia

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
Título: Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando de caucho reciclado, Lima 2021.					
Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
VARIABLE INDEPENDIENTE	El caucho reciclado se obtiene de neumáticos fuera de uso y el polvo de caucho mediante la trituración de la misma. (Manual de Empleo de Caucho de NFU en Mezclas Bituminosas, 2007).	El polvo de caucho se somete a procesos de separación de metales, tejidos e impurezas para luego ser seleccionado en base a las características físicas, como su peso específico y granulometría.	Características físicas	Peso específico	Razón
CAUCHO RECICLADO				Granulometría	Razón
			Dosificación	Dosificación de 0.0%, 0.4%, 0.8%, y 1.2%	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE	Las propiedades mecánicas son el conjunto de comportamientos y reacciones que presenta la mezcla asfáltica al momento de entrar en contacto con fuerzas externas (Instituto del Asfalto, 1982).	Se incorpora 0.4%, 0.8% y 1.2%, de caucho reciclado a la M.A.C mediante proceso por vía seca, para determinar el comportamiento de sus propiedades mecánicas.	Parámetros de diseño	Densidad	Razón
PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE				Estabilidad	
				vacíos de aire	
				vacíos de agregado mineral	
				flujo	
inmersión-compresión	Tracción indirecta	Razón			
	Parámetros de desempeño	Perdida por desgaste	Razón		

Fuente: elaboración propia.



**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**Título: Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021.**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	VARIABLE INDEPENDIENTE: (X) CAUCHO REICLADO	Características físicas	Peso específico	Peso específico NTP 440.022
¿Cuál es el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021?	Evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021.	El comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente mejora incorporando caucho reciclado, Lima 2021.			Granulometría	Análisis Granulométrico NTP 400.012
					Dosificación	0.0%, 0.4%, 0.8% y 1.2% de caucho reciclado
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS:	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:	VARIABLE DEPENDIENTE: (Y) PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE	Parámetros de diseño	Densidad	Ensayo Marshall MTC E 504 del Manual de Ensayo de Materiales
¿Cuáles son los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021?	Determinar los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.	Cumplen con la norma los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.			Estabilidad	
					vacíos de aire	
					vacíos de agregado mineral	
					flujo	
¿Cuáles son los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021?	Determinar los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.	Cumplen con la norma los parámetros de caracterización de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.			Resistencia a la compresión resultante de la acción del agua en mezclas bituminosas compactadas.	Ensayo de Inmersión – Compresión MTC E 513 y MTC E 518
¿Cuáles son los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021?	Determinar los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.	Cumplen con la norma los parámetros de desempeño de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado, Lima 2021.			Resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad.	Ensayo de Tracción indirecta AASHTO T283
					Resistencia a la disgregación de la mezcla	Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste MTC E 515

Fuente: elaboración propia.

## ANEXO 2: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

### ANEXO 02: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

##### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Darwin Gabriel Castillo Neyra

Institución donde labor: INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS SAC

Especialidad: Ing. Civil / Jefe de laboratorio suelos y asfalto

Instrumento de evaluación: Marshall, Inmersión – Compresión, Tracción Indirecta, Compresión Diametral y Ensayo Cántabro de perdida por desgaste

Autores de los instrumentos : Lactas Aguilar, José Miguel

: Velásquez Campos, Manuel

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL		50				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: EL PROYECTO DE INVESTIGACION ES PROCEDENTE

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

50

Lima, 12 de julio de 2021.

### ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
.....  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

**ANEXO 02: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**  
**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Ing. Eddison Uchuypoma Silva  
 Institución donde labora : LOS PORTALES S.A.  
 Especialidad : SUPERVISOR DE OBRA  
 Instrumento de evaluación : Marshall, Inmersión – Compresión, Tracción  
 Indirecta, Compresión Diametral y Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste  
 Autores de los instrumentos : Llactas Aguilar, José Miguel  
 : Velásquez Campos, Manuel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>50</b>				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN ES PROCEDENTE**

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

50

Lima, 12 de julio de 2021.

**ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**


**ANEXO 02: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN  
INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

**Apellidos y nombres del experto:** Ing. Jaime Suárez Torres

**Institución donde labor:** Municipalidad distrital san José de ushua

**Especialidad:** Ing. Estructural

**Instrumento de evaluación:** Marshall, Inmersión – Compresión, Tracción Indirecta, Compresión Diametral y Ensayo Cántabro de pérdida por desgaste

**Autores de los instrumentos** : Llactas Aguilar, José Miguel

: Velásquez Campos, Manuel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

**MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: VI: CAUCHO RESICLADO Y VD: MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		<b>50</b>				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: EL PROYECTO DE INVESTIGACION ES PROCEDENTE**

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

50

Lima, 12 de julio de 2021.

**ANEXO 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**



### Anexo 03: Registro fotográfico



Tamizado del agregado fino



Tamizado del agregado grueso



Caucho reciclado obtenido mediante el triturado mecánico (proveedor Nort Soul S.R.L)



Pesado de caucho para el análisis granulométrico



Materiales para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente

Tamizado del agregado grueso

Tamizado del agregado fino





combinación de los agregados según el peso



pesado de los agregados según la cantidad del diseño  
incorporación de cemento asfáltico según el diseño patrón







molde de briquetas y agregados en horno



preparación de la mezcla asfáltica en caliente en cocina eléctrica

preparación de la mezcla asfáltica a 165°C





molde de la mezcla asfáltica en caliente



Compactación manual de las briquetas con el martillo Marshall a 75 golpes por lado



extracción de las briquetas con un extractor de núcleos



pesado de briquetas en seco



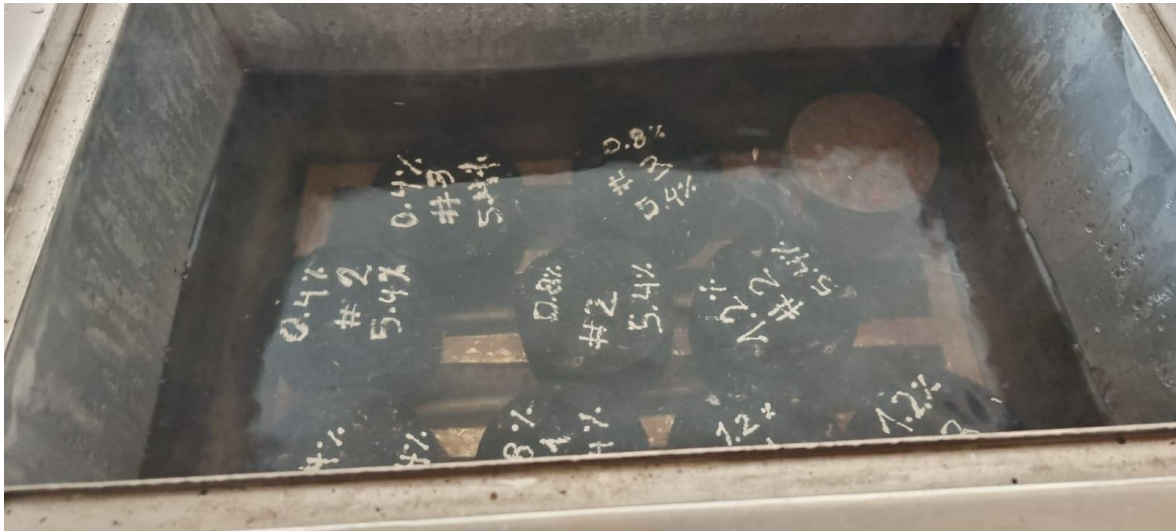
sumergido de briquetas en agua a 25°C por 5 minutos



determinación del peso específico de las briquetas



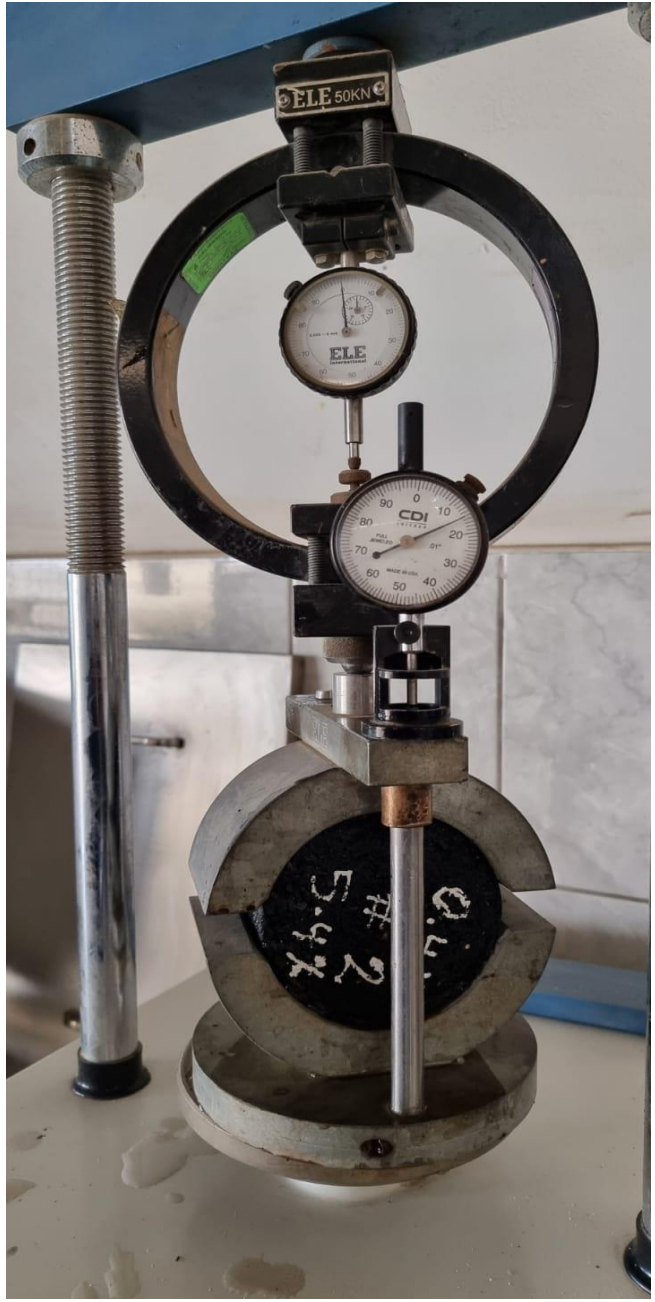
Equipo de baño maría



Baño maría a 60°C por un tiempo de 30 minutos



Briquetas despues de los ensayos



ensayo de las briquetas en el equipo Marshall



Ensayo de traccion indirecta



Briquetas después del ensayo de compresión diametral



Pesado de las briquetas para el ensayo cántabro



Máquina de los Ángeles

Ensayo de pérdida por desgaste en maquina de los Ángeles







pesado de las briquetas después del ensayo cántabro

# Análisis granulométrico del agregado fino



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS								
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88								
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						N° ENSAYO	: 002
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	Arena Chancada para asfalto						ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-2						HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria						FECHA	: 02/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
7"	177.800						PESO TOTAL = 720.4 gr	
6"	152.400						PESO LAVADO = 641.5 gr	
5"	127.000						PESO FINO = 706.3 gr	
4"	101.600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad	
3"	76.200						726.2 720.4 0.8%	
2 1/2"	63.500						Ensayo Malla #200 P.S. Seco P.S. Lavado 200%	
2"	50.800						720.4 641.5 11.0	
1 1/2"	38.100						% Grava = 2.0 %	
1"	25.400						% Arena = 87.1 %	
3/4"	19.050						% Fino = 11.0 %	
1/2"	12.700						MÓDULO DE FINURA = 3.28 %	
3/8"	9.525				100.0			
# 4	4.760	14.1	2.0	2.0	98.0			
# 8	2.360	207.8	28.8	30.8	69.2			
# 10	2.000							
# 16	1.180	190.0	26.4	57.2	42.8			
# 30	0.600	107.1	14.9	72.0	28.0			
# 40	0.420							
# 50	0.300	61.9	8.6	80.6	19.4			
# 80	0.180							
# 100	0.150	36.8	5.1	85.7	14.3		Muestra de acopio de planta de asfalto.	
# 200	0.075	23.8	3.3	89.0	11.0			
< # 200	FONDO	78.9	11.0	100.0	0.0			
FINO		706.3						
TOTAL		720.4						

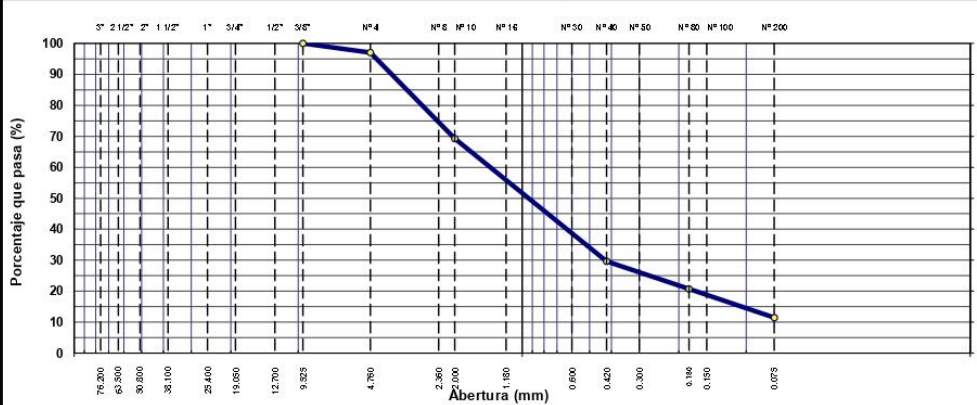
CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>Observaciones: Muestra de acopio de planta de asfalto.</p>


  

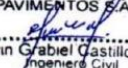
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra</p> <p>Ingeniero Civil</p> <p>CIP N° 243518</p>
---


Inversiones Tecnología de Pavimentos S.A.C.  
 @INTECPAVSAC  
 Jr. Felipe Cohalla Rivera N° 818 - S.M.P. - Lima  
 Contacto: intecpavsac@gmail.com  
 Teléfonos: 955703678

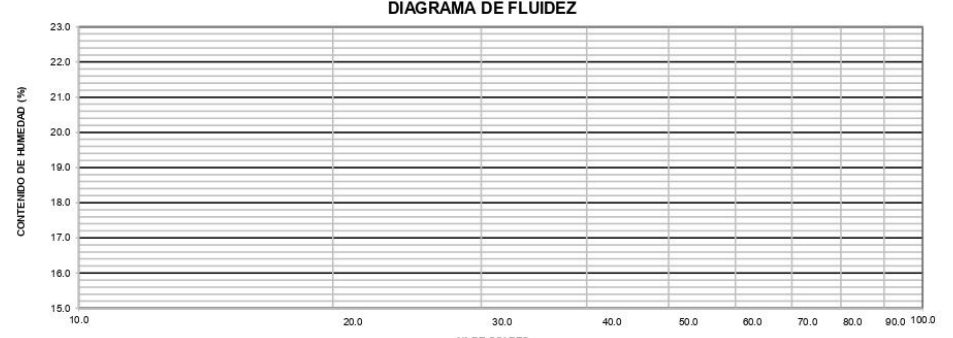

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						N° ENSAYO : 001
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						RESP. LAB. : D.C.N.
MATERIAL	Arena Chancada para asfalto						ING° RESP. : D.C.N.
MUESTRA	M-1						HECHO POR : D.C.N.
CANTERA	Gloria						FECHA : 02/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	%Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177.800						PESO TOTAL = 724.1 gr
6"	152.400						PESO LAVADO = 631.5 gr
5"	127.000						PESO FINO = 705.9 gr
4"	101.600						% HUMEDAD = P.S.H. = 736.3 P.S.S. = 724.1 % Humedad = 1.7%
3"	76.200						Ensayo Malla #200 P.S. Seco = 724.1 P.S. Lavado = 631.5 200% = 12.8
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						% Grava = 2.5 %
3/4"	19.050						% Arena = 84.7 %
1/2"	12.700						% Fino = 12.8 %
3/8"	9.525				100.0		MÓDULO DE FINURA = 3.14 %
# 4	4.760	18.2	2.5	2.5	97.5		
# 8	2.360	192.2	26.5	29.1	71.0		
# 10	2.000						
# 16	1.180	174.0	24.0	53.1	46.9		
# 30	0.600	112.8	15.6	68.7	31.3		
# 40	0.420						
# 50	0.300	64.1	8.9	77.5	22.5		OBSERVACIONES:
# 80	0.180						Muestra de acopio de planta de asfalto.
# 100	0.150	44.7	6.2	83.7	16.3		
# 200	0.075	25.5	3.5	87.2	12.8		
<# 200	FONDO	92.6	12.8	100.0	0.0		
FINO		705.9					
TOTAL		724.1					
CURVA GRANULOMÉTRICA							
<p>Porcentaje que pasa (%)</p> <p>Abertura (mm)</p>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO	: 003
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	Arena Chancada para asfalto					ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	M-3					HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	Gloria					FECHA	: 02/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
7"	177.800					PESO TOTAL = 890.3 gr	
6"	152.400					PESO LAVADO = 788.1 gr	
5"	127.000					PESO FINO = 863.5 gr	
4"	101.600					% HUMEDAD	P.S.H. P.S.S % Humedad
3"	76.200						895.3 890.3 0.6%
2 1/2"	63.500					Ensayo Malla #200	P.S.Seco P.S.Lavado
2"	50.800						890.3 788.1 11.5
1 1/2"	38.100					% Grava	= 3.0 %
1"	25.400					% Arena	= 85.5 %
1/2"	12.700					MÓDULO DE FINURA	= 3.23 %
3/8"	9.525				100.0		
# 4	4.760	26.8	3.0	3.0	97.0		
# 8	2.360	246.5	27.7	30.7	69.3		
# 10	2.000						
# 16	1.180	221.0	24.8	55.5	44.5		
# 30	0.600	132.4	14.9	70.4	29.6		
# 40	0.420						
# 50	0.300	78.6	8.8	79.2	20.8		
# 80	0.180					OBSERVACIONES:	
# 100	0.150	48.3	5.4	84.7	15.4		Muestra de acopio de planta de asfalto.
# 200	0.075	34.5	3.9	88.5	11.5		
< # 200	FONDO	102.2	11.5	100.0	0.0		
FINO		863.5					
TOTAL		890.3					
CURVA GRANULOMÉTRICA							
 <p>Porcentaje que pasa (%)</p> <p>Abertura (mm)</p>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.I.P. N° 243518</p>							

