



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole
polímeros en polvo en porcentajes de 1, 1.5 y 2 por ciento,
Nuevo Chimbote-2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR(ES):

Cerna Meliton, Luis Enrique (orcid.org/0000-0001-6254-532X)

Hipolito Suarez, Giancarlo Yonaiker (orcid.org/0000-0001-6371-2337)

ASESOR:

Mgtr. Solar Jara, Miguel Ángel (orcid.org/0000-0002-8661-418X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHIMBOTE - PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a nuestros queridos padres, quienes han sido la fuente inagotable de amor, apoyo y sacrificio en nuestro camino académico, dedicamos este proyecto de investigación. Vuestra guía y ejemplo han sido la base de nuestro crecimiento y desarrollo como personas. Que este logro sea también un tributo a su amor y dedicación como padres, y que se sientan orgullosos de los frutos de su amor y sacrificio. El legado de ustedes, perdurará en cada paso que damos y en cada logro que alcanzamos.

A Dios, que este proyecto sea un testimonio de nuestra gratitud hacia ti, y que pueda contribuir de alguna manera al bienestar de la sociedad y al avance del conocimiento. Te encomendamos nuestros propósitos y anhelos, confiando en que tu divina presencia nos guíe en cada etapa de esta investigación.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad César Vallejo, por brindarnos la invaluable oportunidad de realizar este proyecto de investigación. A lo largo de este camino, hemos experimentado un crecimiento académico y personal que ha sido posible gracias a los recursos, el apoyo y las oportunidades que nos ha proporcionado esta institución.

Agradecemos al Mgter. Gonzalo Hugo Díaz, que no ha guiado y compartido su conocimiento, inspirándonos a buscar respuestas y a profundizar en nuestro campo de estudio. Su dedicación y pasión por la enseñanza han sido fundamentales en nuestro proceso de aprendizaje.

Por último, queremos agradecer a nuestras familias y seres queridos por su constante apoyo y comprensión. Su paciencia, ánimo y amor incondicional han sido pilares fundamentales en nuestra trayectoria académica.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos.....	vi
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN	3
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	8
3.1. Tipo y diseño de investigación	8
3.2. Variables y operacionalización	9
3.3. Población, muestra y muestreo	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos.....	14
3.7. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS:	15
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES	51
VII. RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS.....	53
ANEXOS	62

Índice de tablas

Tabla N°1: Propiedades físico-mecánicas del PET.....	22
Tabla N°2 Granulometría del diseño de mezcla asfáltica patrón MAC-1.....	23
Tabla N°3 Dosificación para diseño Marshall.....	25
Tabla N°4 Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.0% de PET MAC-1	29
Tabla N°5 Dosificación para diseño Marshall	31
Tabla N°6 Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 1.0% de PET.....	36
Tabla N°7 Dosificación para diseño Marshall.....	38
Tabla N°8 Granulometría del diseño de mezcla asfáltica con 2.00% de PET MAC-1	42
Tabla N°9 Dosificación para diseño Marshall.....	44
Tabla N°10 Cuadro resumen con 2.00% de PET.....	48
Tabla N°11 Resumen de los contenidos de cemento bituminoso PET.....	52
Tabla N°12 Resumen de los resultados obtenidos del informe de laboratorio.....	53
Tabla N°13 Análisis de varianza-comprobación de la hipótesis.....	54

Índice de gráficos

Esquema N° 1: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica patrón.....	24
Esquema N° 2: Peso unitario vs. Porcentaje de C.A.	25
Esquema N° 3: Vacíos vs. Porcentaje de C.A..	26
Esquema N° 4: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.	27
Esquema N° 5: Flujo vs Porcentaje de C.A.....	27
Esquema N° 6: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.	28
Esquema N° 7: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.	28
Esquema N° 8: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.0% de PET.....	30
Esquema N° 9: Peso unitario vs Porcentaje de C.A.....	31
Esquema N° 10: Vacíos vs Porcentaje de C.A..	32
Esquema N° 11: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.....	33
Esquema N° 12: Flujo vs Porcentaje de C.A.....	34
Esquema N° 13: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.....	34
Esquema N° 14: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.....	35
Esquema N° 15: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 1.50% de PET.....	37
Esquema N° 16: Peso unitario vs Porcentaje de C.A.....	38
Esquema N° 17: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	39
Esquema N° 18: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.....	40
Esquema N° 19: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	40
Esquema N° 20: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.....	41
Esquema N° 21: Vacíos llenos de C.A. vs Porcentaje de C.A.....	41
Esquema N° 22: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 2.00% de PET.....	43
Esquema N° 23: Peso unitario vs Porcentaje de C.A.....	44
Esquema N° 24: Vacíos vs Porcentaje de C.A.....	45
Esquema N° 25: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de C.A.....	45
Esquema N° 26: Flujo vs Porcentaje de C.A.....	46
Esquema N° 27: Estabilidad vs Porcentaje de C.A.....	46
Esquema N° 28: Vacíos llenos con C.A. vs Porcentaje de C.A.....	47

Esquema N° 29: Comparación de peso unitario M-P vs M-PET 1.00%.....	49
Esquema N° 30: Comparación de porcentaje de vacíos M-P vs M-PET 1.00%.....	49
Esquema N° 31: Comparación de estabilidad entre M-P vs M-PET 1.00%.....	50
Esquema N° 32: Comparación del flujo entre la M-P vs M-PET 1.00%.....	50
Esquema N° 33: Comparación de vacíos de agregado mineral entre M-P vs M-PET 1.00%	51
Esquema N° 34: Curva de FISHER.....	55
Esquema N° 35: Estructura del pavimento.....	95

RESUMEN

El proyecto de investigación consistió en determinar las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole Polietileno de Tereftalato en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% triturado, por lo cual se recopiló información relacionado al tema, para ellos, se planteó la siguiente pregunta: ¿Qué efecto generará la adición de polietileno de tereftalato en polvo en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% a las propiedades mecánicas del asfalto en caliente?; la investigación se justificó con la adición de Polietileno de Tereftalato reciclado triturado en porcentajes de 1 %, 1.5% y 2.% proveniente de botellas de plástico usados en la mezcla asfáltica con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas convirtiéndolo en una mezcla modificada, para ello, se planteó la siguiente hipótesis la adición de polietileno de tereftalato en polvo en porcentajes de 1%, 1.5% y 2.% a la mezcla asfáltica mejorará las propiedades mecánicas del asfalto, Nuevo Chimbote – 2022, teniendo como objetivo general determinar el efecto de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo 1%, 1.5% y 2% de PET, la metodología empleada fue cuasi- experimental. La recopilación de datos se realizó mediante ensayos realizados en el laboratorio Geolab de mecánica de suelos, donde se diseñó primeramente una mezcla patrón, continuamente una mezcla modificada con 1%, 1.5% y 2% de polietileno de tereftalato reciclado triturado en relación al peso de las briquetas patrón, posteriormente, se sometió al ensayo Marshall según el manual de ensayo de materiales redactado por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC E504), que permitió determinar la estabilidad y flujo tanto de la mezcla patrón como de la mezcla modificada con 1%, 1.5% y 2% de PET reciclado triturado, luego mediante el procesamiento de datos y representación gráfica de los resultados mediante el software Excel, así como el Anova, se determinó que efectivamente la adición de 1.00% de PET reciclado triturado mejoro la estabilidad y el flujo de a mezcla asfáltica modificada.

Palabras clave: Mezcla asfáltica, propiedades mecánicas, PET, Polímeros.

ABSTRACT

The research project consisted of determining the mechanical properties of hot asphalt by adding Terephthalate Polyethylene in percentages of 1%, 1.5% and 2% crushed, for which information related to the subject was collected, for them, the following question was raised: What effect will the addition of powdered polyethylene terephthalate generate in percentages of 1%, 1.5% and 2% on the mechanical properties of hot asphalt?; The research was justified with the addition of crushed recycled Polyethylene Terephthalate in percentages of 1%, 1.5% and 2.% from plastic bottles used in the asphalt mix in order to improve its mechanical properties, converting it into a modified mix. , for this, the following hypothesis was raised: the improvement of polyethylene terephthalate powder in percentages of 1%, 1.5% and 2.% to the asphalt mixture will improve the mechanical properties of the asphalt, Nuevo Chimbote - 2022, with the general objective of determining the effect of the mechanical properties of hot asphalt by adding powdered polymers 1%, 1.5% and 2% PET, the methodology used was quasi-experimental. The data collection was carried out through tests carried out in the Geolab soil mechanics laboratory, where a standard mixture was rapidly mixed, continuously a modified mixture with 1%, 1.5% and 2% of crushed polyethylene terephthalate in relation to the weight of the briquettes. pattern, subsequently, it was subjected to the Marshall test according to the materials test manual drawn up by the Ministry of transport and communications (MTC E504), which determined to determine the stability and flow of both the standard mixture and the modified mixture with 1%, 1.5% and 2% of crushed recycled PET, then through data processing and graphical representation of the results using Excel software, as well as Anova, it will be highlighted that effectively the addition of 1.00% of crushed recycled PET improved the stability and the flow of a modified asphalt mix.

Keywords: Asphalt mix, mechanical properties, Pet, Polymers.

I. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son el punto de partida para la sostenibilidad de un país, puesto que permiten el intercambio de culturas, así como el comercio interior y exterior. Estas vías están conformadas por diferentes tipos de pavimentos. En esta ocasión, profundizaremos en el pavimento tipo flexible, que suele estar sometido a cargas fijas y móviles. Según Cafiso et al. (2022, p. 7), este tipo de pavimento está conformado por capas superpuestas. Comenzando desde una subrasante, se coloca de manera continua la subbase, la base y, por último, la carpeta de rodadura.

Además de lo indicado en el párrafo anterior, el pavimento flexible debe cumplir ciertos requisitos determinantes para su buen desempeño. De acuerdo con Estrada y Mendoza (2019, p. 15), estos requisitos incluyen resistencia a altas y bajas temperaturas, resistencia a la fricción de las llantas vehiculares, impermeabilidad, durabilidad y economía.

La mezcla bituminosa caliente se obtiene al combinar agregados minerales y cemento asfáltico a elevadas temperaturas. Por lo general, este proceso se lleva a cabo a temperaturas entre 140°C y 180°C, mientras que la compactación se realiza a alrededor de 80°C a 160°C. Estas temperaturas elevadas desempeñan un papel esencial al secar los áridos, que constituyen aproximadamente el 95% del peso total de la mezcla, y al reducir la viscosidad del aglutinante. Esto logra un recubrimiento uniforme y adecuado de los agregados, mejorando así la manejabilidad general de la mezcla (Tutu y Tuffour, 2016).

