



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Influencia del uso plástico reciclado con grafeno en las propiedades de la carpeta asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORA:

Huanacuni Yaja, Maribel (orcid.org/0009-0006-0491-4207)

ASESOR:

Mg. Canta Honores, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-9232-1359)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres, pues sin ellos no lo habría logrado. La constancia y el apoyo moral que siempre me brindaron, a pesar de la distancia siempre estuvieron ahí.

A mi compañero de locuras y experiencias, mi enamorado quien ha estado acompañándome en esta etapa, dándome su constante apoyo físicamente y moralmente, siempre creyendo en mi capacidad para poder lograrlo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a Dios, mis padres y mi pareja, quienes siempre estuvieron presentes en esta etapa de mi vida, los que siempre creyeron en mí y me dieron su apoyo moral para poder cumplir esta meta.

También brindo mi gratitud a la escuela de Ingeniería y un sincero agradecimiento al asesor de mi tesis, Mg/Dr. Canta Honores, Jorge Luis, quien gracias a su apoyo y enseñanza forman parte de la base de mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación	18
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	22
3.5 Procedimientos:.....	23
3.6. Método de análisis de datos:.....	28
3.7. Aspectos éticos	28
IV. RESULTADOS.....	29
V. DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	1
ANEXOS	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Uso de PET y Grafeno en diferentes investigaciones. (%)	52
Tabla 2 Propiedades Físicas del grafeno.....	14
Tabla 3: Población (volumen)	20
Tabla 4: Población (volumen) - Resumen.....	20
Tabla 5 Muestra (briquetas)	21
Tabla 6: Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230	30
Tabla 7: Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245.....	31
Tabla 8: Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230	32
Tabla 9. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245.....	33
Tabla 10. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230	33
Tabla 11. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245	34
Tabla 12. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230	34

Tabla 13. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245	35
Tabla 14. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230	35
Tabla 15. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245	36
Tabla 16. Resumen de resultados.....	36
TABLA 17: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	52
Tabla 18 TABLA DE SOSTENIBILIDAD	53
TABLA 19: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Árbol de Problemas.....	3
Figura 2 Representación Gráfica de la estructura química del grafeno apilado en capas (J. Paula, et al., 2019).....	14
Figura 3 Modelo de la Estructura GO (J. Paula, et al., 2019).	14
Figura 4: Requisitos para Mezcla de concreto bituminoso	28
Figura 5. Peso unitario de mezclas asfálticas	37
Figura 6. % de Vacíos	37
Figura 7. % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	37
Figura 8. Flujo	38
Figura 9. Estabilidad Corregida (KG)	38
Figura 10. Factor de Rigidez (kg/cm)	38
Figura 11 Representación Gráfica de la estructura química del grafeno apilado en capas (J. Paula, et al., 2019).....	57
Figura 12 Modelo de la Estructura GO (J. Paula, et al., 2019).	57

RESUMEN

Las mezclas asfálticas modificadas con polímeros usualmente se usan para mejorar las propiedades de estas. Esta investigación presenta la incorporación de dos compuestos, el grafeno y el plástico reciclado, en las mezclas asfálticas en frío. Este tiene como objetivo demostrar cómo el uso del plástico reciclado con grafeno influye en las propiedades de la carpeta asfáltica. Para lo cual se elaboró un diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico, el cual continuamente fue modificado con 1%, 3% de PET y 0.2%, 0.35%, 1.5% de GRAFENO por el método Marshall, dando como resultado óptimo de 0.35% de GRAFENO y 1% de PET; reflejando en sus propiedades como índice de densidad de 2.25 gr/cc con un vacío de 4.32 %, un flujo de 3.80 mm que es una deformación dentro de los parámetros, y una estabilidad corregida de 1528 kg obteniendo un factor de rigidez de 4022 kg/cm, lo que conlleva una mejora respecto al deterioro de deformación permanente, por ende, se recomienda seguir investigando de manera más constante la influencia del grafeno y pet en las mezclas asfálticas, tanto en frío como en caliente.

Palabras clave: Asfáltica, carpeta, influencia, grafeno, PET.

ABSTRACT

Polymer-modified asphalt mixtures are usually used to improve their properties. This research presents the incorporation of two compounds, graphene and recycled plastic, in cold asphalt mixtures. This aims to demonstrate how the use of recycled plastic with graphene influences the properties of the asphalt layer. For which an asphalt mixture design is prepared with 5.5% asphalt cement, which was continuously modified with 1%, 3% PET and 0.2%, 0.35%, 1.5% GRAPHENE by the Marshall method, resulting in optimal results. 0.35% GRAPHENE and 1% PET; reflecting in its properties such as a density index of 2.25 gr/cc with a vacuum of 4.32%, a flow of 3.80 mm, which is a deformation within the parameters, and a corrected stability of 1528 kg, obtaining a stiffness factor of 4022 kg/cc. cm, which leads to an improvement with respect to the deterioration of permanent deformation, therefore, it is recommended to continue investigating more constantly the influence of graphene and PET in asphalt mixtures, both cold and hot.

Keywords: Asphalt, polymer, influence, graphene, pet.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente hay varios desafíos que enfrentan todos los países desarrollados y en desarrollo, entre los cuales la alta productividad y la lucha económica son los principales desafíos. El aumento del tráfico, la alta carga por eje, la formación de surcos por alta temperatura, el agrietamiento a baja temperatura y la fatiga a temperatura media están ocasionando el deterioro y descomposición del pavimento asfáltico convencional antes del tiempo previsto. Por consiguiente, se necesitan estructuras que sean lo suficientemente duraderas y fuertes para soportar tensiones y requieren menos mantenimiento y modificaciones (Ali, y otros, 2022).

A nivel internacional tenemos la investigación realizada por (Fuertes Ramirez, y otros, 2021), quienes en su investigación en Colombia, analizaron en la diagonal 8 y la Av. el Peñón, el rendimiento del pavimento flexible, tomando la calle 40 a la 48 en el Municipio de Girardot, utilizando la metodología PCI, donde se puede apreciar que se estimaron 109 muestras, obteniendo el 60.87% de las muestras presentan de un estado bueno a estado excelente y el resto de las muestras estado regular a muy malo. En la vía se observó en total 799 daños, donde se aprecia que el más evidente es el daño ocasionado por parcheos y juntas públicas, seguido de pulido de piedra, baches, grietas longitudinales y transversales, grietas en bloque, piel de cocodrilo, sello de junta, grieta de esquina, descascaramiento de esquina, losa dividida, desprendimientos de agregados, depresión, punzonamiento, abultamientos y hundimientos.

Otra investigación a nivel internacional tenemos la realizada por (Prakosa, 2018), en Indonesia, donde se evaluó la carretera de Kowangan-Maron en Temanggung Regency, que está clasificada como carretera colectora secundaria. El autor menciona que la vía presenta daños en la superficie y vio la necesidad de evaluar la superficie, por lo que los daños existentes se agravarán con el tiempo, y esta condición puede provocar la inseguridad de los usuarios que circulan por la vía en cuestión. Por esta razón, los autores decidieron utilizar el método PCI para determinar la inspección visual y vigas Ben Kerman para evaluar la condición de la estructura del pavimento. Posteriormente, al implementar estos métodos, los

autores concluyeron que los daños en las carreteras son causados principalmente por los siguientes tipos de daños: caimán, reparación y descomposición.

A nivel Nacional en la ciudad de Tacna tenemos la siguiente investigación realizada por (Acero Musaja, y otros, 2022), en donde nos hace mención del estado de la vía del Óvalo Tarapacá hasta el desvío de Calana, actualmente producto de una alta demanda de transporte, se visualiza un estado de malas condiciones, lo que ocasiona que no permita un buen tránsito, ocasionando molestias a los usuarios. El estudio del tráfico en esta vía nos permite tener conocimiento del nivel de ocupación y en la situación en la que se encuentra. Haciendo un estudio nos permite definir la tendencia de incremento y el momento en el cual dejará de otorgar una adecuada serviciabilidad, por ello ocasiona un aumento de la demanda vehicular, la cual continuamente ocasionará fallas en la carpeta asfáltica, por ser una vía principal de ingreso y salida hacia el distrito de Tacna. Las evidencias nos muestran fallas en la carpeta asfáltica, tales como la piel de cocodrilo, desprendimiento de material, peladuras, ahuellamiento, fisuras transversales y longitudinales, entre otras fallas.

Por otro lado, en la ciudad de Trujillo la investigación realizada por (Jimenez Marreros, 2021) nos muestra el análisis de tráfico en el hospital Oncológico revela un alto flujo vehicular. Se identificaron diferentes tipos de daños en el pavimento, como piel de cocodrilo, exudación, corrugación, depresión, grieta de borde, grieta de reflexión de junta, grieta longitudinal y transversal, parcheo y acometidas de servicios, pulimentos y agregados, huecos, ahuellamiento, grietas parabólicas o por deslizamiento, hinchamiento y, por último, meteorización o desprendimiento de agregados.

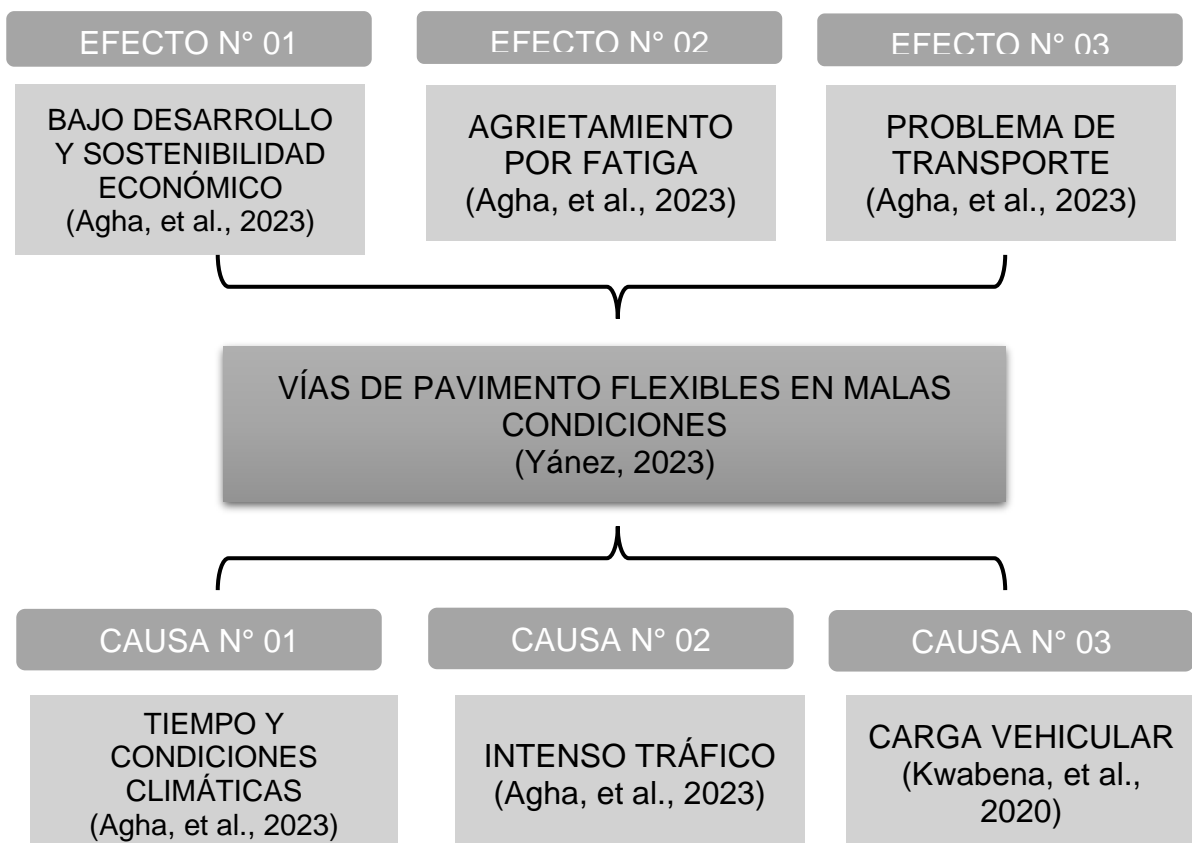
En Moquegua, a nivel Regional, se llevó a cabo una investigación por parte de (BARRERA CONDORI, y otros, 2022), la cual revela que los tramos del Malecón Ribereño presentan problemas de transitabilidad debido al mal estado del pavimento flexible, lo cual representa un riesgo tanto para vehículos como para peatones. Asimismo, se identificaron las principales patologías del Malecón Ribereño de acuerdo a la normativa ASTM D6433, obteniendo resultados de

severidad media y baja en patologías como hundimientos, parcheos, huecos y desprendimiento de agregados.

Finalmente, se presenta el informe elaborado por (Zela Choquecallata, 2021) sobre la avenida Santa Fortunata con San Antonio de Padua, utilizando el método del PCI, con un valor de 34.69. De acuerdo con la escala de evaluación, se determina que su condición es deficiente.

Por lo tanto, en este estudio se propone la siguiente alternativa de elaboración de pavimento flexible con incorporación de grafeno y PET, reemplazando estos insumos de manera porcentual a los agregados naturales.

Figura 1: *Árbol de Problemas*



Nota. El gráfico describe el árbol del problema. Elaboración propia, 2023

El 80% de nuestras carreteras son de pavimentos flexibles. Es decir, están diseñadas para un periodo de entre 10 a 15 años (Yáñez, 2023). Uno de los principales deterioros causados por el medio ambiente es la exposición de los pavimentos al agua, lo que provoca daños por humedad. El exceso de lluvia pueden ser las razones de esta exposición incontrolada.

Por lo tanto, los pavimentos se vuelven más propensos al agrietamiento y otras fallas del pavimento, como desprendimiento, formación de surcos, sangrado, ondulación y empuje, agrietamiento, desmoronamiento y otras fallas localizadas. Las cargas de tráfico repetidas en los pavimentos provocan fallas por fatiga y, debido a eso, se forman una serie de grietas interconectadas en la superficie de la carretera denominadas grietas por fatiga (Agha, et al., 2023).

Bajo el efecto de la carga vehicular los pavimentos asfálticos son propensos a sufrir deterioros (Kwabena Dadzie, et al., 2020).

Dado lo mencionado anteriormente, si no se da una solución se tienen las siguientes consecuencias.

(Ahmad, et al., 2022) observaron que un factor importante para mejorar la situación económica de un país es el sistema de infraestructura vial y, lo que es más importante, la longitud de las carreteras pavimentadas existentes, que a menudo se utiliza como índice para evaluar el grado de desarrollo de un país. La presencia de una red adecuada de transporte por carretera no solo minimiza el costo del transporte, tanto en términos de tiempo como de aspectos financieros, sino que también ayuda a la interconexión de varias regiones dentro del país y a una mejor comprensión de los países vecinos a nivel global.

Además, según (Agha, et al., 2023) , se destaca que el agrietamiento por fatiga en la capa unida es un indicador crucial de falla estructural en un pavimento. Se ha determinado que la magnitud, frecuencia y duración de la carga aplicada tienen un impacto significativo en el rendimiento del pavimento en términos de agrietamiento en la superficie. Asimismo, se reconoce que las vías de transporte (carreteras) son

un requisito fundamental para un sistema de transporte, ya que están expuestas constantemente al tráfico y a repeticiones de carga. Además, el clima adverso también provoca diversos defectos en las carreteras.

Frente a las problemáticas mencionadas anteriormente se proponen algunas alternativas de solución tales como las que nos menciona (D'Angelo, et al., 2022) en donde nos dice que las mezclas modificadas con polímeros se pueden emplear con éxito para limitar los deterioros del pavimento de la carretera, como la formación de surcos, la fatiga y el agrietamiento térmico.

Y según (Agha, et al., 2023) el uso de plásticos en pavimentos ha mostrado algunos resultados muy deseables en lo que se refiere a la respuesta del pavimento a las repeticiones de carga y el aguante al daño por humedad. Con el uso de plásticos en las carreteras, se puede aumentar la durabilidad de la estructura del pavimento y también se puede utilizar material plástico de desecho que reduce la amenaza ambiental. Es, por lo tanto, la opción más adecuada para utilizar material plástico de desecho de una manera que contribuya significativamente en el área de construcción de carreteras y desempeñe un rol significativo en la disminución de la contaminación ambiental.

No obstante, otra categoría prometedora de agentes modificadores del betún está representada por el grafeno, capaz de mejorar la rigidez del betún a altas temperaturas y la recuperación de la deformación, así como para reducir el costo de todo el ciclo de vida del pavimento (D'Angelo, et al., 2022).

Considerando todos los aspectos mencionados anteriormente, el propósito principal de este estudio es evidenciar el impacto del uso de plástico reciclado con grafeno en las propiedades de la carpeta asfáltica.

Se tiene como problema general la siguiente pregunta. ¿Cómo influye el uso del plástico reciclado con grafeno en las propiedades de la carpeta asfáltica?

Así mismo se consideran tres problemas específicos: I. ¿Cómo influye el uso del plástico reciclado con grafeno en la capacidad de carga de la carpeta asfáltica?, II.

¿Cómo influye el uso del plástico reciclado con grafeno en la resistencia a las deformaciones de la carpeta asfáltica?, y III. ¿Cómo influye el uso del plástico reciclado con grafeno en el Índice de densidad de la carpeta asfáltica?

La justificación teórica se basa en cerrar un vacío de conocimiento referido a las limitadas investigaciones que analizan la influencia del PET con GRAFENO en la incorporación en la mezcla asfáltica para pavimento en una vía (D'Angelo, et al., 2022). Lo descrito se basa en que uno de los materiales más estudiados hasta la actualidad y con mayor proyección en cuanto a sus capacidades mecánicas es el grafeno. El uso de grafeno en la mezcla asfáltica resulta en una mejora significativa de propiedades mecánicas como la tenacidad y ductilidad, gracias a su estructura laminar de un solo átomo de grosor compuesta por anillos hexagonales de átomos en un mismo plano unidos covalentemente mediante orbitales híbridos sp². Este tipo de estructura es responsable de sus características mecánicas, tales como su elevada resistencia a la rotura, tenacidad y resiliencia lo convierten en un potencial extraordinario para la obtención de composites orientados a la mejora de materiales (Álvarez Troncoso, y otros, 2020)

(Ahmad, et al., 2022) estudiaron la influencia de residuos PET en mezclas asfálticas. En donde se puede observar que las propiedades del pavimento mejoraron, como el aumento en la rigidez, la estabilidad y la viscosidad.

Pero estudios realizados por (Nishanthini, et al., 2020) nos menciona que la resistencia al daño por agua y el agrietamiento por fatiga disminuyó cuando se modificó con 5-10 % de PET. También (Kalantar, et al., 2012) sugiere que con la incorporación del polímero aumenta el flujo de la mezcla.

(Nazki, et al., 2020) evaluaron las propiedades reológicas y conductividad térmica de ligantes bituminosos modificados con grafeno. Donde se concluyó que la adición de grafeno aumentó la rigidez a alta temperatura sin endurecerse excesivamente a baja temperatura con ello también se vio el aumento de la conductividad térmica en el betún, teniendo en cuenta que la adición óptima de grafeno para las mejoras reológicas es del 1,0 al 1,5%.

En el ANEXO Tabla 1. Uso de PET y Grafeno en diferentes investigaciones. (%) podemos visualizar los porcentajes que utilizaron diferentes investigaciones, con respecto al uso del PET y grafeno.

El objetivo principal es demostrar como la incorporación del plástico reciclado con grafeno influye en las propiedades de la carpeta asfáltica. Y los objetivos específicos son demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la capacidad de carga de la carpeta asfáltica, demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la resistencia a las deformaciones de la carpeta asfáltica y demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en el Índice de densidad de la carpeta asfáltica.

La hipótesis general, el uso plástico reciclado con grafeno si influye en las propiedades de la carpeta asfáltica. Y las hipótesis específicas son el uso plástico reciclado con grafeno si influye en la capacidad de carga de la carpeta asfáltica, el uso plástico reciclado con grafeno si influye en la resistencia a las deformaciones de la carpeta asfáltica y el uso plástico reciclado con grafeno si influye en el Índice de densidad de la carpeta asfáltica.

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes

Como antecedente a **nivel nacional** tenemos (Balarezo Larriviere, y otros, 2022) quienes presentaron el estudio titulado “Análisis del uso de residuos plásticos reciclados en la estabilidad, durabilidad e impermeabilidad de una mezcla asfáltica”, donde tuvo como objetivo estudiar el impacto en la durabilidad, impermeabilidad y la estabilidad de las mezclas asfálticas que produce el uso de PET. Fue una investigación cuantitativa. La población son los estudios experimentales que evaluaron el objetivo del estudio. Este estudio se basará en la técnica de muestreo no probabilístico, la cual se fundamenta en la opinión de expertos. Se considera valiosa la opinión de los expertos debido a que ciertos artículos cumplen con condiciones específicas, como tener menos de 10 años de antigüedad, ser trabajos de investigación experimental y descriptiva, así como incluir dos o más variables en nuestro estudio. Para la recolección de datos, se recurrirá a la información obtenida de diversos artículos de revistas especializadas. Estos datos serán procesados y analizados utilizando tablas o plantillas en Excel, así como gráficos. Los resultados indican que, al elaborar mezclas asfálticas modificadas con PET, es recomendable añadir aditivos plásticos en un rango del 0,1% al 1,6%, ya que estos valores muestran las mejores propiedades en términos de estabilidad, durabilidad e impermeabilidad. En resumen, se determinó que los resultados más favorables se obtienen cuando se agrega un porcentaje de plástico entre el 0,1% y el 1,6%.

Por otra parte, se llevó a cabo la investigación de (Rodriguez Elera, 2020) en Chiclayo, con el estudio titulado "Desarrollo de una mezcla asfáltica con plástico reciclado para mejorar el proyecto de la ciclovía desde la prolongación de la Av. Bolognesi hasta la carretera Pimentel", cuyo objetivo principal fue diseñar una mezcla asfáltica que incluyera plásticos reciclados para renovar el proyecto de la ciclovía desde la prolongación de la Av. Bolognesi hasta la carretera Pimentel. Esta investigación fue de tipo explicativa. La población de estudio fueron las mezclas

asfálticas que contenían plásticos reciclados obtenidos de dispositivos eléctricos y electrónicos, con un total de 21 muestras. Los instrumentos utilizados incluyeron una libreta de campo para registrar los datos del levantamiento topográfico, formularios de laboratorio para anotar los resultados de los ensayos de mecánica de suelos y mezclas asfálticas. Además, se recopiló la información necesaria a través de una ficha de registro de datos para los estudios hidrológicos con el fin de realizar un análisis posterior. Los resultados principales mostraron que un porcentaje del 0.486% de plástico reciclado de dispositivos eléctricos y electrónicos fue seleccionado como óptimo, cumpliendo con la normativa establecida. En cuanto al estudio de impacto ambiental, el valor total fue de -87, por debajo de -120, lo que indica que el proyecto es ambientalmente viable. Se determinó que la adición de plástico a la mezcla asfáltica no afecta significativamente sus propiedades, pero cumple con los estándares requeridos, lo que garantiza su resistencia a las condiciones a las que estará expuesta la ciclovía.