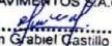
EQUIVALENTE DE ARENA					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			<b>Nº ENSAYO</b> : 001		
<b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			<b>RESP. LAB.</b> : D.C.N.		
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto			<b>INGº RESP.</b> : D.C.N.		
<b>MUESTRA</b> : M-1			<b>HECHO POR</b> : D.C.N.		
<b>CANTERA</b> : Gloria			<b>FECHA</b> : 02/10/2021		
<b>MUESTRA:</b>		<b>IDENTIFICACIÓN</b>			
M-1		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	15:32	15:34	15:36	
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	15:42	15:44	15:46	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	15:44	15:46	15:48	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	16:04	16:06	16:08	
Altura máxima de material fino	Pulg.	6.60	6.40	6.40	
Altura máxima de la arena	Pulg.	4.00	3.90	4.00	
Equivalente de arena	%	61	61	63	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	%	61.7			
<b>Resultado equivalente de arena</b>	%	62			
Observaciones: _____ _____ _____ _____					
 <b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518					


ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
(MTC E 222)				
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	N° ENSAYO	: 1	
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	RESP. LAB.	: D.C.N.	
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	ING° RESP.	: D.C.N.	
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.	
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/10/2021	
ENSAYO	N°	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1425.00	1427.00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	934.00	934.00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>sb</sub>	2.757	2.757	
<b>VACÍOS NO COMPACTADOS</b>	%	<b>44.7</b>	<b>44.6</b>	<b>Min.30</b>
ARENA CHANCADA - GLORIA	%	47	47	
				<b>FÓRMULA:</b>
				$\frac{V - W}{G_{sb} \times 100}$
<b>PROMEDIO</b>	%	<b>44.6</b>		v
OBSERVACIONES:				
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  ..... <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil /CIP N° 243518				

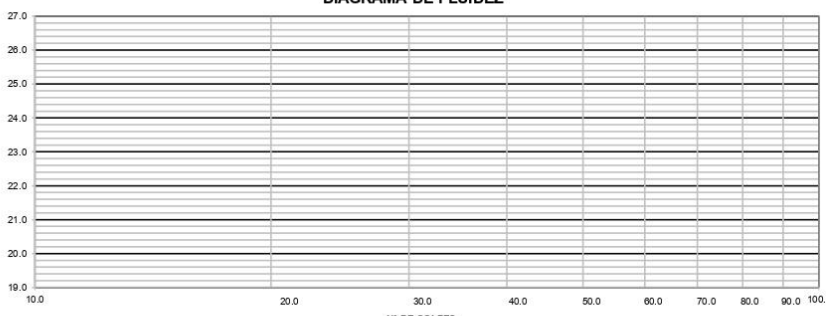
<p><b>DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS NOCIVAS DEL GRUPO DE ESMECTITA EN AGREGADOS, UTILIZANDO AZUL DE METILENO</b></p>					
<p><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b></p>					
<p><b>AASHTO T 330-07 (2011)*</b></p>					
<p><b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"</p> <p><b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL</p> <p><b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto</p> <p><b>MUESTRA</b> : M-1</p> <p><b>CANTERA</b> : Gloria</p>	<p><b>N° ENSAYO</b> : 001</p> <p><b>RESP. LAB.</b> : D.C.N.</p> <p><b>ING° RESP.</b> : D.C.N.</p> <p><b>HECHO POR</b> : D.C.N.</p> <p><b>FECHA</b> : 02/10/2021</p>				
<p><b>RESULTADOS DE ENSAYO DE AZUL DE METILENO</b></p>					
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Identificación/Detalle de muestra</th> <th style="padding: 5px;">Resultado(mg/g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Agregado fino - Cantera Gloria</td> <td style="text-align: center; padding: 5px;">7.25</td> </tr> </tbody> </table>		Identificación/Detalle de muestra	Resultado(mg/g)	Agregado fino - Cantera Gloria	7.25
Identificación/Detalle de muestra	Resultado(mg/g)				
Agregado fino - Cantera Gloria	7.25				
<p>Observaciones: (*) Antes AASHTO TP-57</p> <hr/> <hr/>					
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>.....    <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b>  Ingeniero Civil  CIP N° 243518</p>					

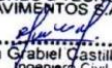
LÍMITES DE ATTERBERG LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N° 40)			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	N° ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto	ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/10/2021
LÍMITE LÍQUIDO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO	NO PLÁSTICO		
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			
LÍMITE PLÁSTICO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO	NO PLÁSTICO		
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
			
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518			



DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104										
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" <b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Gloria							<b>N° ENSAYO</b> : 1 <b>RESP. LAB.</b> : D.C.N. <b>ING° RESP.</b> : D.C.N. <b>HECHO POR</b> : D.C.N. <b>FECHA</b> : 02/10/2021			
ANÁLISIS CUANTITATIVO										
AGREGADO FINO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso min. requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	2.5	100	100	--	99.7	0.3	0.8	0.0	--
N° 04	N° 08	26.5	100	100	--	99.4	0.6	15.9	4.2	--
N° 08	N° 16	24.0	100	100	--	99.8	0.2	4.8	1.2	--
N° 16	N° 30	15.6	100	100	--	99.6	0.4	6.2	1.0	--
N° 30	N° 50	8.9	100	100	--	99.7	0.3	2.7	0.2	--
N° 50	N° 100	6.2	100	100	--	99.5	0.5	3.1	0.2	--
< N° 100		16.3								
<b>TOTALES</b>		<b>100.0</b>		<b>600.0</b>		<b>597.7</b>			<b>6.80</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b> Se empleo Solución: <b>Sulfato de Magnesio</b>    										
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518										

ÍNDICE DE DURABILIDAD							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"				N° ENSAYO	: 001	
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB.	: D.C.N.	
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto				ING° RESP.	: D.C.N.	
MUESTRA	: M-1				HECHO POR	: D.C.N.	
CANTERA	: Gloria				FECHA	: 02/10/2021	
AGREGADO FINO							
MUESTRA	M-1	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)		mm					
Hora de entrada a saturación		hh:mm	14:25	14:27	14:29		
Hora de salida de saturación (mas 10")		hh:mm	14:35	14:37	14:39		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	14:37	14:39	14:41		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Altura máxima de material fino		Pulg.	6.80	7.00	7.00		
Altura máxima de la arena		Pulg.	3.40	3.40	3.50		
<b>Índice de durabilidad</b>		%	50	49	50		<b>50</b>
<b>Observaciones:</b>							
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518							

LÍMITES DE ATTERBERG LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N° 200)	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90	
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"  <b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Gloria	<b>N° ENSAYO</b> : 001  <b>RESP. LAB.</b> : D.C.N. <b>ING° RESP.</b> : D.C.N. <b>HECHO POR</b> : D.C.N. <b>FECHA</b> : 02/10/2021
LÍMITE LÍQUIDO	
N° TARRO TARRO + SUELO HÚMEDO TARRO + SUELO SECO AGUA PESO DEL TARRO PESO DEL SUELO SECO % DE HUMEDAD N° DE GOLPES	NO PLÁSTICO
LÍMITE PLÁSTICO	
N° TARRO TARRO + SUELO HÚMEDO TARRO + SUELO SECO AGUA PESO DEL TARRO PESO DEL SUELO SECO % DE HUMEDAD	NO PLÁSTICO
DIAGRAMA DE FLUIDEZ	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b> LÍMITE LÍQUIDO : N.P. LÍMITE PLÁSTICO : N.P. ÍNDICE DE PLASTICIDAD : N.P.	<b>OBSERVACIONES</b>  
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b> ..... <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil CIP N° 243518	

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC 219 - 2000						
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"				N° ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto				ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1				HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria				FECHA	: 02/10/2021
AGREGADO FINO						
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio	
ENSAYO N°	1	2	3	4		
(1) Peso muestra (gr)	195.30	193.60	194.30			
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00			
(3) Volumen alicuota (ml)	50.00	50.00	50.00			
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.01	0.01	0.01			
(5) Porcentaje de sales (%) (100/((3)x(1)/(4)x(2)))	0.0639	0.0649	0.0644		0.0644%	
<b>Observaciones :</b>						
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518						

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO</b>
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
<p><b>TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"</b></p> <p><b>SOLICITANTE: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL</b></p>

Tabla 423-02. Requerimientos para los agregados finos

AGREGADO FINO                      Arena Chancada para asfalto

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm)		
			≤3.000	>3.000	
Equivalente de Arena	MTC E 114	62.0	60	70	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	44.6	30	40	Cumple
Azul de metileno	AASHTO TP 57	7.25	8 máx.	8 máx.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	N.P.	NP	NP	Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	6.80	-	18% máx.	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	50.0	35 mín.	35 mín.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	N.P.	4 máx.	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0006	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción*	MTC E 205	0.44	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
  
 -----  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243518

# Análisis granulométrico del agregado grueso



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
PROYECTO	. TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO : 001
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB. : D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"					ING° RESP. : D.C.N.
MUESTRA	: M-1					HECHO POR : D.C.N.
CANTERA	: Gloria					FECHA : 02/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	%Q PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL = 5,935.0 gr
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.700	2,210.0	37.2	37.2	62.8	
3/8"	9.525	2,305.0	38.8	76.1	23.9	
# 4	4.760	1,405.0	23.7	99.8	0.3	
# 8	2.360	10.0	0.2	99.9	0.1	
# 10	2.000	4.0	0.1	100.0	0.0	
FONDO		1.0	0.0	100.0	0.0	
		% HUMEDAD		P.S.H.	P.S.S.	% Humedad
				5045.0	5935.0	0.2
OBSERVACIONES: Muestra de acopio de planta de asfalto.						
TOTAL		5,935.0				

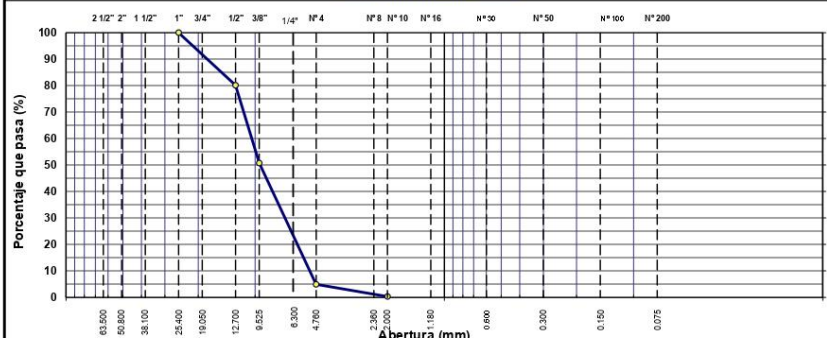
CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 245518</p>

Inversiones Tecnología de Pavimentos S.A.C.  
 @INTECPAVSAC  
 Jr. Felipe Cohaila Rivera N° 818 - S.M.P. - Lima  
 Contacto: intecpavsac@gmail.com  
 Teléfonos: 955703678

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO																																					
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																					
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88																																					
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO	: 002																														
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	: D.C.N.																														
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"					ING° RESP.	: D.C.N.																														
MUESTRA	: M-2					HECHO POR	: D.C.N.																														
CANTERA	: Gloria					FECHA	: 02/10/2021																														
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q° PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA																															
3"	76.200					PESO TOTAL = 6,190.0 gr																															
2 1/2"	63.500																																				
2"	50.800																																				
1 1/2"	38.100																																				
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0																																
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0																																
1/2"	12.700	2,275.0	36.8	36.8	63.3																																
3/8"	9.525	2,220.0	35.9	72.6	27.4																																
# 4	4.760	1,670.0	27.0	99.6	0.4																																
# 8	2.360	10.0	0.2	99.8	0.3																																
# 10	2.000	5.0	0.1	99.8	0.2																																
FONDO	10.0	0.2	100.0	0.0																																	
						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S.	% Humedad																												
							6210.0	6190.0	0.3																												
OBSERVACIONES:																																					
Muestra de acopio de planta de asfalto.																																					
TOTAL		6,190.0																																			
CURVA GRANULOMÉTRICA																																					
<p>The graph plots 'Porcentaje que pasa (%)' on the y-axis (0 to 100) against 'Abertura (mm)' on the x-axis (logarithmic scale). The curve is defined by the following data points:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura (mm)</th> <th>Porcentaje que pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>76.2</td><td>100</td></tr> <tr><td>63.5</td><td>100</td></tr> <tr><td>50.8</td><td>100</td></tr> <tr><td>38.1</td><td>100</td></tr> <tr><td>25.4</td><td>100</td></tr> <tr><td>19.05</td><td>100</td></tr> <tr><td>12.7</td><td>63.3</td></tr> <tr><td>9.525</td><td>27.4</td></tr> <tr><td>4.76</td><td>0.4</td></tr> <tr><td>2.36</td><td>0.3</td></tr> <tr><td>2.0</td><td>0.2</td></tr> <tr><td>0.85</td><td>0</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>										Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)	76.2	100	63.5	100	50.8	100	38.1	100	25.4	100	19.05	100	12.7	63.3	9.525	27.4	4.76	0.4	2.36	0.3	2.0	0.2	0.85	0	0.425	0
Abertura (mm)	Porcentaje que pasa (%)																																				
76.2	100																																				
63.5	100																																				
50.8	100																																				
38.1	100																																				
25.4	100																																				
19.05	100																																				
12.7	63.3																																				
9.525	27.4																																				
4.76	0.4																																				
2.36	0.3																																				
2.0	0.2																																				
0.85	0																																				
0.425	0																																				
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>																																					

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO	: 003
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"					ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-3					HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria					FECHA	: 02/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q° PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
3"	76.200					PESO TOTAL	= 7.975.0 gr
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.700	1.585.0	19.9	19.9	80.1		
3/8"	9.525	2.340.0	29.3	49.2	50.8		
# 4	4.760	3.660.0	45.9	95.1	4.9		
# 8	2.360	360.0	4.5	99.6	0.4		
# 10	2.000	5.0	0.1	99.7	0.3		
FONDO		25.0	0.3	100.0	0.0		
						% HUMEDAD	P.S.H. P.S.S. % Humedad
							7995.0 7975.0 % 0.3
OBSERVACIONES:							
Muestra de acopio de planta de asfalto.							
TOTAL		7.975.0					

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>[Signature]</i></p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.I.P. N° 243518</p>





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88									
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO	: 004		
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	: D.C.N.		
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"					ING° RESP.	: D.C.N.		
MUESTRA	: M-4					HECHO POR	: D.C.N.		
CANTERA	: Gloria					FECHA	: 02/10/2021		
TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	%Q PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
3"	76.200					PESO TOTAL = 4.205,0 gf			
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0				
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0				
1/2"	12.700	865.0	20.6	20.6	79.4				
3/8"	9.525	1.230.0	29.3	49.8	50.2				
# 4	4.760	1.950.0	46.4	96.2	3.8				
# 8	2.360	150.0	3.6	99.8	0.2				
# 10	2.000	5.0	0.1	99.9	0.1				
	FONDO	5.0	0.1	100.0	0.0				
						% HUMEDAD	P.S.H.	P.S.S.	% Humedad
							4220.0	4205.0	% 0.4
OBSERVACIONES:									
Muestra de acopio de planta de asfalto.									
TOTAL		4.205.0							


CURVA GRANULOMÉTRICA	
<p>2 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4 N°8 N°10 N°16 N°30 N°50 N°100 N°200</p> <p>100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0</p> <p>Porcentaje que pasa (%)</p> <p>63.500 50.800 38.100 25.400 19.050 12.700 9.525 6.300 4.750 2.360 1.180 0.600 0.300 0.150 0.075</p> <p>Abertura (mm)</p>	


DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104										
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL MATERIAL : Grava para asfalto TM 3/4" MUESTRA : M-1 CANTERA : Gloria							N° ENSAYO : 001 RESP. LAB. : D.C.N. ING° RESP. : D.C.N. HECHO POR : D.C.N. FECHA : 02/10/2021			
ANÁLISIS CUANTITATIVO										
AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"	-	3000±300	-		-	-	-	-	
2"	1 1/2"	-	2000±200	-		-	-	-	-	
1 1/2"	1"	0.0	1000±50	0		0.0	0.0	0.0	0.00	
1"	3/4"	0.0	500±30	0.0		0.0	0.0	0.0	0.00	
3/4"	1/2"	37.2	670±10	678.2		665.1	13.1	2.0	0.73	
1/2"	3/8"	38.8	330±5	334.5		324.1	10.4	3.2	1.25	
3/8"	N° 4	23.9	300±5	304.7		296.2	8.5	2.9	0.69	
<b>TOTALES</b>		<b>100</b>		<b>1317.4</b>		<b>1285.4</b>			<b>2.67</b>	
OBSERVACIONES: Se empleo Solución: Sulfato de magnesio _____ _____ _____										
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C. ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518										


ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96				
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" <b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL <b>MATERIAL</b> : Grava para asfalto TM 3/4" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Gloria	<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>RESP. LAB.</b> : D.C.N. <b>ING° RESP.</b> : D.C.N. <b>HECHO POR</b> : D.C.N. <b>FECHA</b> : 02/10/2021			
Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"	1251.0			
1/2" - 3/8"	1250.0			
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total	<b>5001.0</b>			
(%) Retenido en la malla N° 12	4012.0			
(%) Que pasa en la malla N° 12	989.0			
N° de esferas	12			
Peso de las esferas (gr)	5000 ± 25			
% Desgaste	<b>19.8%</b>			
<b>OBSERVACIONES :</b>				
<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>				
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b>  ..... <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil CIP N° 243518				

ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ASTM D 1664 / MTC E-517							
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" <b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL <b>MATERIAL</b> : Grava para asfalto TM 3/4" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Gloria	<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>RESP. LAB.</b> : D.C.N. <b>ING. RESP.</b> : D.C.N. <b>HECHO POR</b> : D.C.N. <b>FECHA</b> : 02/10/2021						
DATOS DE LA MUESTRA							
<b>Cantera</b> : Gloria <b>Material</b> : Grava para asfalto TM 3/4"							
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Material</th> <th style="width: 30%;">Muestra</th> <th style="width: 40%;">% Adhesividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>Sin aditivo</td> <td>+95%</td> </tr> </tbody> </table>		Material	Muestra	% Adhesividad	Agregado grueso	Sin aditivo	+95%
Material	Muestra	% Adhesividad					
Agregado grueso	Sin aditivo	+95%					
<b>Observaciones :</b> <hr/> <hr/> <hr/>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p>  ..... <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil /CIP N° 243518							