En general, el proceso de producción de la mezcla bituminosa en caliente implica calentar la mezcla de materiales (aglutinante asfáltico y agregados) y mezclar el betún térmico con el agregado precalentado para obtener un recubrimiento completo para el agregado. Las temperaturas del betún y los agregados se mantienen en el rango de 140 a 170°C según el tipo de betún utilizado (Hareru y Tewodros, 2020, p. 12). Hasta la fecha, la mezcla bituminosa en caliente es ampliamente utilizada en la industria de pavimentación en todo el mundo debido a la experiencia en el manejo de esta tecnología. Sin embargo, presenta algunas desventajas, como el impacto ambiental, alto consumo de energía para el calentamiento, problemas de seguridad,

temporada de pavimentación limitada y distancias de transporte acotadas (Calahorra, 2016, p. 90).

Según Lee, Park y Cho (2022, p. 6), la parte más vulnerable del pavimento es la carpeta de rodadura, ya que es la primera en estar en contacto con el medio ambiente y en percibir las cargas vehiculares generadas. Por ello, Jain et al. (2022, p. 9) resaltaron la importancia de obtener una buena cohesión y adhesión en la mezcla de agregados para prevenir la disgregación de materiales, lo cual suele ser causado por una mezcla deficiente. Además, una mezcla óptima proporcionará mayor resistencia.

En este contexto, existen dos tipos de mezclas asfálticas según su aplicación. Para esta investigación, se considera la mezcla asfáltica en caliente, compuesta por cemento asfáltico, agregado grueso y agregado fino (Ullauri, Friend y Barzola, 2018, p. 1). Sin embargo, esta mezcla suele presentar baja resistencia a las deformaciones y esfuerzos puntuales, lo que afecta su durabilidad.

Huamán y Chang (2016, pp. 26-27) señalaron que existen múltiples factores que contribuyen a los problemas mencionados anteriormente, incluyendo la selección de materiales inadecuados, cambios bruscos de temperatura, proceso constructivo, características del terreno y más. En Perú, los pavimentos flexibles son los más comunes y, al mismo tiempo, los más afectados, especialmente en Áncash. Según Guzmán (2016, párr. 1), aproximadamente el 70% de los pavimentos flexibles se encuentran en mal estado.

Por otra parte, la definición de polímero según su morfología implica la unión de muchas unidades. Según Panara et al. (2022, p. 7), los polímeros se clasifican según su origen, estructura, comportamiento térmico y unión de monómeros. Sin embargo, la preocupación principal es la contaminación que generan. Cada año, alrededor de 12 millones de toneladas de polímeros terminan en los océanos, incluyendo microplásticos (de hasta 5 mm), que causan enfermedades gastrointestinales en las especies que los ingieren.

En la localidad de Nuevo Chimbote, se observa un fuerte deterioro en los pavimentos asfálticos, causado por la humedad característica, materiales inadecuados, falta de mano de obra calificada y métodos constructivos empíricos. Estos factores, junto con

la alta intensidad del tráfico, generan la necesidad de desarrollar proyectos para abordar estas cuestiones. Así surge el proyecto de evaluación de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente al agregar polímeros en polvo en porcentajes del 1%, 1.5% y 2%. Este proyecto busca mejorar la estabilidad, flujo, deformaciones y agrietamientos en los pavimentos flexibles.

En la provincia del Santa, especialmente en las autopistas de Nuevo Chimbote, se observa un deterioro continuo que no ha sido examinado ni estudiado durante un largo período. Este desgaste se debe a la falta de adherencia entre los áridos y el ligante bituminoso en la superficie, además del constante tráfico vehicular, uso de materiales no conformes a las normas, condiciones climáticas y más. Es necesario investigar si la mezcla bituminosa en caliente con tereftalato de polietileno en proporciones del 1%, 1.5% y 2% puede ser la solución a los daños observados.

La hipótesis planteada es que la adición de polietileno de tereftalato en polvo en porcentajes del 1%, 1.5% y 2% mejorará las propiedades.

II. MARCO TEÓRICO

Dado los problemas mencionados en el capítulo anterior, es necesario evaluar estudios previos que respalden la investigación propuesta. Por lo tanto, procederemos a describir los resultados obtenidos por los autores anteriores.

Antecedentes Internacionales

Aulestia y Chávez (2017) llevaron a cabo una comparación en Ecuador-Quito, entre las propiedades mecánicas de la mezcla estándar y la mezcla alterada con desperdicios de tapas plásticas de botellas. Utilizaron el método de la vía seca en una investigación aplicada de categoría cuasi experimental. Utilizaron 15 briquetas como población, aplicando el método Marshall para definir las propiedades mecánicas. Determinaron que la estabilidad y el vacío de agregados mejoraban con la adición del agente modificador en comparación con la muestra estándar. También señalaron que el aumento del 5% de polímero era óptimo, ya que aumentaba aproximadamente 500 psi en la estabilidad, siendo ideal para resistir el tren de carga.

En Colombia-Bogotá, Modera (2018) propuso en su investigación determinar el comportamiento de las propiedades mecánicas de la mezcla densa en caliente con diseño MAC-1, además de la adición de polipropileno en forma de tiras de 10 cm. Empleó una investigación aplicada de categoría cuasi experimental, utilizando 12 briquetas. Concluyó que las mezclas asfálticas con fisuras o grietas disminuyen su capacidad de resistir cargas fijas y móviles, y que la adición de 0.5% o 1.0% de polipropileno generaba un aumento notable en la resistencia y plasticidad de la mezcla.

Taheerkhani y Arshadi (2019) llevaron a cabo pruebas en muestras Marshall de mezclas con diferentes contenidos de PET triturado y concluyeron que el 4% de contenido de PET generaba el cociente de Marshall más alto. Además, encontraron que una mezcla con un 2% de contenido de PET tenía la mayor resistencia a la tracción indirecta y al daño por humedad.

Antecedentes Nacionales

En Perú-Lima, Silvestre (2017) determinó el porcentaje óptimo que aportaba propiedades mecánicas y físicas a la mezcla asfáltica al agregar el agente modificador. Empleó un diseño experimental en su investigación aplicada de categoría cuasi experimental, concluyendo que el 1.0% de agente modificador generaba mejoras significativas en la estabilidad y resistencia de la mezcla, además de reducir los costos de producción.

Centeno y Roque (2022) investigaron el efecto del PET y PVC reciclado en la mezcla asfáltica. Utilizaron un enfoque cuantitativo y concluyeron que el 1.5% de PET era la cantidad óptima para la estabilidad, mientras que el flujo ascendía con el 1.5% de PET y disminuía con el PVC. El porcentaje de vacíos aumentaba en ambos casos, pero se cumplían los parámetros de diseño.

Vizcarra (2020) concluyó que un 2% de PET era adecuado para la mezcla asfáltica al agua RC-250, mejorando la resistencia al cambio y la estabilidad térmica.

Antecedentes Locales

López y Nonato (2020) determinaron que la adición de polietileno de tereftalato en porcentajes específicos mejoraba la estabilidad y flujo del asfalto caliente. Escalante e Infantes (2019) establecieron que el 4.0% de desperdicios plásticos mejoraba la resistencia y reducía los vacíos en la mezcla asfáltica.

Con respecto al diseño de mezcla asfáltica, se consideró que está compuesto por agregados pétreos y asfalto, siendo esencial para la durabilidad y resistencia del pavimento. El asfalto juega un papel crucial en la impermeabilización y unión de la mezcla.

Las propiedades mecánicas deseadas incluyen estabilidad, flexibilidad, durabilidad, resistencia a fatiga, adhesión y cohesión. Estas se evalúan mediante el ensayo Marshall, que define la deformación plástica a través de la fuerza externa aplicada.

Los polímeros, como el PET, presentan ventajas como impermeabilidad, durabilidad y elasticidad. Se dividen en elastómeros y plastómeros, siendo estos últimos más adecuados para mezclas asfálticas. Los polímeros termoplásticos, como el PET, ofrecen mejoras en las propiedades mecánicas de la mezcla.

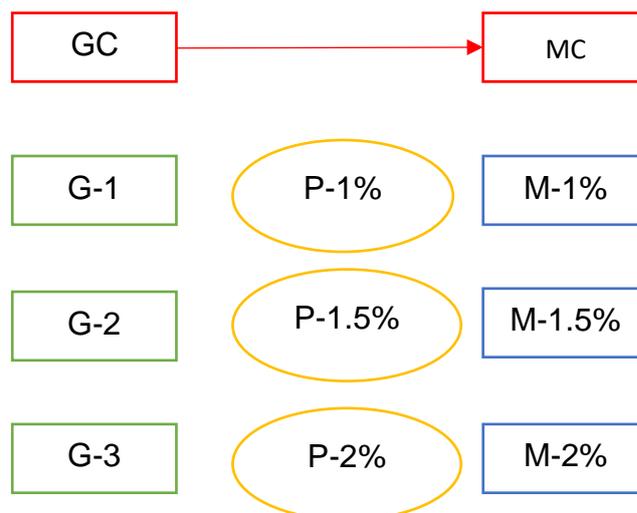
En resumen, los antecedentes internacionales, nacionales y locales muestran el impacto positivo de agregar polímeros, como el PET, a las mezclas asfálticas, mejorando su resistencia y estabilidad. Los polímeros termoplásticos presentan ventajas y desventajas, y su uso adecuado puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la mejora de las propiedades de las mezclas asfálticas.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El enfoque de la investigación aplicada se orienta hacia la resolución de problemas concretos y la aplicación de conocimientos teóricos en situaciones del mundo real. Implica una colaboración activa con industrias u organizaciones para encontrar soluciones prácticas y específicas. Este enfoque abarca una serie de etapas que incluyen la identificación del problema, el análisis de datos, la formulación de soluciones y la evaluación de su eficacia. Su objetivo fundamental radica en generar un impacto directo y palpable en diversos campos de aplicación.

Además, como señala Muñoz (2015), se empleó un diseño experimental en la categoría cuasi experimental. Esto se debe a que se realizó una modificación en una de las variables, lo cual desencadenó una reacción de causa y efecto (p.5). Posteriormente, se desarrolló un esquema representativo de las variables, destacando la manipulación de los polímeros como la causa, con la expectativa de observar el efecto resultante en las propiedades mecánicas del asfalto en caliente.



Dónde:

GC: Grupo control

G1, G2, G3: Grupo ensayado

-----: Ausencia de variable

P-1%, P-1.5%, P-2%: Polímeros en porcentajes planteados

M-1%, M-1.5%, P-2%: Muestras modificadas (propiedades mecánicas)

3.2. Variables y operacionalización

Posteriormente se procederá a describir las variables, para el presente proyecto se definió dos variables de estudio.

○ Variable independiente: Polímeros

Definición conceptual: Morfológicamente es definido como un grupo de cadenas moleculares, se clasifican en 4 criterios, en este caso se eligió según su comportamiento térmico, lo cual hace referencia al cambio según altas temperaturas, el plástico es un elemento impermeable por su naturaleza, es ligero y reciclable (Arzola [et al], 2019, párr. 3).