En el ámbito internacional, se destaca el trabajo de Villegas (2021) cuyo objetivo fue diseñar un proceso de producción de mezcla asfáltica que incorporara residuos plásticos, con el propósito de contribuir al desarrollo sostenible. Esta investigación fue de tipo Mixta, combinando elementos de investigación cuantitativa y cualitativa. La población estudiada estuvo compuesta por mezclas asfálticas modificadas con residuos plásticos. Se utilizaron herramientas como el libro de campo, entrevistas y pruebas de desempeño de las mezclas en la construcción de un tramo de carretera. Los resultados principales mostraron una buena compactación y acabado en el tramo construido. Sin embargo, es necesario reducir la brecha entre el diseño de última generación y los estándares de calidad requeridos para lograr una mejora continua, promoviendo la integración entre el sector productivo y científico en la sociedad. Se concluyó que este proyecto es una alternativa viable y de gran impacto para abordar el problema ecológico causado por los plásticos, ya que se utilizaron 18 toneladas de mezcla asfáltica que incluían el equivalente a 7.000 botellas de plástico de refrescos de 600 ml para pavimentar un tramo de 33 m de longitud, 5,5 m de ancho y 4 cm de espesor en la Ciudad Deportiva de la Universidad de Costa Rica.

Y en incorporación de grafeno a una mezcla asfáltica tenemos la investigación de (Nazki, et al., 2020), en la India, con su estudio titulado “Rheological properties and thermal conductivity of bitumen binders”, donde tuvo como objetivo principal modificar el betún con grafeno e investigar los cambios en las propiedades reológicas y térmicas del betún. Fue una investigación experimental. La población de estudio fue el betún modificado con grafeno. La muestra son láminas de betún con diferentes porcentajes. Los principales resultados nos muestran que la adición de grafeno aumento la rigidez a alta temperatura sin endurecerse excesivamente a baja temperatura, que la adición de grafeno aumento la recuperación, pero no es comparable a la del betún con polímeros, la conductividad térmica del betún aumento con la adición de grafeno, y la adición optima de grafeno teniendo en cuenta las mejores reológicas es del 1,0 al 1.5%. Se concluyo que el efecto del grafeno fue más pronunciado a alta temperatura, la adición de grafeno aumento la conductividad térmica del betún hasta en un 50 – 80%.

Otra investigación que nos habla de la incorporación de grafeno en un asfalto es la investigación de (Mohamed , et al., 2021), con su estudio titulado “Laboratory Evaluation of Mechanical Properties of Modified Asphalt and Mixture using Graphene Platelets (GnPs)”, que en su estudio realizado en Egipto tuvo como objetivo evaluar en un laboratorio las propiedades mecánicas del ligante asfáltico modificado y una mezcla convencional. Fue una investigación experimental. La población del estudio fue de la mezcla asfáltica modificado con plaquetas de grafeno. La muestra son briquetas modificados en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%. Se ha observado que la inclusión de GnPs mejora las características mecánicas del ligante asfáltico, aumentando las viscosidades cinemáticas, los puntos de reblandecimiento y los parámetros de surco, aunque las penetraciones disminuyen a medida que se incrementa el contenido de GnPs. En resumen, se puede confirmar que las placas de grafeno tienen un impacto positivo en la mejora de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica y su desempeño. No obstante, se requiere de más investigación para evaluar los costos y beneficios de la modificación del asfalto con GnPs.

Por último, se llevó a cabo una investigación en Brasil por (J. Paula, et al., 2019) titulada "El uso de óxido de grafeno para la reparación de pavimento asfáltico - una revisión". El objetivo principal de este estudio fue verificar la influencia del uso de óxido de grafeno en las propiedades del pavimento asfáltico utilizando la técnica del Benchmarking. Cabe destacar que esta investigación fue experimental.

La población de estudio consistió en la incorporación de óxido de grafeno en las mezclas asfálticas. La muestra utilizada fueron los agregados pétreos y el cemento asfáltico modificado con grafeno.

Los resultados obtenidos revelaron que al utilizar un porcentaje de óxido de grafeno del 3,0%, la viscosidad aumentó entre un 5,4% y un 12,5%. En cuanto a la temperatura, la adición del 3,0% de óxido de grafeno a la mezcla asfáltica incrementó la temperatura máxima de 64°C a 76°C. Además, el óxido de grafeno mejoró la resistencia a la deformación permanente y la función elástica de la mezcla asfáltica, así como la resistencia a los ciclos de fatiga.

La inclusión de 0,05% en peso de GO puede incrementar el nivel de tráfico en el pavimento de asfalto de estándar a pesado, y por encima del 3,0% en peso, también se observaron mejoras con porcentajes entre 0,02 y 0,08%, aumentando la aglutinación entre las partículas en comparación con la mezcla original. Se ha determinado que es factible la utilización de óxido de grafeno añadido a la mezcla asfáltica, con niveles que van desde 0,05% hasta 3,0% de adición sobre el peso del asfalto según las investigaciones consultadas. Adiciones menores al 0,5% no mostraron eficacia en todas las propiedades, siendo el contenido ideal señalado en la investigación de 2,0%. Para su implementación, es crucial definir la región, ya que factores como la variación climática, la viscosidad recomendada, el contenido de hidrocarburos de la emulsión asfáltica y la resistencia a la deformación influirán en el contenido óptimo de óxido de grafeno a utilizar. No obstante, según los estudios realizados, los beneficios derivados del uso de óxido de grafeno en la mezcla asfáltica son innegables.

Teoría

A continuación, se presentan los fundamentos teóricos que respaldan esta investigación.

El polietileno de alta densidad (HDPE) es un polímero termoplástico compuesto por la repetición de unidades de etileno. Es importante destacar que el HDPE es el material más utilizado en envases de plástico de un solo uso. Además, se ha observado que los polímeros tienen una buena adherencia al asfalto (Mendivil-Escalante, y otros, 2015).

En lo que respecta a su estructura, se puede diferenciar entre cadenas lineales y ramificadas. Las cadenas lineales están compuestas por monómeros bifuncionales, mientras que las cadenas ramificadas están formadas por monómeros trifuncionales. Por otro lado, se puede concluir que los polímeros ramificados tienden a ser rígidos y frágiles, mientras que los lineales son más blandos y maleables (Reynoso, 2018).

En cuanto a sus propiedades físicas, los plásticos se consideran polímeros sintéticos que tienden a tomar forma al ser sometidos a presión o calor, como el PVC, el poliestireno, etc (Garrido, y otros, 2014).

El polietileno se caracteriza por su resistencia a los productos químicos, al calor y al impacto. Además, su ligereza y flexibilidad, incluso a bajas temperaturas, lo convierten en un material ideal para diversas aplicaciones. Sus ventajas incluyen su flexibilidad, facilidad de transporte, costos accesibles, durabilidad y resistencia a la corrosión. El proceso de reciclaje del plástico es fundamental para reutilizar estos materiales y convertirlos en nuevos productos, lo que demuestra su versatilidad y beneficios ambientales (Billmeyer, 2016).

Una de las pruebas más importantes para determinar las propiedades del polietileno es la resistencia a la tracción. Esta prueba evalúa la capacidad del polímero para resistir una fuerza de tracción. Se realiza siguiendo la norma ASTM-0638-72, que establece condiciones estándar de temperatura (23°C) y humedad (50%). La fuerza aplicada a la muestra y la fuerza requerida se expresan a través del alargamiento y la deformación determinados cuando la muestra se rompe. La fórmula utilizada para calcular la resistencia a la tracción es: Resistencia a la tracción (Pa) = fuerza (N) / área (m²) (UNE, 2009).

Se ha observado otra característica en el PET, que es su resistencia a la flexión. Esto se refiere a su capacidad para soportar la flexión o rigidez cuando se coloca la muestra de prueba sobre dos soportes y se somete al carga requerida durante un período de tiempo. Sin embargo, en algunos casos, los materiales utilizados no se rompen incluso bajo una flexión elevada, lo que dificulta el cálculo de su durabilidad. Por lo tanto, se utiliza el módulo de deformación del 5% como medida en estos casos (Jin, et al., 2012)

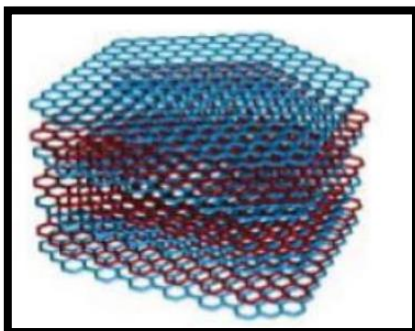
De manera similar, la resistencia a la compresión es otra propiedad importante que evalúa la capacidad de un material para soportar la fuerza necesaria para romper una muestra de prueba utilizando una máquina de compresión según la norma ASTM-0695. La resistencia máxima se obtiene a partir de la carga que provoca el fallo del ensayo y se expresa mediante la fórmula: Resistencia a la compresión = Fuerza/Área. Sin embargo, en algunos casos, los materiales no se rompen, por lo que se aplican obstáculos que causan cierta deformación (Galabada, et al., 2019)

El grafeno

El descubrimiento del grafeno en 2004 por los científicos Andre Geim y Konstantin Novoselov, de la Universidad de Manchester, les valió el Premio Nobel de Física en 2010. Utilizando como materia prima el grafito y una cinta adhesiva, al aislar una única capa plana de átomos de carbono de forma hexagonal los investigadores tuvieron éxito (J. Paula, et al., 2019).

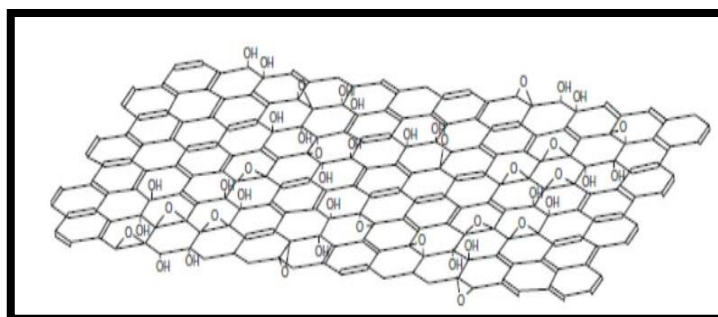
El grafeno es una sola capa de grafito.

Figura 2 Representación Gráfica de la estructura química del grafeno apilado en capas (J. Paula, et al., 2019).



El Oxido de Grafeno se obtiene mediante el Metodo Hummer Modificado, mediante la oxidacion del grafito. El metodo se divide en 3 etapas distintas: Oxidacion, Purificacion y Exfoliacion. El metodo consiste en; despues de la oxidacion, los productos se centrifugan y luego se exfolian para luego obener la solucion acuosa de oxido de grafeno uniformemente dispersada, el resultado del proceso es la formacion de 3 a 20 capas de grafeno agrupado (J. Paula, et al., 2019).

Figura 3 Modelo de la Estructura GO (J. Paula, et al., 2019).



En esta investigación, se utilizó grafeno de 10-15 capas, que era relativamente mas facil de adquirirlo. A continuacion se muestra las propiedades físicas que fueron proporcionadas por el fabricante.

Tabla 1 Propiedades Físicas del grafeno.

GRAFENO	DESCRIPCION
Aspecto	Polvo negro
Diámetro	5 - 10 um

Espesor	3 - 10 nm
Conductividad	800-1100S/cm
Densidad aparente	0.00-0.00 oz/cm ³
Densidad del grifo	0.00-0.01 oz/cm ³
Número de capas	10 - 15 capas

Nota. *Los datos fueron proporcionados por el fabricante.*

El desarrollo de nuevos materiales y tecnologías que incorporan materiales más sostenibles y reciclados, sin generar impacto ambiental durante la producción de la mezcla asfáltica, ofrece una solución que promueve la sostenibilidad y rentabilidad de la industria de pavimentación asfáltica (Kowalski, et al., 2016).

El asfalto es una mezcla de hidrocarburos alifáticos, aromáticos y nafténicos y se emplea ampliamente como revestimiento protector e impermeable y aglutinante en la construcción de carreteras (Mohamed , et al., 2021).

Según (WAGNER, 2002), se identifican 4 tipos de asfaltos: oxidados, sólidos, cortados y líquidos. También se describen los usos más comunes del asfalto, como su función como ligante asfáltico en pavimentos flexibles, su aplicación especial en una fina capa de desgaste con un espesor máximo de 2,5 cm, y su utilidad como impermeabilizante en carreteras.

Para (Zangena, 2019) las mezclas asfálticas están compuestas por el cemento asfáltico, los agregados y aire. Asimismo, se resalta que el objetivo del diseño de cada mezcla es mejorar la resistencia a la deformación y al agrietamiento, lo cual está determinado por el porcentaje óptimo de cada material utilizado.

(Zuñiga, 2015) plantea que las propiedades químicas de las mezclas arcillosas, como la resistencia a la humedad, están directamente relacionadas con la densidad de los huecos formados durante la compactación, lo cual influye en la resistencia del pavimento a la penetración del agua. Por otro lado, la resistencia térmica se refiere a la capacidad del material para resistir cambios de temperatura y mantener la conductividad eléctrica.

En cuanto a las propiedades mecánicas (Lopez, y otros, 2018) se define la viscosidad como la capacidad de la arcilla de convertirse en un líquido adecuado para su aplicación al ser calentada, alcanzando un nivel de viscosidad alto. A temperaturas más bajas, la arcilla se comporta como una roca viscoelástica, lo cual se describe a través del factor de rigidez. Estos cambios en temperatura y porosidad resultan en un sedimento más permeable. Por lo tanto, la interacción entre la temperatura, la carga y el tiempo determina la dureza o consistencia, la cual se mide a través de la penetración vertical de la muestra de arcilla.

De acuerdo con la investigación llevada a cabo por (Zhanping, et al., 2018) se destaca la relevancia de las propiedades físicas en el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras. Aspectos como la estabilidad, el flujo, el vacío y la rigidez son fundamentales.

(Caceres, 2007) nos muestra que la estabilidad es la resistencia que la arcilla puede resistir para moverse, moverse y cambiar. Se debe mantener en el valor correcto, si el pavimento es alto debería poder detener el tráfico, pero si es demasiado alto resultará en un pavimento demasiado duro y corto.

(Garnica, y otros, 2004) , el flujo se define como el cambio que experimenta una briqueta bajo presión vertical constante, siendo su unidad de medida 1/100 de pulgada.

(Macero, 2014) explica que la rigidez del asfalto refleja la resistencia que ofrece un pavimento ante diferentes niveles de tráfico, lo que puede indicar fatiga. Esta rigidez disminuye a medida que aumenta la brecha, pero aumenta cuando la temperatura disminuye.

Según el (ASTM, 2017) la determinación de la viscosidad consiste en obtener y verificar una determinación de viscosidad que mantendrá la consistencia del betún mediante pruebas para determinar la temperatura utilizada y el agua retenida cuando se aplica el betún.

Para el (MTC, 2016) el ensayo de gravedad específica y absorción es utilizado para determinar el peso específico normal, saturado y aparente de un agregado, así como su capacidad de absorción al sumergirlo en agua durante 24 horas. También se utiliza para verificar los vacíos presentes en los agregados.

En relación al equivalente de arena, de acuerdo con el (MTC, 2016) , se sugiere pasar el agregado fino a través de la malla N° 4, luego transportarlo y llenar los cilindros transparentes con él. Posteriormente, se debe sacudir mecánicamente y dejar reposar durante aproximadamente 20 minutos. Por último, se debe tomar la lectura de la altura máxima para determinar la proporción de limo o arcilla de manera relativa. Es importante tener en cuenta que altos porcentajes de limo y arcilla son perjudiciales para el diseño de mezclas asfálticas.

Según el (MTC, 2016), el método Marshall es una técnica utilizada para el diseño de mezclas asfálticas que se lleva a cabo en laboratorio y se verifica en campo. Este método se basa en procedimientos específicos de calentamiento, mezclado y consolidación de las mezclas asfálticas. Se compone de dos partes principales: el análisis de densidad y vacíos, y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados. Se emplean gráficos biestables para definir las mediciones del tamaño de partículas. Además, este método proporciona información sobre las características de las mezclas asfálticas y determina los valores óptimos de densidad y contenido de vacíos según el ASTM D1559 y AASHTO T 225, aplicables a diferentes tipos de mezclas asfálticas con un tamaño máximo nominal de 25 mm (Manual de prácticas de laboratorio de pavimentos, 2017). El primer paso en este proceso de prueba consiste en preparar los materiales pétreos y el cemento asfáltico de acuerdo con los estándares establecidos. Para calcular los pesos específicos bulk, es necesario determinar el peso específico del cemento asfáltico, la densidad y los vacíos, para luego calcular la composición volumétrica de la mezcla, así como la estabilidad y el flujo de las muestras compactadas. En cuanto al contenido de asfalto, se tiene en cuenta la experiencia del operador.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

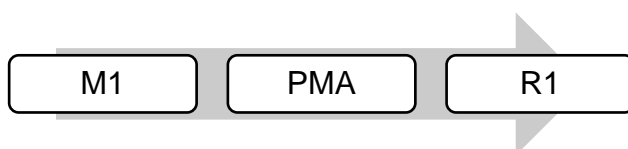
La investigación realizada tuvo un enfoque aplicado, con el objetivo de resolver un problema específico y mejorar la aplicación del conocimiento, contribuyendo al desarrollo de la cultura y la ciencia.

En este estudio se utilizó un enfoque cuantitativo, manipulando variables para obtener información precisa y comparar resultados con una muestra estándar.

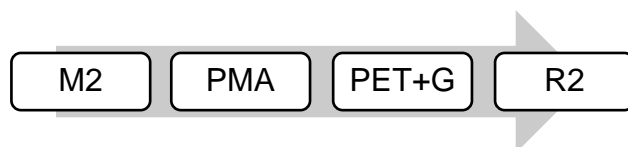
El diseño de investigación fue experimental, clasificado como cuasi experimental, al utilizar variables independientes como el reciclaje de PET y el grafeno en una mezcla asfáltica, observando cambios en las propiedades de la carpeta asfáltica.

La investigación se centró en un nivel descriptivo, describiendo los cambios en las propiedades de la carpeta asfáltica al incorporar plástico reciclado y grafeno. A continuación se presenta el esquema de estudio cuasi experimental.

Muestra Patrón:



Muestra Experimental:



Datos:

M1: Mezcla asfáltica patrón (convencional)

M2: Mezcla asfáltica con incorporación de pet con grafeno

PMA: Propiedades de la Mezcla asfáltica

PET+G: Residuos plásticos reciclado con grafeno

R1: Resultado (Mezcla Patrón)

R2: Resultado (Mezcla experimental)

3.2. Variables y operacionalización

- ✓ Variable independiente: Uso de plástico reciclado con grafeno
- ✓ Variable dependiente: Propiedades de la carpeta asfáltica de una vía

Para la Operacionalización de Variables en primer lugar, se requirió definir las dimensiones y posteriormente los indicadores para cada dimensión (Canta, 2018). Este procedimiento implica la descomposición de las variables con el fin de facilitar su comprensión, siendo común presentar este proceso a través de tablas que buscan establecer los objetivos de la investigación (Torracchi, Caparó, y Pariona, 2019).

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente, en el marco de este estudio se ha tomado en consideración la tabla de Operacionalización de variables que se encuentra adjunta en los anexos (tabla 3).

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población:

Para esta investigación se tomó como población la Mezcla asfáltica con diferentes porcentajes de plástico reciclado y grafeno para ver su influencia en las propiedades de la carpeta asfáltica.

En conclusión, se tomó como población el volumen total de probetas elaboradas con incorporación del plástico reciclado y grafeno. Según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016)) nos menciona, que para el control de calidad con el Aparato Marshall se basa en la medición de m³ (p. 583). Basándonos en lo anterior, tendremos los siguiente.

Tabla 2: Población (volumen)

Diseño de Mezcla Asfáltico	Volumen en m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos + agregado fino	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (1%) + agregado fino (0.2%)	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (1%) + agregado fino (0.35%)	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (1%) + agregado fino (1.5%)	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (3 %) + agregado fino (0.2%)	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (3 %) + agregado fino (0.35%)	0.007 m3
Cemento asfáltico 5.5% + agregados gruesos (3 %) + agregado fino (1.5%)	0.007 m3
TOTAL	0.25 M3

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Población (volumen) - Resumen

CANTIDAD DE BRIQUETAS	28 UNIDADES	
	GR	KG
Grava triturada <1" - 1/2"	12984.00	12.98
Pet	576.00	0.58
Arena triturada para asfalto < 3/8" - #200	14593.20	14.5932
Grafeno	196.80	0.1968
Cemento asfáltico	1650.00	1.65
	30000.00	30.00

Fuente: Elaboración Propia

Los criterios de inclusión hacen referencia a las características de la población que pueden participar en un estudio específico (UCV, 2023). En este estudio, se emplearán materiales de calidad óptima para la producción

de la mezcla asfáltica, con el objetivo de obtener muestras en buen estado y aptas para su análisis.

Por otro lado, los criterios de exclusión se refieren a lo opuesto. Es decir, existen características específicas de la población que los hacen no elegibles para su estudio (UCV, 2023). En esta investigación, se descartarán aquellos elementos que no cumplan con los criterios establecidos. Además, se rechazarán las muestras dañadas, ya que no son adecuadas para los propósitos de la investigación.

3.3.2. Muestra y Muestreo:

Según el Manual de Ensayos de Materiales del MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016)), es recomendable realizar al menos 3 especímenes por cada incremento de contenido de asfalto al utilizar el Aparato Marshall. Este incremento debe ser de 0.5% dentro de un rango específico de contenido, con el fin de obtener curvas de resultados que reflejen un valor óptimo (p. 583). Por consiguiente, hemos decidido llevar a cabo un control de contenido de asfalto de 5.5%.

Luego de obtener los porcentajes apropiados se continuo con la incorporación del plástico reciclado en porcentajes de 1% y 3% del agregado grueso, y la incorporación del grafeno en porcentajes de 0.2%, 0.35% y 1.5% en el agregado fino. Dando un total de 28 especímenes.