ÍNDICE DE DURABILIDAD							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744							
<b>PROYECTO</b> : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" <b>SOLICITANTE</b> : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL <b>MATERIAL</b> : Grava para asfalto TM 3/4" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Gloria	<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>RESP. LAB.</b> : D.C.N. <b>ING. RESP.</b> : D.C.N. <b>HECHO POR</b> : D.C.N. <b>FECHA</b> : 02/10/2021						
AGREGADO GRUESO							
MUESTRA	Grava para asfalto TM 3/4"	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla 3/4")		mm					
Hora de entrada a saturación		hh:mm	10:35	10:37	10:39		
Hora de salida de saturación (mas 10")		hh:mm	10:45	10:47	10:49		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	10:47	10:49	10:51		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	11:07	11:09	11:11		
Altura de sedimentación en pulg.		pulg.	0.95	0.90	1.00		
Índice de durabilidad		%	75	77	75	76	
<b>Observaciones:</b>							
<hr/> <hr/> <hr/>							
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C. ..... Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil /CIP N° 243518							

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	N° ENSAYO	: 001			
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	RESP. LAB.	: D.C.N.			
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"	ING° RESP.	: D.C.N.			
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.			
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/10/2021			
ASTM D 4791						
"Agregates Flat or elongated particles in coarse aggregate"						
TAMIZ	Peso retenido por tamiz (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)* 100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2 1/2" - 2"						
1" - 3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3/4" - 1/2"	2210.0	215.0	9.7	39.1	380.3	
1/2" - 3/8"	2305.0	42.0	1.8	5.6	10.2	
<b>Peso Total (gr.)</b>	<b>4515</b>	<b>257.0</b>		<b>44.7</b>	<b>390.5</b>	<b>8.7</b>
Observaciones:						
La relación empleada para la determinación es: 1/3 (espesor/ longitud)						
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.P. N° 243518						

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021" SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL MATERIAL : Grava para asfalto TM 3/4" MUESTRA : M-1 CANTERA : Gloria					N° ENSAYO : 001 RESP. LAB. : D.C.N. ING° RESP. : D.C.N. HECHO POR : D.C.N. FECHA : 02/10/2021		
<b>MTC E 210 - ASTM D 5821</b>							
<b>CON UNA CARA FRACTURADA</b>							
TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS	1 CARA FRACTURADA (B)	% POR MALLAS (C)	PORCENTAJE POR MALLAS (D)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)	
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(A) (gr)	= (B/A)*100 (%)	(%)	(%)		
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0		
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0		
3/4"	1/2"	2210.0	2115.0	95.7	37.2	3563.9	
1/2"	3/8"	2305.0	1975.0	85.7	38.8	3327.9	
<b>TOTAL</b>		<b>4515.0</b>	<b>4090.0</b>		<b>76.1</b>	<b>6891.9</b>	<b>91</b>
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>							
TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS	2 CARAS FRACTURADAS (B)	% POR MALLAS (C)	PORCENTAJE POR MALLAS (D)	(E) = (C)/(D) (%)	(E)/(D)	
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(A) (gr)	= (B/A)*100 (%)	(%)	(%)		
1 1/2"	1"	0.0	0.0	0.0	0.0		
1"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0		
3/4"	1/2"	2210.0	1893.0	85.7	37.2	3189.8	
1/2"	3/8"	2305.0	1785.0	77.4	38.8	3007.8	
<b>TOTAL</b>		<b>4515.0</b>	<b>3678.0</b>		<b>76.1</b>	<b>6197.6</b>	<b>81</b>
OBSERVACIONES:							
<div style="text-align: center;">           INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.              Darwin Gabriel Castillo Neyra            Ingeniero Civil            CIP N° 243518         </div>							

<b>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>MTC 219 - 2000</b>					
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			N° ENSAYO	: 001
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB.	: D.C.N.
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 3/4"			ING° RESP.	: D.C.N.
MUESTRA	: M-1			HECHO POR	: D.C.N.
CANTERA	: Gloria			FECHA	: 02/10/2021
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
MUESTRA :	<b>IDENTIFICACION</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Promedio</b>	
(1) Peso muestra (gr)	158.00	147.00	142.00		
(2) Volumen aforo (ml)	500.00	500.00	500.00		
(3) Volumen alicuota (ml)	100.00	100.00	100.00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0.02	0.02	0.02		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)) / ((4) \times (2)))$	0.0671	0.0684	0.0715	<b>0.0690</b>	%
<b>Observaciones :</b>	_____ _____ _____ _____				
<b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b>  ..... <b>Darwin Gabriel Castillo Neyra</b> Ingeniero Civil CIP N° 243518					



GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
(NORMA AASHTO T-84, T-85)						
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	N° ENSAYO	: 001			
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	RESP. LAB.	: D.C.N.			
MATERIAL	: Grava para asfalto TM 1"	ING° RESP.	: D.C.N.			
MUESTRA	: M-1	HECHO POR	: D.C.N.			
CANTERA	: Gloria	FECHA	: 02/10/2021			
DATOS DE LA MUESTRA						
AGREGADO GRUESO						
A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1500.3	1500.2	1500.2	PROMEDIO	
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	955.5	956.1	956.1		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm <sup>3</sup> )	544.8	544.1	544.1		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C )(gr)	1489.6	1489.5	1489.4		
E	Volumen de masa = C - ( A - D ) (cm <sup>3</sup> )	534.1	533.4	533.3		
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2.734	2.738	2.737	2.736	cm
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2.754	2.757	2.757	2.756	cm
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2.789	2.792	2.793	2.791	cm
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100 )	0.72	0.72	0.73	0.72	%
OBSERVACIONES:						
El porcentaje de Absorción es de (%) <b>0.72</b>						
 INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C. Darwin Grabel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518						

<b>RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO</b>
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>
PROYECTO: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"
SOLICITANTE: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL

Tabla 423-01. Requerimientos para los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO                      Grava para asfalto TM 3/4"

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento		CONDICIÓN
			Altitud (msnm)		
			≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	2.67	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	19.8	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	76.0	35% mín.	35% mín.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	8.7	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	91 / 81	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0690	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.72	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.  
.....  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
/CIP N° 243518

# Diseño patrón - Marshall



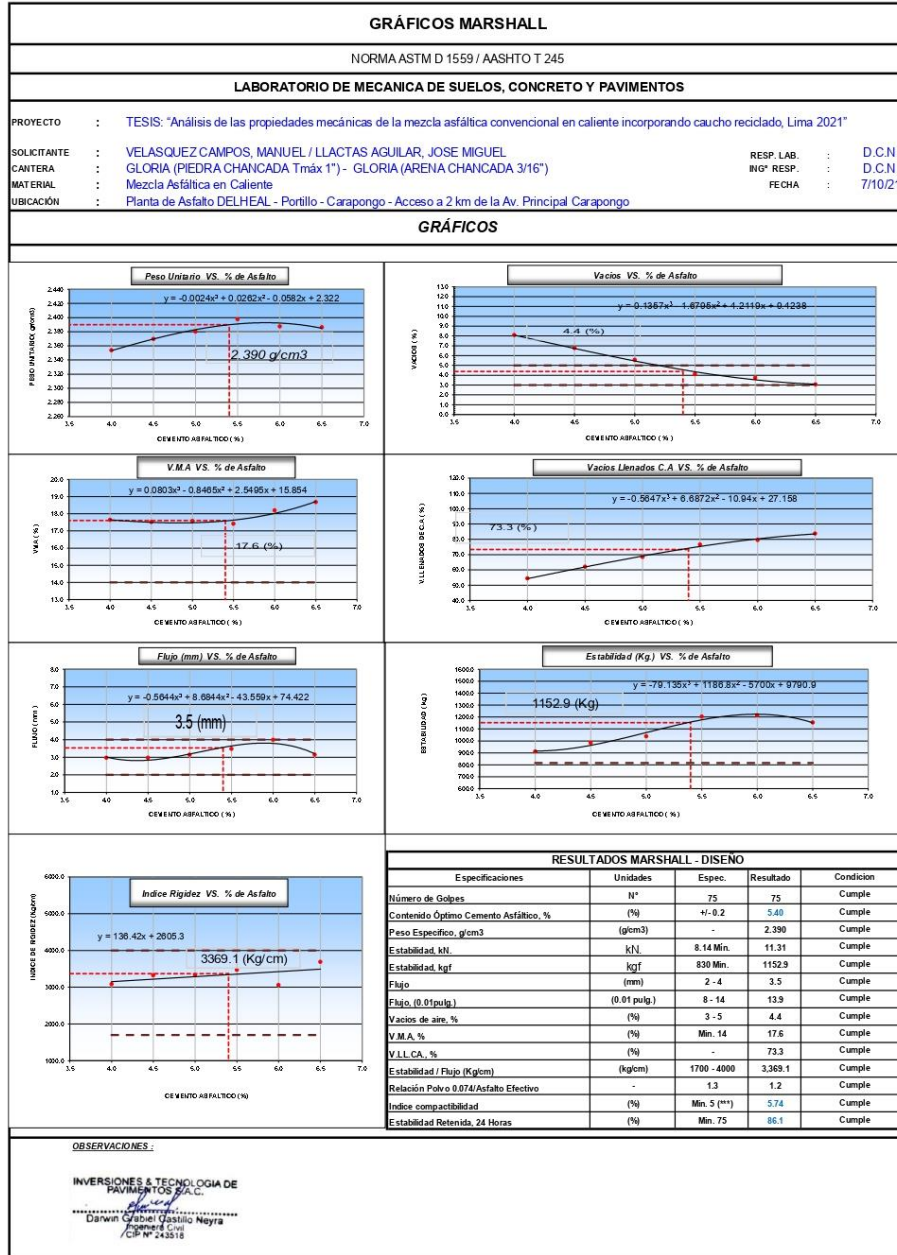
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO										
NORMA MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE										
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515										
PROYECTO	:	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"				RESP. LAB.	:	D.C.N.		
SOLICITANTE	:	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				INGº RESP.	:	D.C.N.		
CANTERA	:	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				FECHA	:	07/10/2021		
MATERIAL	:	Mezcla Asfáltica en Caliente								
UBICACIÓN	:	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo								
TAMIZEZ	Fajas por agregados a intervenir				Mezcla MAC				Chequeo	
			Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chan. Gloria 3/4" - 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515 - HUSO D5				
3/4"	19.050		55,0%	45,0%	100.0	100	100	ok		
1/2"	12.700		100.0	80.1	91.1	90	100	ok		
3/8"	9.525		100.0	54.8	79.7					
# 4	4.750		97.5	7.3	56.9	44	74	ok		
# 8	2.350		69.8	1.2	38.9	28	58	ok		
# 10	2.000									
# 16	1.150		44.7	0.6	24.9					
# 30	0.600		29.6	0.4	16.5					
# 40	0.420									
# 50	0.300		20.9	0.0	11.5	5	21	ok		
# 80	0.177									
# 100	0.150		15.3	0.0	8.4					
# 200	0.075		11.6	0.0	6.4	2	10	ok		

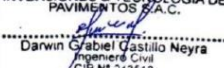
  

REPRESENTACIÓN GRÁFICA	
	<p>Observaciones: Composición de Agregados :</p> <p>Grava: 43.1 %</p> <p>Arena: 50.5 %</p> <p>Fino: 6.4 %</p>


<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p>Darwin Gabriel Gastillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>
---




ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS						
MTC E-206 / ASTM C- 127 / AASHTO T-85						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
PROYECTO	:	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	RESP. LAB.: D.C.N.			
SOLICITANTE	:	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	ING. RESP.: D.C.N.			
CANTERA	:	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	FECHA: 07/10/2021			
MATERIAL	:	AGREGADO GRUESO Y AGREGADO FINO				
AGREGADO GRUESO AASHTO T- 85						
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio	
		1	2	3		
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	1448.30	1444.80	1449.20	/	
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en agua)	(gr.)	923.10	920.20	922.10		
Volumen de masa+volumen de vacíos	(cm3)	525.20	524.60	527.10		
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	1437.20	1433.70	1437.80		
Volumen de masa	(cm3)	514.10	513.50	515.70		
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m3)	2736	2733	2728		<b>2732</b>
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m3)	2758	2754	2749		<b>2754</b>
Peso aparente (base seca)	(Kg/m3)	2796	2792	2788		<b>2792</b>
Porcentaje de absorción	(%)	0.77	0.77	0.79		<b>0.78</b>
AGREGADO FINO AASHTO T- 84						
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio	
		1	2	3		
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	500.0	500.0	500.0	/	
Peso frasco + agua (25°C)	(gr.)	691.7	659.9	665.8		
Peso de frasco + agua (25°C) + Peso mat. Sat.Sup.Seco	(gr.)	1191.7	1159.9	1165.8		
Peso de (mat. Sat. Superf. Seco + agua en el frasco)	(gr.)	1011.7	977.8	986.2		
Volumen de la masa + volumen de vacíos	(cm3)	180.0	182.1	179.6		
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	496.8	496.8	496.8		
Volumen de masa	(cm3)	176.8	178.9	176.4		
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m3)	2760	2728	2766		<b>2751</b>
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m3)	2778	2746	2784		<b>2769</b>
Peso aparente (base seca)	(Kg/m3)	2810	2777	2816		<b>2801</b>
Porcentaje de absorción	(%)	0.64	0.64	0.64	<b>0.64</b>	
MATERIAL : DE LA MEZCLA FISICA DEL DISEÑO.						
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p>  <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil C.I.P. N° 243518</p>						

ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB.	: D.C.N.	
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				ING° RESP.	: D.C.N.	
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente				FECHA	: 07/10/21	
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		4.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		41.38			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		54.62			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1221.4	1219.6	1223.6		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1223.6	1222.4	1226.7		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	705.7	703.5	706.5		
15	Volumen de la Probeta	cc	517.9	518.9	520.2		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.358	2.350	2.352		2.354
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.560			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.596			
19	% Vacios	%	7.88	8.19	8.12		8.06
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.53	82.25	82.32		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	9.59	9.56	9.57		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.47	17.75	17.68		17.63
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		3.65			
28	Relacion Betun Vacios	%	54.91	53.86	54.09		54.29
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	180	185	179		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	180	185	180		181.7
33	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pulg.	12.0	11.0	12.0		
34	Fluencia	mm.	3.05	2.79	3.05		2.96
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2969	3320	2954		3081
<b>OBSERVACIONES :</b>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>Darwin Gabriel Castillo Neyra</i></p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB.	: D.C.N.	
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				ING° RESP.	: D.C.N.	
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente				FECHA	: 07/10/21	
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		4.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		41.17			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		54.33			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.4	1219.5	1221.3		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1221.1	1221.4	1223.4		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	707.2	707.7	706.2		
15	Volumen de la Probeta	cc	513.9	513.7	517.2		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.373	2.374	2.361		2.369
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.541			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.576			
19	% Vacios	%	6.62	6.57	7.07		6.75
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.61	82.65	82.21		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	10.78	10.78	10.72		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.39	17.35	17.79		17.51
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.15			
28	Relacion Betun Vacios	%	61.95	62.12	60.27		61.45
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	199	197	195		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	199	197	195		197.0
33	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pulg.	12.0	12.0	11.0		
34	Fluencia	mm.	3.05	3.05	2.79		2.96
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3254	3224	3484		3320
OBSERVACIONES :							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>[Firma]</i></p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB.	: D.C.N.		
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")			ING° RESP.	: D.C.N.		
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente			FECHA	: 07/10/21		
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		40.95			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		54.05			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1221.3	1219.8	1223.4		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1224.5	1221.1	1225.7		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	713.2	708.9	709.5		
15	Volumen de la Probeta	cc	511.3	512.2	516.2		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.389	2.381	2.370		2.380
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.520			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.556			
19	% Vacios	%	5.21	5.50	5.95		5.55
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.72	82.47	82.08		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	12.07	12.03	11.97		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.28	17.53	17.92		17.58
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.65			
28	Relacion Betun Vacios	%	69.83	68.64	66.79		68.42
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	205	214	208		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	205	214	208		209.0
33	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pulg.	13.0	12.0	12.0		
34	Fluencia	mm.	3.30	3.05	3.05		3.13
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3086	3479	3389		3318
<b>OBSERVACIONES :</b>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p>  <p>Darwin Gabriel Gastillo Neyra Ingeniero Civil C.I.P. N° 243518</p>							



ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	: D.C.N.
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")					ING° RESP.	: D.C.N.
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente					FECHA	: 07/10/21
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		40.73			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		53.77			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1227.5	1226.4	1224.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1228.1	1227.6	1225.7		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	716.8	716.2	714.1		
15	Volumen de la Probeta	cc	511.3	511.4	511.6		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.401	2.398	2.393		2.397
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.500			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.537			
19	% Vacios	%	3.97	4.08	4.26		4.10
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.70	82.61	82.45		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	13.33	13.31	13.29		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.30	17.39	17.55		17.41
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.15			
28	Relacion Betun Vacios	%	77.05	76.56	75.72		76.44
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	240	245	250		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	240	245	250		245.0
33	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pulg.	14.0	13.0	14.0		
34	Fluencia	mm.	3.56	3.30	3.56		3.47
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3316	3640	3445		3467
OBSERVACIONES :							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p>  <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

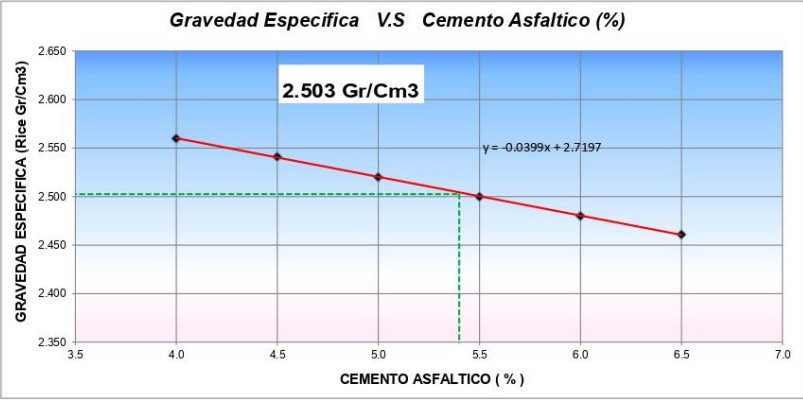
ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB.	: D.C.N.	
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				INGº RESP.	: D.C.N.	
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente				FECHA	: 07/10/21	
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		40.52			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		53.48			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1222.6	1227.7	1224.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1224.1	1228.8	1225.5		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	713.4	713.5	712.2		
15	Volumen de la Probeta	cc	510.7	515.3	513.3		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.394	2.382	2.386		2.387
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.480			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.517			
19	% Vacíos	%	3.47	3.93	3.81		3.74
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.03	81.64	81.74		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	14.50	14.43	14.45		
26	% de vacíos del Agregado Mineral	%	17.97	18.36	18.26		18.19
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.65			
28	Relacion Betun Vacíos	%	80.69	78.59	79.14		79.47
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	250	248	245		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	250	248	245		247.7
33	Lectura del Flexímetro ( 0.01" )	pulg.	16.0	15.0	16.0		
34	Fluencia	mm.	4.06	3.81	4.06		3.98
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3014	3191	2958		3054
<b>OBSERVACIONES :</b>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>[Firma]</i></p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