Definición operacional: Sera determinada mediante las propiedades físicas y el diseño de mezcla, este último se encargará de realizar las proporciones indicadas según corresponda.

Indicadores: Peso específico; granulometría; M-estándar; M-1% de polímero; M-1.5% de polímero; M-2% de polímero

Escala de medición: Razón

○ Variable dependiente: Propiedades mecánicas del asfalto en caliente

Definición conceptual: Se define como el conjunto de características de la mezcla asfáltica en caliente, las cuales reaccionan al ser sometidas a fuerzas externas (Centeno y Roque, 2022, p.11).

Definición operacional: Será evaluada mediante los protocolos planteados, tales como, análisis granulométrico de agregados gruesos y finos; contenido de humedad total de los agregados por secado; gravedad específica y absorción de agregados finos; peso específico y absorción de agregados gruesos, abrasión los Ángeles; partículas chatas y Alargadas; caras fracturadas; equivalente de arena; diseño de mezcla; ensayo Marshall, estos ensayos (protocolos) servirán para determinar las características volumétricas y propiedades mecánicas definidas como dimensiones.

Indicadores: Gravedad específica; vacíos en los agregados; vacíos en la mezcla; durabilidad; estabilidad; resistencia a la fatiga; adhesión y Cohesión.

Escala de medición: Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Según Hernández y Mendoza (2018) “La Población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p.198). Por ello, se utilizó le MEM-504 (2016, p.590) el cual indico que mínimo se deben emplear 3 briquetas, estas a su vez deben considerar 4 contenidos de asfalto por cada diseño

CANTIDAD	UND	DESCRIPCIÓN
12	Briquetas	Grupo control
12	Briquetas	Adición de polímero al 1%
12	Briquetas	Adición de polímero al 1.5%
12	Briquetas	Adición de polímero al 2%
48	Briquetas	total

Población: 48 briquetas en total

Criterio de inclusión: Compactación máxima 75 golpes por lado, estabilidad mínima 8.15 kN, flujo 0.01" (0.25mm) de 8-14 %, porcentaje de vacíos con aire 3-5 % y por último vacíos en el agregado mineral sujetos a la tabla 423-08 del MTC sección 423.

Criterio de exclusión: Obtener valores fuera de los rangos indicados posteriormente, compactación máxima 75 golpes por lado, estabilidad mínima 8.15 kN, flujo 0.01" (0.25mm) de 8-14 %, porcentaje de vacíos con aire 3-5 % y por último vacíos en el agregado mineral sujetos a la tabla 423-08 del MTC sección 423.

No obstante, la muestra es definida como una fracción de un total, en pocas palabras, será una unidad, la cual representará al total (Otzen y Manterola, 2017, p.1). En tal sentido la muestra debería ser una unidad, pero debido a la magnitud de la investigación y según las normas correspondientes, la muestra será la misma que la población.

Muestra: 48 briquetas en total

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se encarga de recopilar información, concretizando conceptos y definiciones para mejorar la calidad de información que presentara el investigador, para esto, según Gil (2016) existen técnicas, las cuales en encargan de agrupar o simplificar la recolección de las mismas, dichas técnicas son la observación, la encuesta, diagrama de flujo y entrevista (p.9).

Para el proyecto de investigación se utilizará la técnica de observación, esta se encargará de recopilar la información mediante instrumentos de evaluación.

Los instrumentos serán determinados mediante protocolos, los cuales estarán indicados según corresponda el elemento que se evaluara, en tal sentido, se realizarán las evaluaciones según el manual de ensayos de materiales (2016, pp. 295-498), cabe resaltar que este también determinara las condiciones mínimas y máximas de debe cumplir.

Protocolos:

- ✦ Análisis granulométrico de agregado grueso MTC E 204 (ASTM C136-06)
- ✦ Análisis granulométrico de agregado fino MTC E 204 (ASTM C13606)
- ✦ Contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216)
- ✦ Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127)
- ✦ Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127)
- ✦ Abrasión los ángeles MTC E 207
- ✦ Partículas chatas y alargadas ASTM 4791
- ✦ Caras fracturadas MTC E 210
- ✦ Equivalente de arena MTC E 114
- ✦ Diseño de mezcla ACI 211
- ✦ Ensayo Marshall MTC E504

Validez y Confiabilidad

Para Duana y Hernández (2020) la confiabilidad se resume en la capacidad obtener resultados repetitivos sobre un elemento evaluado, por otra parte, la validez es la capacidad de medir con precisión (p.1).

En este caso no se requiere de alguno de las variables mencionadas, puesto que los protocolos que se aplicaran están normados, bajos régimen nacional e internacional (manual de ensayo de materiales 2016).

3.5. Procedimientos

En primer lugar, se procederá a la recolección de los materiales que intervienen en la mezcla bituminosa. Debemos obtener el cemento asfáltico PEN 60/70, los agregados finos y gruesos provenientes de la cantera Dulong, y PET reciclado, que obtendremos de la recaudación del reciclaje de diferentes lugares de Chimbote.

Luego, le haremos los ensayos a los agregados, para poder aprobar que cumplan con los parámetros de los protocolos especificados anteriormente. Iremos con nuestros materiales, a un laboratorio de confianza, dónde, con la ayuda de laboralistas expertos, podremos llevar a cabo nuestros diferentes ensayos.

Luego de aprobar los protocolos establecidos, podremos dar paso, a la dosificación de la mezcla asfáltica por medio del diseño de mezcla Marshall. Tendremos en cuenta, las 4 diferentes proporciones de asfalto, para nuestra muestra control.

Recopilaremos los datos obtenidos de aquellos; y procedemos, a hacer lo mismo, pero de acuerdo a nuestras muestras adicionadas con PET, asimismo con los porcentajes de 1.00%, 1.50% y 2.00%. Luego, recopilaremos de igual manera, los datos obtenidos de esto.

Luego de obtener nuestros diseños de mezcla, procederemos a elaborar nuestras briquetas, que serán en total 48 briquetas-

Estas 48 briquetas, pasaran los diferentes ensayos Marshall, para poder determinar el flujo, estabilidad y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica; esto, para poder hallar que porcentaje de adición PET es el óptimo para poder observar una mejoría en las propiedades mecánicas del asfalto. Finalmente,

se procederá a la selección del porcentaje óptimo de adición del PET dentro de la mezcla bituminosa.

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizará el análisis descriptivo, los valores que se obtengan serán procesados mediante los protocolos planteados en la investigación, estos se encargaran de transportar, ordenar y definir los resultados, continuamente se necesitara la aplicación del software Microsoft Excel para representar los valores obtenidos en gráficos, tablas, entre otros, cabe señalar que estos servirán para representar la comparación de la mezcla asfáltica tradicional y la modificada con polímeros.

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos son cruciales para definir y desarrollar la investigación, ya que serán los pilares para obtener un trabajo idóneo, puesto que su necesidad es desde principio a fin (Moscoso y Díaz, 2018, p. 3).

El proyecto de investigación estuvo acondicionado a los lineamientos que se estableció en el comité de la UCV, citado como Resolución del Consejo Universitario N°02622-2020 con oficio N°0275-2020-VI-UCV

Se partió con el principio de beneficencia, puesto que se busca ampliar la base de conocimientos, así como la base de datos de la UCV, esto servirá para los próximos tesis.

Luego se continuo con la no maleficencia, este consistió en mostrar los datos reales sin modificación alguna a favor.

Autonomía, se le dará las menciones respectivas a los indagadores que sirvieron como base para el fin de la investigación, esto fue respaldado por el sistema Turnitin, el cual aumenta la veracidad del proyecto de investigación.

IV. RESULTADOS:

4.1. Propiedades mecánicas y físicas del PET

Se recogió datos de dos fichas técnicas, una que fue extraída de la empresa Valenciana de aluminios, en Valencia- España, la segunda, que la obtuvimos de la empresa Lork Industrias, estos datos muestran tal semejanza, que optamos por añadirlo a la investigación (García, 2017, p.30)

Tabla N°1: Propiedades físicas y mecánicas del PET

PROPIEDADES.	VALOR
DENSIDAD.	1.34/1.39 (g/cm ³)
RESISTENCIA EN TENSIÓN.	59-72 (N/mm ²)
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN.	76/128 (N/mm ²)
RESISTENCIA, HA IMPACTO, CHARPY E IZOD.	0.01/0.04 (KJ/m)
DUREZA.	rockwell.94/M101.
DILATACIÓN TÉRMICA.	15.2/24 (10 ⁻² /°C.)
RESISTENCIA DE CALOR.	80/120 °C
RESISTENCIA EN COMPRESIÓN.	13780/15750 (V/m)
RESISTENCIA EN DI-ELÉCTRICA.	3.65
CONSTANTE DI-ELÉCTRICA. 60HZ	0.02%
IMPREGNACIÓN DE AGUA.	243/255 (°C)

Fuente: Propiedades del PET (Lork Industrias)

Descripción: En la tabla N°3, acerca de las propiedades del tereftalato de polietileno, podemos recalcar algunos resultados como su resistencia a la tensión. Que es de 59 a 72 Mpa, tiene un porcentaje de absorción de agua muy bajo, del 2%, tiene una dureza tipo Rockwell M94 – M101, una velocidad en torno a la combustión, de tipo muy lento.