Tabla 4 Muestra (briquetas)

Incorporación del plástico reciclado y grafeno			
# Muestra	% Cemento Asfáltico	Una parte del agregado grueso será reemplazada por plástico	
		Agregado grueso	Agregado fino
4	5.5%	Muestra Patrón	
Incorporación de grafeno en porcentajes			

Plástico reciclado 1%			
4	5.5%	AG (1%)	AF (0.2%)
4	5.5%	AG (1%)	AF (0.35%)
4	5.5%	AG (1%)	AF (1.5%)
Plástico reciclado 3%			
4	5.5%	AG (3%)	AF (0.2%)
4	5.5%	AG (3%)	AF (0.35%)
4	5.5%	AG (3%)	AF (1.5%)
TOTAL	28		

Fuente: Elaboracion Propia

3.3.3. Unidad de análisis:

Al utilizar una combinación de mezcla asfáltica convencional y una experimental que contiene residuos plásticos y grafeno, se trabajará con briquetas, lo cual será nuestra unidad de análisis.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

3.4.1. Técnicas

1. Análisis documental: Para determinar el procedimiento y diseño utilizado en este estudio se consideraron normas, libros, tratados, entre otros, enfocados a las mezclas asfálticas con incorporación de plástico reciclado y grafeno.
2. Observación directa: Este ayudó a recopilar datos desde la investigación de componentes hasta el diseño de la mezcla asfáltica (convencional y con la incorporación de residuos plásticos y grafeno) antes de la preparación de las briquetas. Los resultados de estas pruebas de laboratorio fueron registrados para su posterior procesamiento.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados incluyen los datos obtenidos en el laboratorio y el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), organizados en

anexos para recolectar datos de las pruebas de calidad realizadas. Estas pruebas incluyen el Análisis Granulométrico por Tamizado (ASTM D422) (ASTM D2487) (MTC E-204) (AASHTO T88), el ensayo de resistencia de mezcla asfáltica utilizando el Aparato de Marshall (ASTM D1559) (NLT 159/86) (MTC E-504) (AASHTO T246), y la determinación del peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas utilizando especímenes saturados con superficie seca (ASTM D 2726) (AASHTO T 230).

Para verificar los ensayos realizados en el laboratorio, se obtuvieron certificados emitidos por técnicos especialistas de laboratorio, los cuales serán validados por expertos ingenieros civiles colegiados. Estos documentos garantizan la veracidad de los resultados obtenidos en base a las normas AASHTO, ASTM y el Manual de Ensayos de Materiales del MTC.

3.5 Procedimientos:

3.5.1 Recopilación de información y materiales

Antes de empezar con esta investigación, se recopiló información de artículos de investigación, tesis, sitios web, libros y normas vigentes; para tener como base para la realización de los capítulos tales como la introducción, marco teórico y metodología de investigación.

Sin embargo, para su ejecución se recolectarán datos e insumos realizando los siguientes pasos:

I. Adquisición de Grafeno:

Se hará la recolección del grafeno en polvo Nanoplaquetas, de 10-15 capas, mediante el Metodo Hummer Modificado, a partir de la oxidacion del grafito.

II. Adquisición de PET:

El PET se consiguió de envases de botellas, los cuales continuamente fueron triturados con una dimensión de 1x1 cm.

III. Adquisición del agregado grueso, fino y cemento asfáltico:

La adquisición de estos insumos se obtuvo mediante la compra directa a la UOPA (Unidad operativa planta de Prefabricados Asfaltos y Agregados) los cuales sus agregados fueron adquiridos de la cantera EL CHASQUI SOY, el cual cuenta con estos insumos a disposición, ubicados en Chen Chen.

En el caso del cemento asfáltico se está haciendo el uso del RC 250 ya que esta investigación se hará en Frío.

3.5.2. Ensayos de Laboratorio

Diseño Marshall de Mezcla Patrón y Modificado con PET y grafeno (MTC E 504)

El método Marshall es utilizado para analizar la relación entre el agregado y el asfalto en una mezcla asfáltica, mediante un proceso detallado y cuantitativo que evalúa su resistencia a la deformación. Siguiendo las pautas del MTC E 504, se elaboran las muestras correspondientes.

Obtención de diseño de mezcla con RC 250 en Frío

El diseño de la mezcla asfáltica fue proporcionado por la UOPA.

El cemento asfáltico utilizado se adquirió siguiendo las especificaciones del Manual de Ensayos de Materiales del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)). Para el control de calidad con el Aparato Marshall, es necesario realizar al menos 3 especímenes por cada incremento de contenido de asfalto, con un aumento de 0.5% en un rango específico de

contenido. Esto permitirá obtener curvas en los resultados que muestren un valor óptimo (p. 583).

En este caso se usó porcentajes de 3.50%, 4.00%, 4.50%, 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50% y 7.00%, el cual nos resulta como óptimo un porcentaje de 5.50% de cemento asfáltico.

El cual fue tomada, y para corroborar los resultados se procedió a elaborar 4 briquetas con 5.5% de cemento asfáltico.

A continuación, se muestra el procedimiento que se empleó para la elaboración de la mezcla patrón.

Preparación de la Mezcla Asfáltica Patrón en Frio

Antes de iniciar la preparación de la mezcla, es fundamental realizar una limpieza exhaustiva de la base de compactación, calentándola a una temperatura de 100-150 °C. Posteriormente, los áridos se distribuyen en bandejas individuales y se calientan a una temperatura de 175-190 °C, mientras se agitan para evitar el sobrecalentamiento de los agregados y el asfalto.

Una vez listos, se procede a combinar los materiales en un recipiente utilizando una balanza y se añade el asfalto gradualmente (5.50%), considerando el porcentaje total de la mezcla.

La mezcla resultante se vierte en un molde con una abertura en la base de 4 pulgadas de diámetro y una altura de 2 ½ pulgadas. Para compactarla, se golpea manualmente con un martillo de 10 libras que cuenta con un disco circular de 3 7/8 pulgadas de diámetro.

Para diseñar la mezcla, se utilizaron 04 briquetas como mezcla estándar y se les dieron 75 golpes en cada lado para simular un tráfico alto. Posteriormente, se dejan enfriar a temperatura ambiente.

A continuación, se realizan los siguientes ensayos:

- Ensayo de estabilidad y flujo.
- Determinación de la densidad máxima teórica.

Ensayo de estabilidad y flujo

Comenzamos sumergiendo las briquetas en agua a 60°C durante 30 a 40 minutos. Después, nos aseguramos de limpiar las superficies de las mordazas para garantizar un buen agarre. Posteriormente, lubricamos las varillas con aceite para ajustar el dial del anillo de carga a cero y permitir un deslizamiento suave de la mordaza.

Aplicamos una carga a cada biqueta a una velocidad de deformación de 50.8 mm/min hasta que se produzca la rotura, lo que nos da el valor de estabilidad Marshall. Al mismo tiempo, mantenemos el medidor de deformación en la varilla guía y lo retiramos una vez alcanzada la carga máxima, obteniendo así el valor de flujo de la biqueta.

Determinación de la densidad máxima teórica.

La densidad y la gravedad específica teórica son dos propiedades esenciales de la mezcla asfáltica. Estas características se determinan al analizar la composición de la mezcla y la cantidad y tipo de agregado y asfalto utilizados. A partir de estos valores, podemos evaluar el nivel de porosidad del aire en el pavimento de asfalto compactado, lo cual es crucial para entender la absorción de asfalto en los poros del agregado. Estos datos son fundamentales durante el proceso de compactación de las mezclas, ya que nos proporcionan información valiosa.

Comparación de Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón – UOPA y Diseño de Mezcla Asfáltica Patrón en el laboratorio con el porcentaje estipulado por la UOPA

Al obtener los dos resultados con el mismo porcentaje de cemento asfáltico, se realizó una comparación entre ambos (ver Anexo Panel Fotográfico), donde se encontraron pequeñas variaciones. Una de ellas es la Densidad Máxima Teórica Rice de Diseño, por lo que, siguiendo el criterio y la recomendación del laboratorista, se decidió utilizar el diseño de mezcla obtenido en el laboratorio.

Una vez establecido el diseño de mezcla, se procede a preparar la mezcla asfáltica con PET y grafeno en frío.

Preparación de la Mezcla Asfáltica con PET y grafeno en Frio

El contenido de cemento asfáltico (RC250) utilizado será del 5.5%.

La adición de plástico a la mezcla se realiza de manera sucesiva y en un rango de 1% a 3% en relación al peso del agregado grueso. Por otro lado, la incorporación de grafeno a la mezcla se lleva a cabo de forma sucesiva y en un rango de 0.2%, 0.35% y 1.5% en relación al peso del agregado fino.

Las briquetas tienen un peso de 1200 gramos y contienen un 5.5% de cemento asfáltico, de acuerdo con la mezcla patrón obtenida.

Durante el ensayo de estabilidad y flujo, todas las briquetas confeccionadas se sujetan en las mordazas para aplicarles la carga, repitiendo el proceso realizado con la muestra patrón. Los valores obtenidos se registran en una tabla junto con los resultados para su posterior análisis.

Requisitos para mezcla asfáltica

Figura 4: Requisitos para Mezcla de concreto bituminoso

Tabla 423-06

Requisitos para mezcla de concreto bituminoso

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

Fuente: 1 Manual de Carreteras EG-2013

3.6. Método de análisis de datos:

El método de análisis de datos es aplicada debido a que se lleva a cabo gracias al uso de fuentes bibliográficas, donde los autores proponen una solución basada en el uso de PET y grafeno en mezclas asfálticas, además de su comparación económica. La investigación se clasifica como Cuasiexperimental, ya que se utilizan grupos de control y experimentales antes y después de las pruebas de laboratorio para su análisis.

Con el apoyo de herramientas como MS Excel, es posible emplear gráficos de barras, gráficos de dispersión y gráficos circulares para procesar y evaluar datos de acuerdo con los estándares nacionales (MTC) e internacionales (AASHTO).

3.7. Aspectos éticos

Se han tenido en cuenta los estándares éticos durante la realización de la investigación. Toda la información encontrada está debidamente citada de acuerdo con la norma ISO 690.

Se ha tomado precaución para no plagiar información de otros autores, en particular para evitar errores ortográficos.

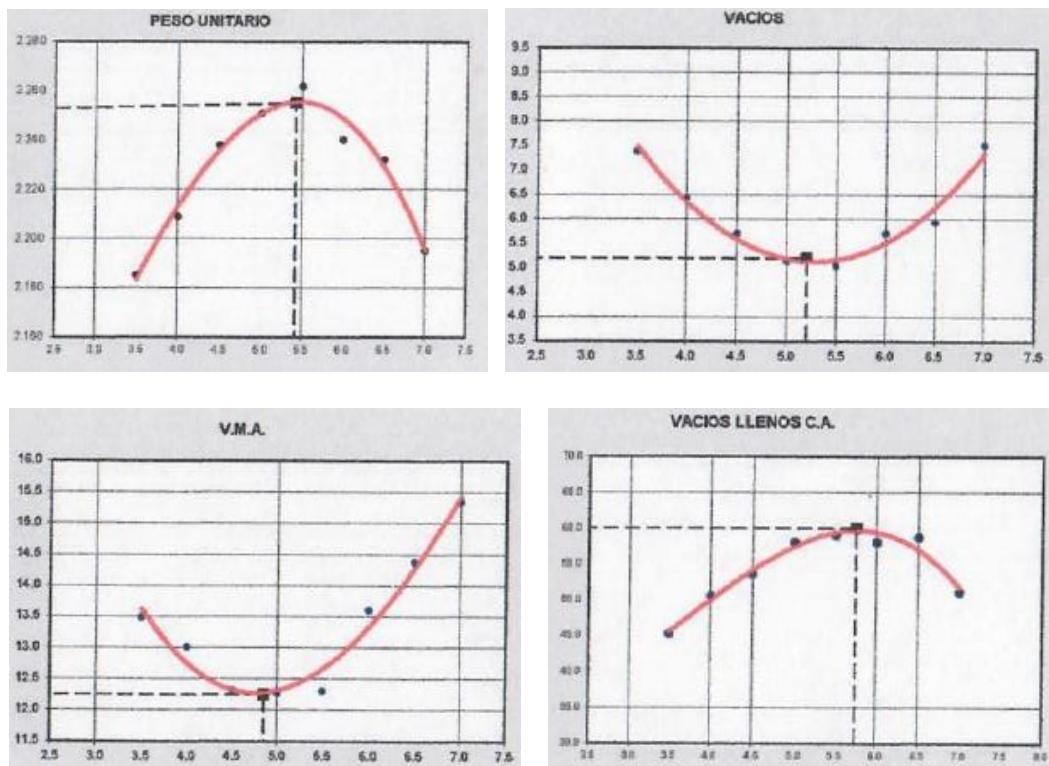
IV. RESULTADOS

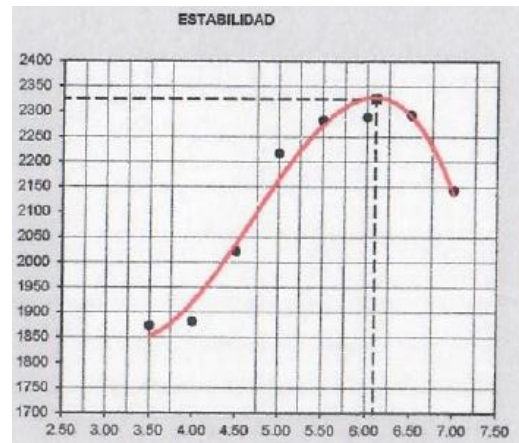
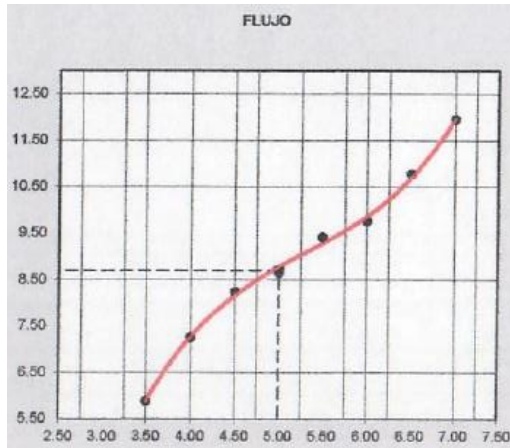
Con base en las investigaciones realizadas tanto en el terreno como en el laboratorio, hemos obtenido los siguientes hallazgos que nos permiten avanzar hacia la consecución de los objetivos establecidos. Cabe resaltar que se empleó el Método Marshall para determinar todos estos resultados.

4.1. Comparación de diseño de mezcla de la UOPA y elaborado en el laboratorio con cemento asfáltico de 5.5%

a) Resultados del diseño de Mezcla de la UOPA:

Cabe recalcar que para este diseño se emplearon porcentajes de 3.50%, 4.00%, 4.50%, 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50% y 7.00%





CARACTERÍSTICAS MARSHALL			
	Óptimo	Teórico	
GOLPES POR CAPA	75	75	
ASFALTO RESIDUAL	5.50	5.57	%
CANTIDAD DE ASFALTO RESIDUAL	25.77	26.10	Gal.
PESO UNITARIO	2.262	2.255	gr/cm ³
VACIOS	5.04	5.20	%
V.M.A.	12.30	12.25	%
VACIOS LLENOS CON C.A.	59.05	60.00	%
FLUJO	9.41	8.70	mm.
ESTABILIDAD	2283	2325	N
ESTABILIDAD / FLUJO	2427	2672	N/cm.

Según los resultados obtenidos nos muestra que el % óptimo de asfalto es de 5.5%.

b) **Resultados del diseño de Mezcla en el laboratorio al 5.5% de cemento asfáltico:**

Tabla 5: *Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca.*

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

ETAPA DE SATURACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5			
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25			

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1168.40	1173.40	1176.70	1172.30
Peso de la muestra sumergida, gr	650.00	656.00	656.00	653.00
Peso de la muestra seca, gr	1165.00	1169.50	1173.10	1168.80
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.656	0.754	0.691	0.674
Peso específico aparente	2.247	2.260	2.253	2.251
Peso unitario del especimen, gr/cm ³	2.241	2.254	2.246	2.244

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm ³	2.241	2.254	2.246	2.244
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm ³	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	99.05	99.63	99.30	99.20

Nota. II. MUESTRA PATRON

Tabla 6: Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	LECTURA	FLUJO
			KN	(mm)
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%	14.36	3.66
PIEDRA CHANCADA	46	%	14.20	3.63
ARENA CHANCADA	54	%	14.40	3.69
ARENA ZARANDADA	0	%	14.30	3.64
PORCENTAJE DE FILLER	0	%		
Σ Suma	100	%		
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg		

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.5	5.5	5.5	5.5		
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	43.32	43.32	43.32	43.32		
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	51.18	51.18	51.18	51.18		
4	% DE ARENA ZARANDADA EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00		
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00		
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.434	2.434	2.434	2.434	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1148.00	1148.50	1173.10	1148.80	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1148.40	1173.40	1176.70	1172.30	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	450.00	454.00	454.00	453.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	518.40	517.40	520.70	519.30	519.0
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.247	2.260	2.253	2.251	2.253
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.341	2.341	2.341	2.341	
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACÍOS	%	4.8	4.3	4.6	4.7	4.6
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	15.5	15.0	15.3	15.3	15.3
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	68.9	71.5	70.0	69.6	70.0
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	3.66	3.63	3.69	3.64	3.66
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1464.31	1448.00	1468.39	1458.19	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00	1.00	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1464	1448	1468	1458	1460
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	4001	3989	3979	4006	3994
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	

Nota. III. MUESTRA PATRON

En este caso se usa ya como base el 5.5%, esto para poder corroborar los resultados que nos plantea los certificados obtenidos, para posteriormente si es necesario hacer modificaciones.

A continuación, comparamos ambos resultados, teniendo como base las normativas teóricas.

DESCRIPCIÓN	SEGÚN UOPA	SEGÚN EL LABORATORIO	SEGÚN NORMATIVA	
GOLPES POR CAPA	75	75	75	
ASFALTO RESIDUAL	5.50	5.50		
PESO UNITARIO	2.262	2.253		
VACIOS	5.00	4.60	3-5	%
C.M.A.	12.30	15.30		
VACIOS LLENOS CON C.A.	59.05	70.00		
FLUJO	9.41 mm	3.66 mm	8-14 2-4	mm “
ESTABILIDAD	2283	1460	8150	N (min)
ESTABILIDAD / FLUJO	2427	3994	1700-4000	Kg/cm

Como se visualiza si hay una variación en sus resultados, pero ambos están dentro de las normas establecidas, pero al elaborarlo personalmente dentro de un laboratorio y al usar los mismos insumos es que se decide usar los resultados obtenidos en el laboratorio.

4.2. Incorporación de grafeno y PET

Al tener ya los porcentajes patrón es que se prosigue a elaborar con la incorporación de grafeno y PET en los porcentajes ya establecidos anteriormente, los cuales tenemos los siguientes resultados:

Tabla 7: *Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230*

ETAPA DE SATURACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5			
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25			

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1187.90	1190.50	1189.40	1192.7
Peso de la muestra sumergida, gr	636.00	639.00	638.00	639
Peso de la muestra seca, gr	1182.90	1185.40	1184.20	1187.7
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.906	0.925	0.943	0.903
Peso especifico aparente	2.143	2.149	2.148	2.145
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.137	2.143	2.141	2.139

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.137	2.143	2.141	2.139
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	94.47	94.74	94.66	94.54

Nota. IV - MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO

Tabla 8. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall
- ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Surto	100	%
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
15.44	4.12
15.21	4.05
15.49	4.09
15.37	4.10

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.5	5.5	5.5	5.5		
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	43.32	43.32	43.32	43.32		
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	51.18	51.18	51.18	51.18		
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00		
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00		
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593		
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	2.436	2.436	2.436	2.436		
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	2.581	2.581	2.581	2.581		
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULK	0.0	0.0	0.0	0.0		
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	0.0	0.0	0.0	0.0		
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA						
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRF	1182.90	1185.40	1184.20	1187.70		
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	1187.90	1190.50	1189.40	1192.70		
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	636.00	639.00	638.00	639.00		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	551.90	551.50	551.40	553.70	552.1	
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	2.143	2.149	2.148	2.145	2.146	
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	2.361	2.361	2.361	2.361		
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	2.307	2.307	2.307	2.307		
19	% DE VACIOS	9.2	9.0	9.0	9.1	9.1	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.512	2.512	2.512	2.512		
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	19.4	19.2	19.2	19.3	19.3	
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	52.4	53.2	53.0	52.7	52.8	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.580	2.580	2.580	2.580		
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	1.01	1.01	1.01	1.01		
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	4.49	4.49	4.49	4.49		
26	FLUJO	4.12	4.05	4.09	4.10	4.09	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	1574.44	1550.99	1579.54	1567.30		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.89	0.89		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	1401	1380	1406	1395	1396	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	3401	3408	3437	3402	3412	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA	75	75	75	75		

Nota. V. MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO

Tabla 9. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230

ETAPA DE SATURACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5			
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25			

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1185.60	1188.30	1190.70	1187.5
Peso de la muestra sumergida, gr	619.00	621.00	622.00	620
Peso de la muestra seca, gr	1184.80	1187.40	1189.90	1186.6
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.141	0.159	0.141	0.159
Peso especifico aparente	2.091	2.093	2.092	2.091
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.085	2.087	2.086	2.085

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.085	2.087	2.086	2.085
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	92.17	92.25	92.22	92.16

Nota. VI. MUESTRA CON 1.5% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 10. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Suma	100	%
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	14.34
	4.50
	14.40
	4.57
	14.27
	4.52
	14.37
	4.48

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1184.80	1187.40	1189.90	1186.60	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1185.40	1188.30	1190.70	1187.60	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	619.00	621.00	622.00	620.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	566.60	567.30	568.70	567.50	567.5
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.091	2.093	2.092	2.091	2.092
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2011	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	11.4	11.3	11.4	11.4	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	21.3	21.3	21.3	21.4	21.3
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	46.4	46.7	46.6	46.4	46.5
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	4.50	4.57	4.52	4.48	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1462.27	1468.39	1455.14	1465.33	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.86	0.86	0.86	0.86	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1258	1263	1251	1260	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	2795	2769	2769	2813	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	

Nota. VII. MUESTRA CON 1.5% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 11. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230

ETAPA DE SATURACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maría, Minutos	5			
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25			

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1188.20	1193.70	1190.50	1186.2
Peso de la muestra sumergida, gr	639.00	643.00	640.00	638
Peso de la muestra seca, gr	1185.50	1190.80	1187.80	1183.2
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.492	0.527	0.490	0.547
Peso especifico aparente	2.159	2.162	2.158	2.158
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.152	2.156	2.151	2.152

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.152	2.156	2.151	2.152
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	95.14	95.31	95.10	95.13

Nota. VIII. MUESTRA CON 0.2% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 12. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Suma	100	%
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
14.63	4.25
14.68	4.29
14.59	4.34
14.66	4.21

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1185.50	1190.80	1187.80	1183.20	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1188.20	1193.70	1190.50	1186.20	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	639.00	643.00	640.00	638.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	549.20	550.70	550.50	548.20	549.7
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.159	2.162	2.158	2.158	2.159
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	8.6	8.4	8.6	8.6	8.5
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	18.8	18.7	18.8	18.8	18.8
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	54.4	54.9	54.3	54.4	54.5
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	4.25	4.29	4.34	4.21	4.27
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1491.84	1496.94	1487.77	1494.90	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.89	0.89	0.89	0.89	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1328	1332	1324	1330	1329
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	3124	3106	3051	3160	3110
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	