ENSAYO MARSHALL							
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245							
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	D.C.N.
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")					INGº RESP.	D.C.N.
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente					FECHA	07/10/21
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
	PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla ( Mayor N° 4 )	%		40.30			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla ( Menor N° 4 )	%		53.20			
4	% Filler en Peso de la Mezcla ( mínimo 65 % pasa malla N° 200 )	%		0.00			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	g/cm³		1.036			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.732			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada ( Mayor N° 4 )	g/cm³		2.792			2.762
8	Peso Especifico Bulk de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.751			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena ( Menor N° 4 )	g/cm³		2.801			2.776
10	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm³		0.000			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1219.5	1226.6	1224.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1220.2	1227.1	1225.6		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	709.2	712.7	712.7		
15	Peso de la Probeta En el Agua	cc	511.0	514.4	512.9		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	g/cm³	2.386	2.385	2.387		2.386
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	g/cm³		2.461			
18	Máxima Densidad Teórica	g/cm³		2.498			
19	% Vacios	%	3.03	3.11	2.99		3.04
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	g/cm³		2.743			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	g/cm³		2.797			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	g/cm³		2.770			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.37			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	81.34	81.27	81.37		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	15.63	15.62	15.64		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	18.66	18.73	18.63		18.67
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.16			
28	Relacion Betun Vacios	%	83.77	83.40	83.95		83.71
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir (Lectura)	KN	230	235	238		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	KN	230	235	238		234.3
33	Lectura del Fleximetro ( 0.01" )	pulg.	13.0	12.0	12.0		
34	Fluencia	mm.	3.30	3.05	3.05		3.13
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3433	3794	3839		3688
<b>OBSERVACIONES :</b>							
<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>[Firma]</i></p> <p>Darwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518</p>							

PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS							
ASTM D 2041/ AASHTO T 245 / ASTM D 1560							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB.	D.C.N.
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")					ING° RESP.	D.C.N.
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente					FECHA	7/10/21
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo						
1	Peso del frasco + el agua	7542.2	7542.2	7542.2	7542.2	7542.2	7542.2
2	Peso de la mezcla	1500.0	1500.3	1500.1	1500.2	1500.0	1500.1
3	Peso del frasco + mezcla + agua	8456.2	8452.1	8447.1	8442.4	8437.3	8432.7
4	Volumen de la mezcla, (1+2-3)	586.0	590.4	595.2	600.0	604.9	609.6
5	Gravedad específica de la mezcla,(2/4)	2.560	2.541	2.520	2.500	2.480	2.461
6	Porcentaje de Asfalto total en la mezcla	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5

**Gravedad Específica V.S. Cemento Asfáltico (%)**



$y = -0.0399x + 2.7197$

**2.503 Gr/Cm3**


OBSERVACIONES:

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*


Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

INDICE DE COMPACTIBILIDAD																																																																				
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245																																																																				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																				
PROYECTO :	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"																																																																			
SOLICITANTE :	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				RESP. LAB. :	D.C.N.																																																														
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				ING° RESP. :	D.C.N.																																																														
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente				FECHA :	7/10/21																																																														
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo																																																																			
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente																																																																			
Ensayo indice de compactibilidad																																																																				
Descripción Mezcla Asfáltica																																																																				
Agregados - Pétreos:						Proporción.																																																														
Piedra Chancada Tmáx 1" [ Cantera Gloria]						0.0 %																																																														
Piedra Chancada Tmáx 3/4" [ Cantera Gloria ]						45.0 %																																																														
Arena Chancada 01 [ Cantera Gloria ]						55.0 %																																																														
Cal hidratada						0.0 %																																																														
Bitumen - Aditivo :						Proporción.																																																														
Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico						5.4 %																																																														
<hr/>																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Grupo 01 *</th> <th colspan="3">Grupo 02*</th> </tr> <tr> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.- Peso briqueta al aire, g</td> <td>1,223.5</td> <td>1,221.6</td> <td>1,222.6</td> <td>1,223.5</td> <td>1,227.6</td> <td>1,225.6</td> </tr> <tr> <td>2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g</td> <td>1,232.6</td> <td>1,231.9</td> <td>1,232.3</td> <td>1,242.6</td> <td>1,241.2</td> <td>1,241.9</td> </tr> <tr> <td>3.- Peso por desplazamiento, g</td> <td>715.7</td> <td>714.6</td> <td>715.2</td> <td>682.3</td> <td>682.3</td> <td>682.3</td> </tr> <tr> <td>4.- Volumen de la briqueta, cm³</td> <td>516.9</td> <td>517.3</td> <td>517.1</td> <td>560.3</td> <td>558.9</td> <td>559.6</td> </tr> <tr> <td>5.- Peso Unitario GEB, g/cm³</td> <td>2.367</td> <td>2.361</td> <td>2.364</td> <td>2.184</td> <td>2.196</td> <td>2.190</td> </tr> <tr> <td>6.- Peso Unitario GEBprom. g/cm³</td> <td></td> <td>2.364</td> <td></td> <td></td> <td>2.190</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Numero de Gdpes</td> <td></td> <td>50</td> <td></td> <td></td> <td>05</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02*			01	02	03	04	05	06	1.- Peso briqueta al aire, g	1,223.5	1,221.6	1,222.6	1,223.5	1,227.6	1,225.6	2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,232.6	1,231.9	1,232.3	1,242.6	1,241.2	1,241.9	3.- Peso por desplazamiento, g	715.7	714.6	715.2	682.3	682.3	682.3	4.- Volumen de la briqueta, cm³	516.9	517.3	517.1	560.3	558.9	559.6	5.- Peso Unitario GEB, g/cm³	2.367	2.361	2.364	2.184	2.196	2.190	6.- Peso Unitario GEBprom. g/cm³		2.364			2.190		Numero de Gdpes		50			05	
Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02*																																																																
	01	02	03	04	05	06																																																														
1.- Peso briqueta al aire, g	1,223.5	1,221.6	1,222.6	1,223.5	1,227.6	1,225.6																																																														
2.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,232.6	1,231.9	1,232.3	1,242.6	1,241.2	1,241.9																																																														
3.- Peso por desplazamiento, g	715.7	714.6	715.2	682.3	682.3	682.3																																																														
4.- Volumen de la briqueta, cm³	516.9	517.3	517.1	560.3	558.9	559.6																																																														
5.- Peso Unitario GEB, g/cm³	2.367	2.361	2.364	2.184	2.196	2.190																																																														
6.- Peso Unitario GEBprom. g/cm³		2.364			2.190																																																															
Numero de Gdpes		50			05																																																															
Calculos																																																																				
(*) Selección el grupo en relacion al numero de golpes																																																																				
$\text{Indice Compactibilidad,} = \frac{1}{\text{GEB [ 50 ] - GEB [ 05 ]}}$																																																																				
Indice Compactibilidad, = 5.74																																																																				
OBSERVACIONES :																																																																				
<p style="text-align: center;"> <b>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</b>  <small>INTEGRACION</small>              Darwin Gabriel Gasallo Neyra              Ingeniero Civil              CIP N° 243518           </p>																																																																				

ESTABILIDAD RETENIDA																																																																																																																												
NORMA MTC E 518 / ASTM D 1075 / AASHTO T 165																																																																																																																												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																												
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"																																																																																																																											
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSÉ MIGUEL				RESP. LAB.	D.C.N.																																																																																																																						
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				ING° RESP.	D.C.N.																																																																																																																						
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente				FECHA	7/10/21																																																																																																																						
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo																																																																																																																											
Ensayo Estabilidad Retenida																																																																																																																												
Descripción Mezcla Asfáltica																																																																																																																												
Agregados - Pétreos:																																																																																																																												
						Proporción																																																																																																																						
	Piedra Chancada Tmáx 1" [ Cantera Gloria]					0.0 %																																																																																																																						
	Piedra Chancada Tmáx 3/4" [ Cantera Gloria]					45.0 %																																																																																																																						
	Arena Chancada 01 [ Cantera Gloria]					55.0 %																																																																																																																						
	Cal hidratada					0.0 %																																																																																																																						
	Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico					5.4 %																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th colspan="3">Grupo 01 *</th> <th colspan="3">Grupo 02*</th> </tr> <tr> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.- Altura promedio briqueta, cm.</td> <td>9.5</td> <td>9.5</td> <td></td> <td>9.5</td> <td>9.6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.- Diámetro promedio briqueta, cm.</td> <td>10.2</td> <td>10.1</td> <td></td> <td>10.2</td> <td>10.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Área promedio briqueta, cm².</td> <td>80.9</td> <td>80.4</td> <td></td> <td>81.1</td> <td>80.8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.- Peso briqueta al aire, g</td> <td>1,221.1</td> <td>1,219.8</td> <td></td> <td>1,223.4</td> <td>1,225.9</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4.- Peso briqueta S.S. Saturada, g</td> <td>1,222.9</td> <td>1,221.1</td> <td></td> <td>1,225.3</td> <td>1,226.4</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.- Peso por desplazamiento, g</td> <td>712.8</td> <td>711.2</td> <td></td> <td>713.6</td> <td>711.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.- Volumen de la briqueta, cm³</td> <td>510.1</td> <td>509.9</td> <td></td> <td>511.7</td> <td>515.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7.- Peso Unitario, GEB g/cm³</td> <td>2.394</td> <td>2.392</td> <td></td> <td>2.391</td> <td>2.380</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de Inmersión, min</td> <td colspan="3">1440.0</td> <td colspan="3">240.0</td> </tr> <tr> <td>8.- Estabilidad sin corregir, kN.</td> <td>214.0</td> <td>210.0</td> <td></td> <td>245.0</td> <td>255.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.- Factor Estabilidad</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td></td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.- Estabilidad corregida, kN.</td> <td>214.0</td> <td>210.0</td> <td></td> <td>245.0</td> <td>255.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11.- Resistencia a la compresión, kgf/cm².</td> <td>13.1</td> <td>13.0</td> <td></td> <td>14.8</td> <td>15.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.- Resistencia a la compresión, Mpa.</td> <td>1.3</td> <td>1.3</td> <td></td> <td>1.5</td> <td>1.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13.- Estabilidad Promedio, Mpa.</td> <td colspan="3">1.3</td> <td colspan="3">1.5</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02*			01	02	03	04	05	06	1.- Altura promedio briqueta, cm.	9.5	9.5		9.5	9.6		2.- Diámetro promedio briqueta, cm.	10.2	10.1		10.2	10.1		3.- Área promedio briqueta, cm².	80.9	80.4		81.1	80.8		3.- Peso briqueta al aire, g	1,221.1	1,219.8		1,223.4	1,225.9		4.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,222.9	1,221.1		1,225.3	1,226.4		5.- Peso por desplazamiento, g	712.8	711.2		713.6	711.3		6.- Volumen de la briqueta, cm³	510.1	509.9		511.7	515.1		7.- Peso Unitario, GEB g/cm³	2.394	2.392		2.391	2.380		Tiempo de Inmersión, min	1440.0			240.0			8.- Estabilidad sin corregir, kN.	214.0	210.0		245.0	255.0		9.- Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00		10.- Estabilidad corregida, kN.	214.0	210.0		245.0	255.0		11.- Resistencia a la compresión, kgf/cm².	13.1	13.0		14.8	15.5		12.- Resistencia a la compresión, Mpa.	1.3	1.3		1.5	1.5		13.- Estabilidad Promedio, Mpa.	1.3			1.5		
Descripción	Grupo 01 *			Grupo 02*																																																																																																																								
	01	02	03	04	05	06																																																																																																																						
1.- Altura promedio briqueta, cm.	9.5	9.5		9.5	9.6																																																																																																																							
2.- Diámetro promedio briqueta, cm.	10.2	10.1		10.2	10.1																																																																																																																							
3.- Área promedio briqueta, cm².	80.9	80.4		81.1	80.8																																																																																																																							
3.- Peso briqueta al aire, g	1,221.1	1,219.8		1,223.4	1,225.9																																																																																																																							
4.- Peso briqueta S.S. Saturada, g	1,222.9	1,221.1		1,225.3	1,226.4																																																																																																																							
5.- Peso por desplazamiento, g	712.8	711.2		713.6	711.3																																																																																																																							
6.- Volumen de la briqueta, cm³	510.1	509.9		511.7	515.1																																																																																																																							
7.- Peso Unitario, GEB g/cm³	2.394	2.392		2.391	2.380																																																																																																																							
Tiempo de Inmersión, min	1440.0			240.0																																																																																																																								
8.- Estabilidad sin corregir, kN.	214.0	210.0		245.0	255.0																																																																																																																							
9.- Factor Estabilidad	1.00	1.00		1.00	1.00																																																																																																																							
10.- Estabilidad corregida, kN.	214.0	210.0		245.0	255.0																																																																																																																							
11.- Resistencia a la compresión, kgf/cm².	13.1	13.0		14.8	15.5																																																																																																																							
12.- Resistencia a la compresión, Mpa.	1.3	1.3		1.5	1.5																																																																																																																							
13.- Estabilidad Promedio, Mpa.	1.3			1.5																																																																																																																								
<p>Nota:</p> <p>(*) Selecciona el grupo en relación a la GEB próximas.</p> <p>Grupo 01 : Inmersión por 24 horas a 60.0°C.</p> <p>Grupo 02 : Inmersión por 04 horas a 25.0°C.</p>																																																																																																																												
<p>Calculos</p> $\text{Estabilidad Retenida} = \frac{\text{Estabilidad Promedio a 1440 minutos} \times 100}{\text{Estabilidad Promedio a 240 minutos}}$ <p>Estabilidad Retenida, = 86.1 %</p>																																																																																																																												
OBSERVACIONES :																																																																																																																												
 <p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C. Darwin Gabriel Castillo Neyra C/P N° 242518</p>																																																																																																																												

RESUMEN DE RESULTADOS													
ENSAYO MARSHALL													
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS													
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"												
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL												
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")												
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente											FECHA:	26/06/20
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo												
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
4.00	1221.4	1223.6	705.7	517.9	2.358	2.560	2.596	7.88	17.47	54.91	3.05	905	2968.7
	1219.6	1222.4	703.5	518.9	2.350	2.560	2.596	8.19	17.75	53.68	2.79	928	3330.4
	1223.6	1228.7	706.5	520.2	2.352	2.560	2.596	8.12	17.68	54.09	3.05	900	2953.7
Promedio					2.354	2.560	2.596	8.06	17.63	54.29	2.96	911	3080.9
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
4.50	1219.4	1221.1	707.2	513.9	2.373	2.541	2.576	6.62	17.39	61.95	3.05	992	3283.7
	1219.5	1221.4	707.7	513.7	2.374	2.541	2.576	6.57	17.35	61.95	3.05	983	3223.7
	1221.3	1223.4	706.2	517.2	2.361	2.541	2.576	7.07	17.79	61.95	2.79	973	3484.0
Promedio					2.369	2.541	2.576	6.75	17.51	61.95	2.96	983	3320.5
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
5.00	1221.3	1224.5	713.2	511.3	2.389	2.520	2.556	5.21	17.28	66.83	3.30	1019	3086.5
	1219.8	1221.1	708.9	512.2	2.381	2.520	2.556	5.50	17.53	68.64	3.05	1000	3478.7
	1223.4	1225.7	706.5	516.2	2.370	2.520	2.556	5.95	17.62	66.79	3.05	1033	3389.7
Promedio					2.380	2.520	2.556	5.55	17.58	68.42	3.13	1037	3318.9
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
5.50	1227.5	1228.1	716.8	511.3	2.401	2.500	2.537	3.97	17.30	77.05	3.58	1179	3316.0
	1225.4	1227.6	716.2	511.4	2.398	2.500	2.537	4.08	17.39	76.56	3.30	1202	3640.3
	1224.5	1225.7	714.1	511.6	2.393	2.500	2.537	4.26	17.55	75.72	3.56	1225	3444.6
Promedio					2.397	2.500	2.537	4.10	17.41	76.44	3.47	1202	3467.0
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
6.00	1222.6	1224.1	713.4	510.7	2.394	2.480	2.517	3.47	17.97	80.69	4.06	1225	3014.0
	1227.7	1228.8	713.5	515.3	2.382	2.480	2.517	3.93	18.36	78.59	3.81	1216	3191.0
	1224.5	1225.5	712.2	513.3	2.386	2.480	2.517	3.81	18.26	79.14	4.06	1202	2957.8
Promedio					2.387	2.480	2.517	3.74	18.19	79.47	3.98	1214	3054.2
% Cemento Asfáltico	Peso			Volumen de la Probeta	Peso Específico			Vacíos al Aire (%)	V.M.A. (%)	Vacíos Llenados C.A. (%)	Flujo (mm)	Carga (kg)	Índice Rigidez (Kg/cm)
	Peso Briqueta al Aire	Peso Probeta Saturada	Peso Probeta en el Agua		Bulk de la Briqueta	Máximo Rice	Máxima Densidad Teórica						
6.50	1219.5	1220.2	709.2	511.0	2.388	2.461	2.498	3.03	18.66	83.77	3.30	1133	3432.8
	1226.6	1227.1	712.7	514.4	2.385	2.461	2.498	3.11	18.73	83.40	3.05	1156	3793.7
	1224.5	1225.6	712.7	512.9	2.387	2.461	2.498	2.99	18.63	83.95	3.05	1170	3838.7
Promedio					2.386	2.461	2.498	3.04	18.67	83.71	3.13	1153	3688.3

**OBSERVACIONES :**


  
 INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Cabrer Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 C.P. N° 243518