4.2. Estabilidad, fluidez y propiedades volumétricas de la mezcla estándar y la mezcla adicionada

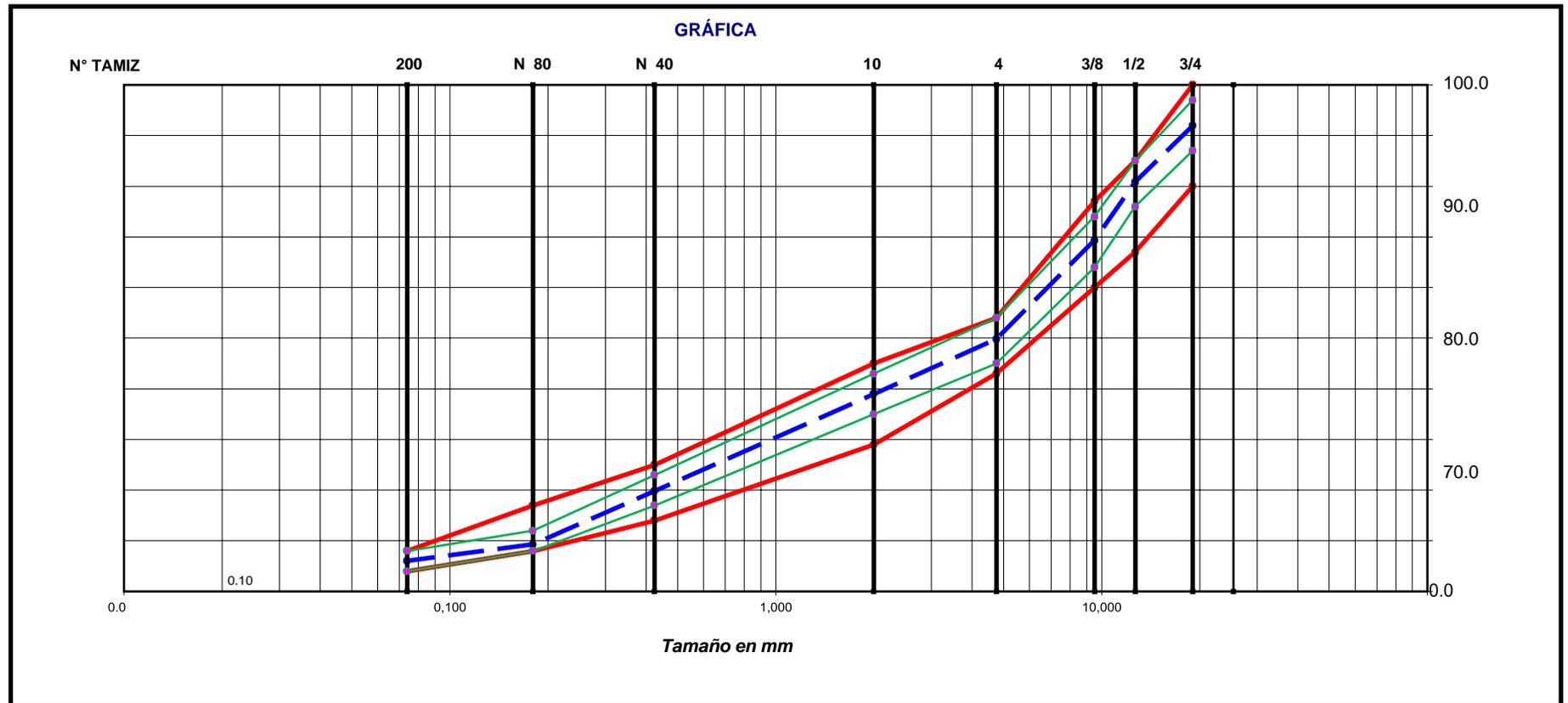
Para poder obtener los resultados, primero se hizo un diseño de mezcla Marshall, para la mezcla sin adición, mezcla estándar, de acuerdo al MAC-1; y luego de igual manera para las mezclas adicionadas con sus respectivos porcentajes.

*Tabla N° 2: Características granulométricas de la mezcla bituminosa **MAC-1***

ENSAYO GRANULOMÉTRICO					
TAMÍZ (ASTM)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASA	ESPECIFICACIÓN
1	0	0	0	100	100
3/4	525	7.1	7.1	92.9	85-100
1/2	721.1	13.3	20.4	72.5	77-8
3/8	747.3	12.7	33.1	66.9	61-77
N°4	1267.4	20.2	50.3	49.7	43-60
N°10	201.6	11.2	61.5	38.5	25-45
N°40	375.1	21.1	82.6	17.4	14-21
N°80	195	9.6	92.2	8.8	8-17
N°200	60.4	2.3	94.5	5.5	3-7
<N°200	112.9	5.5	100	-	-

Origen: GEOLAB Laboratorio

Esquema N° 1: Curva granulométrica de la mezcla bituminosa estándar



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación:

En el esquema N° 1, se puede visualizar los protocolos para el diseño de mezcla asfáltica de acuerdo al MAC-1, podemos observar una línea de color verde, que son los valores que pueden ser aceptados dentro de la granulometría, de la misma manera, tenemos una línea de color azul, que está relacionada con respecto a los agregados, siendo el porcentaje retenido de estos.

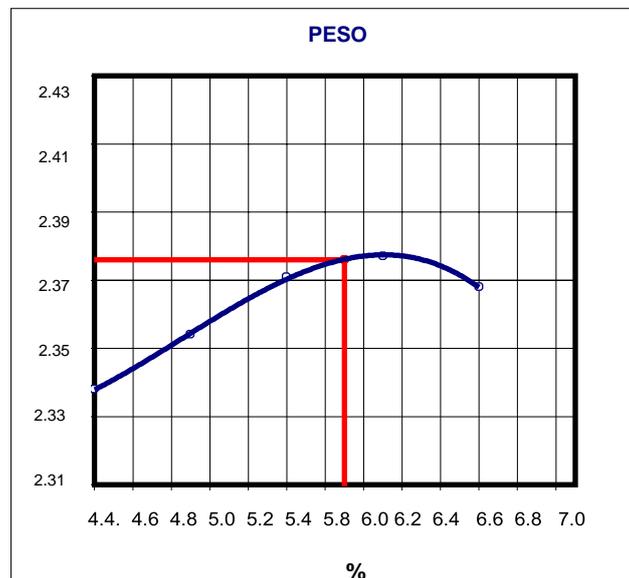
Tabla N° 3: Dosificación de los materiales respecto al diseño Marshall

AGREGADOS	Grueso	Fino	Filler
PORCENTAJE	46%	52%	2%

Origen: GEOLAB Laboratorio

Por consiguiente, se pueden ver los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas Marshall para mezclas bituminosas en caliente. Nosotros utilizamos cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN 60/70.

Esquema N.º 2: Peso Unitario vs Porcentaje de Cemento asfáltico

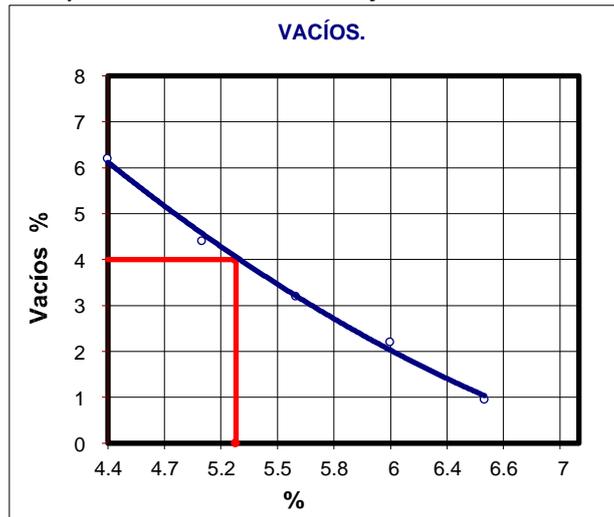


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación:

En el esquema N.º 2, se puede observar que teniendo en cuenta los intervalos entre 5.45% y 6%, el peso unitario de la mezcla asfáltica se eleva considerablemente, sin embargo, al sobrepasar el valor del 6%, esta presenta tendencias a la baja, por lo cual, entre 5.45% y 6%, estará el contenido de cemento asfáltico óptimo.

Esquema N.º 3: Porcentaje de C.A vs Vacíos.

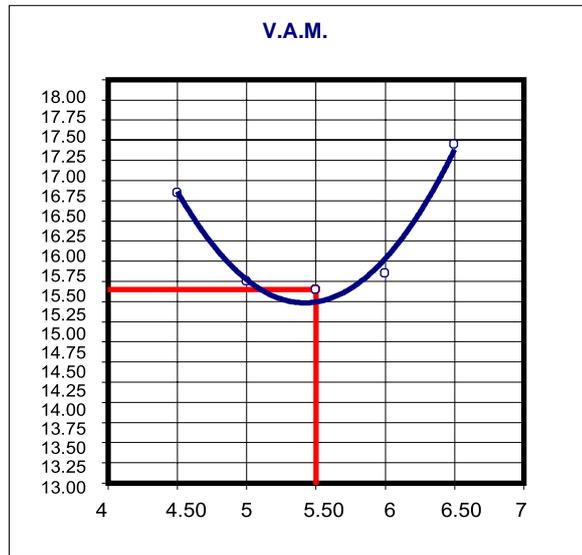


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación:

En el esquema N.º 3, se puede visualizar, que a partir de del 6% al 6.5%, el porcentaje de vacíos de aire cae considerablemente. Además, se puede observar que el contenido de porosidad disminuye, mientras el contenido de cemento bituminoso aumenta.

Esquema N.º 4: Vacíos de Agregados minerales vs Porcentaje de Cemento bituminoso.

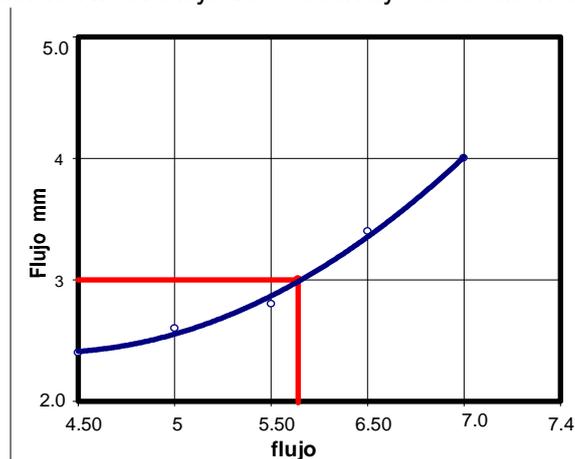


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos visualizar en el esquema N.º 4, que el porcentaje de VMA, comienza con un aumento rondando los 4.5% de cemento bituminoso, luego desciende al tener un valor entre 5% y 5.5% de cemento bituminoso, para finalmente subir de manera ascendente continua, al tener valores superiores al 5.5% de cemento bituminoso

Esquema N.º 5: Flujo vs Porcentaje de Cemento bituminoso



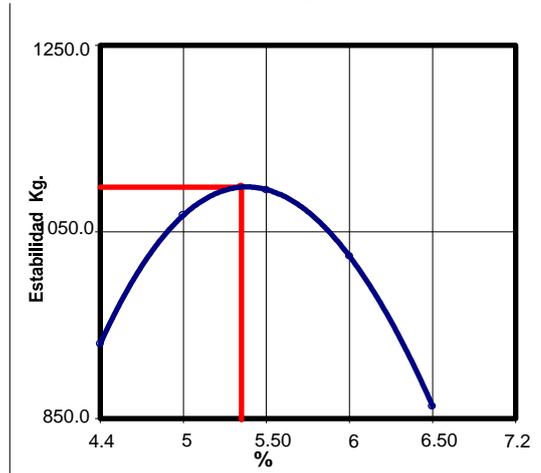
:

Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación:

Podemos observar que el flujo va ascendiendo de acuerdo el porcentaje de cemento bituminoso está en mayor cantidad. A partir del 5.5% de cemento bituminoso, vemos una cantidad adecuada de flujo en mm.