Nota. IX. MUESTRA CON 0.2% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 13. Peso específico aparente y peso unitario de mezclas asfálticas compactadas empleando especímenes saturados con superficie seca. ASTM D 2726 - AASHTO T 230

ETAPA DE SATURACION		DATOS			
DESCRIPCION					
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos		5			
Temperatura de la muestra en baño Maria, °C		25			

PESO UNITARIO		DATOS			
DESCRIPCION					
Peso de la muestra saturada superficial, gr		1189.40	1194.30	1197.40	1195.2
Peso de la muestra sumergida, gr		664.00	666.00	668.00	667
Peso de la muestra seca, gr		1187.70	1192.40	1195.60	1193.5
Temperatura del agua en la canastilla, °C		25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura		-	-	-	-
Absorcion, %		0.324	0.360	0.340	0.322
Peso especifico aparente		2.261	2.257	2.258	2.260
Peso unitario del especimen, gr/cm3		2.254	2.250	2.252	2.253

GRADO DE COMPACTACION		DATOS			
DESCRIPCION					
Peso unitario del especimen, gr/cm3		2.254	2.250	2.252	2.253
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3		2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %		99.64	99.48	99.54	99.59

Nota. X. MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 14. Ensayo resistencia de mezcla bituminosa empleando el aparato Marshall - ASTM D 1559, NLT 159/86, MTC EE-504, AASHTO T245

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND	LECTURA	FLUJO
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%	KN	(mm)
PIEDRA CHANCADA	46	%	15.64	3.78
ARENA CHANCADA	54	%	15.58	3.82
ARENA ZARANDEADA	0	%	15.69	3.75
PORCENTAJE DE FILLER	0	%	15.54	3.85
Σ Surma	100	%		
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg		

ITEM			1	2	3	4	PROMEDIO	ESPEC.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5		
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32		
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18		
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00		
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00		
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593		
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436		
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581		
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0		
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0		
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.						
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1187.70	1192.40	1195.60	1193.90		
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1189.40	1194.30	1197.40	1195.20		
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	664.00	666.00	668.00	667.00		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	525.40	528.30	529.40	528.20	527.8	
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.261	2.257	2.258	2.260	2.259	
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361		
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307		
19	% DE VACIOS	%	4.3	4.4	4.3	4.3	4.3	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512		
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	15.0	15.1	15.1	15.0	15.0	
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	71.6	70.9	71.1	71.4	71.2	
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580		
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01		
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49		
26	FLUJO	mm	3.78	3.82	3.75	3.85	3.80	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1594.84	1588.72	1599.93	1584.64		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	0.96	0.96	0.96		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1531	1525	1536	1521	1528	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	4050	3993	4096	3951	4022	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75		

Nota. XI. MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

Tabla 15. Resumen de resultados

DESCRIPCION	PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS	% DE VACIOS	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	FLUJO (")	ESTABILIDAD CORREGIDA (KG)	FACTOR DE RIGIDEZ (KG/CM)
MUESTRA PATRON	2.252	4.581	15.264	3.66	1460	3984
MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO	2.146	9.091	19.269	4.09	1396	3412
MUESTRA CON 1.5% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO	2.091	11.400	21.319	4.52	1258	2785
MUESTRA CON 0.2% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO	2.15	8.545	18.784	4.27	1329	3110
MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO	2.258	4.3246	15.036	3.80	1528	4022

Figura 5. Peso unitario de mezclas asfálticas

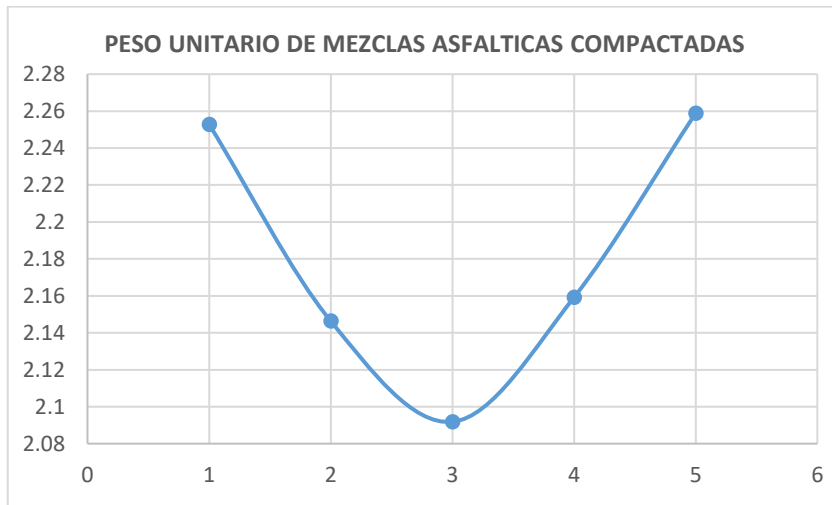


Figura 6. % de Vacios

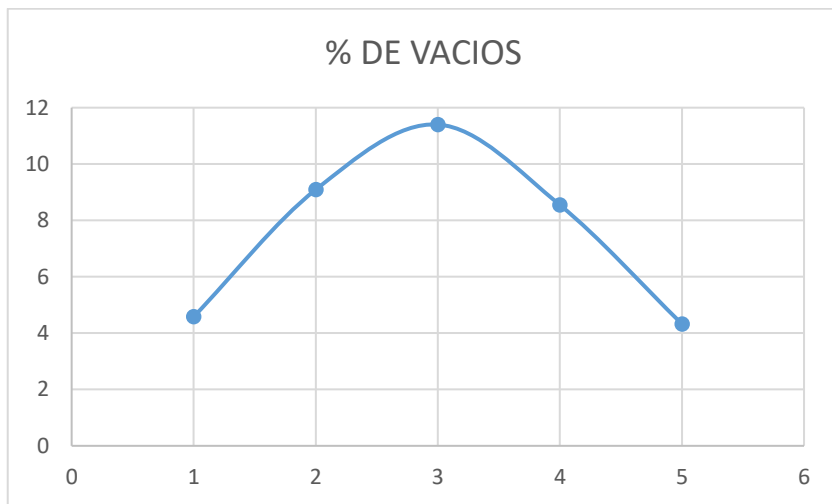


Figura 7. % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral

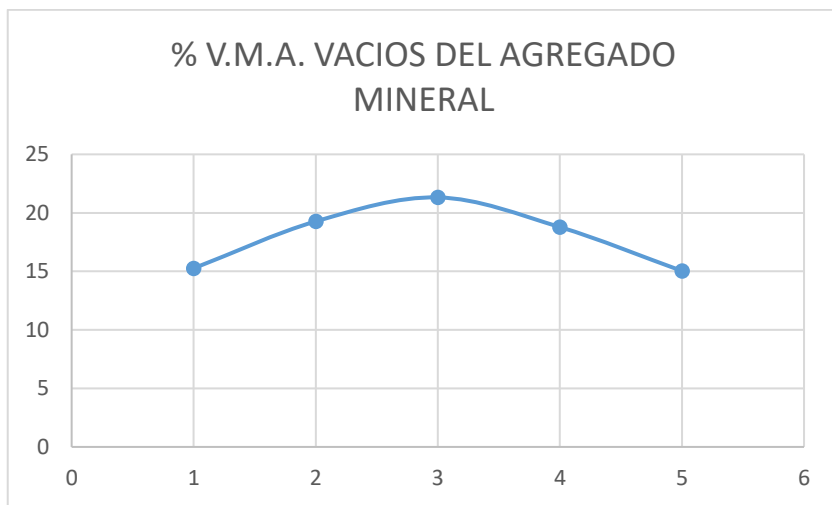


Figura 8. Flujo

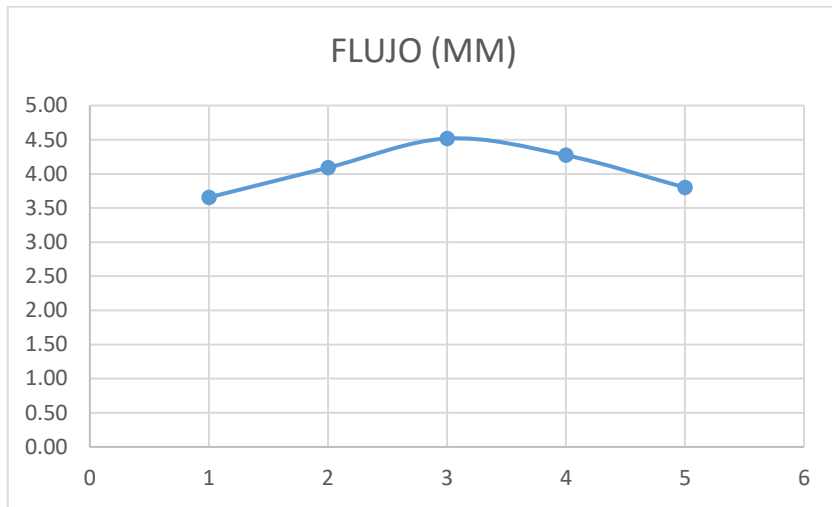


Figura 9. Estabilidad Corregida (KG)

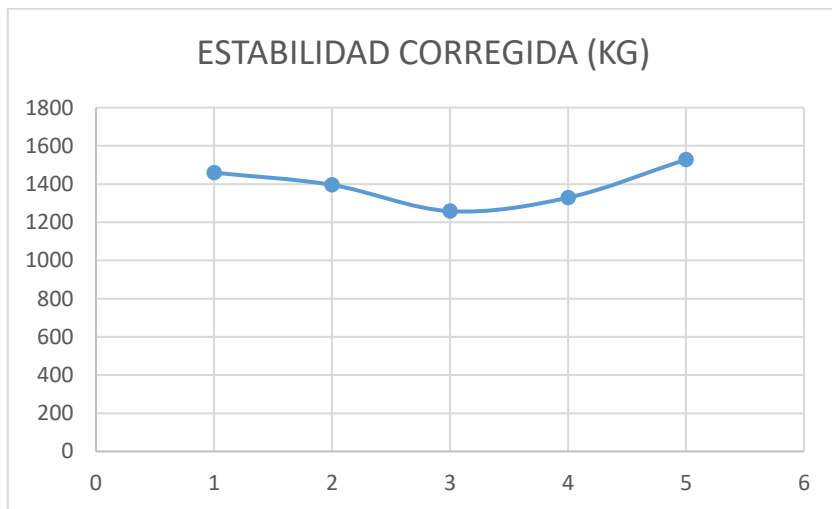
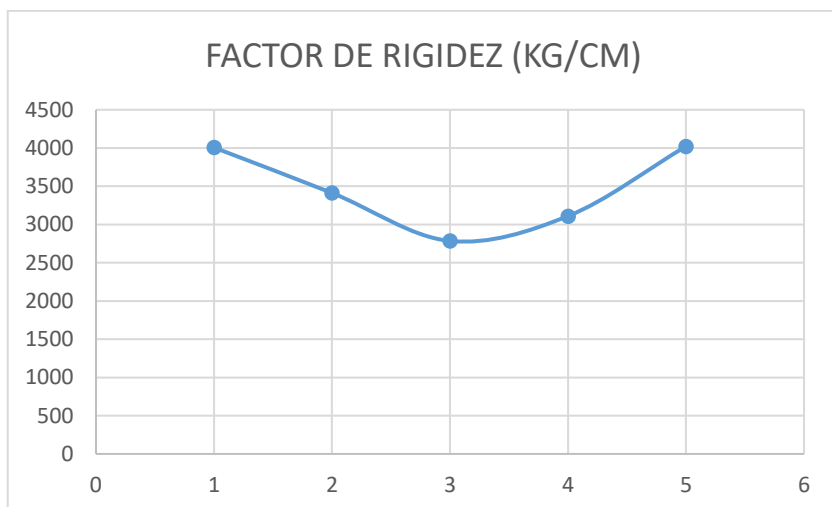


Figura 10. Factor de Rigidez (kg/cm)



1. Planteamiento de Normalidad

Ha: El uso plástico reciclado con grafeno si influye en las propiedades de la carpeta asfáltica de la Av. Mariano Lino Urquieta, San Antonio, Moquegua, 2023.

HO: El uso plástico reciclado con grafeno no influye en las propiedades de la carpeta asfáltica de la Av. Mariano Lino Urquieta, San Antonio, Moquegua, 2023.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% (0.05)$$

3. Elección de prueba estadística

Se verificará la normalidad utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, se examinará la influencia en la dosificación de las mezclas asfálticas con PET y GRAFENO.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	p - value
% DE GRAFENO	.819	4	.140
ESTABILIDAD CORREGIDA	.955	4	.746
FLUJO	.927	4	.575
% DE COMPACTACION	.871	4	.302

4. Regla de decisión

En caso de que el P-VALOR sea menor o igual a 0.05, se rechaza la hipótesis nula. Si el P-VALOR es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula.

En esta situación, se concluye que la hipótesis nula es aceptada.

5. Conclusión

La variable de estabilidad corregida presenta normalidad con un nivel de significancia del 5%.

La variable de flujo muestra normalidad con un nivel de significancia del 5%.

La variable de % de compactación exhibe normalidad con un nivel de significancia del 5%.

EVALUACIÓN ANOVA DE UN FACTOR

ANOVA

ESTABILIDAD CORREGIDA

	Adición de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	p - value
En medio de los diferentes grupos.	180395.188	3	60131.729	1532.832	<.001
Dentro de grupos	470.750	12	39.229		
Total	180865.938	15			

Regla de decisión

Si el valor de P es menor o igual a 0.05, se descarta la hipótesis nula. Sin embargo, si el valor de P es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula.

En esta situación específica, se descarta la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Conclusión

Se llega a la conclusión de que existe evidencia estadística que indica que: “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en la estabilidad corregida en la carpeta asfáltica.

ANOVA

FLUJO

	Adición de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	p - value
En medio de los diferentes grupos.	1.928	3	.643	394.506	<.001
Dentro de grupos	.020	12	.002		
Total	1.948	15			

Regla de decisión

Si el valor de P es menor o igual a 0.05, se descarta la hipótesis nula. Sin embargo, si el valor de P es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula.

En este caso, la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alternativa es aceptada.

Conclusión

Se llega a la conclusión de que existe evidencia estadística que indica que: “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en el flujo en la carpeta asfáltica.

ANOVA

% DE COMPACTACION

	Adición de cuadrados	de gl	Media cuadrática	F	p - value
En medio de los diferentes grupos.	149.748	3	49.916	2629.745	<.001
Dentro de grupos	.228	12	.019		
Total	149.975	15			

Regla de decisión

Si el valor de P es menor o igual a 0.05, se descarta la hipótesis nula. Sin embargo, si el valor de P es mayor a 0.05, se acepta la hipótesis nula.

En este caso, la hipótesis nula es rechazada y la hipótesis alternativa es aceptada.

Conclusión

Se llega a la conclusión de que existe evidencia estadística que indica que: “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en el % de compactación en la carpeta asfáltica.

V. DISCUSION

Discusión 1. Respeto al objetivo específico n°1 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la capacidad de carga de la mezcla asfáltica. De acuerdo a los resultados obtenidos refleja que en la muestra patrón una capacidad de carga de 1460 kg, en donde se realizó tres dosificaciones de grafeno y PET, el cual el PET se varió entre 1% y 3%; y el grafeno tuvo una dosificación de 0.2%, 0.35% y 1.5%; se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado. haciendo que estos se deshagan y no se pueda continuar con los siguientes ensayos continuos, pero a diferencia de los q tuvieron 1% de PET si tuvieron una buena compactación logrando así continuar con los ensayos en donde se obtuvieron los siguientes resultados al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo 1528 kg, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 1329 kg y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 1528 kg. Esto quiere decir que al 3% de plástico no es aceptable, pero al 1% de plástico si es aceptable. Ya que según el Manual de Carretera EG-2013, nos establece que la estabilidad mínima para una mezcla asfáltica es de 8,15 kn que convertidos en kg seria como mínimo 831 kg. Estos resultados son corroborados por (Mohamed , et al., 2021) quienes en su investigación nos menciona que en los resultados obtenidos muestran que las mezclas asfálticas modificadas con GnP tienen una excelente resistencia a la deformación en comparación con la mezcla asfáltica en un 60%. Y según (Agha, et al., 2023) en su investigación nos menciona que la incorporación de PET en la mezcla asfáltica hace que esta tenga una mejor resistencia contra la deformación. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que según las investigaciones mencionadas anteriormente ambos componentes por separado dan una mejora en la deformación y que al unir ambos componentes se complementan bien y mejoran su deformación en base al del patrón.

Discusión 2. Con respecto al objetivo específico N°2 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la resistencia a la deformación a de la mezcla asfáltica. De acuerdo a los resultados obtenidos se refleja que en la muestra patrón obtuvimos un flujo de 3.66 mm, en donde se realizó

tres dosificaciones de grafeno y PET, el cual el PET se varió entre 1% y 3%; y el grafeno tuvo una dosificación de 0.2%, 0.35% y 1.5%; se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado. haciendo que estos se deshagan y no se pueda continuar con los siguientes ensayos continuos, pero a diferencia de los q tuvieron 1% de PET si tuvieron una buena compactación logrando así continuar con los ensayos en donde se obtuvieron los siguientes resultados al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo 3.80 mm, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 4.27 mm y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 4.52 mm. Esto quiere decir que al 3% de plástico no es aceptable, al igual que el 1% de plástico con 0.2% y 1.5% no es aceptable ya que sobrepasan el límite establecido. Ya que según el Manual de Carretera EG-2013, nos establece que el flujo para una mezcla asfáltica es entre 2-4 mm. Estos resultados discrepan la investigación realizada por (Mohamed , et al., 2021) quienes en su investigación nos menciona que en los resultados obtenidos muestran que las mezclas asfálticas modificadas con GnP tienen una variación del flujo disminuyendo en un 24%. Y según (Agha, et al., 2023) en su investigación nos menciona que la incorporación de PET en la mezcla asfáltica hace que esta tenga una disminución en su flujo.

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que según las investigaciones mencionadas anteriormente ambos componentes por separado dan una variación en el flujo ya sea positiva o negativa y que al unir ambos componentes al incorporar un 0.2% y 1.5% aumenta el flujo sobrepasando lo permitido, pero al 0.35% si se encuentra dentro del parámetro permitido.

Discusión 3. Con respecto al objetivo específico N°3 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en el Índice de densidad de la mezcla asfáltica. De acuerdo a los resultados obtenidos refleja que en la muestra patrón obtuvo un peso unitario de 2.25 gr/cc, en donde se realizó tres dosificaciones de grafeno y PET, el cual el PET se varió entre 1% y 3%; y el grafeno tuvo una dosificación de 0.2%, 0.35% y 1.5%; se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado. haciendo que estos se deshagan y no se pueda continuar con los

siguientes ensayos continuos, pero a diferencia de los q tuvieron 1% de PET si tuvieron una buena compactación logrando así continuar con los ensayos en donde se obtuvieron los siguientes resultados al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo un 2.25 gr/cc, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo un 2.15 gr/cc y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo un 2.09 gr/cc. Esto quiere decir que al 3% de plástico no es aceptable, pero al 1% de plástico se puede apreciar que al 0.35% de grafeno su resultado es igual al del patrón, a diferencia de los otros dos porcentajes que disminuye su peso unitario y por ende su resistencia a la compactación. Estos resultados son corroborados por (Mohamed , et al., 2021) quienes en su investigación nos menciona que en los resultados obtenidos muestran que las mezclas asfálticas modificadas con GnP tienen una excelente resistencia a la deformación en comparación con la mezcla asfáltica en un 60%, gracias a una mayor densidad. Y según (Escalante Hervias, y otros, 2019) en su investigación nos menciona que la incorporación de PET en la mezcla asfáltica disminuye su densidad en un 1.7%.

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y al analizar estos resultados, confirmamos que según las investigaciones mencionadas anteriormente ambos componentes por separado dan una mejora en la deformación y que al unir ambos componentes se complementan bien y mejoran su deformación, en donde la deformación está directamente relacionada con el índice de densidad, todo esto en base al del patrón.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1. Respeto al objetivo específico n°1 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la capacidad de carga de la mezcla asfáltica. Frente a ello se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado, al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo 1528 kg, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 1329 kg y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 1528 kg. Frente a lo expuesto se concluye que existe evidencia estadística para indicar que “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en la estabilidad corregida en la carpeta asfáltica.

Conclusión 2. Con respecto al objetivo específico N°2 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en la resistencia a la deformación a de la mezcla asfáltica. Frente a ello se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado, al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo 3.80 mm, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 4.27 mm y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo 4.52 mm. Frente a lo expuesto se concluye que existe evidencia estadística para indicar que “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en el flujo en la carpeta asfáltica.

Conclusión 3. Con respecto al objetivo específico N°3 en donde se quiere demostrar como el uso del plástico reciclado con grafeno influye en el Índice de densidad de la mezcla asfáltica. Frente a ello se pudo ver que las mezclas en donde tenía 3% de plástico no tuvieron una compactación firme ya sea el porcentaje de grafeno incorporado, al 0.35% de grafeno con 1 % de plástico se obtuvo un 2.25 gr/cc, al 0.2% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo un 2.15 gr/cc y al 1.5% de grafeno con 1% de plástico se obtuvo un 2.09 gr/cc. Frente a lo expuesto se concluye que existe evidencia estadística para indicar que “el uso de residuos PET y grafeno”. Si influye en el % de compactación en la carpeta asfáltica.

VII. RECOMENDACIONES

- Para mejorar el deterioro de deformación permanente en las mezclas asfálticas, se ha demostrado que el uso de plástico y grafeno es beneficioso. Por lo tanto, se sugiere que se realicen investigaciones más frecuentes sobre la influencia del grafeno y el PET en las mezclas asfálticas, tanto en procesos en frío como en caliente.
- Se recomienda realizar el ensayo de Marshall en las mezclas analizadas para cada porcentaje utilizado, con el fin de alcanzar su porcentaje óptimo.
- Es importante tener en cuenta que esta investigación se limita al distrito de San Antonio, Moquegua. Para otras áreas o zonas, es necesario analizar las condiciones climáticas, los materiales, el diseño y el tráfico de cada carretera, ya que podrían no cumplir con las mismas especificaciones técnicas y normas utilizadas en este diseño de mezcla asfáltica. No obstante, este estudio puede ser utilizado como punto de referencia para investigaciones futuras.

REFERENCIAS

Acero Musaja, Royer Ericson y Roque Bernabe, Isabel Carolina. 2022. *Diseño de pavimento flexible para mejorar las condiciones de serviciabilidad de la vía óvalo Tarapacá hasta desvío a Calana, Tacna - 2022.* 2022.

Agha, N, et al. 2023. *Performance Evaluation of Hot Mix Asphalt (HMA) Containing Polyethylene Terephthalate (PET) Using Wet and Dry Mixing Techniques.* 2023.