# ficha técnica de cemento asfáltico 60/70



## REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70

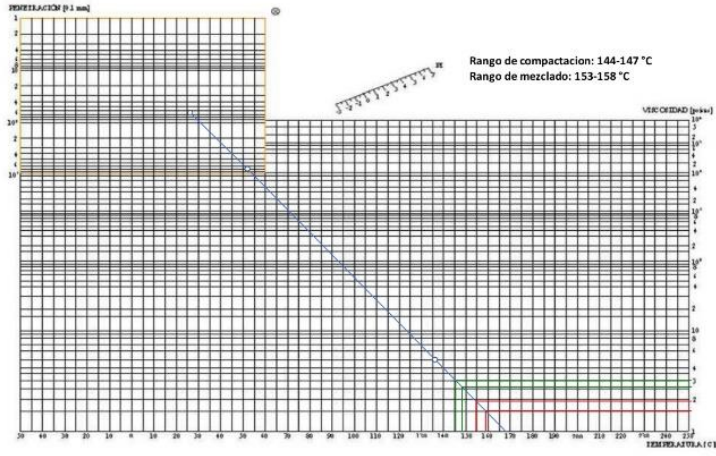
LOTE No. 60/70-003-09-2021

REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A Carretera a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 22/09/2021 14:04:25	FECHA DE CERTIFICACIÓN 23/09/2021 03:47:48
PRODUCTO Cemento Asfáltico 60/70	TANQUE 333B	DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m <sup>3</sup> 2000	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODO	RESULTADO
	ASTM / OTROS	
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	67
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.6°C	D 70 / AASHTO T 228	1.0272
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	309.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	6.3
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	50.7
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 445	4733
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	492
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.09
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	74.6
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
<b>SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.98
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	UNE-EN 12591	-0.3
Ensayo de la Mancha (Nafta-Xileno)	AASHTO T102	20% xileno, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b> PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D846, AASHTO M 20-70 Y NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 32.1.051		
<b>DISTRIBUCIÓN</b> - Operaciones de Despacho - TyT - Laboratorio	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>  23/09/2021	<b>LABORATORIO</b>   Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

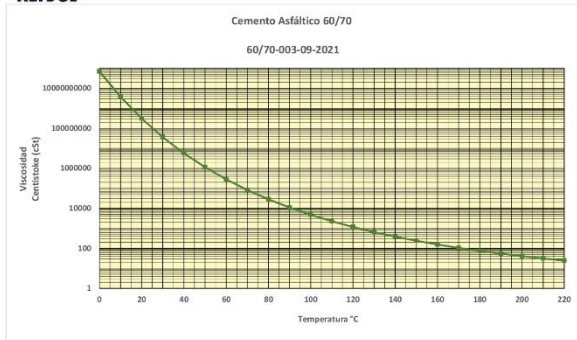
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL



Cemento Asfáltico 60/70  
60/70-003-09-2021



*[Signature]*  
Pedro Kurió M.  
Gerente de Laboratorio



  
Johán Carrero M.  
Gerente de Laboratorio

# Análisis granulométrico del caucho reciclado



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE CAUCHO RECICLADO						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					N° ENSAYO : 001
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					RESP. LAB. : D.C.N.
MATERIAL	Polvo de Caucho					ING° RESP. : D.C.N.
MUESTRA	M-1					HECHO POR : D.C.N.
CANTERA	Nort Sul S.R.L.					FECHA : 12/10/2021
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	% RET. PARC.	% RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACION
7"	177.800					
6"	152.400					
5"	127.000					
4"	101.600					
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525				100.0	
# 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	
# 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0	
# 10	2.000					
# 16	1.180	0.2	0.1	0.1	99.9	
# 30	0.600	71.9	25.8	25.9	74.2	
# 40	0.420					
# 50	0.300	115.6	41.4	67.3	32.7	
# 80	0.180					
# 100	0.150	67.5	24.2	91.5	8.5	
# 200	0.075	19.3	6.9	98.4	1.6	
< # 200	FONDO	4.4	1.6	100.0	0.0	
FINO		278.9				
TOTAL		278.9				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
PESO TOTAL = 278.9 gf						
PESO LAVADO = 274.5 gf						
PESO FINO = 278.9 gf						
% HUMEDAD						
P.S.H. = 280.4						
P.S.S. = 278.9						
% Humedad = 0.54%						
Ensayo Malla #200						
P.S. Seco. = 278.9						
P.S. Lavado = 274.5						
200% = 1.6						
% Grava = 0.0 %						
% Arena = 98.4 %						
% Fino = 1.6 %						
MÓDULO DE FINURA = 1.85 %						
OBSERVACIONES:						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C. Darwin Grabe (Castillo Neyra) Ingeniero Civil CIP N° 243518						

# Combinación de agregados con porcentajes de caucho



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO										
NORMA MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 0.4 % DE CAUCHO RECICLADO										
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515										
PROYECTO	: TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						RESP. LAB.	: D.C.N.		
SOLICITANTE	: VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						ING° RESP.	: D.C.N.		
CANTERA	: GLORIA (PIEDRA CHANCADA T máx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")						FECHA	: 15/10/2021		
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica en Caliente									
UBICACIÓN	: Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo									
TAMCEZ	Fajas por agregados a intervenir			Mezcla MAC				Chequeo		
	Polvo de Caucho	Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chan. Gloria 3/4" - 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515 - HUSO D5					
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok		
1/2"	12.700	100.0	100.0	80.1	91.1	90	100	ok		
3/8"	9.525	100.0	100.0	54.8	79.7	44	74	ok		
#4	4.750	100.0	97.5	7.3	56.9	28	58	ok		
#8	2.360	100.0	69.8	1.2	39.1			ok		
#10	2.000									
#16	1.180	99.9	44.7	0.6	25.1					
#30	0.600	74.2	29.6	0.4	16.6					
#40	0.420									
#50	0.300	32.7	20.9	0.0	11.5	5	21	ok		
#80	0.177									
#100	0.150	8.5	15.3	0.0	8.4					
#200	0.075	1.6	11.6	0.0	6.3	2	10	ok		

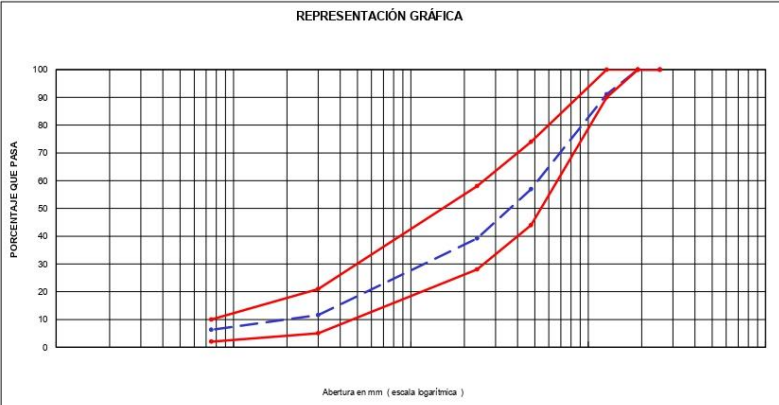
  

REPRESENTACIÓN GRÁFICA	
<b>Observaciones:</b> Composición de Agregados : Grava: 43.1 % Arena: 50.6 % Fino: 6.3 %	
INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C. Danwin Gabriel Castillo Neyra Ingeniero Civil CIP N° 243518	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO									
NORMA MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 0.8 % DE CAUCHO RECICLADO									
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515									
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					RESP. LAB.	D.C.N.		
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					ING° RESP.	D.C.N.		
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")					FECHA	19/10/2021		
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente								
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo								
TAMICEZ	Fajas por agregados a intervenir			Mezcla MAC				Chequeo	
	Polvo de Caucho	Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chan. Gloria 3/4" - 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515 - HUSO D5				
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100	100	ok		
1/2"	12.700	100.0	100.0	80.1	90	100	ok		
3/8"	9.525	100.0	100.0	54.8	79.7				
# 4	4.760	100.0	97.5	7.3	56.9	44	74	ok	
# 8	2.380	100.0	69.8	1.2	39.2	28	58	ok	
# 10	2.000								
# 16	1.180	99.9	44.7	0.6	25.3				
# 30	0.800	74.2	29.6	0.4	16.8				
# 40	0.420								
# 50	0.300	32.7	20.9	0.0	11.6	5	21	ok	
# 80	0.177								
# 100	0.150	8.5	15.3	0.0	8.4				
# 200	0.075	1.6	11.6	0.0	6.3	2	10	ok	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA



Observaciones: Composición de Agregados :

Grava:	43.1 %
Arena:	50.6 %
Fino:	6.3 %

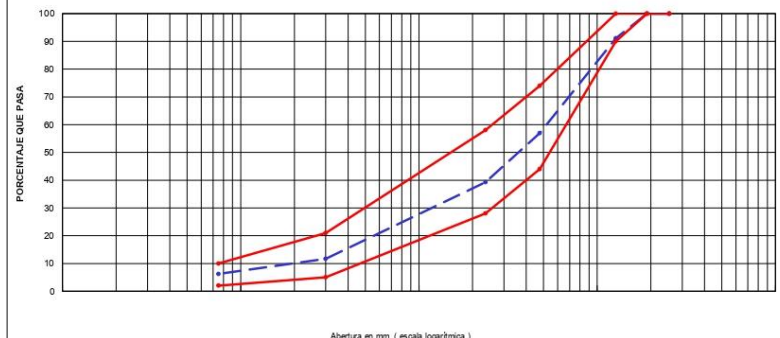
  

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO									
NORMA MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON ADICIÓN DE 1.2 % DE CAUCHO RECICLADO									
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515									
PROYECTO		TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"				RESP. LAB.		D.C.N.	
SOLICITANTE		VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL				ING° RESP.		D.C.N.	
CANTERA		GLORIA (PIEDRA CHANCADA 1máx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")				FECHA		15/10/2021	
MATERIAL		Mezcla Asfáltica en Caliente							
UBICACIÓN		Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo							
TAMICEZ	Fajas por agregados a intervenir				Mezcla MAC			Chequeo	
		Polvo de Caucho	Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chan. Gloria 3/4" - 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515 - HUSO D5			
		1.2%	53.8%	45.0%					
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	ok	
1/2"	12.700	100.0	100.0	80.1	91.1	90	100	ok	
3/8"	9.525	100.0	100.0	54.8	79.7				
# 4	4.750	100.0	97.5	7.3	56.9	44	74	ok	
# 8	2.360	100.0	69.8	1.2	39.3	28	58	ok	
# 10	2.000								
# 16	1.180	99.9	44.7	0.6	25.5				
# 30	0.600	74.2	29.6	0.4	17.0				
# 40	0.420								
# 50	0.300	32.7	20.9	0.0	11.6	5	21	ok	
# 60	0.177								
# 100	0.150	8.5	15.3	0.0	8.4				
# 200	0.075	1.6	11.6	0.0	6.2	2	10	ok	

REPRESENTACIÓN GRÁFICA	
	
<p>Observaciones: Composición de Agregados :</p> <p>Grava: 43.1 %  Arena: 50.7 %  Fino: 6.2 %</p>	

<p>INVERSIONES &amp; TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.</p> <p><i>Darwin Gabriel Gastillo Neyra</i>  Ingeniero Civil  CIP N° 243518</p>
--

## Cálculo de cantidad de agregados por tamiz

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA ASTM D 3515

### Pesos para briquetas ÓPTIMO ASFALTO(Moldeo)

fecha 20/10/2021

Briquetas

Peso de briquea 1230 gr

Caucho 0.4 %

Aditivo 0 %

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
				(gr)	(gr)
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	103.1	103.1
3/8"	79.7	20.3	11.4	132.1	235.3
Nº 4	56.9	43.1	22.8	264.2	499.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	206.3	705.8
< Nº 8		100.0	39.1	453.1	1158.9
<b>Ligante Asfáltico (*)</b>			gr	66.4	
<b>Cemento asfáltico</b>			gr	66.4	
<b>Aditivo</b>			gr	0.0	
<b>Caucho</b>			gr	4.7	
<b>Peso total</b>			gr	1230.0	
<b>Verificación</b>			gr	1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

**Pesos para briquetas ÓPTIMO ASFALTO(Moldeo)**

fecha 20/10/2021

Briquetas

Peso de briqueta

1230 gr

Caucho

0.8 %

Aditivo

0 %

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
				(gr)	(gr)
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	102.7	102.7
3/8"	79.7	20.3	11.4	131.6	234.3
Nº 4	56.9	43.1	22.8	263.2	497.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	205.5	703.0
< Nº 8		100.0	39.1	451.3	1154.3
<b>Ligante Asfáltico (*)</b>			gr	66.4	
<b>Cemento asfáltico</b>			gr	66.4	
<b>Aditivo</b>			gr	0.0	
<b>Caucho</b>			gr	9.3	
<b>Peso total</b>			gr	1230.0	
<b>Verificación</b>			gr	1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo



**Pesos para briquetas ÓPTIMO ASFALTO(Moldeo)**

fecha 20/10/2021

Briquetas

Peso de biqueta 1230 gr

Caucho 1.2 %

Aditivo 0 %

Tamiz	% Pasa	% Ret. Acum.	% Ret.	C. A. (%)	C. A. (%)
				5.40%	Acum.
				(gr)	(gr)
1"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3/4"	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	91.1	8.9	8.9	102.3	102.3
3/8"	79.7	20.3	11.4	131.1	233.4
Nº 4	56.9	43.1	22.8	262.1	495.5
Nº 8	39.1	60.9	17.8	204.6	700.1
< Nº 8		100.0	39.1	449.5	1149.6
<b>Ligante Asfáltico (*)</b>			gr	66.4	
<b>Cemento asfáltico</b>			gr	66.4	
<b>Aditivo</b>			gr	0.0	
<b>Caucho</b>			gr	14.0	
<b>Peso total</b>			gr	1230.0	
<b>Verificación</b>			gr	1230.0	

(\*) Cemento asfáltico + aditivo

**ANEXO**

**RESULTADOS DE ENSAYOS  
MARSHALL CON DISTINTOS  
PORCENTAJES DE CAUCHO 0.4%,  
0.8% Y 1.2%**



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO  
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO Y FINO

NORMA MTC-E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 28	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3515	
PROYECTO :	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"
SOLICITANTE :	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL
CANTERA :	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tm&x 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente
UBICACIÓN :	Planta de Asfalto DELHEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo
RESP. LAB. :	D.C.N.
ING° RESP. :	D.C.N.
FECHA :	07/10/2021

TAMICEZ	Fajas por agregados a intervenir				Mezcla MAC			Chequeo
	Arena Triturada Gloria < 3/16"	Grava Chan. Gloria 3/4" - 1/2"	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515 - HUSO D5				
3/4"	55.0%	45.0%	100.0	100	100	ok		
1/2"	100.0	80.1	100.0	90	100	ok		
3/8"	100.0	54.8	100.0	73.7	100	ok		
# 4	97.5	7.3	100.0	56.9	44	74	ok	
# 8	69.8	1.2	100.0	38.9	28	58	ok	
# 10								
# 16	44.7	0.6	100.0	24.9				
# 30	29.6	0.4	100.0	16.5				
# 40								
# 50	20.9	0.0	100.0	11.5	5	21	ok	
# 60								
# 100	15.3	0.0	100.0	8.4				
# 200	11.6	0.0	100.0	6.4	2	10	ok	

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA**

Observaciones: Composición de Agregados:

Grava:	43.1 %
Areña:	50.5 %
Fino:	6.4 %

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO MARSHALL												
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES												
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"											
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL											
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")											
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente											
UBICACIÓN	Planta de Asfalto DEL-HEAL - Portillo - Carapongo - Acceso a 2 km de la Av. Principal Carapongo											
Ensayo Marshall												
DESCRIPCIÓN												
% DE CAUCHO	0.4			0.8			1.2					
N° DE BRIQUETAS	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 % CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.4			5.4			5.4					
2 % AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53.82			53.82			53.82					
3 % AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	40.38			39.98			39.58					
4 % FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	0.0			0.0			0.0					
5 PESO ESPECÍFICO CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE, g/cm³	1.0272			1.0272			1.0272					
6 PESO ESPECÍFICO AGREGADO GRUESO-BULK (< 1"), g/cm³	2.732			2.732			2.732					
7 PESO ESPECÍFICO AGREGADO FINO - BULK, g/cm³	2.751			2.751			2.751					
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE, g/cm³	1.000			1.000			1.000					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA, cm	6.7	6.7	6.7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE, g	1,206.5	1,194.8	1,206.1	1,191.5	1,156.4	1,193.5	1,200.2	1,177.8	1,197.0	1,197.0	1,197.0	1,197.0
11 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA EN EL AIRE, g	1,206.5	1,195.9	1,206.8	1,194.1	1,157.9	1,195.2	1,201.4	1,178.8	1,196.9	1,196.9	1,196.9	1,196.9
12 PESO DE LA BRIQUETA SATURADA EN EL AGUA, g	703.1	696.5	704.1	693.3	671.7	692.4	694.6	681.9	693.6	693.6	693.6	693.6
13 VOLUMEN DE LA BRIQUETA, cm³	503.4	499.4	502.7	500.8	486.2	502.8	506.8	496.9	505.3	505.3	505.3	505.3
14 PESO DE LA PARAFINA, g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 VOLUMEN PARAFINA, cm³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 VOLUMEN DE LA BRIQUETA, cm³	503.4	499.4	502.7	500.8	486.2	502.8	506.8	496.9	505.3	505.3	505.3	505.3
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA, g/cm³	2.395	2.392	2.397	2.379	2.378	2.374	2.368	2.370	2.389	2.389	2.389	2.389
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041, g/cm³	2.488			2.481			2.446					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS AIRE, %	3.7	3.8	3.6	3.3	3.4	3.5	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL, g/cm³	2.740			2.740			2.740					
21 VOLUMEN MINERAL AGREGADO, %	17.7	17.8	17.6	18.9	18.9	19.1	19.3	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2
22 VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFÁLTICO, %	79.0	78.4	79.3	82.4	82.2	81.6	83.5	83.9	83.6	83.6	83.6	83.6
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO AGREGADO TOTAL, g/cm³	2.752			2.763			2.775					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL, %	0.16			0.32			0.48					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO, %	5.25			5.10			4.95					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13.5	14.0	13.5	13.0	14.0	13.0	14.0	13.0	14.0	13.0	14.0	14.0
27 FLUJO (0.25 milímetros)	3.4	3.6	3.4	3.3	3.6	3.3	3.6	3.3	3.6	3.3	3.6	3.6
28 ESTABILIDAD SIN CORREGIR, Lecturas	300.0	300.0	300.0	320.0	330.0	320.0	318.0	315.0	320.0	320.0	320.0	320.0
29 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.09	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
30 ESTABILIDAD CORREGIDA, MN	14.8	14.8	14.8	15.8	17.0	15.8	15.7	15.5	15.8	15.8	15.8	15.8
31 RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (Kg/cm)	4,409.0	4,252.0	4,409.0	4,867.0	4,877.0	4,867.0	4,493.0	4,795.0	4,519.0	4,519.0	4,519.0	4,519.0

Nota : Los testigos para el ensayo Marshall fueron elaborados con el óptimo contenido de cemento asfáltico 5.4% y a la combinación de agregados se le hizo el reajuste para adicionar porcentajes de caucho de 0.4%, 0.8% y 1.2% como componente del agregado fino.