Esquema N.º 6: Estabilidad vs Porcentaje de cemento bituminoso

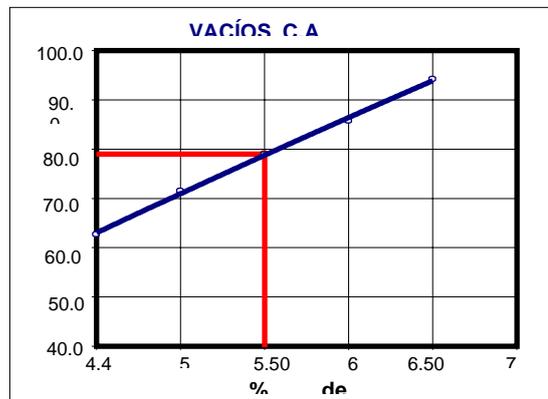


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Podemos observar la estabilidad en kg, tiene un incremento entre 4.5% de cemento bituminoso y 5.25%, pero luego decae notablemente desde el 5.5% en adelante. Esto significa que la mezcla bituminosa se vuelve menos resistente.

Esquema N.º 7: Vacíos llenos de cemento bituminoso. vs Porcentaje de cemento bituminoso



Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

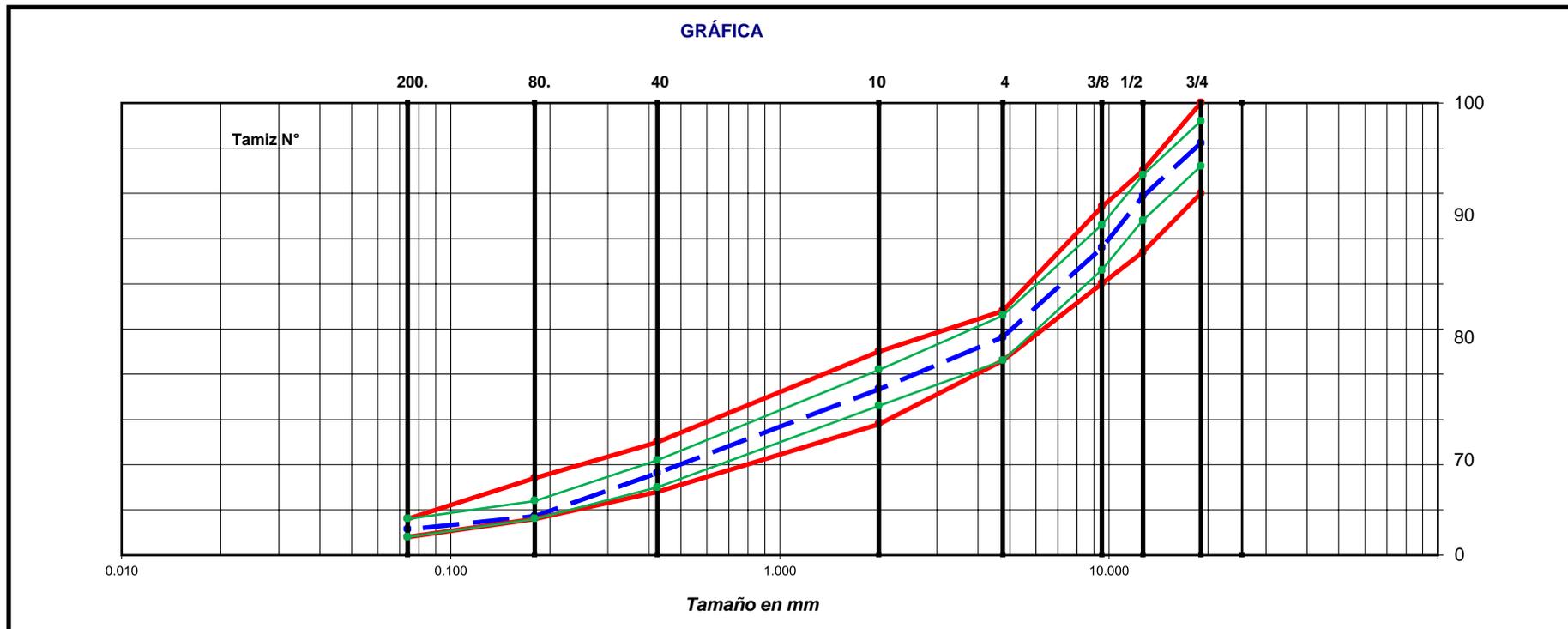
Podemos visualizar en el siguiente esquema, que los vacíos llenos con cemento bituminoso aumento de acuerdo aumenta la proporción de cemento bituminoso en la mezcla.

Tabla N.º 4: Granulometría del diseño asfáltico en 1.0% de P.E.T

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
TAMÍZ (ASTM.)	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	PASA	ESPECIFICACIÓN
1	0	0	100	100
3/4	578	9.2	91.1	85-100
1/2	765.3	12.3	79.3	77-8
3/8	738.6	12.8	68	61-77
Nº4	1287.5	20.5	48.2	43-60
Nº10	221.5	12.3	36.7	25-45
Nº40	358.2	15.5	18.1	14-21
Nº80	185	9.2	8.6	8-17
Nº200	56	2.2	5.7	3-7
<Nº200	109.3	5.3	-	-

Origen: GEOLAB Laboratorio

Esquema N.º 8: Curva granulométrica del diseño asfáltico con 1.0% de PET



Interpretación:

En el esquema N° 8, se puede visualizar los protocolos para el diseño de mezcla asfáltica de acuerdo al MAC-1, podemos observar una línea de color verde, que son los valores que pueden ser aceptados dentro de la granulometría, de la misma manera, tenemos una línea de color azul, que está relacionada con respecto a los agregados, siendo el porcentaje retenido de estos.

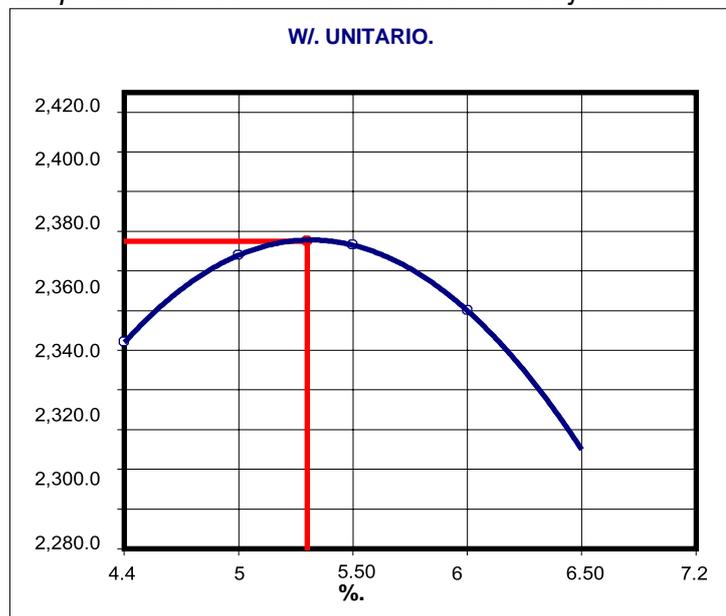
Tabla N.ª 5: Dosificación para diseño Marshall

AGREGADOS	Grueso	Fino	Filler
PORCENTAJE	46%	52%	2%

Origen :Laboratorio GEOLAB

Por consiguiente, se pueden visualizar los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas Marshall para mezclas bituminosas en caliente. Nosotros utilizamos cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN 60/70.

Esquema N.º 9: Peso Unitario vs Porcentaje. C.A.

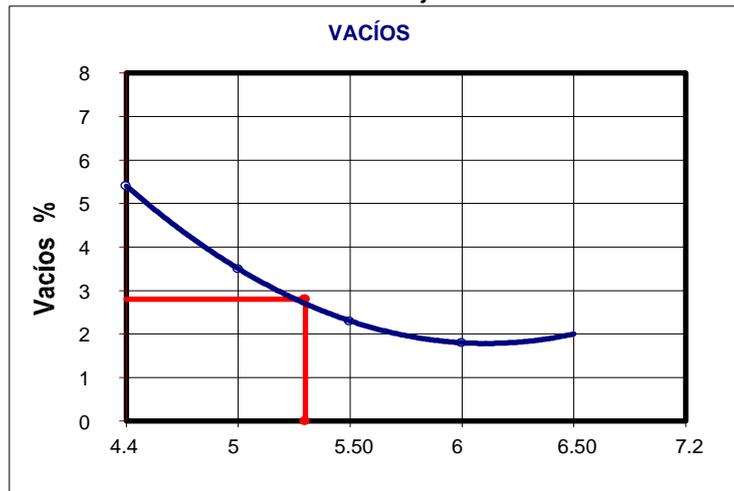


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos observar que teniendo en cuenta los intervalos entre 4.5% y 5.25%, el peso unitario de la mezcla asfáltica se eleva considerablemente, sin embargo, al sobrepasar el valor del 5.25%, esta presenta tendencias a la baja considerablemente, mientras el porcentaje de cemento bituminoso va aumentando

Esquema N.º 10: Vacíos vs Porcentaje de cemento bituminoso

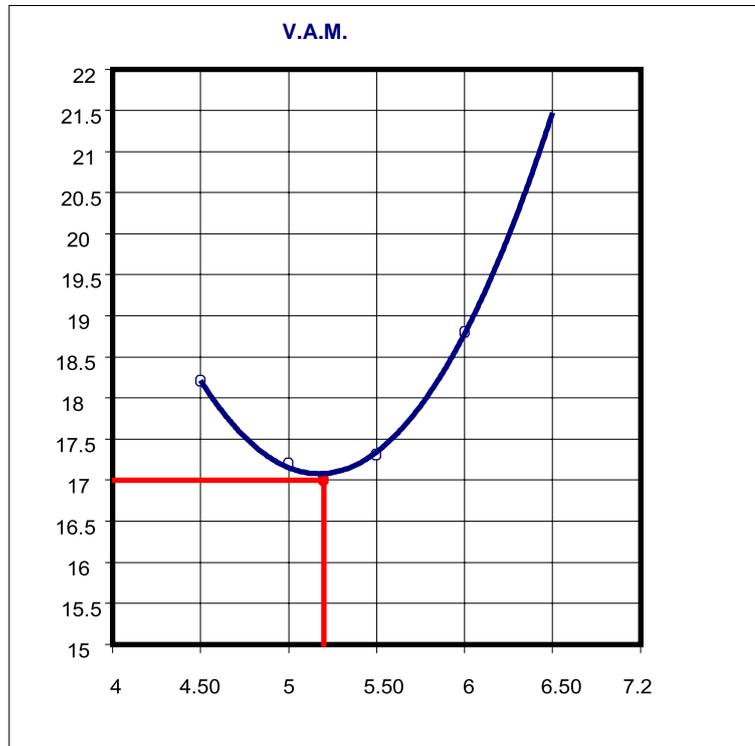


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Se puede visualizar, que a partir de del 4.5% al 6.25%, el porcentaje de vacíos de aire cae considerablemente. Además, se puede visualizar que el contenido de porosidad disminuye, mientras el contenido de cemento bituminoso aumenta, aunque a partir del 6.25%, va aumentando considerablemente.