Ahmad, Malik Shoeb and Ahmad, Salman Asrar. 2022. The impact of polyethylene terephthalate waste on different bituminous designs. India : Journal of Engineering and Applied Science, 2022.

Ali, Sajjad, Siddiqui, Muhammad Owais Raza y Ahmed, Afzal. 2022. *Performance evaluation of hot mix asphalt using textile waste.* 2022.

Álvarez Troncoso, Pablo, y otros. 2020. *Grafeno funcionalizado como aditivo en mezclas bituminosas.* 2020.

Alvarez, María Laura Coenish. 1997. El plástico y sus usos. *El ABC de los plásticos.* s.l. : Universidad Iberoamericana, 1997.

An innovative ballasted track utilizing stabilized clayey subgrade. **Ghorbani, Hossein, et al. 2022.** 2022, Transportation Geotechnics, Vol. 37.

Application of coal fly ash in pavement subgrade stabilisation: A review. **Zimar, Z, et al. 2022.** 2022, Journal of Environmental Management, Vol. 312.

ASTM, International. 2017. *Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer.* USA : s.n., 2017.

Balarezo Larriviere, Fernanda Alejandra y Tanaka Barboza , Ricardo. 2022. ANÁLISIS DEL USO DE RESIDUOS PLÁSTICOS RECICLADOS EN LA ESTABILIDAD, DURABILIDAD E IMPERMEABILIDAD DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA. Trujillo : s.n., 2022.

BARRERA CONDORI, KAHORY KELY y OROCOLLO CAUNA, HERNÁN GIAN PIERRE. 2022. *"EVALUACIÓN DE PATOLOGÍAS SUPERFICIALES, PARA DEFINIR EL NIVEL DE SERVICIABILIDAD DEL PAVIMENTO EN EL MALECÓN RIBEREÑO - DISTRITO DE MOQUEGUA, 2022".* Moquegua : s.n., 2022.

Billmeyer, Fred. 2016. *Ciencia de los polímeros.* New York : Reverté, 2016. 8429170480.

Caceres, Carlos. 2007. Análisis de la Metodología Superpave para el Diseño de Mezclas Asfálticas en México. Mexico : s.n., 2007.

Canta, J. 2018. *Gestión de proyectos bajo el enfoque PMI-PMBOK y los plazos de liquidación de los proyectos Cash Qali Warma promovidos por FONCODES, PERU, 2017.* Lima : Escuela de Posgrado de la Universidad Ricardo Palma, 2018. Tesis de maestría.

Carrión Moreno, Valeria. 2020. Carreteras de asfalto con grafeno. 2020.

D'Angelo, Simone, et al. 2022. *Asphalt Binder Modification with Plastomeric Compounds Containing Recycled Plastics and Graphene.* 2022.

Escalante Hervias, Henry Daniel y Infantes Vasquez, Gilmer Hipolito. 2019. Propiedades de la mezcla asfáltica con adición de residuos plásticos - Nuevo Chimbote, 2019. Nuevo Chimbote : s.n., 2019.

Estimación de costos del ciclo de vida para la estabilización de vías terciarias en Colombia con subproductos industriales. **Martínez, Laura and Olaya, Yris. 2019.** 91, 2019, Lecturas de Economía, pp. 241-277.

Estudio Isotermico para Concreto en Edificios. **Qiu y Y. 2021.** 2, Lima : Elsevier, 2021, Concreto y Diseño, Vol. 7, pág. 152.

Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. **Montes, María, et al. 2021.** 42, 2021, Revista Infraestructura Vial, Vol. 23, pp. 56-60.

Evaluation of pavement design input parameters of biaxial and triaxial geogrid stabilized flexible pavements overlying soft subgrades. **Baadiga, Ramu and Balunaini, Umashankar. 2023.** 2023, Cleaner Materials, Vol. 9.

Fuertes Ramirez, Luisa Fernanda y Mora Sabogal, Maria Paula. 2021. *EVALUACIÓN FUNCIONAL DEL PAVIMENTO DE LA DIAGONAL 8 Y LA AVENIDA EL PEÑÓN DESDE LA CALLE 40 HASTA LA CALLE 48 DEL MUNICIPIO DE GIRARDOT, MEDIANTE LA METODOLOGÍA PCI.* COLOMBIA : s.n., 2021. TRABAJO REALIZADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL.

Galabada, G.H., et al. 2019. Identifying the Impact of Concrete Specimens Size and Shape on Compressive Strength. s.l. : Engineering, Technology & Applied Science Research, 2019. Vol. 9, 5.

Garnica, Paul y Delgado, Horacio. 2004. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. Mexico : Instituto Mexicano del Transporte, 2004.

Garrido, Leoncio y Ibarra, Luis Ma. 2014. *Ciencia y tecnología de materiales poliméricos .* Mexico : Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC), 2014. 9788460909675.

J. Paula, et al. 2019. O USO DE ÓXIDO DE GRAFENO PARA REPARAÇÃO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO - UMA REVISÃO. s.l. : CONPAT 2019, 2019. Vol. 3.

Jimenez Marreros, Jorge Arturo. 2021. “*APLICACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS PCI Y VIZIR EN LA EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL OVALO LA MARINA HASTA KM 680 - TRUJILLO*”. 2021.

Jin, Huiying, et al. 2012. The effect of extensive mechanical recycling on the properties of low density polyethylene. s.l. : Board, Noviembre 2012.

Kalantar, Zahra Niloofer , Karim, Mohamed Rehan and Mahrez, Abdelaziz . 2012. A review of using waste and virgin polymer in pavement. s.l. : Construction and Building Materials, 2012. Vol. 33, 1-180.

Kowalski, Karol J., et al. 2016. Eco-friendly Materials for a New Concept of Asphalt Pavement. Poland : Elsevier B. V., 2016.

Kwabena Dadzie, Donald , K Kaliluthin, Abdul and Kumar, D. Raj . 2020. *Exploration of Waste Plastic Bottles Use in Construction.* 2020.

Lopez, Jose y Fernandez, Salvador. 2018. Tendido y compactación de mezclas asfálticas en caliente. Mexico : AMIVTAC, 2018.

Macero, William. 2014. Evaluación de resistencia a la fatiga de mezclas asfálticas. Ecuador : UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL, 2014.

Mendivil-Escalante, José Miguel , y otros. 2015. Evaluación de la carbonatación de concreto modificado con polímero, utilizando agregado grueso y tereftalato de polietileno reciclados. Sinaloa : II Congreso Internacional de Ciencias de la Ingeniería, 2015.

Mohamed , Samir Eisa, et al. 2021. Laboratory Evaluation of Mechanical Properties of Modified Asphalt and Mixture using Graphene Platelets (GnPs). s.l. : Materials , 2021. Vol. 14, 5599.

MTC. 2016. *Manual de Ensayo de Materiales.* Peru : Dirección General de Caminos, 2016.

Nazki, Moed Ahmad , Chopra, Tanuj and Chandrappa, Anush K . 2020. Rheological properties and thermal conductivity of bitumen binders. India : Construction and Building Materials, 2020. Vol. 238.

Nishanthini, Jegatheesan, Rengarasu, Terrance M. and Wasala, M.K.R.T.W. Bandara. 2020. Mechanical properties of modified hot mix asphalt containing polyethylene terephthalate fibers as binder additive and carbonized wood particles as fine aggregate replacement. s.l. : Asian Transport Studies , 2020. Vol. 6, 100029.

Performance evaluation of hot mix asphalt using textile waste. **Ali; Raza; Ahmed; Iqbal; Usama; Sun; Iqbal. 2022.** s.l. : peer-review, 2022.

Potential application of over-burnt brick and fly ash for sustainable inverted pavement structure. **Khan, S, et al. 2022.** 2022, Construction and Building Materials, Vol. 345.

Prakosa, Rakhmad Aji. 2018. *Evaluación de la condición del pavimento flexible utilizando el método PCI y métodos de deflexión para el mantenimiento de la calle Kowangan-marón sta. 1+000 hasta 1+600 y sta. 3+500 hasta 4+500, Yogyakarta. Indonesia : s.n., 2018.*

Reynoso, Sara L. 2018. *Los Polímeros Plásticos.* Mexico : Amazon Digital Services LLC - KDP Print US, 2018. 9781790826001.

Rodriguez Elera, Emanuel Ricardo. 2020. *Diseño de mezcla asfáltica con plástico reciclado para innovar el proyecto ciclovial prolongación av. Bolognesi hasta carretera Pimentel.* Chiclayo : s.n., 2020.

Rutting prediction of asphalt pavement with semi-rigid base: Numerical modeling on laboratory to accelerated pavement testing. **Liu, Zhen, Gu, Xingyu and Ren, Hua. 2023.** 2023, Construction and Building Materials, Vol. 375.

Sensitivity analysis of pavement response to subgrade moisture variations. **Chu, X, et al. 2023.** 2023, Journal of Building Engineering, Vol. 69.

Swelling and collapse behavior of unsaturated expansive subgrades stabilized with recycled glass. **Asmaa and Yagho. 2023.** 2023, Transportation Geotechnics, Vol. 41.

UNE, 53942. 2009. *Plásticos. Bolsas reutilizables de polietileno (PE) para el transporte de productos distribuidos al por menor. Requisitos técnicos, criterios ambientales y métodos de ensayo.* España : Asociación Española de Normalización y Certificación, 2009.

Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento. **Noriega, Yeimi, Vives, Junior and Sócrates, Muñoz. 2022.** 1, 2022, Avances Investigación En Ingeniería, Vol. 19.

WAGNER, Manfred. 2002. *Placement and compaction of asphalt mixtures.* State of North Carolina: ASTM : s.n., 2002.

Yáñez, Gustavo. 2023. *Carreteras de Ecuador en mal estado: ¿cuáles son las causas?* [En línea] 2023. <https://conexion.puce.edu.ec/carreteras-de-ecuador-en-mal-estado-cuales-son-las-causas/>.

Zangena, Shaban Ali. 2019. *Performance of asphalt mixture with nanoparticles.* Canada : Nanotechnology in Eco-efficient Construction, 2019. pp. 165-186. Vol. 2.

Zela Choquecallata, Moises Jorge. 2021. *Evaluación superficial del pavimento flexible para el mantenimiento de la Av. Santa Fortunata del C.P.M. San Antonio, distrito de Moquegua.* 2021.

Zhanping, You and Qingli, Dai. 2018. *Advanced asphalt materials and paving technologies.* s.l. : Switzerland : Applied Sciences, 2018.

Zuñiga, Rosa. 2015. *Mezcla asfáltica en caliente.* Colombia : Ministerio de Obras Publicas , 2015.

ANEXOS

Tabla 16 Uso de PET y Grafeno en diferentes investigaciones. (%)

INVESTIGACIÓN	% MIN		% MAX	
	Pet	grafeno	pet	grafeno
“Laboratory Evaluation of Mechanical Properties of Modified Asphalt and Mixture using Graphene Platelets (GnPs)” Mohamed, et al., (2021)	-	0.5 %	-	1.5 %
“Rheological properties and thermal conductivity of bitumen binders modified with graphene” Nazki, et al., (2020)	-	1.0%	-	1.5%
“O Uso De Óxido De Grafeno Para Reparação De Pavimento Asfáltico - Uma Revisão” CONPAT, (2019)	-	0.05 %	-	3.0 %
“Diseño de mezcla asfáltica con plástico reciclado para innovar el proyecto ciclovial prolongación av. Bolognesi hasta carretera Pimentel” Rodriguez, (2020)	3.0 %	-	12.0 %	-
“Análisis Del Uso De Residuos Plásticos Reciclados En La Estabilidad, Durabilidad E Impermeabilidad De Una Mezcla Asfáltica” Balarezo, et al, (2022)	0.1 %	-	1.6 %	-
“Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados.” Gastelo, et al, (2021)	1.0 %	-	10.0 %	-
“Asphalt Binder Modification with Plastomeric Compounds Containing Recycled Plastics and Graphene” Simone, et al., (2022)	1.5%	1.5%	2.5%	2.5%
PROPUESTA	1.0 %	0.2 %	3.0 %	1.5%

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 17: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE Uso de PET con grafeno	A través del polietileno se pueden obtener residuos plásticos.	Se analizarán sus características para luego incorporarlo a la mezcla asfáltica	Dosificación de los residuos de PET y grafeno	1% y 3%	Razón
	A través del grafito se pueden obtener el grafeno.			0.2%, 0.35%, 1.5%	
DEPENDIENTE Propiedades de la carpeta asfáltica de una vía	Las propiedades de la carpeta asfáltica son de gran importancia ya que, al ser la capa superior del pavimento flexible de una vía, esta tiene que cumplir ciertos estándares de calidad.	Se incorporará en porcentajes el pet con grafeno a la carpeta asfáltica, para determinar su capacidad de carga, resistencia a las deformaciones y su índice de densidad.	Propiedades físicas	Resistencia a la compresión Porcentaje de capacidad de carga Índice de densidad	Razón
			Propiedades mecánicas		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla 18 TABLA DE SOSTENIBILIDAD SOSTENIBILIDAD

REFERENCIA	VACIO TEORICO	INSUMO	SOSTENIBILIDAD
“Carreteras de asfalto con grafeno” Carrión (2020).	Cerrar un vacío de conocimiento referido a las limitadas investigaciones que analizan la influencia de la incorporación de PET con GRAFENO en la mezcla asfáltica para pavimento en una vía (D'Angelo, et al., 2022).	GRAFENO	Son más duraderas que las de asfalto convencional, ya que el grafeno aumenta en 250% la resistencia de la mezcla asfáltica y prolonga unos siete años la vida útil de las carreteras.
“Ventajas del Grafeno el Material del Futuro” DQ Certificaciones			Son más ecológicas, ya que el grafeno es un material renovable y reduce el uso del betún, un producto no renovable y contaminante.
“Así son las primeras carreteras de grafeno del mundo: adiós a los socavones” Lorente (2022)			Son más seguras, ya que el grafeno es un excelente conductor del calor y puede evitar la formación de hielo en las carreteras en lugares con temperaturas muy bajas.
“Propiedades de la mezcla asfáltica con adición de residuos plásticos - Nuevo Chimbote, 2019” (Escalante Hervias, y otros, 2019)			Son más flexibles, ya que el grafeno es un material muy delgado y ligero que se adapta a las condiciones del terreno y evita los agrietamientos y socavones.
		PET	En cuanto a la economía, existe un ahorro de 0.97% en la producción de la mezcla asfáltica con polietileno en comparación al convencional, por lo cual brinda mayor factibilidad económica, ya que no es necesario usar el filler ni mejorador de adherencia, el plástico actúa como un mejorador de adherencia y un agregado fino.

Fuente: Elaboracion Propia

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS (VALIDACION DE INSTRUMENTOS)

CARTA DE PRESENTACION N°01

CARTA DE PRESENTACION

Ing. Erick Angel Flores Arias

Presente:

Asunto: Validación de Instrumentos.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniería Civil.

El título de nuestro proyecto de investigación es "**Influencia Del Uso Plástico Reciclado Con Grafeno En Las Propiedades De La Carpeta Asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023**" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connota experiencia

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de instrumento.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la mención que dispense la presente.



Maribel Huanacuni Yaja
N° DNI: 72140444



ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

CARTA DE PRESENTACION N°02

CARTA DE PRESENTACION

Ing. Cesar Peche Hernández

Presente:

Asunto: Validación de Instrumentos.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con lo cual optaremos el Título de Ingeniería Civil.

El título de nuestro proyecto de investigación es "**Influencia Del Uso Plástico Reciclado Con Grafeno En Las Propiedades De La Carpeta Asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023**" y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connota experiencia

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de la variable.
- Certificado de validez de contenido de instrumento.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la mención que dispense la presente.



Maribel Huanacuni Yaja
N° DNI: 72140444



ING. CESAR PECHER
Ing. Cesar Peche Hernández
P. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
C.I.P. N° 46623

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

VARIABLES

- ✓ Variable independiente: Uso de plástico reciclado con grafeno
- ✓ Variable dependiente: Propiedades de la carpeta asfáltica de una vía

DIMENSIONES

El PET, se define como un polímero termoplástico formado por la repetición de unidades de etileno, por lo que se llama HDPE (polietileno de alta densidad). Se tiene de conocimiento que es el ingrediente que más se ha utilizado en los envases de plástico de un solo uso. Los polímeros se adhieren positivamente al asfalto (Mendivil-Escalante, y otros, 2015).

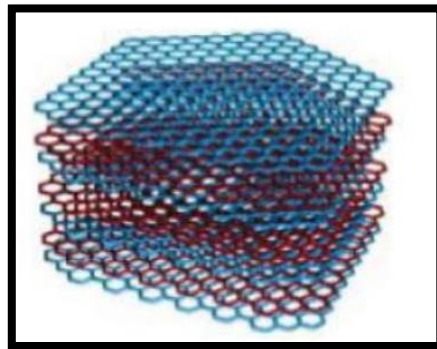
En cuanto a su estructura, se puede clasificar en cadena lineal y ramificada, donde la primera está formada por monómeros bifuncionales y la segunda por monómeros trifuncionales, y por la variedad de propiedades se puede concluir que los polímeros ramificados son rígidos y frágiles, los lineales, en cambio, son blandos y maleables (Reynoso, 2018).

El grafeno

El grafeno fue descubierto en 2004 por los investigadores Andre Geim y Konstantin Novoselov, pertenecientes a la Universidad de Manchester, gracias a su investigación obtuvieron el Premio Nobel de Física en 2010. Utilizando como materia prima el grafito y una cinta adhesiva, al aislar una única capa plana de átomos de carbono de forma hexagonal los investigadores tuvieron éxito (J. Paula, et al., 2019).

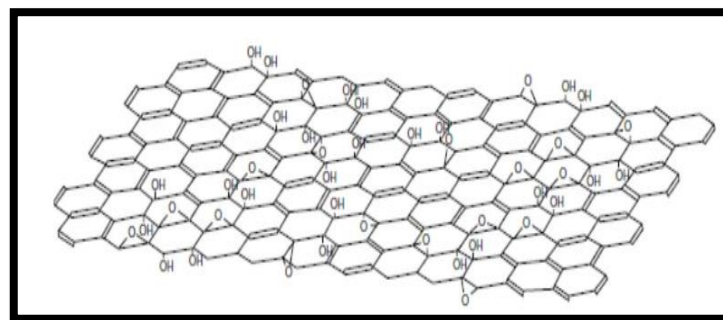
El grafeno es una sola capa de grafito.

Figura 11 Representación Gráfica de la estructura química del grafeno apilado en capas (J. Paula, et al., 2019).



El Oxido de Grafeno se obtiene mediante el Metodo Hummer Modificado, mediante la oxidacion del grafito. El metodo se divide en 3 etapas distintas: Oxidacion, Purificacion y Exfoliacion. El metodo consiste en; despues de la oxidacion, los productos se centrifugan y luego se exfolian para luego obener la solucion acuosa de oxido de grafeno uniformemente dispersada, el resultado del proceso es la formacion de 3 a 20 capas de grafeno agrupado (J. Paula, et al., 2019).

Figura 12 Modelo de la Estructura GO (J. Paula, et al., 2019).



El asfalto es una mezcla de hidrocarburos alifaticos, aromaticos y naflenicos y se emplea ampliamente como revestimiento protector e impermeable y aglutinante en la construccion de carreteras (Mohamed , et al., 2021).

Según (WAGNER, 2002), los asfaltos se dividen en 4 tipos. Qué son los asfaltos oxidados, sólidos, cortados y líquidos. Además, se mencionan los usos más comunes del asfalto; entre ellos lo tenemos en el uso como ligante asfáltico en pavimentos flexibles, como tratamiento especial ya que se ubica en una fina capa

de desgaste donde el espesor de la junta es de máximo 2,5 cm, y como impermeabilizante utilizado en carreteras.

Para (Zangena, 2019) las mezclas asfálticas están compuestas por el cemento asfáltico, los agregados y aire, además se menciona que el diseño de cada mezcla tiene como objetivo mejorar la resistencia a la deformación y al agrietamiento, donde todo depende del porcentaje óptimo de cada material utilizado.

(Zuñiga, 2015) considera que las propiedades químicas de las mezclas arcillosas, como la resistencia a la humedad, derivada de la resistencia del pavimento a la penetración del agua, están relacionadas con la densidad de los huecos formados durante la compactación. La resistencia térmica se refiere a la capacidad del paquete para resistir un aumento de temperatura y mantener la conductividad eléctrica.

En las propiedades mecánicas (Lopez, y otros, 2018) se define la viscosidad, la arcilla se calienta hasta convertirse en un líquido adecuado para la aplicación, y luego se lleva a una temperatura, nivel o viscosidad alta. A bajas temperaturas, la arcilla se convierte en una roca viscoelástica, lo que se describe mediante el factor de rigidez. Estos cambios de temperatura y porosidad dan como resultado un sedimento más permeable. Por lo tanto, la distancia creada por la temperatura, la carga y el tiempo determina la dureza o consistencia, medida por la penetración vertical de la muestra de arcilla.

Las propiedades físicas según (Zhanping, et al., 2018) son de gran importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras. Las principales características son la estabilidad, el flujo, el vacío y la rigidez.

(Caceres, 2007) nos muestra que la estabilidad es la resistencia que la arcilla puede resistir para moverse, moverse y cambiar. Se debe mantener en el valor correcto, si el pavimento es alto debería poder detener el tráfico, pero si es demasiado alto resultará en un pavimento demasiado duro y corto.

(Garnica, y otros, 2004) nos menciona que el flujo se define como el cambio que se produce en una briqueta bajo presión vertical constante. La unidad de medida es 1/100 de pulgada.

(Macero, 2014) nos menciona que la rigidez del asfalto nos muestra la resistencia que proporciona un pavimento cuando se somete a tráfico ligero a pesado, lo que indica una fatiga. Esta disminuye a medida que aumenta la brecha, pero aumenta a medida que disminuye la temperatura.

Según el (ASTM, 2017) la determinación de la viscosidad consiste en obtener y verificar una determinación de viscosidad que mantendrá la consistencia del betún mediante pruebas para determinar la temperatura utilizada y el agua retenida cuando se aplica el betún.

Para el (MTC, 2016) la gravedad específica y absorción, es el ensayo en la cual se precisa el peso específico normal, saturado y aparente; incluyendo la absorción que nos da al sumergir un agregado en agua durante un tiempo de 24 horas, y para comprobar los vacíos que tienen los agregados.

En cuanto al equivalente de arena, según el (MTC, 2016) sugiere en pasar el agregado fino a través de la malla N.º 4, luego ser transportado y llenar con este los cilindros transparentes para posteriormente sacudirlo mecánicamente, para luego dejarlo reposar por alrededor de 20 min y por último dar lectura a la altura máxima para así determinar la proporción del limo o arcilla, de manera relativa. Teniendo en cuenta que los porcentajes elevados de limo y arcilla son perjudiciales para el diseño de mezcla asfáltica.