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS																																					
ASTM D 2041/ AASHTO T 245 / ASTM D 1560																																					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																					
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"																																				
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL																																				
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")																																				
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente																																				
Ensayo Ríce	RESP. LAB.: D.C.N. ING° RESP.: D.C.N. FECHA: 20/10/2021																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Descripción Mezcla Asfáltica</th> <th colspan="2">Proporción</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Agregados - Pétreos:</th> <th colspan="2">Diseño Patrón</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)</td> <td></td> <td>45.0 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)</td> <td></td> <td>55.0 %</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">Bítemen - Aditivo :</th> <th colspan="2">Proporción</th> </tr> <tr> <td>Contenido de Cemento Asfáltico CAP PEN 60 - 70 (en peso de la mezcla asfáltica total)</td> <td></td> <td>5.4 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Descripción Mezcla Asfáltica		Proporción		Agregados - Pétreos:		Diseño Patrón		Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)		45.0 %		Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)		55.0 %		Bítemen - Aditivo :		Proporción		Contenido de Cemento Asfáltico CAP PEN 60 - 70 (en peso de la mezcla asfáltica total)		5.4 %													
Descripción Mezcla Asfáltica		Proporción																																			
Agregados - Pétreos:		Diseño Patrón																																			
Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)		45.0 %																																			
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)		55.0 %																																			
Bítemen - Aditivo :		Proporción																																			
Contenido de Cemento Asfáltico CAP PEN 60 - 70 (en peso de la mezcla asfáltica total)		5.4 %																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Resultados</th> </tr> <tr> <th>% De Caucho</th> <th>0.4%</th> <th>0.8%</th> <th>1.2%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contenido Cemento Asfáltico, %</td> <td>5.4</td> <td>5.4</td> <td>5.4</td> </tr> <tr> <td>1.- Peso del material, g</td> <td>1,500.0</td> <td>1,500.0</td> <td>1,500.0</td> </tr> <tr> <td>2.- Peso agua + frasco, g</td> <td>7,542.2</td> <td>7,542.2</td> <td>7,542.2</td> </tr> <tr> <td>3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g</td> <td>9,042.2</td> <td>9,042.2</td> <td>9,042.2</td> </tr> <tr> <td>4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g</td> <td>8,439.2</td> <td>8,432.6</td> <td>8,428.9</td> </tr> <tr> <td>5.- Volumen [ 3 - 4 ], g</td> <td>603.0</td> <td>609.6</td> <td>613.3</td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³</td> <td>2.488</td> <td>2.461</td> <td>2.446</td> </tr> </tbody> </table>		Resultados				% De Caucho	0.4%	0.8%	1.2%	Contenido Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	1.- Peso del material, g	1,500.0	1,500.0	1,500.0	2.- Peso agua + frasco, g	7,542.2	7,542.2	7,542.2	3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g	9,042.2	9,042.2	9,042.2	4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g	8,439.2	8,432.6	8,428.9	5.- Volumen [ 3 - 4 ], g	603.0	609.6	613.3	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³	2.488	2.461	2.446
Resultados																																					
% De Caucho	0.4%	0.8%	1.2%																																		
Contenido Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4																																		
1.- Peso del material, g	1,500.0	1,500.0	1,500.0																																		
2.- Peso agua + frasco, g	7,542.2	7,542.2	7,542.2																																		
3.- Peso agua + frasco + material [ 1 + 2 ], g	9,042.2	9,042.2	9,042.2																																		
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo), g	8,439.2	8,432.6	8,428.9																																		
5.- Volumen [ 3 - 4 ], g	603.0	609.6	613.3																																		
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³	2.488	2.461	2.446																																		
<p>Nota. Las muestras para el ensayo RICE fueron elaborados con el óptimo contenido de cemento asfáltico 5.4% y a la combinación de agregados se le hizo el reajuste para adicionar porcentajes de caucho 0.4%, 0.8% y 1.2% como componente del agregado fino.</p>																																					

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin G. Neyra*  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin G. Neyra*  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243516

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

CARACTERIZACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA MARSHALL				
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES				
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")			
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente			
RESP. LAB.:	D.C.N.			
ING° RESP.:	D.C.N.			
FECHA:	20/10/2021			
Caracterización mezcla asfáltica				
Descripción Mezcla Asfáltica				
Agregados - Pétreos:	Proporción Diseño Patron			
Grava Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)	45.0 %			
Arena Chancada < 3/16" (Cantera Gloria)	55.0 %			
Bitumen - Aditivo:	Proporción			
Contenido de Cemento Asfáltico CAP PEN 60 - 70 (en peso de la mezcla asfáltica total)	5.4 %			
RESULTADOS MARSHALL PROMEDIO				
Caracterización Mezcla Asfáltica Modificada por vía seca con distintos % de caucho				
Número de Golpes	75	75	75	Espec.
% De Caucho	0.4	0.8	1.2	
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	5.4	5.4	±0.2
Peso Especifico, g/cm <sup>3</sup>	2.396	2.377	2.369	
Estabilidad, kN.	14.8	16.2	15.7	8.14 Min.
Estabilidad, kgf	1453.8	1680.5	1534.6	830 Min.
Flujo, (0.01 pulg.)	13.7	13.3	13.7	8 - 14 (0.01 pulg.)
Vacios de aire, %	3.7	3.4	3.1	3% - 5%
V.M.A., %	17.7	19.0	19.2	14 Min.
V.L.L.C.A., %	78.9	82.1	83.7	-
Absorción de Asfalto, %	0.16	0.32	0.48	-
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	4,356.7	4,870.3	4,602.3	1700 - 4000 (kg/cm)
Temperatura máxima mezcla, °C	165	165	165	160 - 170 °C
Relación Polvo 0.075/Asfalto Efectivo	1.2	1.2	1.2	1.3
Recubrimiento, %	100.0	100.0	100.0	100%
Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0	+ 95.0
Temperatura de Aplicación, del CAP PEN 60/70 °C (Según carta de viscosidad LOTE No. 60/70-063-09-2021)				
Agregados - Pétreos - Caucho				150.0
Bitumen - CAP PEN 60/70				154.0
Nota.	Los testigos para el ensayo Marshall fueron elaborados con el óptimo contenido de cemento asfáltico 5.4% y a la combinación de agregados se le hizo el reajuste para adicionar porcentajes de caucho 0.4%, 0.8% y 1.2% como componente del agregado fino.			

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE  
PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
C.I.P. N° 243516

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

CARACTERIZACIÓN MEZCLA ASFÁLTICA MARSHALL		
NORMA ASTM D 1559 / AASHTO T 245		
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES		
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"	
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL	
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")	
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente	
	RESP. LAB.: D.C.N. ING° RESP.: D.C.N. FECHA: 20/10/2021	
Caracterización mezcla asfáltica		
Descripción Mezcla Asfáltica		
Agregados - Pétreos:	Proporción: Diseño Patrón	
Piedra Chancada Tmáx. 3/4" (Cantera Gloria)	45.0 %	
Arena Chancada 01 (Cantera Gloria)	55.0 %	
Bitumen - Aditivo:	Proporción:	
Contenido de Cemento Asfáltico CAP PEN 60 - 70 (en peso de la mezcla asfáltica total)	5.4 %	
RESULTADOS MARSHALL PROMEDIO		
Caracterización de la Mezcla Asfáltica Convencional sin caucho - Diseño Patrón		
Número de Golpes	75	Espec.
Contenido Óptimo Cemento Asfáltico, %	5.4	±0.2
Peso Específico, g/cm <sup>3</sup>	2.390	
Estabilidad, kN.	11.3	8.14 Min.
Estabilidad, kgf	1152.9	830 Min.
Flujo, (0.01 pulg.)	13.9	8 - 14 (0.01 pulg.)
Vacios de aire, %	3.5	3% - 5%
V.M.A, %	17.6	14 Min.
V.LL.CA., %	73.3	-
Absorción de Asfalto, %	-	-
Estabilidad / Flujo (Kg/cm)	3,369.1	1700 - 4000 (kg/cm)
Temperatura máxima mezcla, °C	152	153 - 158 °C (*)
Relación Polvo <sub>0.075</sub> /Asfalto Efectivo	1.2	1.3
Recubrimiento, %	100.0	100%
Desprendimiento, % retenido	+ 95.0	+ 95.0
Temperatura de Aplicación, del CAP PEN 60/70 °C (Según carta de viscosidad LOTE No. 60/70-003-09-2021)		
Agregados - Pétreos - Caucho		150.0
Bitumen - CAP PEN 60/70		154.0
Nota. Los resultados mostrados corresponden a los obtenidos en el diseño Marshall Patrón.		

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

*Darwin Gabriel Castillo Neyra*  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

# Ensayo de inmersión / compresión



## INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN)										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						RESP. LAB.: D.C.N.				
SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						ING. RESP.: D.C.N.				
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente convencional (Patrón)						% C.A.: 5.40%				
						FECHA: 24/11/2021				
ASTM D 1074 / AASHTO T 167 - MTC E 513 ASTM D 1075 / AASHTO T 165 - MTC E 518										
TESTIGOS DE ASFALTO COMPACTADOS A PRESIÓN MÁXIMA DE 20 Mpa (210 kgf/cm <sup>2</sup> )										
ENSAYO / BRIQUETAS		Nº	1	2	3	Promedio	1a	2a	3a	Promedio
TESTIGOS DE ASFALTO ELABORADOS SIN CAUCHO RECICLADO						(GRUPO 1)	(GRUPO 2)			Promedio
DIAMETRO DE LA BRIQUETA	D	cm	10.1	10.0	10.1	10.1	10.0	10.0	10.1	10.033
ESPESOR Y/O ALTURA DE LA BRIQUETA	t	cm	6.80	6.81	6.80	6.80	6.80	6.81	6.81	6.81
ÁREA DEL LA BRIQUETA	A'	cm <sup>2</sup>	80.1	78.5	80.1	79.6	78.5	78.5	80.1	79.0
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	A	Gr.	1221.1	1217.9	1214.6	1217.9	1206.6	1213.3	1205.6	1208.9
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1223.5	1218.6	1215.6	1219.3	1211.3	1215.2	1205.6	1210.8
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	714.2	710.6	708.2	711.0	706.2	709.2	702.5	706.0
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	509.3	508.0	507.7	508.3	505.1	506.0	503.3	504.8
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Grfo.c	2.396	2.397	2.362	2.396	2.395	2.398	2.381	2.395
PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1225.5	1221.6	1218.6					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	714.9	712.2	709.5					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	510.6	509.4	509.1					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B' - A)	J'	c.c.	4.4	3.7	4.0					
HINCHAMIENTO (100(E' - E) / E)		%	0.28	0.28	0.28					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P'	kgf	1823.7	1845.2	1818.0					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R1	kgf/cm <sup>2</sup>	22.77	23.51	22.67					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP1	kgf/cm <sup>2</sup>		22.98						
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B''	Gr.	1231.5	1233.3	1232.2					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C''	Gr.	715.2	715.1	717.9					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'' - C'')	E''	c.c.	516.3	518.2	514.3					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'' - A)	J''	c.c.	21.70	20.0	26.6					
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	2.22	2.41	2.19					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P''	kgf	1723.6	1714.5	1719.0					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R2	kgf/cm <sup>2</sup>	21.96	21.84	21.46					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP2	kgf/cm <sup>2</sup>		21.75						
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO										
INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA	%	105.65								
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)	kgf/cm <sup>2</sup>	22.98	MPa	2.25	Mpa Requerido por las EE.TT. / EG-2013	2.10	CUMPLE			
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS SUMERGIDAS)	kgf/cm <sup>2</sup>	21.75	MPa	2.13			CUMPLE			
Observaciones:										
Para la fabricación de la mezcla asfáltica se uso cemento Asfáltico PEN-60/70, Sin caucho reciclado.										

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P Nº 247518



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN)										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						RESP. LAB.: D.C.N.				
SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						ING. RESP.: D.C.N.				
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca						% C.A.: 5.40%				
						FECHA: 24/11/2021				
ASTM D 1074 / AASHTO T 167 - MTC E 513 ASTM D 1075 / AASHTO T 165 - MTC E 518										
TESTIGOS DE ASFALTO COMPACTADOS A PRESIÓN MÁXIMA DE 20 MPa (210 kgf/cm <sup>2</sup> )										
ENSAYO / BRIQUETAS		Nº	1	2	3	Promedio	1a	2a	3a	Promedio
TESTIGOS DE ASFALTO ELABORADOS CON 0.4% DE CAUCHO RECICLADO			(GRUPO 1)				(GRUPO 2)			
DIAMETRO DE LA BRIQUETA	D	cm	10.0	10.0	10.0	10.0	10.1	10.0	10	10.033
ESPESOR Y/O ALTURA DE LA BRIQUETA	t	cm	6.80	6.81	6.80	6.80	6.81	6.81	6.80	6.81
ÁREA DEL LA BRIQUETA	A'	cm <sup>2</sup>	78.5	78.5	78.5	78.5	80.1	78.5	78.5	79.0
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	A	Gr.	1218.3	1221.1	1233.6	1221.0	1215.6	1210.3	1213.9	1213.3
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1220.2	1222.9	1225.1	1222.7	1217.1	1212.3	1215.1	1214.8
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	711.2	712.1	713.5	712.3	709.2	707.2	708.1	708.2
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	509.0	510.8	511.6	510.5	507.9	505.1	507.0	506.7
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.394	2.391	2.392	2.392	2.393	2.396	2.394	2.395
PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1221.3	1224.6	1228.8					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	711.3	712.3	714.3					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	510.0	512.3	512.7					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B' - A')	J'	c.c.	3.0	3.5	3.3					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.20	0.29	0.22					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P'	kgf	2079.5	2093.5	2090.4					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R1	kgf/cm <sup>2</sup>	26.48	26.54	26.63					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP1	kgf/cm <sup>2</sup>		26.55						
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño Meris										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B''	Gr.	1239.6	1233.6	1238.2					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C''	Gr.	726.6	719	722.2					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'' - C'')	E''	c.c.	513.0	514.5	516.0					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'' - A')	J''	c.c.	24.00	23.3	24.3					
HINCHAMIENTO 100 (E'' - E) / E		%	1.00	1.86	1.78					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P''	kgf	1888.2	1892.9	1903.5					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R2	kgf/cm <sup>2</sup>	23.57	24.11	24.29					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP2	kgf/cm <sup>2</sup>		23.99						
Este grupo de probetas han sido puestas a un baño de aire regulado a 25 ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.										
Este grupo de probetas han sido sumergidas en agua regulada a 60 °C ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se dejaron por 2 horas a temperatura ambiente para que enfrien. Seguidamente se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.										
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO										
INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA		%	110.66							
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	26.55	MPa	2.60	Mpa Requerido por las EE.TT. / EG-2013	2.10	CUMPLE		
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	23.99	MPa	2.35			CUMPLE		
Observaciones:										
Para la fabricación de la mezcla asfáltica se uso cemento Asfáltico PEN-60/70, con 0.4% de caucho reciclado añadido por vía seca en la mezcla asfáltica en caliente.										

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243318

### INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN)										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"							RESP. LAB.: D.C.N.			
SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL							ING. RESP.: D.C.N.			
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca							% C.A.: 5.40%			
							FECHA: 24/11/2021			
ASTM D 1074 / AASHTO T 167 - MTC E 513 ASTM D 1075 / AASHTO T 165 - MTC E 518										
TESTIGOS DE ASFALTO COMPACTADOS A PRESIÓN MÁXIMA DE 20 Mpa (210 kgf/cm <sup>2</sup> )										
ENSAYO / BRIQUETAS		Nº	1	2	3	Promedio	1a	2a	3a	Promedio
TESTIGOS DE ASFALTO ELABORADOS CON 0.8% DE CAUCHO RECICLADO			(GRUPO 1)				(GRUPO 2)			
DIAMETRO DE LA BRIQUETA	D	cm	10.1	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	10.1	10.033
ESPESOR Y/O ALTURA DE LA BRIQUETA	t	cm	6.81	6.80	6.81	6.81	6.80	6.81	6.80	6.80
ÁREA DEL LA BRIQUETA	A'	cm <sup>2</sup>	80.1	80.1	80.1	80.1	78.5	78.5	80.1	79.0
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	A	Gr.	1219.2	1215.2	1211.6	1215.3	1220.3	1219.5	1217.3	1218.7
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1221.1	1217.3	1213.5	1217.3	1222.5	1220.3	1219.3	1220.7
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	708.2	706.2	704.2	706.2	708.6	707.7	707.2	707.8
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	512.9	511.1	509.3	511.1	513.9	512.6	512.1	512.9
P e BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.377	2.378	2.379	2.378	2.375	2.377	2.377	2.376

PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1224.2	1219.5	1215.6					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	709.8	707.3	705.1					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	514.4	512.2	510.5					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B' - A')	J'	c.c.	5.0	4.3	4					
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0.29	0.22	0.24					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P <sup>m</sup>	kgf	1966.0	1956.8	1979.7					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R1	kgf/cm <sup>2</sup>	24.54	24.43	24.72					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP1	kgf/cm <sup>2</sup>	24.56							

Este grupo de probetas no han sido puestas a un baño de aire regulado a 25 ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.

CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B''	Gr.	1246.1	1248.1	1248.9					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C''	Gr.	726.5	727.2	727.9					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'' - C'')	E''	c.c.	519.6	520.9	521.0					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'' - A)	J''	c.c.	25.80	29.6	31.6					
HINCHAMIENTO 100 (E'' - E) / E		%	1.11	1.62	1.74					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P <sup>m</sup>	kgf	1773.9	1819.6	1751.0					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R2	kgf/cm <sup>2</sup>	22.60	23.18	21.86					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP2	kgf/cm <sup>2</sup>	22.55							

Este grupo de probetas han sido sumergidas en agua regulada a 60 °C ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se dejaron por 2 horas a temperatura ambiente para que enfrien. Seguidamente se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.

RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO										
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA		%	108.95							
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)	kgf/cm <sup>2</sup>	24.56	MPa	2.41	Mpa Requerido por las EE.TT. / EG-2013	2.10	CUMPLE			
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)	kgf/cm <sup>2</sup>	22.55	MPa	2.21			CUMPLE			

Observaciones:  
 Para la fabricación de la mezcla asfáltica se uso cemento Asfáltico PEN-60/70, con 0.8% de caucho reciclado añadido por vía seca en la mezcla asfáltica en caliente.

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN)										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
PROYECTO : TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						RESP. LAB.: D.C.N.				
SOLICITANTE : VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						ING. RESP.: D.C.N.				
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca						% C.A.: 5.40%				
						FECHA: 24/11/2021				
ASTM D 1074 / AASHTO T 167 - MTC E 513										
ASTM D 1075 / AASHTO T 165 - MTC E 518										
TESTIGOS DE ASFALTO COMPACTADOS A PRESIÓN MÁXIMA DE 20 Mpa (210 kgf/cm <sup>2</sup> )										
ENSAYO / BRIQUETAS		Nº	1	2	3	Promedio	1a	2a	3a	Promedio
TESTIGOS DE ASFALTO ELABORADOS CON 1.2% DE CAUCHO RECICLADO		(GRUPO 1)					(GRUPO 2)			
DIAMETRO DE LA BRIQUETA	D	cm	10.0	10.1	10.0	10.0	10.1	10.0	10.1	10.067
ESPESOR Y/O ALTURA DE LA BRIQUETA	t	cm	6.80	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.80	6.81
ÁREA DEL LA BRIQUETA	A'	cm <sup>2</sup>	78.5	80.1	78.5	79.0	80.1	78.5	80.1	79.6
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	A	Gr.	1213.1	1216.3	1219.6	1216.3	1199.6	1205.3	1210.1	1205.0
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1215.6	1218.7	1220.8	1218.4	1200.9	1207.6	1211.6	1206.8
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	702.2	703.9	704.4	703.5	694.0	697.9	696.5	697.1
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	513.4	514.8	516.4	514.9	506.9	509.7	512.3	509.6
P o BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2.363	2.363	2.362	2.362	2.367	2.365	2.362	2.364
PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1218.6	1220.1	1222.1					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	703.5	703.5	704.1					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	515.1	516.6	518.0					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B' - A')	J'	c.c.	5.5	3.8	2.5					
HINCHAMIENTO (100(E' - E) / E)		%	0.33	0.35	0.31					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P'	kgf	1657.1	1672.7	1623.7					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R1	kgf/cm <sup>2</sup>	23.66	23.38	23.23					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP1	kgf/cm <sup>2</sup>	23.42							
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María										
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS										
GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)										
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B''	Gr.	1221.5	1228.6	1231.1					
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C''	Gr.	705.6	710.3	712.5					
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B'' - C'')	E''	c.c.	515.9	518.3	518.6					
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B'' - A)	J''	c.c.	21.90	23.3	21.0					
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	1.78	1.69	1.23					
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	P''	kgf	1714.9	1706.2	1714.9					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE	R2	kgf/cm <sup>2</sup>	21.41	21.74	21.40					
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE	RP2	kgf/cm <sup>2</sup>	21.51							
Este grupo de probetas han sido puestas a un baño de aire regulado a 25 ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se dejaron por 2 horas a temperatura ambiente para que enfrien. Seguidamente se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.										
Este grupo de probetas han sido sumergidas en agua regulada a 60 °C ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se dejaron por 2 horas a temperatura ambiente para que enfrien. Seguidamente se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.										
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO										
ÍNDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA		%	108.87							
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	23.42	MPa	2.30	Mpa Requerido por las EE.TT. / EG-2013	2.10	CUMPLE		
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	21.51	MPa	2.11			CUMPLE		
Observaciones:										
Para la fabricación de la mezcla asfáltica se uso cemento Asfáltico PEN-60/70, con 1.2% de caucho reciclado añadido por vía seca en la mezcla asfáltica en caliente.										

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

# Ensayo de resistencia a la tracción indirecta (TRS)



## INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.							
NORMA MTC E 522 / AASHTO T 283							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES							
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"						
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL						
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA T <sub>max</sub> 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")						
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional						
Fecha : 19/11/2021							
Ensayo Lottman							
MEZCLA PATRÓN							
Descripción	Código	Grupo 01			Grupo 02		
		01	02	03	04	05	06
Díametro, mm.	D	100.0	100.0	100.0	100.5	100.3	100.1
Espesor (altura), mm.	t	70.0	69.0	70.0	70.0	70.0	69.0
Masa seca en aire, g.	A	1214.2	1212.3	1210.2	1202.6	1210.9	1205.8
Masa muestra saturada s. seca, g.	B	1222.1	1223.6	1223.6	1221.3	1225.6	1220.6
Masa en agua, g.	C	697.3	699.2	700.1	702.5	703.5	700.9
Volumen, cm <sup>3</sup> , (B-C)	E	524.8	524.4	523.5	518.8	522.1	520.0
Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.314	2.312	2.312	2.318	2.319	2.319
Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.0	7.1	7.1	6.8	6.8	6.8
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	36.8	37.1	37.1	35.4	35.4	35.4
Lectura del dial de carga	p	767.8	790.7	799.9			
Carga (lbf)	P	348.3	358.7	362.8			
Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.							
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1224.5	1230.5	1225.6
Masa en agua, g	C'				703.2	704.2	701.1
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				521.3	526.3	524.5
Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'				21.9	19.6	19.8
% Saturación (100J'/I)					61.8	55.4	56.0
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.48	0.60	0.87
Condición de saturación (1)							
24 horas a 60°C agua							
16 horas a -18°C ± 3°C							
Espesor mm. (pulg.)	T"				70.1	70.0	70.1
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B"				1230.1	1232.6	1230.2
Masa en agua, g.	C"				707.9	707.2	706.9
Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				522.2	525.4	523.3
Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				27.5	21.7	24.4
% Saturación (100J''/I)					77.6	61.3	69.0
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.66	0.63	0.63
Lectura del dial de carga	Carga				650.1	662.7	667.2
Carga (lbf)	P"				298.5	300.5	302.6
Fuerza Seca, 2P/piTD (psi)	Std	20.4	21.4	21.3			
Fuerza húmeda, 2P'/piTD (psi)	Strn				17.4	17.6	17.7
Baño de humedad visual		0					
Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados					
Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio ST <sub>u</sub> /ST <sub>d</sub> ) = 83.5%							

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo - 18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.
- (2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grabiell Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Grabiell Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
NORMA MTC E 522 / AASHTO T 283																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca						Fecha : 19/11/2021																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Ensayo Lotfman	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Descripción</th> <th rowspan="3">Código</th> <th colspan="6">Porcentaje de caucho reciclado</th> </tr> <tr> <th colspan="6">0.40%</th> </tr> <tr> <th colspan="3">Grupo 01</th> <th colspan="3">Grupo 02</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro, mm.</td> <td>D</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.5</td> <td>100.3</td> <td>100.1</td> </tr> <tr> <td>Espesor (altura), mm.</td> <td>I</td> <td>88.0</td> <td>88.0</td> <td>88.0</td> <td>88.5</td> <td>88.0</td> <td>88.0</td> </tr> <tr> <td>Masa seca en aire, g.</td> <td>A</td> <td>1216.6</td> <td>1217.1</td> <td>1215.6</td> <td>1207.1</td> <td>1213.5</td> <td>1210.6</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra saturada s. seca, g.</td> <td>B</td> <td>1227.6</td> <td>1226.8</td> <td>1228.5</td> <td>1225.1</td> <td>1228.6</td> <td>1227.7</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g.</td> <td>C</td> <td>699.9</td> <td>699.7</td> <td>702.2</td> <td>699.6</td> <td>701.1</td> <td>699.6</td> </tr> <tr> <td>Volumen, cm<sup>3</sup> (B-C)</td> <td>E</td> <td>527.7</td> <td>527.1</td> <td>527.3</td> <td>525.5</td> <td>528.5</td> <td>528.1</td> </tr> <tr> <td>Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm<sup>3</sup></td> <td>F</td> <td>2.305</td> <td>2.309</td> <td>2.305</td> <td>2.297</td> <td>2.296</td> <td>2.292</td> </tr> <tr> <td>Máx. Gravedad específica, g/cm<sup>3</sup></td> <td>G</td> <td>2.488</td> <td>2.488</td> <td>2.488</td> <td>2.488</td> <td>2.488</td> <td>2.488</td> </tr> <tr> <td>% Vacío (100(G-F)/G)</td> <td>H</td> <td>7.3</td> <td>7.2</td> <td>7.3</td> <td>7.7</td> <td>7.7</td> <td>7.9</td> </tr> <tr> <td>Volumen del Vacío de Aire (HE/100)</td> <td>I</td> <td>38.7</td> <td>37.9</td> <td>38.7</td> <td>40.3</td> <td>40.8</td> <td>41.5</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>p</td> <td>699.2</td> <td>735.8</td> <td>713.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga (lbf)</td> <td>P</td> <td>317.2</td> <td>333.8</td> <td>323.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="8">Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1231.6</td> <td>1236.2</td> <td>1234.6</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g</td> <td>C'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>702.1</td> <td>704.0</td> <td>702.5</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B'-C'), cm<sup>3</sup></td> <td>E'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>529.5</td> <td>532.2</td> <td>532.1</td> </tr> <tr> <td>Volumen absoluto agua (B'-A), cm<sup>3</sup></td> <td>J'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>24.5</td> <td>22.7</td> <td>24.0</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100J'/I)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>60.7</td> <td>55.7</td> <td>57.8</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E'-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.76</td> <td>0.70</td> <td>0.76</td> </tr> <tr> <td>Condición de saturación (1)</td> <td></td> <td colspan="3">24 horas a 60°C agua</td> <td colspan="3">16 horas a -18°C + 3°C</td> </tr> <tr> <td>Espesor mm. (pulg.)</td> <td>T"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>70.2</td> <td>70.1</td> <td>70.2</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1232.5</td> <td>1239.5</td> <td>1237.6</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g.</td> <td>C"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>703.2</td> <td>706.2</td> <td>704.6</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B''-C''), cm<sup>3</sup></td> <td>E''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>529.3</td> <td>533.3</td> <td>533.0</td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua Abs. (B''-A), cm<sup>3</sup></td> <td>J''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25.4</td> <td>26.0</td> <td>27.0</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100J''/I)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>63.0</td> <td>63.8</td> <td>65.0</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E''-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.72</td> <td>0.91</td> <td>0.93</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>Carga</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>635.2</td> <td>630.7</td> <td>644.4</td> </tr> <tr> <td>Carga (lbf)</td> <td>P''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>286.1</td> <td>286.0</td> <td>292.2</td> </tr> <tr> <td>Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)</td> <td>SlD</td> <td>19.2</td> <td>20.2</td> <td>19.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fuerza húmeda, 2P''/pi*T'D (psi)</td> <td>Slm</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>16.8</td> <td>16.7</td> <td>17.1</td> </tr> <tr> <td>Baño de humedad visual (2)</td> <td></td> <td colspan="3">0</td> <td colspan="3">0</td> </tr> <tr> <td>Agregado agrietado y roto</td> <td></td> <td colspan="3">No presenta agregados fracturados</td> <td colspan="3">No presenta agregados fracturados</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Código	Porcentaje de caucho reciclado						0.40%						Grupo 01			Grupo 02					01	02	03	04	05	06	Diámetro, mm.	D	100.0	100.0	100.0	100.5	100.3	100.1	Espesor (altura), mm.	I	88.0	88.0	88.0	88.5	88.0	88.0	Masa seca en aire, g.	A	1216.6	1217.1	1215.6	1207.1	1213.5	1210.6	Masa muestra saturada s. seca, g.	B	1227.6	1226.8	1228.5	1225.1	1228.6	1227.7	Masa en agua, g.	C	699.9	699.7	702.2	699.6	701.1	699.6	Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)	E	527.7	527.1	527.3	525.5	528.5	528.1	Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.305	2.309	2.305	2.297	2.296	2.292	Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.3	7.2	7.3	7.7	7.7	7.9	Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	38.7	37.9	38.7	40.3	40.8	41.5	Lectura del dial de carga	p	699.2	735.8	713.0				Carga (lbf)	P	317.2	333.8	323.4				Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.								Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1231.6	1236.2	1234.6	Masa en agua, g	C'				702.1	704.0	702.5	Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				529.5	532.2	532.1	Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'				24.5	22.7	24.0	% Saturación (100J'/I)					60.7	55.7	57.8	Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.76	0.70	0.76	Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			16 horas a -18°C + 3°C			Espesor mm. (pulg.)	T"				70.2	70.1	70.2	Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B"				1232.5	1239.5	1237.6	Masa en agua, g.	C"				703.2	706.2	704.6	Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				529.3	533.3	533.0	Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				25.4	26.0	27.0	% Saturación (100J''/I)					63.0	63.8	65.0	Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.72	0.91	0.93	Lectura del dial de carga	Carga				635.2	630.7	644.4	Carga (lbf)	P''				286.1	286.0	292.2	Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	SlD	19.2	20.2	19.5				Fuerza húmeda, 2P''/pi*T'D (psi)	Slm				16.8	16.7	17.1	Baño de humedad visual (2)		0			0			Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados			No presenta agregados fracturados		
Descripción	Código	Porcentaje de caucho reciclado																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		0.40%																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
		Grupo 01			Grupo 02																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		01	02	03	04	05	06																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Diámetro, mm.	D	100.0	100.0	100.0	100.5	100.3	100.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Espesor (altura), mm.	I	88.0	88.0	88.0	88.5	88.0	88.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa seca en aire, g.	A	1216.6	1217.1	1215.6	1207.1	1213.5	1210.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa muestra saturada s. seca, g.	B	1227.6	1226.8	1228.5	1225.1	1228.6	1227.7																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa en agua, g.	C	699.9	699.7	702.2	699.6	701.1	699.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)	E	527.7	527.1	527.3	525.5	528.5	528.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.305	2.309	2.305	2.297	2.296	2.292																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488	2.488																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.3	7.2	7.3	7.7	7.7	7.9																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	38.7	37.9	38.7	40.3	40.8	41.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Lectura del dial de carga	p	699.2	735.8	713.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Carga (lbf)	P	317.2	333.8	323.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1231.6	1236.2	1234.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa en agua, g	C'				702.1	704.0	702.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				529.5	532.2	532.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'				24.5	22.7	24.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
% Saturación (100J'/I)					60.7	55.7	57.8																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.76	0.70	0.76																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			16 horas a -18°C + 3°C																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Espesor mm. (pulg.)	T"				70.2	70.1	70.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B"				1232.5	1239.5	1237.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Masa en agua, g.	C"				703.2	706.2	704.6																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				529.3	533.3	533.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				25.4	26.0	27.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
% Saturación (100J''/I)					63.0	63.8	65.0																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.72	0.91	0.93																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Lectura del dial de carga	Carga				635.2	630.7	644.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Carga (lbf)	P''				286.1	286.0	292.2																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	SlD	19.2	20.2	19.5																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T'D (psi)	Slm				16.8	16.7	17.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
Baño de humedad visual (2)		0			0																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados			No presenta agregados fracturados																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio Sl <sub>w</sub> /Sl <sub>d</sub> ) = 85.9%																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Nota:																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
(1) Acondicionamiento húmedo - 16°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
NORMA MTC E 522 / AASHTO T 283																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSÉ MIGUEL																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA T <sub>max</sub> 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca						Fecha: 19/11/2021																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Ensayo Löffman	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Descripción</th> <th rowspan="2">Código</th> <th colspan="6">Porcentaje de caucho reciclado</th> </tr> <tr> <th colspan="3">0.50%</th> <th colspan="3">0.80%</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>01</th> <th>02</th> <th>03</th> <th>04</th> <th>05</th> <th>06</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diámetro, mm</td> <td>D</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>Espesor (altura), mm.</td> <td>t</td> <td>70.0</td> <td>68.0</td> <td>70.0</td> <td>70.0</td> <td>68.0</td> <td>70.0</td> </tr> <tr> <td>Masa seca en aire, g.</td> <td>A</td> <td>1225.2</td> <td>1210.8</td> <td>1221.1</td> <td>1206.1</td> <td>1210.3</td> <td>1208.3</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra saturada s. seca, g.</td> <td>B</td> <td>1237.0</td> <td>1217.9</td> <td>1231.3</td> <td>1222.0</td> <td>1220.2</td> <td>1225.1</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g.</td> <td>C</td> <td>698.6</td> <td>683.5</td> <td>695.2</td> <td>692.8</td> <td>691.4</td> <td>694.6</td> </tr> <tr> <td>Volumen, cm<sup>3</sup> (B-C)</td> <td>E</td> <td>538.4</td> <td>534.4</td> <td>536.1</td> <td>529.2</td> <td>528.8</td> <td>530.5</td> </tr> <tr> <td>Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm<sup>3</sup></td> <td>F</td> <td>2.276</td> <td>2.266</td> <td>2.278</td> <td>2.279</td> <td>2.289</td> <td>2.278</td> </tr> <tr> <td>Máx. Gravedad específica, g/cm<sup>3</sup></td> <td>G</td> <td>2.461</td> <td>2.481</td> <td>2.461</td> <td>2.461</td> <td>2.461</td> <td>2.461</td> </tr> <tr> <td>% Vacío (100(G-F)/G)</td> <td>H</td> <td>7.5</td> <td>7.9</td> <td>7.4</td> <td>7.4</td> <td>7.0</td> <td>7.4</td> </tr> <tr> <td>Volumen del Vacío de Aire (HE/100)</td> <td>I</td> <td>40.6</td> <td>42.4</td> <td>39.9</td> <td>39.1</td> <td>37.0</td> <td>39.5</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>p</td> <td>735.8</td> <td>745.0</td> <td>722.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Carga (lbf)</td> <td>P</td> <td>1563.6</td> <td>1582.5</td> <td>1535.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1229.2</td> <td>1232.7</td> <td>1231.2</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g.</td> <td>C'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>695.2</td> <td>696.2</td> <td>696.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B'-C'), cm<sup>3</sup></td> <td>E'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>534.0</td> <td>533.5</td> <td>535.0</td> </tr> <tr> <td>Volumen absoluto agua (B'-A), cm<sup>3</sup></td> <td>J'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>23.1</td> <td>22.4</td> <td>22.9</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100J'/I)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>59.1</td> <td>60.5</td> <td>57.9</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E'-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.91</td> <td>0.89</td> <td>0.85</td> </tr> <tr> <td>Condición de saturación (1)</td> <td></td> <td colspan="3">24 horas a 60°C agua</td> <td colspan="3">16 horas a -18°C ± 3°C</td> </tr> <tr> <td>Espesor mm. (pulg.)</td> <td>T''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>70.2</td> <td>70.3</td> <td>70.3</td> </tr> <tr> <td>Masa muestra sat. Sup. Seca, g</td> <td>B''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1230.6</td> <td>1233.7</td> <td>1233.6</td> </tr> <tr> <td>Masa en agua, g.</td> <td>C''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>696.2</td> <td>700.3</td> <td>698.2</td> </tr> <tr> <td>Volumen (B''-C''), cm<sup>3</sup></td> <td>E''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>534.4</td> <td>533.4</td> <td>535.4</td> </tr> <tr> <td>Volumen de agua Abs. (B''-A), cm<sup>3</sup></td> <td>J''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>24.5</td> <td>23.4</td> <td>25.3</td> </tr> <tr> <td>% Saturación (100J''/I)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>62.6</td> <td>63.2</td> <td>64.0</td> </tr> <tr> <td>Hinchamiento (100(E''-E)/E)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.98</td> <td>0.87</td> <td>0.92</td> </tr> <tr> <td>Lectura del dial de carga</td> <td>Carga</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>630.7</td> <td>616.5</td> <td>620.1</td> </tr> <tr> <td>Carga (lbf)</td> <td>P''</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1346.0</td> <td>1316.6</td> <td>1335.5</td> </tr> <tr> <td>Fuerza Seca, 2P/pi<sup>2</sup>D (psi)</td> <td>Std</td> <td>91.7</td> <td>95.6</td> <td>90.1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fuerza húmeda, 2P''/pi<sup>2</sup>D (psi)</td> <td>Str</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>78.7</td> <td>78.9</td> <td>78.1</td> </tr> <tr> <td>Baño de humedad visual (2)</td> <td></td> <td colspan="3">0</td> <td colspan="3">0</td> </tr> <tr> <td>Agregado agrietado y roto</td> <td></td> <td colspan="3">No presenta agregados fracturados</td> <td colspan="3">No presenta agregados fracturados</td> </tr> </tbody> </table>							Descripción	Código	Porcentaje de caucho reciclado						0.50%			0.80%					01	02	03	04	05	06	Diámetro, mm	D	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	Espesor (altura), mm.	t	70.0	68.0	70.0	70.0	68.0	70.0	Masa seca en aire, g.	A	1225.2	1210.8	1221.1	1206.1	1210.3	1208.3	Masa muestra saturada s. seca, g.	B	1237.0	1217.9	1231.3	1222.0	1220.2	1225.1	Masa en agua, g.	C	698.6	683.5	695.2	692.8	691.4	694.6	Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)	E	538.4	534.4	536.1	529.2	528.8	530.5	Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.276	2.266	2.278	2.279	2.289	2.278	Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.461	2.481	2.461	2.461	2.461	2.461	% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.5	7.9	7.4	7.4	7.0	7.4	Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	40.6	42.4	39.9	39.1	37.0	39.5	Lectura del dial de carga	p	735.8	745.0	722.1				Carga (lbf)	P	1563.6	1582.5	1535.1				Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.								Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1229.2	1232.7	1231.2	Masa en agua, g.	C'				695.2	696.2	696.2	Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				534.0	533.5	535.0	Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'				23.1	22.4	22.9	% Saturación (100J'/I)					59.1	60.5	57.9	Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.91	0.89	0.85	Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			16 horas a -18°C ± 3°C			Espesor mm. (pulg.)	T''				70.2	70.3	70.3	Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1230.6	1233.7	1233.6	Masa en agua, g.	C''				696.2	700.3	698.2	Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				534.4	533.4	535.4	Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				24.5	23.4	25.3	% Saturación (100J''/I)					62.6	63.2	64.0	Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.98	0.87	0.92	Lectura del dial de carga	Carga				630.7	616.5	620.1	Carga (lbf)	P''				1346.0	1316.6	1335.5	Fuerza Seca, 2P/pi <sup>2</sup> D (psi)	Std	91.7	95.6	90.1				Fuerza húmeda, 2P''/pi <sup>2</sup> D (psi)	Str				78.7	78.9	78.1	Baño de humedad visual (2)		0			0			Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados			No presenta agregados fracturados		
Descripción	Código	Porcentaje de caucho reciclado																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		0.50%			0.80%																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		01	02	03	04	05	06																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Diámetro, mm	D	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Espesor (altura), mm.	t	70.0	68.0	70.0	70.0	68.0	70.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa seca en aire, g.	A	1225.2	1210.8	1221.1	1206.1	1210.3	1208.3																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa muestra saturada s. seca, g.	B	1237.0	1217.9	1231.3	1222.0	1220.2	1225.1																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa en agua, g.	C	698.6	683.5	695.2	692.8	691.4	694.6																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)	E	538.4	534.4	536.1	529.2	528.8	530.5																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>	F	2.276	2.266	2.278	2.279	2.289	2.278																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>	G	2.461	2.481	2.461	2.461	2.461	2.461																																																																																																																																																																																																																																																																																														
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.5	7.9	7.4	7.4	7.0	7.4																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	40.6	42.4	39.9	39.1	37.0	39.5																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Lectura del dial de carga	p	735.8	745.0	722.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Carga (lbf)	P	1563.6	1582.5	1535.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Saturado min. @ kPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20 pulg. Hg.																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1229.2	1232.7	1231.2																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa en agua, g.	C'				695.2	696.2	696.2																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>	E'				534.0	533.5	535.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>	J'				23.1	22.4	22.9																																																																																																																																																																																																																																																																																														
% Saturación (100J'/I)					59.1	60.5	57.9																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.91	0.89	0.85																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Condición de saturación (1)		24 horas a 60°C agua			16 horas a -18°C ± 3°C																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Espesor mm. (pulg.)	T''				70.2	70.3	70.3																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1230.6	1233.7	1233.6																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Masa en agua, g.	C''				696.2	700.3	698.2																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen (B''-C''), cm <sup>3</sup>	E''				534.4	533.4	535.4																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Volumen de agua Abs. (B''-A), cm <sup>3</sup>	J''				24.5	23.4	25.3																																																																																																																																																																																																																																																																																														
% Saturación (100J''/I)					62.6	63.2	64.0																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.98	0.87	0.92																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Lectura del dial de carga	Carga				630.7	616.5	620.1																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Carga (lbf)	P''				1346.0	1316.6	1335.5																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Fuerza Seca, 2P/pi <sup>2</sup> D (psi)	Std	91.7	95.6	90.1																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Fuerza húmeda, 2P''/pi <sup>2</sup> D (psi)	Str				78.7	78.9	78.1																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Baño de humedad visual (2)		0			0																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Agregado agrietado y roto		No presenta agregados fracturados			No presenta agregados fracturados																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio S <sub>t</sub> /S <sub>t</sub> ) = 84.3%																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Nota:																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
(1) Acondicionamiento húmedo - 18°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1.0°C por 24 horas.																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el mayor desprendimiento), según método de ensayo																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.						
NORMA MTC E 522 / AASHTO T 283						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES						
PROYECTO	TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"					
SOLICITANTE	VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL					
CANTERA	GLORIA (PIEDRA CHANCADA Tmáx 1") - GLORIA (ARENA CHANCADA 3/16")					
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente con caucho reciclado por vía seca					Fecha: 19/11/2021
Ensayo Lotiman						
Porcentaje de caucho reciclado			1.20%			
Descripción		Grupo 01		Grupo 02		
		01	02	03	04	05
Diámetro, mm.		D	100.0	100.2	100.0	100.4
Espesor (altura), mm.		I	68.5	70.0	68.0	70.5
Masa seca en aire, g.		A	1210.5	1224.2	1215.2	1206.9
Masa muestra saturada s. seca, g.		B	1224.5	1232.5	1230.6	1224.4
Masa en agua, g.		C	688.6	690.2	691.6	693.2
Volumen, cm <sup>3</sup> (B-C)		E	535.9	542.3	539.0	531.2
Bulk Gravedad específica (A/E), g/cm <sup>3</sup>		F	2.269	2.257	2.255	2.272
Máx. Gravedad específica, g/cm <sup>3</sup>		G	2.446	2.446	2.446	2.446
% Vacío (100(G-F)/G)		H	7.7	7.7	7.8	7.1
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)		I	41.0	41.8	42.2	37.8
Lectura del dial de carga		P	594.1	607.8	584.9	
Carga (lb)		P	1269.5	1298.0	1250.5	
Saturado min. @ KPa o mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg. Hg.						
Masa muestra sat. Sup. Seca, g		B'			1231.2	1216.3
Masa en agua, g.		C'			696.1	685.7
Volumen (B'-C'), cm <sup>3</sup>		E'			536.1	530.6
Volumen absoluto agua (B'-A), cm <sup>3</sup>		J'			24.3	22.2
% Saturación (100J'/I)					64.3	58.4
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.92	0.84
Condición de saturación (1)			24 horas a 60°C agua		16 horas a -18°C ± 3°C	
Espesor mm. (pulg.)		T"			70.4	70.5
Masa muestra sat. Sup. Seca, g		B"			1233.2	1217.2
Masa en agua, g.		C"			697.3	686.2
Volumen (B"-C"), cm <sup>3</sup>		E"			535.9	531.0
Volumen de agua Abs. (B"-A), cm <sup>3</sup>		J"			26.3	23.1
% Saturación (100J"/I)					69.6	60.8
Hinchamiento (100(E"-E)/E)					0.88	0.91
Lectura del dial de carga		Carga			479.7	470.6
Carga (lb)		P"			1032.1	1013.1
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)		Std	75.1	76.0	75.5	
Fuerza húmeda, 2P"/pi*T"D (psi)		Slm			60.0	58.7
Baño de humedad visual (2)			0		0	
Agregado agrietado y roto			No presenta agregados fracturados		No presenta agregados fracturados	
			Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio S <sub>u</sub> /S <sub>u</sub> ) = 78.1%			