Esquema N.º 11: Vacíos de Agregados minerales vs Porcentaje de cemento bituminoso.

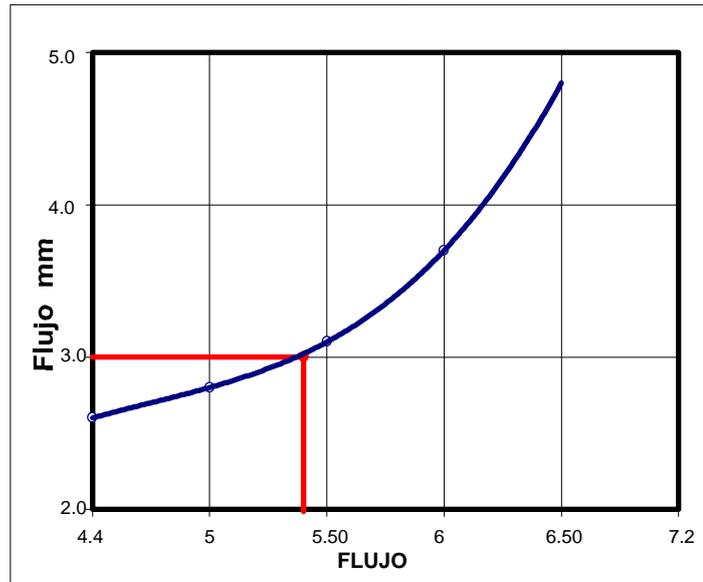


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos visualizar en el esquema N.º 11, que el porcentaje de VMA, comienza con un aumento rondando los 5.25% de cemento bituminoso, y sigue aumentado de acuerdo el porcentaje de cemento bituminoso incrementa.

Esquema N.º 12: Flujo vs Porcentaje de cemento bituminoso

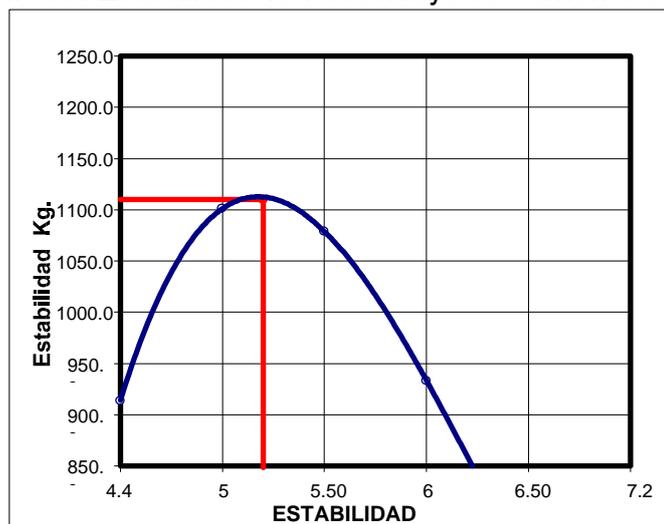


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos observar que el flujo va ascendiendo de acuerdo al porcentaje de cemento bituminoso que está en mayor cantidad. A partir del 5.45% de cemento bituminoso, vemos una cantidad adecuada de flujo en mm.

Esquema N.º 13: Estabilidad vs Porcentaje de cemento bituminoso

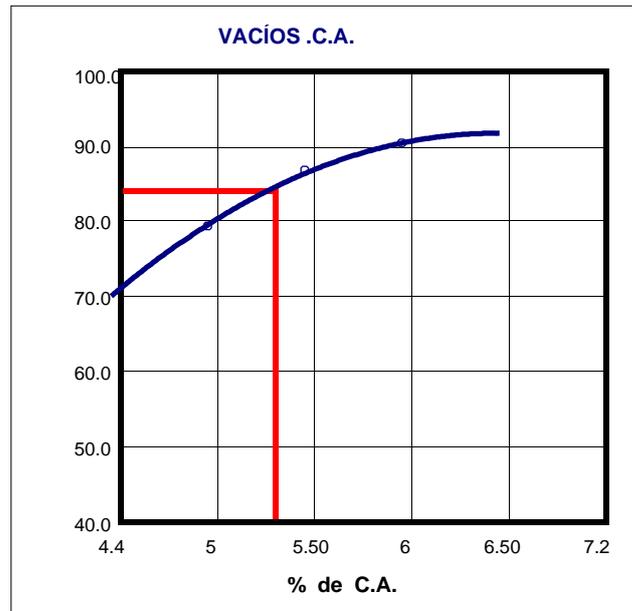


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Se muestra que desde el 4.5% hasta el 5.15% se ve un aumento de la estabilidad, pero pasado el valor de 5.15%, la estabilidad aumenta por lo que está ganando más resistencia.

Esquema N.º 14: Vacíos llenos. C.A. vs Porcentaje. C.A.



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

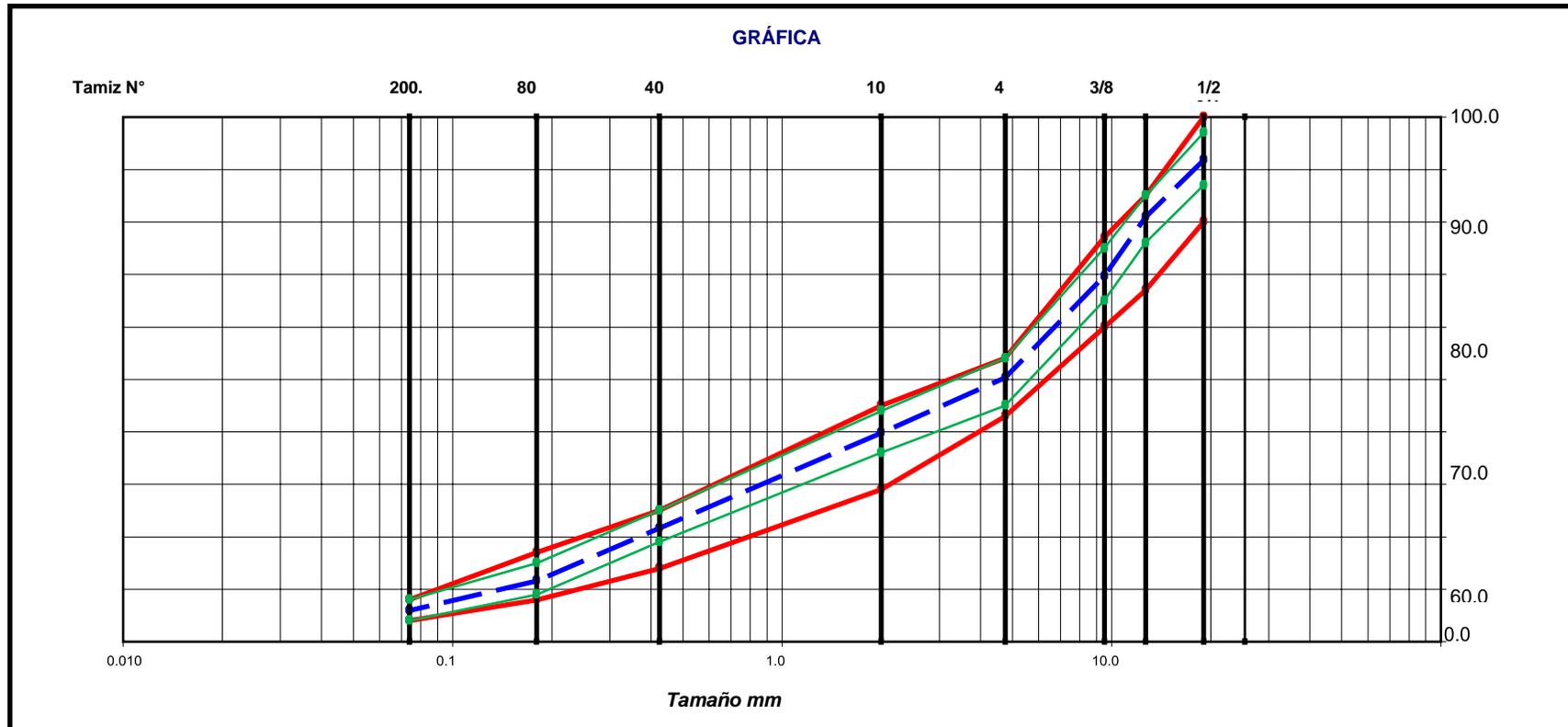
Podemos visualizar que los vacíos llenos de cemento bituminoso aumentan de acuerdo al porcentaje de cemento bituminoso igual va aumentando.

Tabla N° 6: Granulometría del diseño asfáltico con 1.00% de PET

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
TAMÍZ (ASTM.)	PESO RETENIDO.	RETENIDO PARCIAL.	RETENIDO ACUMULADO.	PASA.	ESPECIFICACIÓN.
1	0	0	0	100	100
3/4	518	6	6	92	85-100
1/2	695	9.9	15.9	81.3	77-8
3/8	715	10.8	26.7	70.3	61-77
N°4	1247	20.2	46.9	51.2	43-60
N°10	186	9.8	56.7	41.1	25-45
N°40	366	18.9	75.6	20.9	14-21
N°80	168	10.1	85.7	12	8-17
N°200	121	7	92.7	5.4	3-7
<N°200	99	7.3	100	-	-

Origen: GEOLAB Laboratorio

Esquema N.º 15: Curva granulométrica del diseño asfáltico en 1.50% de P.E.T



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Se puede visualizar los protocolos para el diseño de mezcla asfáltica de acuerdo a la MAC-1, se puede observar una línea de color verde, que son los valores que pueden ser aceptados dentro de la granulometría, de la misma manera, tenemos una línea de color azul, que está relacionada con respecto a los agregados, siendo el porcentaje retenido de estos.

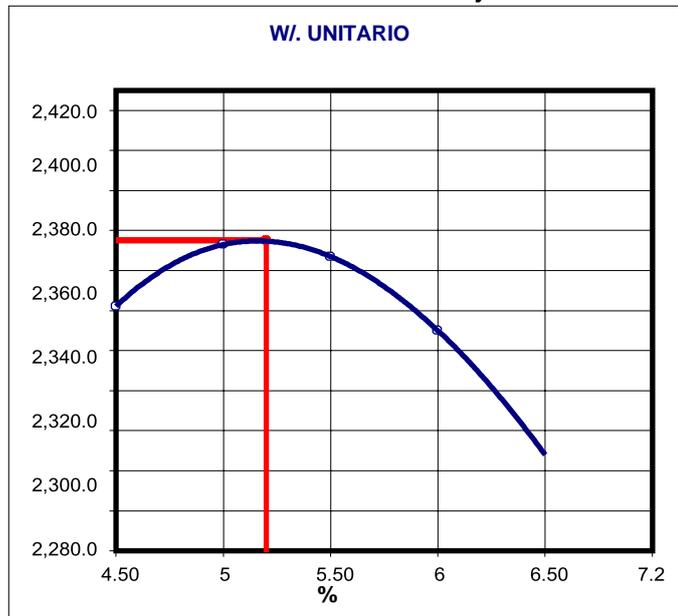
Tabla N.º 7: Dosificación para diseño Marshall

AGREGADOS.	Grueso	Fino	Filler.
PORCENTAJE	46%	52%	2%

Origen: GEOLAB Laboratorio

Por consiguiente, se pueden visualizar los resultados obtenidos de acuerdo a las pruebas Marshall para mezclas bituminosas en caliente. Nosotros utilizamos cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN 60/70. De la siguiente manera se procede a realizar el ensayo Marshall de acuerdo a las normas.