El método Marshall según (MTC, 2016), es un método orientado al diseño de mezclas asfálticas, realizado en laboratorio y verificación en campo, establecido de acuerdo a los métodos específicos de calentamiento, mezclado y consolidación de mezclas asfálticas. Este método consta de dos partes principales: la densidad-análisis de vacíos y la prueba de estabilidad y flujo de los especímenes compactados. Este método utiliza gráficos biestables para definir mediciones del

tamaño de partículas. Además, el método proporciona las características de la mezcla asfálticas y determina los valores optimos de la densidad y contenido de vacíos según el ASTM D1559 y AASHO T 225 aplicable a diversos tipos de mezclas asfálticas con un tamaño máximo nominal de 25 mm (Manual de practicas de laboratorio de pavimentos, 2017). El primer paso en este proceso de prueba es preparar los materiales tanto pétreos como cemento asfaltico que cumplan con los estándares. Para calcular los pesos específicos bulk, hay que encontrar el peso específico del cemento asfaltico, la densidad y los vacíos, para el calculo de la composición volumétrica de la mezcla, estabilidad y flujo de las muestras compactadas. Y para el contenido de asfalto se considera según la experiencia del operador.

TABLA 19: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE Uso de PET con grafeno	A través del polietileno se pueden obtener residuos plásticos.	Se analizarán sus características para luego incorporarlo a la mezcla asfáltica	Dosificación de los residuos de PET y grafeno	1% y 3%	Razón
	A través del grafito se pueden obtener el grafeno.			0.2%, 0.35%, 1.5%	
DEPENDIENTE Propiedades de la carpeta asfáltica de una vía	Las propiedades de la carpeta asfáltica son de gran importancia ya que, al ser la capa superior del pavimento flexible de una vía, esta tiene que cumplir ciertos estándares de calidad.	Se incorporará en porcentajes el pet con grafeno a la carpeta asfáltica, para determinar su capacidad de carga, resistencia a las deformaciones y su índice de densidad.	Propiedades físicas	Resistencia a la compresión Porcentaje de capacidad de carga Índice de densidad	Razón
			Propiedades mecánicas		

Fuente: Elaboracion Propia

EVALUACION DE EXPERTOS

TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION:

"Influencia Del Uso Plástico Reciclado Con Grafeno En Las Propiedades De La Carpeta Asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023"

Magister/Licenciado Experto:

Ing. Erick Angel Flores Arias

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos esta orientado al problema de investigación?	SI
2. ¿En el instrumento de la recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitaran el logro de los objetivos de la investigación?	SI
4. ¿Los instrumentos de la recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	SI
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7. ¿el diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	SI
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminara algún ítem?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún ítem?	NO
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	SI
11. ¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

SUGERENCIAS:

Atentamente,



ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP: 145225

Firma y Sello Ing. Erick Angel Flores Arias

N° DNI: 40573807

N° CIP: 145225

EVALUACION DE EXPERTOS

TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACION:

"Influencia Del Uso Plástico Reciclado Con Grafeno En Las Propiedades De La Carpeta Asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023"

Magister/Licenciado Experto:

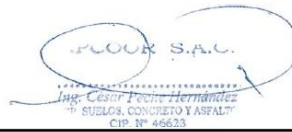
Ing. Cesar Peche Hernández

Se presenta a usted el instrumento de recolección de datos del Proyecto de Investigación para su revisión y sugerencias:

CRITERIOS	OBSERVACIONES
1. ¿El instrumento de recolección de datos esta orientado al problema de investigación?	SI
2. ¿En el instrumento de la recolección de datos se aprecia las variables de la investigación?	SI
3. ¿Los instrumentos de recolección de datos facilitaran el logro de los objetivos de la investigación?	SI
4. ¿Los instrumentos de la recolección de datos se relacionan con la o las variables del estudio?	SI
5. ¿El instrumento de recolección de datos presenta la cantidad de ítems apropiados?	
6. ¿La redacción del instrumento de recolección de datos es coherente?	SI
7. ¿el diseño del instrumento de recolección de datos facilitará el análisis y procesamiento de los datos?	SI
8. ¿Del instrumento de recolección de datos, usted eliminara algún Item?	NO
9. ¿En el instrumento de recolección de datos, usted agregaría algún Item?	NO
10. ¿El diseño del instrumento de recolección de datos será accesible a la población sujeto de estudio?	SI
11. ¿La recolección del instrumento de recolección de datos es clara, sencilla y precisa para la investigación?	SI

SUGERENCIAS:

Atentamente,



Firma y Sello Ing. Ing. Cesar Peche Hernández

N° DNI: 21515444

N° CIP: 46623

CONTRATO DE SERVICIO



CONTROL DE CALIDAD &
LABORATORIO PARA LA CONSTRUCCION

CONTRATO DE SERVICIO

Conste por el presente documento al cual las partes otorgan valor, que suscriben de una parte la empresa ABG BUILDING S.R.L. ,identificado con RUC N° 20600479866, con domicilio CALLE AMAZONAS N°105 – CENTRO URBANO de MOQUEGUA, a quien en adelante se le denominará EL CONTRATISTA y de la otra parte la Srta. MARIBEL HUANACUNI YAJA, identificado con DNI N°721404444, con domicilio ASOC. NUEVA ESPERANZA MZ Q3 LOTE 10 distrito de SAN ANTONIO, MOQUEGUA, a quien se denominará EL CONSTRATANTE; en los términos y condiciones siguientes:

Primero: EL CONTRATANTE, dirección ASOC. NUEVA ESPERANZA MZ Q3 LOTE 10 distrito de SAN ANTONIO, MOQUEGUA, Donde solicita los trabajos del EL CONTRATISTA.

Segundo: EL CONSTRATISTA, realizará los siguientes trabajos a todo costo: CONTROL DE CALIDAD

Tercero: El monto total del trabajo en general es de S/4410.00, los cuales serán pagados a todo costo por parte del CONTRATANTE. Cualquier trabajo de modificación extra será cobrado adicional.

 ABG BUILDING S.R.L. ing. Erick Angel Flores Arias	
GERENTE GENERAL DE LA EMPRESA ABG BUILDING S.R.L. ING. ERICK ANGEL FLORES ARIAS DNI N° 40573807 EL CONTRATISTA	SRTA. MARIBEL HUANACUNI YAJA DNI N°72140444 EL CONTRATANTE

Dirección Calle Amazonas N° 105 – Moquegua
Telefono: 970009482 RUC : 20600479866
E-mail: abgbuildingst@gmail.com,



ABG

BUILDING S.R.L

Calle Amazonas N° 105 Urb. Centro Urbano
MOQUEGUA - MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

Tel: (053) 464111 Cel: 970009482 #953972407
985007731 abgbuildingsrl@gmail.com

R.U.C. 20600479866

BOLETA DE VENTA

DÍA	MES	AÑO
30	11	2023

0001 · N° 000057

Señor(es): Maribel Huamacomi Yala

Dirección: ASOC. NUEVA ESPERANZA D.N.I. 72140444

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
20	Elaboracion de briquetas de asfalto	30.00	600.00
20	Densidad de briqueta de asfalto	50.00	1000.00
20	Emsayo de estabilidad y flujo Marshall	80.00	1600.00
01	Peso especifico maximo teorico (Rice)	90.00	90.00
01	Granulometria de agregados combinados	70.00	70.00

 **GRÁFICA EL PAPEL E.I.R.L.**
RUC: 20519948256
Calle Moquegua 944 Tel: 509159
Serie: 0001 del 00051 al 00100
N° Aut. 0731189113 F.I. 05-12-2019

TOTAL S/ 3360.00

ADQUIRENTE O USUARIO

CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LABORATORIO



LABORATORIO DE FUERZA LF-1114-2023

Página 1 de 3

Solicitante : ABG BUILDING S.R.L.

Dirección : Cal. Amazonas Nro. 105 Urb. Centro Urbano-
Mariscal Nieto- Moquegua

Equipo : PRENSA MARSHALL

Marca : PYS EQUIPOS - CHINA

Modelo : LD-6

Serie : 200

Capacidad Máxima : 50 kN

Identificación : N/I

Procedencia : CHINA

Tipo de Indicación : Digital

Marca : MCGS

Modelo : N/I

N° serie : N/I

Div. De escala : 0.01 kN

Fecha de calibración : 2023-03-23

Lugar : Laboratorio de longitud de fuerza Equipos E.I.R.L.
Calle 4, Mz. F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima

Método utilizado : La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos en el documento de referencia de la norma UNE - EN ISO 7500-1 "Verificación de máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza - Julio 2006"

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



EPP

Revisado y firmado digitalmente por:
Eler Pozo S.
Dpto. Metrología

Calibrado y firmado digitalmente por:
Javier Negron C.
Dpto. Metrología

📍 Calle 4, Mz. F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
☎ 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
✉ apoza@pys.pe / metrologia@pys.pe / ventas@pys.pe
🌐 www.pys.pe

“PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.”





Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	29.1	29.2
Humedad Relativa (%)	52	52

Patrones de referencia:

Trazabilidad	Patrones de calibración	Numero de certificado
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú	Celda de carga calibrada a 1000 kN con incertidumbre del orden de 0.6%	LEDI - PUCP INF-LE 234 -22A

Resultados de medición:

Condiciones en que se entrega el equipo:

Tabla de indicaciones registradas del equipo patrón de 10% carga a 100% carga después del ajuste correspondiente

Indicación de la maquina (Fi)			Indicación del equipo patrón (ascendente)			
%	kNF	kgF	F1 (KgF)	F2 (kgF)	F3 (kgF)	Fpromedio
10	5	510	508.5	509.3	508.9	508.9
20	10	1020	1017.2	1018.3	1017.3	1017.3
30	15	1530	1527.1	1528	1526.3	1527.1
40	20	2039	2037.8	2036.9	2037.7	2037.7
50	25	2549	2547.5	2546.1	2547.7	2547.5
60	30	3059	3057.6	3057.6	3057.4	3057.6
70	35	3569	3567.4	3568.6	3567.6	3567.6
80	40	4079	4077.6	4077.3	4076.9	4077.3
90	45	4589	4587.6	4592.9	4587.1	4587.6
100	50	5099	5097.5	5100.1	5098.1	5098.1
Error relativo (Fo)			40	0	0	

Indicación de la maquina (Fi)			Errores Relativos		Resolución Relativa a(%)	Incertidumbre Expandida U(%)
%	kNF	kgF	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)		
10	5	510	0.19	0.16	0.200	0.43
20	10	1020	0.24	0.11	0.100	0.31
30	15	1530	0.16	0.11	0.067	0.27
40	20	2039	0.08	0.04	0.050	0.26
50	25	2549	0.07	0.06	0.040	0.25
60	30	3059	0.05	0.01	0.033	0.25
70	35	3569	0.04	0.03	0.029	0.25
80	40	4079	0.04	0.02	0.025	0.24
90	45	4589	0.02	0.13	0.022	0.26
100	50	5099	0.01	0.05	0.020	0.24



Gráfica de errores



Incertidumbre:

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo no indica clase, sin embargo, cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

FIN DEL DOCUMENTO



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LL-524-2023

Página 1 de 2

Solicitante : ABG BUILDING S.R.L

Dirección : CAL.AMAZONAS NRO. 105 URB. CENTRO URBANO - MARISCAL NIETO – MOQUEGUA.

Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTES

Fabricante : LVOK

Modelo : N/I

Serie : FD0210991

Alcance de Identificación : 0 – 12 mm

División de Escala : 0.01 mm

Tipo : DIGITAL

Lugar de Calibración : Laboratorio de longitud – PYS EQUIPOS.

Fecha de Calibración : 2023-03-23

Fecha de emisión : 2023-03-23

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	29.1°C	29.3°C
Humedad Relativa	52%	51%

INCERTIDUMBRE

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



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-C-033-2022

RESULTADO DE MEDICION

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
2	2.00	2.00	0.00
3	3.00	3.00	0.00
4	4.00	4.01	0.01
5	5.00	5.01	0.01
6	6.00	6.01	0.01
7	7.00	7.01	0.01
8	8.00	8.00	0.00
9	9.00	9.00	0.00
10	10.00	10.01	0.01
10-2	12.00	12.01	0.01

Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 ml

Bloques Utilizados	Valor Patrón	Indicación del comparador	Error de Indicación
10-2	mm	mm	mm
	12.00	12.01	0.01
	12.00	12.00	0.00
	12.00	12.01	0.01
	12.00	12.01	0.01

Máxima desviación encontrada en la repetibilidad (fw): 0 ml

Equivalencia
 0.001 in = 1ml
 1 in = 0.25mm
 1 in = 0.01 pulgada

EPP

Revisado por:
 Eler Pozo S.
 Dpto. de Metrología

Javier Negrón C.

Calibrado por:
 Javier Negrón C.
 Dpto. de Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989


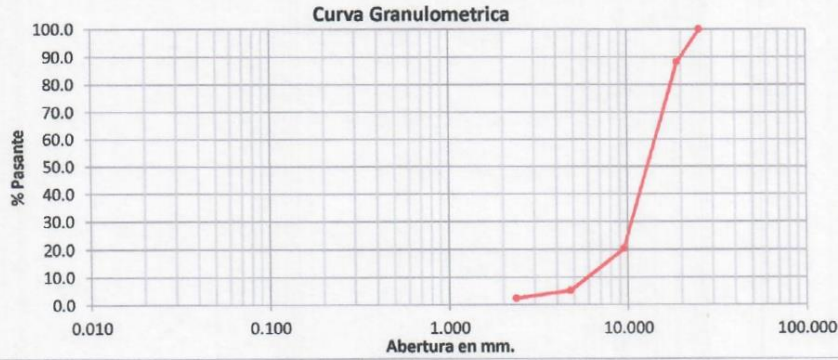

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

DISEÑO DE MEZCLAS

APCOOR S.A.C.									
Ingeniería, Gerencia y Construcción									
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS									
Realizado por:	Luis Astorga.								
Revisado por :	Cesar Peche								
Fecha:	23/09/2023								
COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS									
Procedencia de Agregados y Porcentajes:									
M-1	Grava Triturada < 1" - 1/2" 40.0%								
M-2	0.0%								
M-3	Arena Triturada para Asfalto < 3/8" - #200 60.0%								
M-4	0.0%								
M-5	Filler 0.0%								
PORCENTAJE TOTAL DE MEZCLA 100.0%									
M-6									
Tamices	Abertura mm.	% en Peso que Pasa					Combinación	Especificación MAF-2	
		M-1 40.0%	M-2 0.0%	M-3 60.0%	M-4 0.0%	M-5 0.0%		Mín.	Máx.
1"	25.400	40.0		60.0			100.0	100	100
3/4"	19.000	35.4		60.0			95.4	80	95
3/8"	9.525	7.8		60.0			67.8	60	75
N° 4	4.750	2.3		53.3			55.5	47	62
N° 08	2.360	1.0		45.1			46.1	35	50
N° 50	0.297			20.6			20.6	18	28
N° 200	0.075			3.9			3.9	3	8
APROBADO POR: APCOOR S.A.C. Ing. Cesar Peche Hernandez SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS CIP. N° 46623									

 APCOOR S.A.C. <small>Ingeniería, Gerencia y Construcción</small>						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						
Realizado por:	Luis Astorga.					
Revisado por:	Cesar Peche					
Fecha:	23/09/2023					
Datos de la Muestra						
Zona de Muestreo:	---					
Tipo de Material	Grava Triturada < 1"					
Datos de Ensayo						
Peso Muestra Humeda:	8200.0 gr.					
Peso Muestra Seca:	8183.6 gr.					
	% de Humedad 0.2%					
Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050	965.0	11.8	11.8	88.2	
1/2"	12.500	2865.0	35	46.8	53.2	
3/8"	9.500	2689.0	32.9	79.7	20.3	
N° 4	4.750	1236.0	15.1	94.8	5.2	
N° 08	2.360	225.6	2.8	97.6	2.4	
N° 20	0.850					
N° 30	0.600					
N° 40	0.420					
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075					
< N° 200	Fondo					
Curva Granulométrica						
						
APROBADO POR:						
						

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS

Realizado por: Luis Astorga.
 Revisado por: Cesar Peche
 Fecha: 23/09/2023

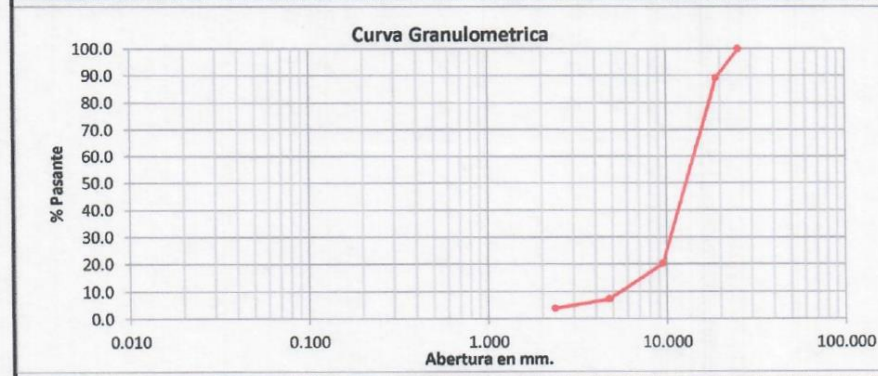
Datos de la Muestra

Zona de Muestreo: --- Prog. Muestreo: ---
 Tipo de Material: Grava Triturada < 1"

Datos de Ensayo

Peso Muestra Humeda: 9521.0 gr. % de Humedad 0.3%
 Peso Muestra Seca: 9492.5 gr.

Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050	1021.0	10.8	10.8	89.2	
1/2"	12.500	2632.0	27.7	38.5	61.5	
3/8"	9.500	3921.0	41.3	79.8	20.2	
N° 4	4.750	1220.5	12.9	92.7	7.3	
N° 08	2.360	323.3	3.4	96.1	3.9	
N° 20	0.850					
N° 30	0.600					
N° 40	0.420					
N° 80	0.180					
N° 100	0.150					
N° 200	0.075					
< N° 200	Fondo					



APROBADO POR:

(Signature)
 APCOOR S.A.C.
 Ing. Cesar Peche Hernandez
 RSP. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46623

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS

Realizado por: Luis Astorga.
 Revisado por: Cesar Peche
 Fecha: 23/09/2023

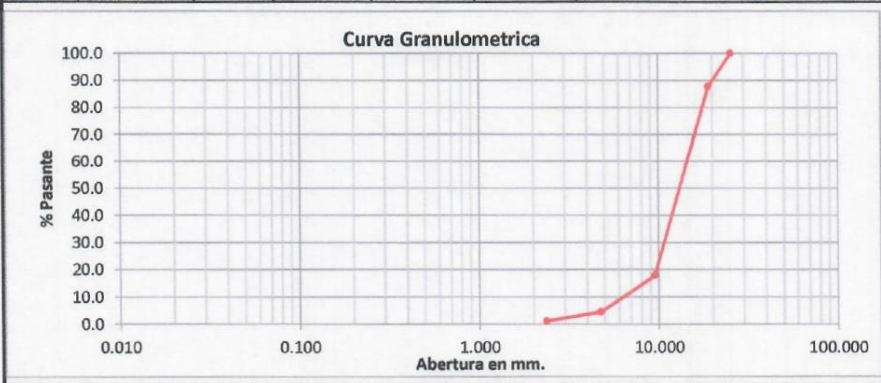
Datos de la Muestra

Zona de Muestreo: --- Prog. Muestreo. ---
 Tipo de Material: Grava Triturada < 1"

Datos de Ensayo

Peso Muestra Humeda: 9233.0 gr. % de Humedad 0.2%
 Peso Muestra Seca: 9214.6 gr.

Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050	1124.0	12.2	12.2	87.8	
1/2"	12.500	2642.0	28.7	40.9	59.1	
3/8"	9.500	3785.0	41.1	82.0	18.0	
Nº 4	4.750	1236.0	13.4	95.4	4.6	
Nº 08	2.360	325.3	3.5	98.9	1.1	
Nº 20	0.850					
Nº 30	0.600					
Nº 40	0.420					
Nº 80	0.180					
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075					
< Nº 200	Fondo					



APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. Cesar Peche Hernández
 S.P. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. Nº 46623

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Realizado por: Luis Astorga.
 Revisado por: Cesar Peche
 Fecha: 23/09/2023

Datos de la Muestra

Zona de Muestreo: --- Prog. Muestreo. ---
 Tipo de Material: Arena Triturada < 3/8"

Datos de Ensayo

Peso Muestra Humeda: 2642.0 gr. % de Humedad 0.8%
 Peso Muestra Seca: 2621.0 gr.

Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
N° 4	4.750	285.6	10.9	10.9	89.1	
N° 08	2.360	421.3	16.1	27	73.0	
N° 20	0.850					
N° 30	0.600					
N° 40	0.420	736.3	28.1	55.1	44.9	
N° 50	0.180	402.3	15.3	70.4	29.6	
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	563.3	21.5	91.9	8.1	
< N° 200	Fondo	212.2	8.1	100	0.0	

Curva Granulométrica



APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. Cesar Peche Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 CIP. N° 46623

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS

Realizado por: Luis Astorga.
Revisado por: Cesar Peche
Fecha: 23/09/2023

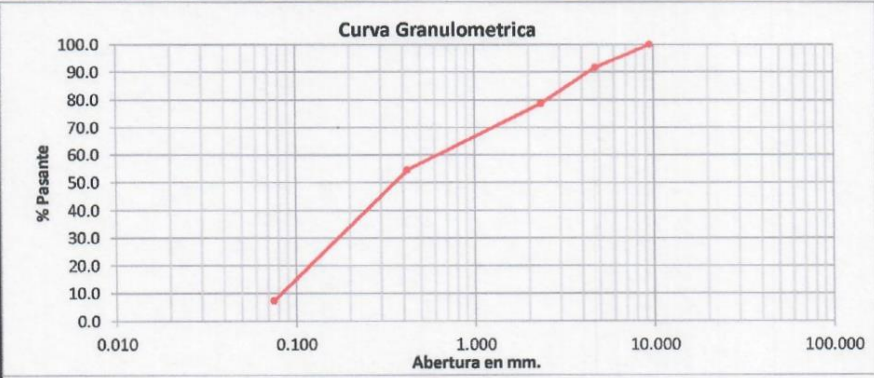
Datos de la Muestra

Zona de Muestreo: --- Prog. Muestreo. ---
Tipo de Material Arena Triturada < 3/8"

Datos de Ensayo

Peso Muestra Humeda: 2272.0 gr. % de Humedad 1.3%
Peso Muestra Seca: 2242.0 gr.

Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
N° 4	4.750	185.6	8.3	8.3	91.7	
N° 08	2.360	289.3	12.9	21.2	78.8	
N° 20	0.850					
N° 30	0.600					
N° 40	0.420	542.3	24.2	45.4	54.6	
N° 50	0.180	356.3	15.9	61.3	38.7	
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	702.3	31.3	92.6	7.4	
< N° 200	Fondo	166.2	7.4	100	0.0	



APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
Ing. Cesar Peche Hernández
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
C.P. N° 46638

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS

Realizado por: Luis Astorga.
Revisado por: Cesar Peche
Fecha: 23/09/2023

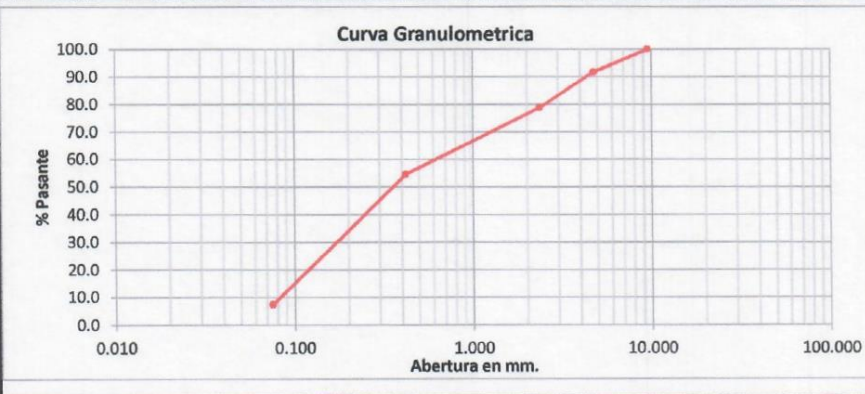
Datos de la Muestra

Zona de Muestreo: --- Prog. Muestreo. ---
Tipo de Material: Arena Triturada < 3/8"

Datos de Ensayo

Peso Muestra Humeda: 2152.0 gr. % de Humedad 0.5%
Peso Muestra Seca: 2141.0 gr.

Tamiz	Abertura mm.	Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje Pasante	Observación
3"	76.200					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.500					
3/8"	9.500				100.0	
N° 4	4.750	311.2	14.5	14.5	85.5	
N° 08	2.360	252.3	11.8	26.3	73.7	
N° 20	0.850					
N° 30	0.600					
N° 40	0.420	643.3	30	56.3	43.7	
N° 50	0.180	198.0	9.2	65.5	34.5	
N° 100	0.150					
N° 200	0.075	651.3	30.4	95.9	4.1	
< N° 200	Fondo	84.9	4.0	99.9	0.1	



APROBADO POR:

(Signature)
APCOOR S.A.C.
ING. César Peche Hernández
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CIP. N° 46623



APCOOR S.A.C.

Ingeniería, Gerencia y Construcción

R.U.C. 20600195108

AyP COOPERACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA

DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Normas: ASTM D422, ASTM D2487, MTC E-204, AASHTO T88

Entidad Contratante : _____

Obra : _____

Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito: MOQUEGUA

Realizado por : L. ASTORGA N° de Registro : AP-LAB-081-2023

Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. : AP-LAB-081-2023

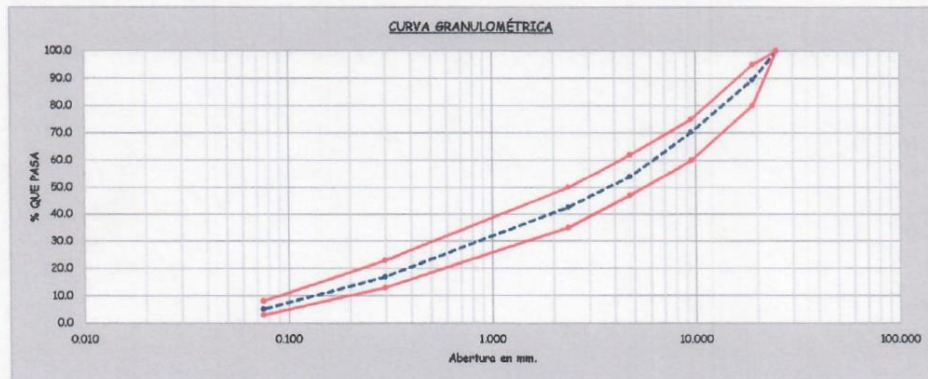
Fecha de Ensayo : SETIEMBRE 2023 Revisión N° : 0

N° de Hoja : 1 de 13

DATOS DE ENSAYO

Peso Fracción Finos : 1833.00 gr. Peso Muestra Seca : 93854.00 gr. Peso Muestra Lavada : _____

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						Especificaciones Técnicas MDF-02		Características de la Muestra
Abert. de Malla	Peso Ret.	%	% Acumulado	% Pasante	Mínimo	Máximo		
Pulg.	mm.	(gr.)	Retenido					
1"	25.000	0	0.0	100.0	100	100	Porcentaje de Grava : 45.94 % Porcentaje de Arena : 48.95 % Porcentaje de Finos : 5.11 %	
3/4"	19.000	9,896.00	10.5	89.5	80	95		
1/2"	12.500	9,855.00	10.5	79.0				
3/8"	9.500	8,125.00	8.7	29.7	60	75	Observaciones	
N° 04	4.750	15,241.00	16.2	45.9	47	62		
N° 8	2.360	386.63	11.4	57.3	35	50	Material proporcionado por el SOLICITANTE.	
N° 16	1.180	316.52	9.3	66.7				
N° 30	0.600	252.44	7.4	74.1				
N° 50	0.297	302.12	8.9	83.0	13	23		
N° 100	0.149	175.63	5.2	88.2				
N° 200	0.075	226.53	6.7	94.9	3	8		
<N° 200		173.13	5.1	100.0	0.0			



APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
Ing. Cesar Peché Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46623

Dirección : Urbanización Mercedes Cabello de Carbonera Fonavi III Etapa H-09
 Celular Movistar: 985001834 - R.P.M.: #985001834 - Celular Claro: 940191736 - Teléfono Fijo: (053) 462372
 Moquegua - Perú

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____

Obra : _____

Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito : MOQUEGUA

Realizado por : L. ASTORGA No. : 60 Código de Doc. : AP-LAB-081-2023

Revisado por : C. PEGHE H. Revisión N° : 0

Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 N° de Hoja : 2 de 13

DATOS DE ENSAYO

Tomices ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		3.50			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		44.33			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		50.24			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.9593			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1199.12	1199.22	1198.10		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1199.28	1199.40	1198.31		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	651.70	650.21	649.21		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	547.88	549.19	549.10		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.190	2.184	2.182	2.185	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.399			
18. % de Vacios			%	7.18	7.45	7.52	7.4	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.491			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					0.85			
22. % de Asfalto Efectivo			%		2.68			
23. Relación Filler Batun					0.99			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				13.3	13.5	13.6	13.5	
25. % de Vacios Llenos con C.A.			%	46.0	45.0	44.8	45.2	
26. Flujo			mm.	6.00	5.80	5.85	5.88	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2098	2111	2103		
28. Factor de Estabilidad				0.89	0.89	0.89		
29. Estabilidad Corregida			lb	1868	1879	1871	1873	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				3112	3241	3200	3184	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
Ing. Cesar Pecho Hernandez
S.P. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CIP. N° 46638

R.U.C. 20600195108

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____
 Obra : _____
 Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito: MOQUEGUA
 Realizado por : L. ASTORSA Código de Doc. : 60 AP-LAB-081-2023
 Revisado por : C. PECHE H. Revisión N° : 0 AP-LAB-081-2023
 Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 N° de Hoja : 3 de 13

DATOS DE ENSAYO

Temas ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		4.00			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		44.10			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		49.98			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.9593			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1198.45	1199.23	1198.00		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1199.80	1199.85	1199.23		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	655.85	655.75	659.32		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	543.95	544.10	539.91		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.203	2.204	2.219	2.209	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.361			
18. % de Vacios			%	6.56	6.53	6.00	6.4	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.514			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					1.19			
22. % de Asfalto Efectivo			%		2.85			
23. Relación Filler Betun					0.99			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				13.2	13.2	12.6	13.0	
25. % de Vacios Llenos con C.A.			%	49.6	49.7	52.4	50.6	
26. Flujo			mm.	7.22	7.27	7.26	7.25	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2017	2025	2025		
28. Factor de Estabilidad				0.93	0.93	0.93		
29. Estabilidad Corregida				1876	1884	1884	1881	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				2597	2590	2595	2594	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. César Peche Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46628



R.U.C. 20600195108

AyP COOPERACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA
 DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO MARSHALL
 Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____
 Obra : _____
 Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito: MOQUEGUA
 Realizado por : L. ASTORGA
 Revisado por : C. PEÇHE H. Código de Doc. 60 AP-LAB-081-2023
 Fecha de Ensayo : SETIEMBRE 2023 Revisión N° 0 AP-LAB-081-2023
 N° de Hoja 4 de 13

DATOS DE ENSAYO

Tamices ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		4.50			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		43.87			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		49.72			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.9593			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1199.36	1199.90	1199.40		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1199.92	1199.98	1199.81		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	663.51	663.92	664.21		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	536.41	536.06	535.60		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.236	2.238	2.239	2.238	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.373			
18. % de Vacios			%	5.79	5.68	5.64	5.7	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.550			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					1.75			
22. % de Asfalto Efectivo			%		2.83			
23. Relación Filler Betun					0.99			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				12.4	12.3	12.3	12.3	
25. % de Vacios Llenos con C.A.			%	53.3	53.8	54.0	53.7	
26. Flujo			mm.	8.37	8.09	8.24	8.23	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2129	2199	2163		
28. Factor de Estabilidad				0.93	0.93	0.96		
29. Estabilidad Corregida				1980	2008	2076	2021	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				2366	2482	2520	2456	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. Cesar Peche Hernández
 SP. SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46638

ENSAYO MARSHALL
 Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____
 Obra : _____
 Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito : MOQUEGUA
 Realizado por : L. ASTORGA 60 AP-LAB-081-2023
 Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. AP-LAB-081-2023
 Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 Revisión N° 0
 N° de Hoja 5 de 18

DATOS DE ENSAYO

Temas ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		5.00			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		43.64			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		49.46			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.9593			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1198.63	1200.32	1199.25		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1198.99	1200.89	1199.92		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	666.54	667.36	667.21		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	532.46	533.53	532.71		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.251	2.250	2.251	2.251	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.373			
18. % de Vacíos			%	5.13	5.19	5.13	5.1	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.572			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					2.07			
22. % de Asfalto Efectivo			%		3.04			
23. Relación Filler Betun					0.99			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				12.3	12.3	12.3	12.3	
25. % de Vacíos Llenos con C.A.			%	58.1	57.9	58.2	58.1	
26. Flujo			mm.	8.65	8.39	8.90	8.65	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2292	2318	2318		
28. Factor de Estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29. Estabilidad Corregida				2200	2225	2225	2217	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				2545	2651	2500	2565	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. César Peche Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 45628

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, N.T 159/86, MTC E-504, AASHTO T246

Entidad Contratante : _____
Obra : _____
Departamento : **MOQUEGUA** Provincia : **MARISCAL NIETO** Distrito : **MOQUEGUA**
Realizado por : **L. ASTORZA** 60 AP-LAB-081-2023
Revisado por : **C. PECHÉ H.** Código de Doc. AP-LAB-081-2023
Fecha de Ensayo : **SETIEMBRE 2023** Revisión N° 0
N° de Hoja 7 de 13

DATOS DE ENSAYO

Tomices ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		6.00			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		43.18			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		48.94			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.9593			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1199.23	1199.63	1199.85		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1200.11	1200.45	1200.11		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	664.80	664.36	665.12		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	535.31	536.09	534.99		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.240	2.238	2.243	2.240	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.376			
18. % de Vacíos			%	5.70	5.81	5.60	5.7	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.623			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					2.78			
22. % de Asfalto Efectivo			%		3.38			
23. Relación Filler Bitum					0.98			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				13.6	13.7	13.5	13.6	
25. % de Vacíos Llenos con C.A.			%	58.1	57.6	58.6	58.1	
26. Flujo			mm.	9.92	9.66	9.66	9.75	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2416	2403	2408		
28. Factor de Estabilidad				0.96	0.93	0.96		
29. Estabilidad Corregida				2320	2236	2311	2289	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				2339	2313	2392	2348	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
Ing. César Peché Hernández
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CIP. N° 46623

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____
 Obra : _____
 Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito : MOQUEGUA
 Realizado por : L. ASTORGA 60 AP-LAB-081-2023
 Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. : AP-LAB-081-2023
 Fecha de Ensayo : SETIEMBRE 2023 Revisión N° : 0
 N° de Hoja : 8 de 13

DATOS DE ENSAYO

Tamices ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 60	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		6.50			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		42.95			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		48.68			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		0.959			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.436			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.581			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.545			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.623			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1199.23	1199.25	1199.25		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1199.98	1200.56	1200.63		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	663.30	663.45	662.56		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	536.65	537.11	538.07		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.235	2.233	2.229	2.232	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.373			
18. % de Vacios			%	5.83	5.90	6.07	5.9	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.437			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.644			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					3.07			
22. % de Asfalto Efectivo			%		3.63			
23. Relación Filler Betun					0.98			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				14.3	14.3	14.5	14.4	
25. % de Vacios Llenos con C.A.			%	59.2	58.8	58.1	58.7	
26. Flujo			mm.	10.68	10.93	10.68	10.77	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2459	2464	2472		
28. Factor de Estabilidad				0.93	0.93	0.93		
29. Estabilidad Corregida				2287	2291	2299	2292	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				2141	2095	2153	2130	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. César Peché Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46638



R.U.C. 20600195108

AyP COOPERACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA
 DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 159/85, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____

Cobra : _____

Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito : MOQUEGUA

Realizado por : L. ASTORGA 60 AP-LAB-081-2023

Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. AP-LAB-081-2023

Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 Revisión N° 0

N° de Hoja 9 de 13

DATOS DE ENSAYO

Tamices ASTM	1"	3/4"	3/8"	Nro. 4	Nro. 08	Nro. 50	Nro. 200	
% Pasante del Material	100.0	89.5	70.3	54.1	42.7	17.0	5.1	
Especificaciones	100	80 - 95	60 - 75	47 - 62	35 - 50	13 - 23	3 - 8	
Briqueta Nro.				1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1. % de C.A. en Peso de la Mezcla			%		7.00			
2. % de Grava > Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		42.72			
3. % de Arena < Nro. 4 en Peso de la Mezcla			%		48.42			
4. % de Filler en Peso de la Mezcla			%					
5. Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente)			gr/cc.		1.014			
6. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.469			
7. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Bulk)			gr/cc.		2.495			
8. Peso Especifico del Filler (Aparente)			gr/cc.					
9. Peso Especifico de la Grava > Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.648			
10. Peso Especifico de la Arena < Nro. 4 (Aparente)			gr/cc.		2.707			
11. Altura Promedio de la Briqueta			cm.					
12. Peso de la Briqueta al Aire			gr.	1200.11	1200.50	1200.15		
13. Peso de la Briqueta en el Agua a 60 °C			gr.	1201.30	1201.52	1201.33		
14. Peso de la Briqueta Desplazada			gr.	657.36	652.36	654.01		
15. Volumen de la Briqueta por Desplazamiento			cc.	543.94	549.16	547.32		
16. Peso Especifico Bulk de la Briqueta			gr/cc.	2.206	2.186	2.193	2.195	
17. Peso Especifico Máximo - Rice			gr/cc.		2.373			
18. % de Vacios			%	7.03	7.89	7.61	7.5	2 - 8.
19. Peso Especifico Bulk Agregado Total			gr/cc.		2.411			
20. Peso Especifico Efectivo Agregado Total			gr/cc.		2.640			
21. Asfalto Absorbido por el Agregado					3.64			
22. % de Asfalto Efectivo			%		3.62			
23. Relación Filler Betun					0.98			0.6 - 1.3
24. V.M.A.				14.9	15.7	15.4	15.3	
25. % de Vacios Llenos con C.A.			%	52.8	49.7	50.7	51.1	
26. Flujo			mm.	11.70	12.21	11.95	11.95	8 - 14.
27. Estabilidad sin Corregir			Kg.	2365	2378	2373		
28. Factor de Estabilidad				0.93	0.89	0.89		
29. Estabilidad Corregida				2199	2116	2112	2143	MIN 500
30. Estabilidad / Flujo				1880	1734	1767	1794	1700 - 4000

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
 Ing. César Peché Hernández
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
 CIP. N° 46623



APCOOR S.A.C.

Ingeniería, Control y Construcción

R.U.C. 20600195108

AyP COOPERACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

Entidad Contratante, Obra, Departamento: MOQUEGUA, Provincia: MARISCAL NIETO, Distrito: MOQUEGUA, Realizado por: L. ASTORGA, N° de Registro: AP-LAB-081-2023, Revisado por: C. PECHÉ H., Código de Doc.: AP-LAB-081-2023, Fecha de Ensayo: SETIEMBRE 2023, Revisión N°: 0, N° de Hoja: 11 de 13

ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA (24 HORAS)

Table with 8 columns: Briqueta Nro., 1, 2, 3, 4, 5, 6. Rows include: Contenido de Cemento Asfáltico, Peso de Probeta al Aire, Peso de la Probeta Saturada (01 Hora), Peso de la Probeta en el Agua, Volumen de la Probeta, Peso Específico Bulk de la Probeta, Lectura del Dial Anillo Marshall, Estabilidad sin Corregir, Factor Estabilidad, Estabilidad Corregida, Promedio Estabilidad (30 Minutos) (Kg.), Promedio Estabilidad (24 Horas), Estabilidad Retenida (%).

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

Signature and stamp of Ing. Cesar Pache Hernandez, SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO, CIP. N° 46623

ENSAYO MARSHALL

Normas: ASTM D1559, NLT 189/86, MTC E-904, AASHTO T245

Entidad Contratante : _____

Obra : _____

Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito : MOQUEGUA

Realizado por : L. ASTORGA N° de Registro : AP-LAB-081-2023

Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. : AP-LAB-081-2023

Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 Revisión N° : 0

N° de Hoja : 12 de 13

ENSAYO INDICE DE COMPACTIBILIDAD

Briqueta Nro.	1	2	3	4	5	6
1. N° de Golpes Marshall	50.00	50.00	50.00	5.00	5.00	5.00
2. Peso de la Briqueta al Aire	1200.25	1202.10	1201.25	1200.15	1200.63	1200.25
3. Peso de la Briqueta Saturada con Superf. Seca	1203.32	1203.63	1203.22	1220.20	1219.30	1221.30
4. Peso por Desplazamiento	650.21	652.32	648.25	623.30	619.35	617.36
5. Volumen de la Briqueta	553.11	551.31	554.97	596.90	599.95	603.94
6. Peso Unitario	2.170	2.180	2.165	2.011	2.001	1.987
PROMEDIOS	2.172			2.000		

2.172	2.000
50.00	5.00

1.00
0.172

IC = 5.82

OBSERVACIONES

APROBADO POR:

APCOOR S.A.C.
Ing. César Peché Hernández
SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
CIP. N° 46623



R.U.C. 20600195108

AYP COOPERACIÓN SOCIEDAD ANÓNIMA CERRADA
DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE MTC E - 508, ASTM D- 2041

Entidad Contratante :

Obra :

Departamento : MOQUEGUA Provincia : MARISCAL NIETO Distrito: MOQUEGUA

Realizado por : L. ASTORSA N° de Registro AP-LAB-081-2023

Revisado por : C. PECHÉ H. Código de Doc. AP-LAB-081-2023

Fecha de Ensayo : SEPTIEMBRE 2023 Revisión N° 0

N° de Hoja 13 de 13

ENSAYO RICE

Table with 10 columns: Briqueta Nro., 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. Rows include: 1. Peso del Frasco, 2. Peso del Frasco + Agua, 3. Diferencia del Peso, 4. Peso del Frasco + Muestra + Agua, 5. Peso Neto de la Muestra, 6. Agua Desplazada, PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA, CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO.

OBSERVACIONES

Blank area for observations.

APROBADO POR:

Signature and stamp of Ing. César Peche Hernández, CIP. N° 45633

CERTIFICADOS DE ENSAYOS REALIZADOS



CONTROL DE CALIDAD &
LABORATORIO PARA LA CONSTRUCCION

PESO ESPECIFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
SOLICITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA - PROVINCIA MARISCAL NIETO - REGION MOQUEGUA
MUESTRA : MUESTRA PATRON

ETAPA DE SATURACION	
DESCRIPCION	DATOS
Tiempo de saturación de la muestra en Baño maría, Minutos	5
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1168.40	1173.40	1176.70	1172.30
Peso de la muestra sumergida, gr	650.00	656.00	656.00	653.00
Peso de la muestra seca, gr	1165.00	1169.50	1173.10	1168.80
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.656	0.754	0.691	0.674
Peso especifico aparente	2.247	2.260	2.253	2.251
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.241	2.254	2.246	2.244

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.241	2.254	2.246	2.244
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	99.05	99.63	99.30	99.20




 ERICK ANGEL FLORES ARIAS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 145225

Direccion : Calle Amazonas N° 105 - Moquegua
 Telefono: 970009482 RUC : 20600479866
 E-mail: abgbuildingsrl@gmail.com.