Nota:

- (1) Acondicionamiento húmedo: - 16°C ± 3°C por 16 horas luego a 60°C ± 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243576

# Ensayo cántabro MTC E 515



## INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
ENSAYO CÁNTABRO							
MTC E-515 / NLT 352							
PROYECTO :		TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			N° INFORME :		ECMAC-01A
SOLICITANTE :		VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB. :		D.C.N.
MATERIAL :		Mezcla Asfáltica en Caliente Convencional			ING° RESP. :		D.C.N.
					FECHA :		20/11/2021
RESULTADOS DEL ENSAYO CÁNTABRO							
DATOS DE PESO UNITARIO DE LOS TESTIGOS DE ASFALTO (MTC E 505)							
ITEM	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN					PROMEDIO	
	DATOS DE LAS BRIQUETAS		Nº	1	2		3
1	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE		g	1220.2	1218.2	1215.6	
2	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)		g	1222.5	1220.3	1217.3	
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)		g	712.3	710.5	708.8	
4	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO		cm <sup>3</sup>	510	510	509	
5	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA		g/cm <sup>3</sup>	2.392	2.390	2.391	2.391
6	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ÁSTM D-2041		g/cm <sup>3</sup>	2.503	2.503	2.503	2.503
7	VACÍOS		%	4.45	4.53	4.49	4.49
DATOS DEL ENSAYO CÁNTABRO							
1	PESO INICIAL ANTES DEL ENSAYO		g	1223.1	1220.5	1217.9	
2	PESO FINAL DESPUÉS DEL ENSAYO		g	1179.6	1179.3	1176.2	
3	% DE DESGASTE		%	3.66	3.38	3.42	3.46
RESULTADO DEL ENSAYO CÁNTABRO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PATRÓN (% DE DESGASTE PROMEDIO)			%	3.45			
OBSERVACIONES:							
Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras identificadas y proporcionadas por el solicitante.							

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 243618



**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
 FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
ENSAYO CÁNTABRO						
MTC E-515 / NLT 352						
PROYECTO :		TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			N° INFORME : ECMAC-01	
SOLICITANTE :		VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB. : D.C.N.	
MATERIAL :		Mezcla Asfáltica en Caliente con 0.4% de caucho reciclado			ING° RESP. : D.C.N.	
					FECHA : 20/11/2021	
RESULTADOS DEL ENSAYO CÁNTABRO						
DATOS DE PESO UNITARIO DE LOS TESTIGOS DE ASFALTO (MTC E 505)						
ITEM	PORCENTAJES DE CAUCHO RECICLADO		0.40%			PROMEDIO
	DATOS DE LAS BRIQUETAS		N°	1	2	
1	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE		g	1211.0	1208.3	1210.5
2	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)		g	1212.0	1209.0	1211.3
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)		g	705.4	704.4	705.6
4	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO		cm <sup>3</sup>	507	505	506
5	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA		g/cm <sup>3</sup>	2.390	2.395	2.394
6	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		g/cm <sup>3</sup>	2.488	2.488	2.488
7	VACÍOS		%	3.92	3.76	3.79
3.82						
DATOS DEL ENSAYO CÁNTABRO						
1	PESO INICIAL ANTES DEL ENSAYO		g	1211	1209	1210
2	PESO FINAL DESPUÉS DEL ENSAYO		g	1171	1172	1172
3	% DE DESGASTE		%	3.30	3.06	3.14
RESULTADO DEL ENSAYO CÁNTABRO CON 0.4 % DE CAUCHO RECICLADO (% DE DESGASTE PROMEDIO)					3.17	
OBSERVACIONES:						
Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras identificadas y proporcionadas por el solicitante.						

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
 Darwin Gabriel Castillo Neyra  
 Ingeniero Civil  
 C.I.P. N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE**  
 SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
 SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
 VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
ENSAYO CÁNTABRO							
MTC E-515 / NLT 352							
PROYECTO :		TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			N° INFORME :		ECMAC-02
SOLICITANTE :		VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB. :		D.C.N.
MATERIAL :		Mezcla Asfáltica en Caliente con 0.8% de caucho reciclado			ING° RESP. :		D.C.N.
FECHA : 20/11/2021							
RESULTADOS DEL ENSAYO CÁNTABRO							
DATOS DE PESO UNITARIO DE LOS TESTIGOS DE ASFALTO (MTC E 505)							
ITEM	PORCENTAJES DE CAUCHO RECICLADO		0.80%			PROMEDIO	
	DATOS DE LAS BRIQUETAS		Nº	1	2		3
1	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE		g	1215.8	1211.1	1217.3	
2	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)		g	1216.1	1212.8	1218.9	
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)		g	704.5	703.3	706.1	
4	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO		cm <sup>3</sup>	512	510	513	
5	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA		g/cm <sup>3</sup>	2.376	2.377	2.374	2.376
6	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		g/cm <sup>3</sup>	2.461	2.461	2.461	2.461
7	VACÍOS		%	3.43	3.41	3.54	3.46
DATOS DEL ENSAYO CÁNTABRO							
1	PESO INICIAL ANTES DEL ENSAYO		g	1216	1212	1217	
2	PESO FINAL DESPUÉS DEL ENSAYO		g	1173	1166	1172	
3	% DE DESGASTE		%	3.54	3.80	3.71	3.68
RESULTADO DEL ENSAYO CÁNTABRO CON 0.8 % DE CAUCHO RECICLADO (% DE DESGASTE PROMEDIO)			%	3.68			
<b>OBSERVACIONES:</b>							
Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras identificadas y proporcionadas por el solicitante.							

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.

Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518

**INVERSIONES & TECNOLOGÍA DE PAVIMENTOS S.A.C.**

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS  
FLEXIBLES Y RÍGIDOS, DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE  
SUMINISTRO DE INSUMOS, ADITIVOS Y AGREGADOS PARA OBRAS CIVILES  
SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL PARA CARRETERAS  
VENTA Y ALQUILER DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
ENSAYO CÁNTABRO						
MTC E-515 / NLT 352						
PROYECTO :		TESIS: "Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional en caliente incorporando caucho reciclado, Lima 2021"			N° INFORME : ECMAC-03	
SOLICITANTE :		VELASQUEZ CAMPOS, MANUEL / LLACTAS AGUILAR, JOSE MIGUEL			RESP. LAB. : D.C.N.	
MATERIAL :		Mezcla Asfáltica en Caliente con 1.2% de caucho reciclado			ING° RESP. : D.C.N.	
					FECHA : 20/11/2021	
RESULTADOS DEL ENSAYO CÁNTABRO						
DATOS DE PESO UNITARIO DE LOS TESTIGOS DE ASFALTO (MTC E 505)						
ITEM	PORCENTAJES DE CAUCHO RECICLADO		1.20%			PROMEDIO
	DATOS DE LAS BRIQUETAS		N°	1	2	
1	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE		g	1191.4	1202.1	1209.6
2	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)		g	1193.1	1203.7	1210.5
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)		g	691.3	698.2	700.1
4	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO		cm <sup>3</sup>	502	506	510
5	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA		g/cm <sup>3</sup>	2.374	2.376	2.370
6	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		g/cm <sup>3</sup>	2.446	2.446	2.446
7	VACÍOS		%	2.93	2.78	3.11
2.94						
DATOS DEL ENSAYO CÁNTABRO						
1	PESO INICIAL ANTES DEL ENSAYO		g	1192	1202	1210
2	PESO FINAL DESPUÉS DEL ENSAYO		g	1140	1144	1155
3	% DE DESGASTE		%	4.36	4.83	4.55
RESULTADO DEL ENSAYO CÁNTABRO CON 1.2 % DE CAUCHO RECICLADO (% DE DESGASTE PROMEDIO)				%	4.58	
OBSERVACIONES:						
Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras identificadas y proporcionadas por el solicitante.						

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
JEFE DE LABORATORIO SUELOS Y ASFALTO

INVERSIONES & TECNOLOGIA DE PAVIMENTOS S.A.C.  
Darwin Gabriel Castillo Neyra  
Ingeniero Civil  
CIP N° 243518