Esquema N° 16: Peso unitario vs Porcentaje de cemento asfáltico

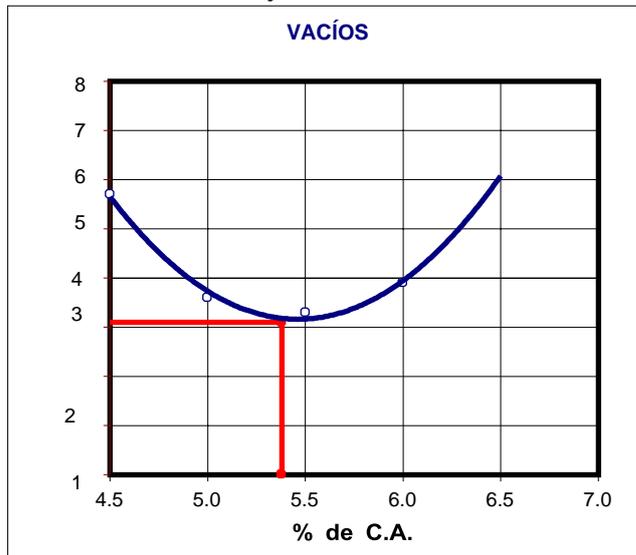


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Podemos observar que teniendo en cuenta los intervalos entre 4.5% y 5.15%, el peso unitario de la mezcla asfáltica se eleva considerablemente, sin embargo, al sobrepasar el valor del 5.15%, esta presenta tendencias a la baja considerablemente, mientras el porcentaje de cemento bituminoso va aumentando

Esquema N° 17: Vacíos vs Porcentaje de cemento bituminoso

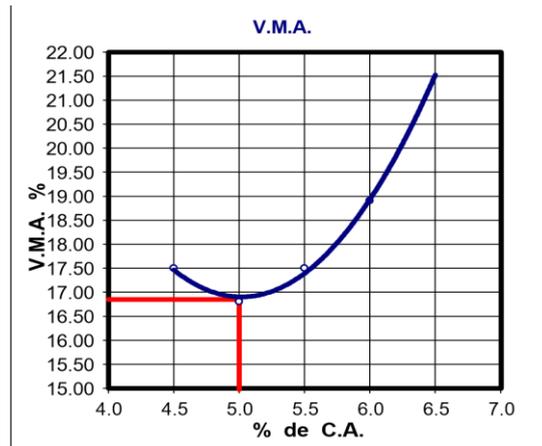


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Se puede visualizar, que a partir de del 4.5% al 5.45%, el porcentaje de vacíos de aire cae considerablemente. Además, se puede visualizar que el contenido de vacíos de aire aumenta considerablemente desde el 5.45% de cemento bituminoso.

Esquema N° 18: Vacíos de agregados minerales vs Porcentaje de cemento bituminoso

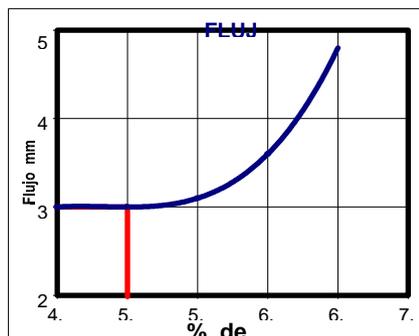


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Podemos visualizar que el porcentaje de VMA, comienza con un aumento rondando los 5.00% de cemento bituminoso, y sigue aumentado de acuerdo el porcentaje de cemento bituminoso incrementa considerablemente.

Esquema N° 19: Vacíos vs Porcentaje de Cemento bituminoso

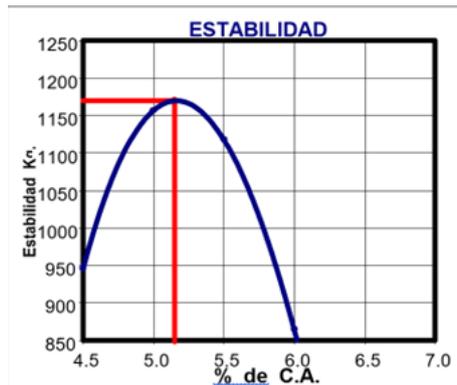


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Se puede visualizar, que a partir de del 4.5% al 6.25%, el porcentaje de vacíos de aire cae considerablemente. Además, se puede visualizar que el contenido de vacíos de aire disminuye, mientras el contenido de cemento bituminoso aumenta, aunque a partir del 6.25%, va aumentando considerablemente.

Esquema N° 20: Estabilidad vs Porcentaje de cemento bituminoso

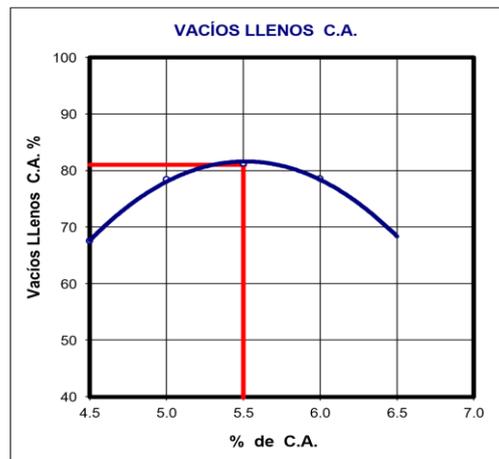


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Se muestra que desde el 4.5% hasta el 5.00% se ve un aumento de la estabilidad, pero pasado el valor de 5.00%, la estabilidad aumenta por lo que está ganando más resistencia.

Esquema N° 21: Vacíos llenos con cemento bituminoso. vs Porcentaje de cemento bituminoso



Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

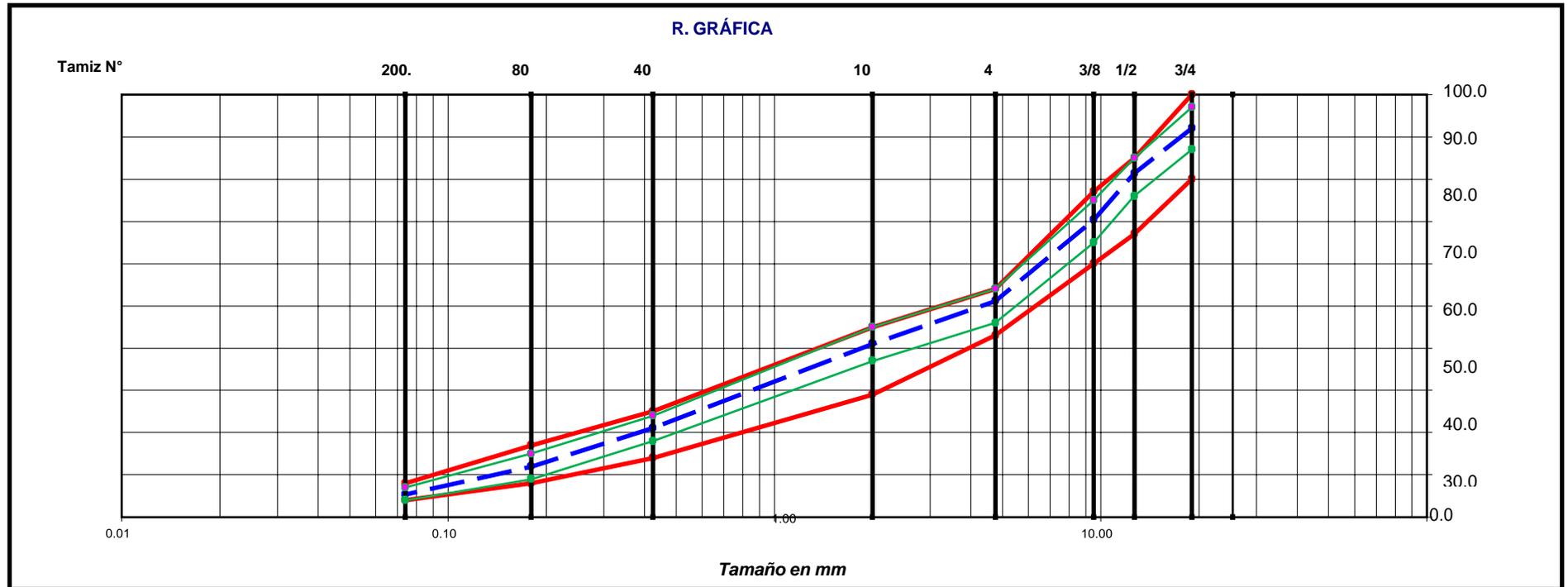
Podemos visualizar que los vacíos llenos de cemento bituminoso tienen un aumento en los intervalos de 4.5% hasta 5.5%, para luego decaer considerablemente.

Tabla N.º 8: Granulometría del diseño de mezcla asfáltica en 2.00% de P.E.T MAC-1

ENSAYO GRANULOMÉTRICO					
TAMÍZ (ASTM.)	PESO RETENIDO.	RETENIDO PARCIAL.	RETENIDO ACUMULADO.	PASA.	ESPECIFICACIÓN.
1	0	0	0	100	100
3/4	518	8	8	92	85-100
1/2	695	10.7	18.7	81.3	77-8
3/8	715	11	29.7	70.3	61-77
Nº4	1247	19.2	48.8	51.2	43-60
Nº10	186	10.1	59	41.1	25-45
Nº40	366	19.9	78.9	20.9	14-21
Nº80	168	9.1	88	12	8-17
Nº200	121	6.6	94.6	5.4	3-7
<Nº200	99	5.4	100	X	X

Origen: laboratorio GEOLAB

Esquema N.º 22: Curva granulométrica del diseño de mezcla asfáltica con 2.00% de P.E.T



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Se puede visualizar los protocolos para el diseño de mezcla asfáltica de acuerdo a la MAC-1, se puede observar una línea de color verde, que son los valores que pueden ser aceptados dentro de la granulometría, de la misma manera, tenemos una línea de color azul, que está relacionada con respecto a los agregados, siendo el porcentaje retenido de estos.