**PESO ESPECIFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA**

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
SOLICITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA
FECHA : **NOVIEMBRE DE 2023**
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA - PROVINCIA MARISCAL NIETO - REGION MOQUEGUA
MUESTRA : MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO

ETAPA DE SATURACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Tiempo de saturación de la muestra en Baño maría, Minutos	5			
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25			

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1187.90	1190.50	1189.40	1192.7
Peso de la muestra sumergida, gr	636.00	639.00	638.00	639
Peso de la muestra seca, gr	1182.90	1185.40	1184.20	1187.7
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.906	0.925	0.943	0.903
Peso especifico aparente	2.143	2.149	2.148	2.145
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.137	2.143	2.141	2.139

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.137	2.143	2.141	2.139
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	94.47	94.74	94.66	94.54




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

Direccion : Calle Amazonas N° 105 - Moquegua
Telefono: 970009482 RUC : 20600479866
E-mail: abgbuildingsrl@gmail.com

**PESO ESPECIFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA**

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
SOLICITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA
FECHA : **NOVIEMBRE DE 2023**
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA - PROVINCIA MARISCAL NIETO - REGION MOQUEGUA
MUESTRA : MUESTRA CON 1.5% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

ETAPA DE SATURACION	
DESCRIPCION	DATOS
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1185.60	1188.30	1190.70	1187.5
Peso de la muestra sumergida, gr	619.00	621.00	622.00	620
Peso de la muestra seca, gr	1184.80	1187.40	1189.90	1186.6
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.141	0.159	0.141	0.159
Peso especifico aparente	2.091	2.093	2.092	2.091
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.085	2.087	2.086	2.085

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.085	2.087	2.086	2.085
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	92.17	92.25	92.22	92.16




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

**PESO ESPECIFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
EMPLEANDO ESPECIMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA**

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
SOLICITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA
FECHA : **NOVIEMBRE DE 2023**
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA - PROVINCIA MARISCAL NIETO - REGION MOQUEGUA
MUESTRA : MUESTRA CON 0.2% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

ETAPA DE SATURACION	
DESCRIPCION	DATOS
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1188.20	1193.70	1190.50	1186.2
Peso de la muestra sumergida, gr	639.00	643.00	640.00	638
Peso de la muestra seca, gr	1185.50	1190.80	1187.80	1183.2
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.492	0.527	0.490	0.547
Peso especifico aparente	2.159	2.162	2.158	2.158
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.152	2.156	2.151	2.152

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.152	2.156	2.151	2.152
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	95.14	95.31	95.10	95.13




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

Dirección : Calle Amazonas N° 105 – Moquegua
Teléfono: 970009482 RUC : 20600479866
E-mail: abgbuildingsrl@gmail.com

**PESO ESPECIFICO APARENTE Y PESO UNITARIO DE MEZCLAS ASFALTICAS COMPACTADAS
EMPLEANDO ESPECÍMENES SATURADOS CON SUPERFICIE SECA**

ASTM D 2726 - AASHTO T 230

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"

SOLICITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA

FECHA : **NOVIEMBRE DE 2023**

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA - PROVINCIA MARISCAL NIETO - REGION MOQUEGUA

MUESTRA : MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO Y 1% DE PLASTICO

ETAPA DE SATURACION	
DESCRIPCION	DATOS
Tiempo de saturacion de la muestra en Baño maria, Minutos	5
Temperatura de la muestra en baño María, °C	25

PESO UNITARIO				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso de la muestra saturada superficial, gr	1189.40	1194.30	1197.40	1195.2
Peso de la muestra sumergida, gr	664.00	666.00	668.00	667
Peso de la muestra seca, gr	1187.70	1192.40	1195.60	1193.5
Temperatura del agua en la canastilla, °C	25	25	25	25
Factor de correccion por temperatura	-	-	-	-
Absorcion, %	0.324	0.360	0.340	0.322
Peso especifico aparente	2.261	2.257	2.258	2.260
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.254	2.250	2.252	2.253

GRADO DE COMPACTACION				
DESCRIPCION	DATOS			
Peso unitario del especimen, gr/cm3	2.254	2.250	2.252	2.253
Peso unitario de la mezcla de diseño, gr/cm3	2.262	2.262	2.262	2.262
Grado de compactación, %	99.64	99.48	99.54	99.59




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
Normas: ASTM D422, ASTM D2487, MTC E-204, AASHTO T88

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

SOLITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA

MUESTRA : COMBINACIÓN DE AGREGADOS PARA ASFALTO

CANTERA : EL CHASQUI SOY

FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DATOS DE ENSAYO

Peso Fracción Finos : 5996.00 gr. Peso Muestra Seca : 15213.00 gr.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						Especificaciones Técnicas MDF-02		Características de la Muestra
Abert. de Malla Pulg.	mm.	Peso Ret. (gr.)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	Mínimo	Máximo	
1"	25.000	0	0.0	0.0	100.0	100	100	Porcentaje de Grava : 45.8 % Porcentaje de Arena : 49.0 % Porcentaje de Finos : 5.1 %
3/4"	19.000	1.602.50	10.5	10.5	89.5	80	95	
1/2"	12.500	1.752.80	11.5	22.1	77.9			
3/8"	9.500	1.354.70	8.9	31.0	69.0	60	75	Observaciones
Nº 04	4.750	2.264.51	14.9	45.8	54.2	47	62	
Nº 8	2.360	1.334.28	12.1	57.9	42.1	35	50	
Nº 16	1.180	914.81	8.3	66.2	33.8			
Nº 30	0.600	925.76	8.4	74.5	25.5			
Nº 50	0.297	853.96	7.7	82.2	17.8	13	23	
Nº 100	0.149	791.08	7.1	89.4	10.6			
Nº 200	0.075	609.27	5.5	94.9	5.1	3	8	
<Nº 200		566.84	5.1	100.0	0.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

Dirección : Calle Amazonas Nº 105 – Moquegua
Teléfono : 970009482 RUC : 20600479866
E-mail: abgbuildingsrl@gmail.com

ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
SOLICITANTE : MARIBEL HUANCUNI YAJA
MUESTRA : MUESTRA PATRON
CANTERA : EL CHASQUI SOY
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CIANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ suma	100	%
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
14.36	3.66
14.20	3.63
14.40	3.69
14.30	3.64

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CIANCADA-BULLK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULLK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULLK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1165.00	1169.50	1173.10	1168.80	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1168.40	1173.40	1176.70	1172.30	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	650.00	656.00	656.00	653.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	518.40	517.40	520.70	519.30	519.0
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.247	2.260	2.253	2.251	2.253
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	4.8	4.3	4.6	4.7	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECIFICO BULLK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	15.5	15.0	15.3	15.3	15.3
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	68.9	71.5	70.0	69.6	70.0
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	3.66	3.63	3.69	3.64	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1464.31	1448.00	1468.39	1458.19	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00	1.00	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1464	1448	1468	1460	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	4001	3989	3979	4006	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
SOLICITANTE : MARIBEL HUANCUNI YAJA
MUESTRA : MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO
CANTEIRA : EL CHASQUI SOY
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	44	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Suma	100	%
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
15.44	4.12
15.21	4.05
15.49	4.09
15.37	4.10

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULLK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULLK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULLK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1182.90	1185.40	1184.20	1187.70	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1187.90	1190.50	1189.40	1192.70	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	636.00	639.00	638.00	639.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	cc.	551.90	551.50	551.40	553.70	552.1
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.143	2.149	2.148	2.145	2.146
17	PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECIFICO MAXIMO (TEORICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	9.2	9.0	9.0	9.1	9.1
20	PESO ESPECIFICO BULLK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	19.4	19.2	19.2	19.3	19.3
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	52.4	53.2	53.0	52.7	52.8
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	4.12	4.05	4.09	4.10	4.09
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1574.44	1590.99	1579.54	1567.30	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.89	0.89	0.89	0.89	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1401	1380	1406	1395	1396
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	3401	3408	3437	3402	3412
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	1700 - 4000




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
C.I.F. 145225

Dirección : Calle Amazonas N° 105 - Moquegua
Teléfono : 970009482 RUC : 20600479866
E-mail : abgbuildingsrl@gmail.com

ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
SOLITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA
MUESTRA : MUESTRA CON 1.5% DE GRAFENO Y 1% DE PLÁSTICO
CANTERA : EL CHASQUI SOY
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Suma	100	%
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
14.34	4.50
14.40	4.57
14.27	4.52
14.37	4.48

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECF.	
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5		
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32		
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18		
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00		
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00		
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593		
7	PESO ESPECÍFICO PIEDRA CHANCADA-BULLK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436		
8	PESO ESPECÍFICO ARENA CHANCADA-BULLK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581		
9	PESO ESPECÍFICO ARENA ZARANDEADA-BULLK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0		
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0		
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.						
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1184.80	1187.40	1189.90	1186.40		
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1185.60	1188.30	1190.70	1187.60		
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	619.00	621.00	622.00	620.00		
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	566.60	567.30	568.70	567.50	567.5	
16	PESO ESPECÍFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.091	2.093	2.092	2.091	2.092	
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361		
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307		
19	% DE VACIOS	%	11.4	11.3	11.4	11.4	11.4	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512		
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	21.3	21.3	21.3	21.4	21.3	
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	46.4	46.7	46.6	46.4	46.5	
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580		
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01		
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49		
26	FLUJO	mm	4.50	4.57	4.52	4.48	4.52	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1462.27	1468.39	1455.14	1465.33		
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.86	0.86	0.86	0.86		
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1258	1263	1251	1260	1258	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	2795	2763	2769	2813	2785	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75		




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
Normas: ASTM D1559, NLT 159/84, MTC E-504, AASHTO T245

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
SOLITANTE : MARIBEL HUANCUNI YAJA
MUESTRA : MUESTRA CON 0.2% DE GRAFENO Y 1% DE PLÁSTICO
CANTERA : EL CHASQUI SOY
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ suma	100	%
TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
14.63	4.25
14.68	4.29
14.59	4.34
14.66	4.21

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPEC.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECÍFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECÍFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECÍFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECÍFICO ARENA ZARANDADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIGUETA EN EL AIRE	gr.	1185.50	1190.80	1187.80	1183.20	
13	PESO DE LA BRIGUETA SATURADA	gr.	1188.20	1193.70	1190.50	1184.20	
14	PESO DE LA BRIGUETA EN EL AGUA	gr.	439.00	443.00	440.00	438.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIGUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	549.20	550.70	550.50	548.20	549.7
16	PESO ESPECÍFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.159	2.162	2.158	2.158	2.159
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	8.6	8.4	8.6	8.6	8.5 3.0 - 5.0
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	18.8	18.7	18.8	18.8	18.8
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	54.4	54.9	54.3	54.4	54.5
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	4.25	4.29	4.34	4.21	4.27 2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1491.84	1496.94	1487.77	1494.90	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.89	0.89	0.89	0.89	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1328	1332	1324	1330	1329 MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	3124	3106	3051	3160	1700 - 4000
31	NUMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

ENSAYO RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSA EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
Normas: ASTM D1559, NLT 159/86, MTC E-504, AASHTO T245

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"
UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA
SOLICITANTE : MARIBEL HUANCUNI YA-JA
MUESTRA : MUESTRA CON 0.35% DE GRAFENO Y 1% DE PLÁSTICO
CANTERA : EL CHASQUI SOY
FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

DESCRIPCION	CANTIDAD	UND
PORCENTAJE DE CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70	5.5	%
PIEDRA CHANCADA	46	%
ARENA CHANCADA	54	%
ARENA ZARANDEADA	0	%
PORCENTAJE DE FILLER	0	%
Σ Suma	100	%
TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	3/4"	Pulg

LECTURA	FLUJO (mm)
KN	
15.64	3.78
15.58	3.62
15.69	3.75
15.54	3.85

ITEM		1	2	3	4	PROMEDIO	ESPECF.
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2	% DE PIEDRA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	43.32	43.32	43.32	43.32	
3	% DE ARENA CHANCADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	51.18	51.18	51.18	51.18	
4	% DE ARENA ZARANDEADA EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	% DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	PESO ESPECIFICO APARENTE DE C.A.	gr/cc.	0.9593	0.9593	0.9593	0.9593	
7	PESO ESPECIFICO PIEDRA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.436	2.436	2.436	2.436	
8	PESO ESPECIFICO ARENA CHANCADA-BULK	gr/cc.	2.581	2.581	2.581	2.581	
9	PESO ESPECIFICO ARENA ZARANDEADA-BULK	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER-APARENTE	gr/cc.	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.					
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AIRE	gr.	1187.70	1192.40	1195.60	1193.50	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr.	1189.40	1194.30	1197.40	1195.20	
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	gr.	664.00	666.00	668.00	667.00	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO	c.c.	525.40	528.30	529.40	528.20	527.8
16	PESO ESPECIFICO DE LA PROBETA	gr/cc.	2.261	2.257	2.258	2.260	2.259
17	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.361	2.361	2.361	2.361	
18	PESO ESPECIFICO MÁXIMO (TEÓRICO)	gr/cc.	2.307	2.307	2.307	2.307	
19	% DE VACIOS	%	4.3	4.4	4.3	4.3	3.0 - 5.0
20	PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.512	2.512	2.512	2.512	
21	% V.M.A. VACIOS DEL AGREGADO MINERAL	%	15.0	15.1	15.1	15.0	15.0
22	% VACIOS LLENADOS CON C.A.	%	71.6	70.9	71.1	71.4	71.2
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	gr/cc.	2.580	2.580	2.580	2.580	
24	C.A. ABSORVIDO POR EL PESO DEL AGREGADO TOTAL	%	1.01	1.01	1.01	1.01	
25	% DE ASFALTO EFECTIVO	%	4.49	4.49	4.49	4.49	
26	FLUJO	mm	3.78	3.82	3.75	3.85	2.0 - 4.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg.	1594.84	1588.72	1599.93	1584.64	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	0.96	0.96	0.96	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg.	1531	1525	1536	1521	MIN. 815
30	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	4050	3993	4096	3951	1700 - 4000
31	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA		75	75	75	75	




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

Dirección : Calle Amazonas N° 105 - Moquegua
Teléfono : 970009482 RUC : 20600479866
E-mail : abgbuildingsrl@gmail.com

DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE DE DISEÑO
MTC E - 508, ASTM D- 2041

PROYECTO : "INFLUENCIA DEL USO PLÁSTICO RECICLADO CON GRAFENO EN LAS PROPIEDADES DE LA CARPETA ASFÁLTICA AV. MARIANO URQUIETA, MOQUEGUA, 2023"

UBICACIÓN : DISTRITO DE MOQUEGUA, PROVINCIA DE MARISCAL NIETO - MOQUEGUA

SOLITANTE : MARIBEL HUANACUNI YAJA

CANTERA : EL CHASQUI SOY

FECHA : NOVIEMBRE DE 2023

ENSAYO RICE

ITEM	ENSAYO	UND	1	2	3	4
1	CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO		5.5	-	-	-
2	PESO DEL MATERIAL	gr.	1738.00	-	-	-
3	PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr.	11343.00	-	-	-
4	PESO DEL AGUA + FRASCO RICE + MATERIAL	gr.	13081.00	-	-	-
5	PESO DEL AGUA + FRASCO RICE + MATERIAL (ENSAYO)	gr.	12345.00	-	-	-
6	VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	736.00	-	-	-
7	PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA	gr/cc	2.361	-	-	-
8	TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25.00	-	-	-
9	TIEMPO DE ENSAYO	MIN.	30	-	-	-




ERICK ANGEL FLORES ARIAS
INGENIERO CIVIL
CIP. 145225

PANEL FOTOGRÁFICO



Plástico triturado (1x1) cm



Planta de la UOPA



Cemento asfáltico (MC 30)



Agregados



Horno de Laboratorio



Pesado según dosificación de piedra chancada



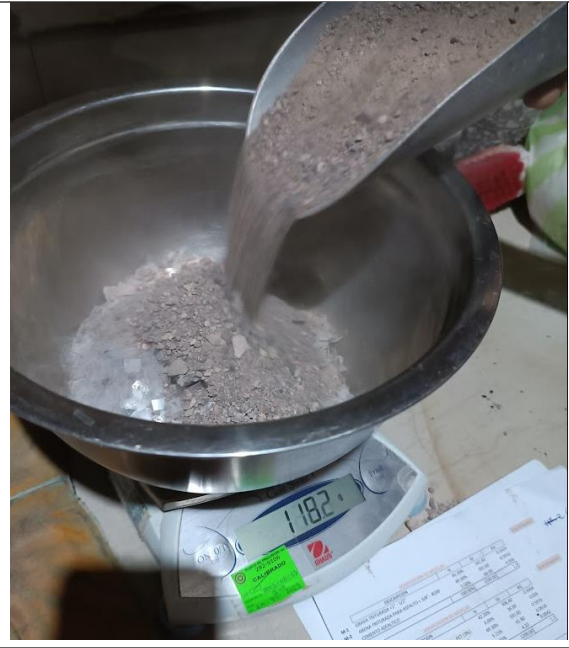
Incorporación de arena gruesa según dosificación



Incorporación de cemento asfáltico según dosificación



Mezcla asfáltica patrón



Mezcla incorporando plástico triturado según porcentajes



**Elaboracion de las pastillas –
paatron**



Mínimo 3 pastillas por dosificación



Elaboracion de la mecla asfaltica con incorporacion de pet y grafeno



Mezcla de los agregados con el cemento asfaltico y porcentaje de plástico triturado y grafeno



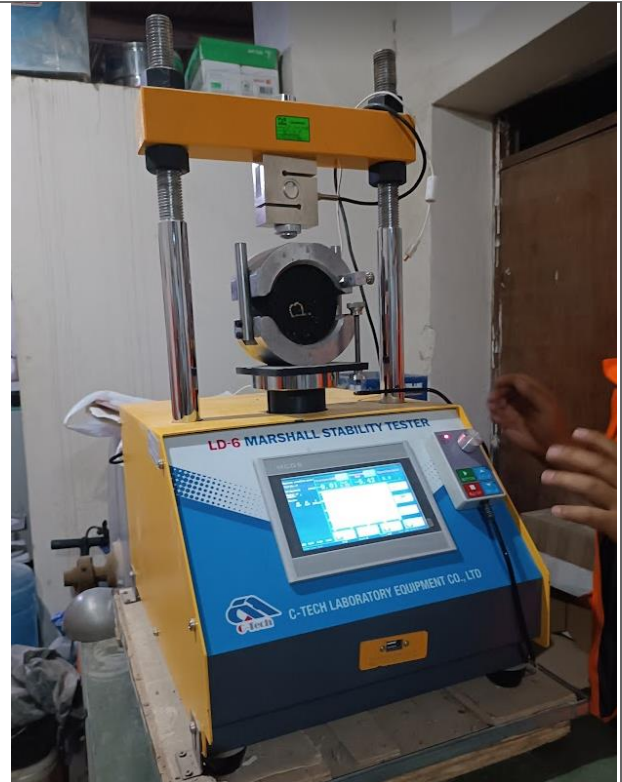
La mezcla con porcentaje de 3% no tubo buena compactacion y se deshiso.



Pastillas de mezcla asfáltica con porcentaje de plástico triturado y grafeno



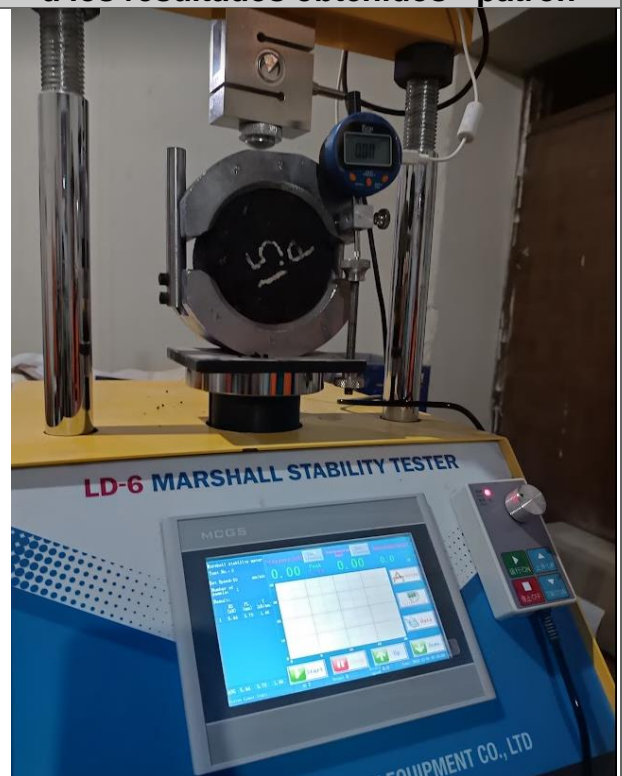
Marcacion de las pastillas según el porcentaje de incorporacion de grafeno.



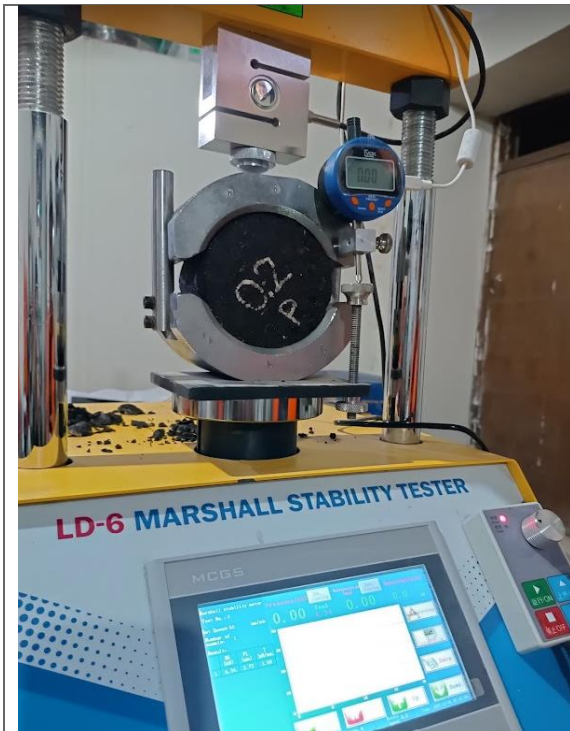
Las pastillas con llevadas a la compresora para su posterior análisis a los resultados obtenidos - patrón



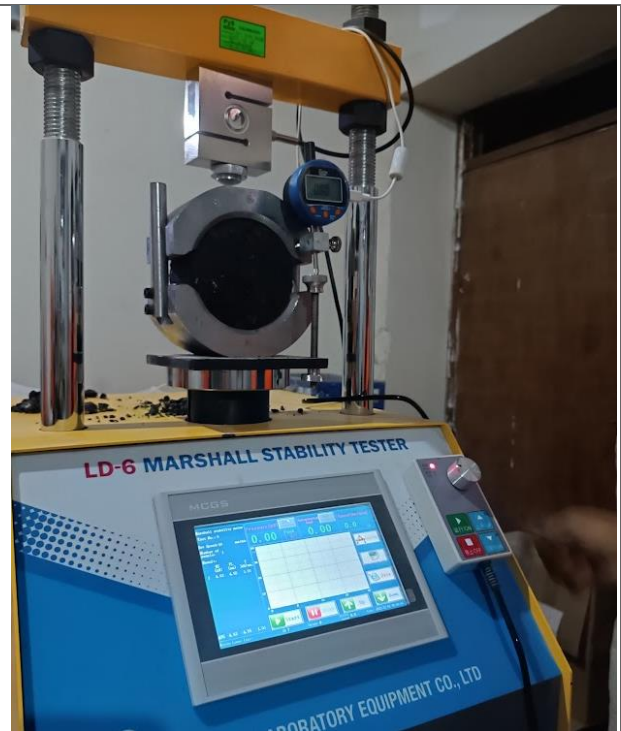
Las pastillas con llevadas a la compresora para su posterior análisis a los resultados obtenidos – 0.35% de grafeno



Las pastillas con llevadas a la compresora para su posterior análisis a los resultados obtenidos – 1.5% de grafeno



Las pastillas con llevadas a la compresora para su posterior análisis a los resultados obtenidos – 0.2% de grafeno



Las pastillas con llevadas a la compresora para su posterior análisis a los resultados obtenidos - patrón



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, CANTA HONORES JORGE LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia del uso plástico reciclado con grafeno en las propiedades de la carpeta asfáltica Av. Mariano Urquieta, Moquegua, 2023", cuyo autor es HUANACUNI YAJA MARIBEL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 28 de Febrero del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
CANTA HONORES JORGE LUIS DNI: 10743048 ORCID: 0000-0002-9232-1359	Firmado electrónicamente por: JCANTAHO el 28-02- 2024 16:14:38

Código documento Trilce: TRI - 0738926