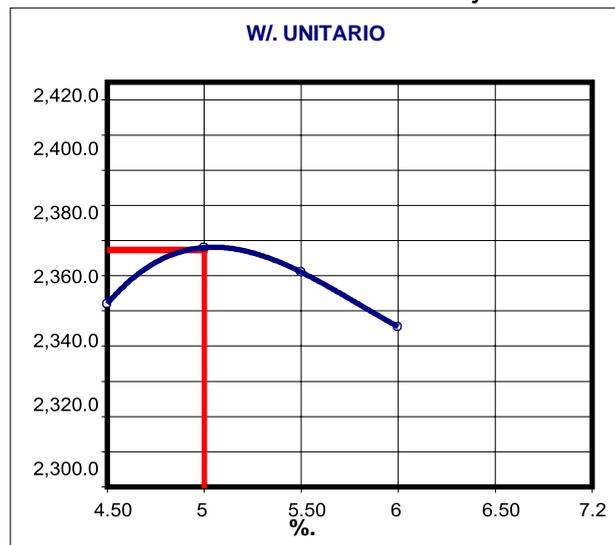
Tabla N° 9: Dosificación para diseño Marshall

AGREGADOS.	Grueso	Fino	Filler.
PORCENTAJE	46%	52%	2%

Origen: GEOLAB Laboratorio

A continuación, se pueden ver los resultados obtenidos de acuerdo a los ensayos Marshall para mezclas bituminosas en caliente. Nosotros utilizamos cantidades de 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de PEN 60/70. De la siguiente manera se procede a realizar el ensayo Marshall de acuerdo a las normas.

Esquema N.º 23: Peso unitario vs Porcentaje cemento bituminoso

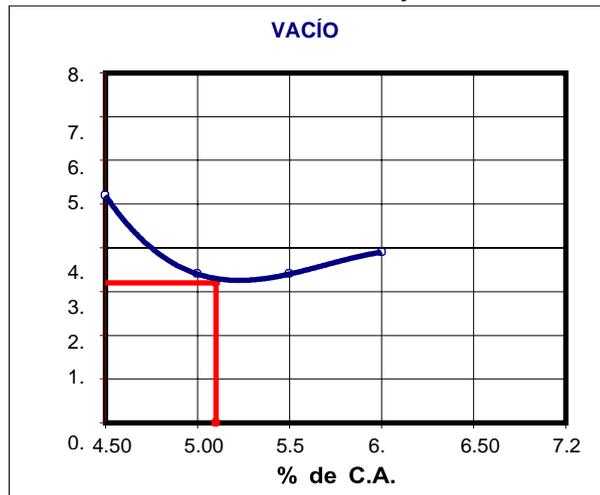


Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos observar que teniendo en cuenta los intervalos entre 4.5% y 5.00%, el peso unitario de la mezcla asfáltica se eleva considerablemente, sin embargo, al sobrepasar el valor del 5.00%, esta presenta tendencias a la baja considerablemente, mientras el porcentaje de cemento bituminoso va aumentando

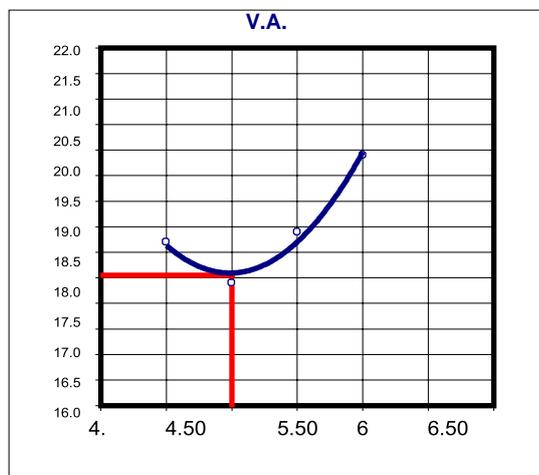
Esquema N.º 24: Vacíos vs Porcentaje de cemento bituminoso



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Se puede visualizar, que a partir de del 4.5% al 5.00%, el porcentaje de vacíos de aire cae considerablemente. Además, se puede visualizar que el contenido de vacíos de aire aumenta considerablemente desde el 5.00% de cemento bituminoso.

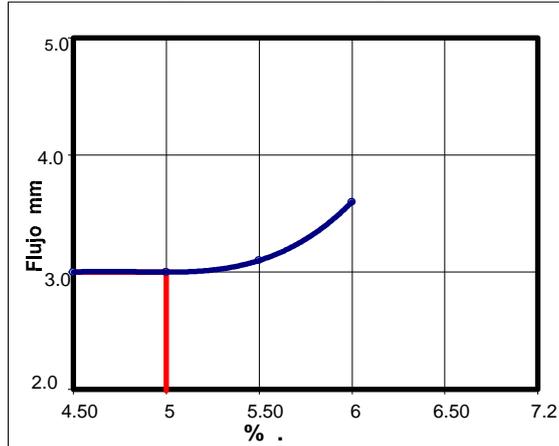
Esquema N.º 25: Vacíos de agregado mineral vs Porcentaje de cemento bituminoso



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Podemos visualizar, que el porcentaje de VMA, comienza con un aumento rondando los 5.00% de cemento bituminoso, y sigue aumentado de acuerdo el porcentaje de cemento bituminoso incrementa.

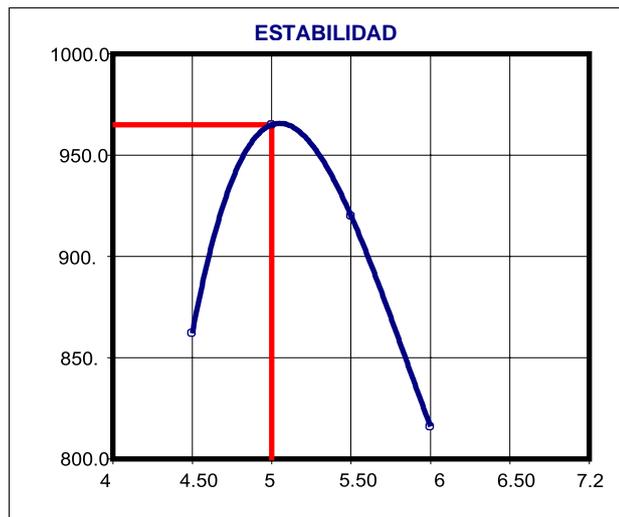
Esquema N.º 26: Flujo vs Porcentaje de cemento bituminoso



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Podemos observar que el flujo se mantiene estable en 3 mm, entre 4.5% y 5.00%, para luego mostrar un aumento considerable.

Esquema N.º 27: Estabilidad vs Porcentaje de cemento bituminoso

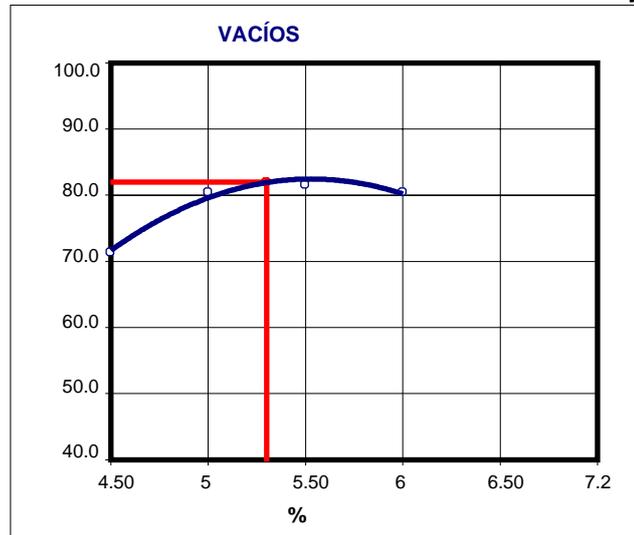


Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación

Se muestra que desde el 4.5% hasta el 5.00% se ve un aumento de la estabilidad, pero pasado el valor de 5.00%, la estabilidad disminuye de una manera considerable y rápida.

Esquema N° 28: Vacíos Llenos. C.A. vs Porcentaje. C.A.



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación

Podemos visualizar que los vacíos llenos de cemento bituminoso tienen un aumento en los intervalos de 4.5% hasta 5.25%, para luego decaer considerablemente.

Luego se procede a realizar qué porcentaje de cemento bituminoso, será el óptimo para añadir a la mezcla bituminosa con 2.00% de tereftalato de polietileno.

Tabla N° 10: Cuadro resumen con 2.00% de PET

Peso de mezcla.	N° de golpes cara a la briqueta	W. específico máx. de probeta (rice)	Vacíos	V.A.M vacío agregado mineral	C.A vacío llenado	Flujo	Estabilidad corregida
4.5	75	2.304	5.2	18.2	71.4	2.8	862
5	75	2.336	3.4	17.4	80.5	3	965
5.5	75	2.322	3.4	18.4	81.6	3.1	920
6	75	2.291	3.9	19.9	80.5	3.6	816
Parámetros	75	-	3-5	min 14	-	2-4	min 815
Unidad		gr/cm ³	%			mm	kg

Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Podemos visualizar que el porcentaje óptimo de cemento bituminoso, con 2.00% de PET es de 5.00%.

A continuación, se compara los resultados del diseño de mezcla estándar y el diseño de mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno.

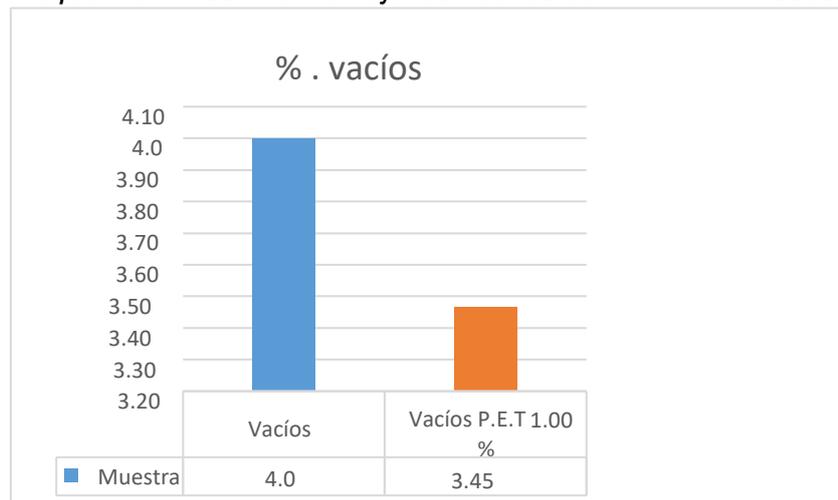
Esquema N.º 29: Peso unitario de M-E Y M-1.00%PET



Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación: Se puede visualizar que el peso unitario de la mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno, es menor que la mezcla estándar por lo cual, no es beneficioso en torno al régimen de los costos.

Esquema N° 30: Porcentaje de vacíos de M-E Y M-1.00%PET



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Se puede visualizar que el porcentaje de vacíos de la mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno, es menor que la mezcla estándar por lo cual, no es beneficioso en torno al régimen de la propiedad mecánica de resistencia.

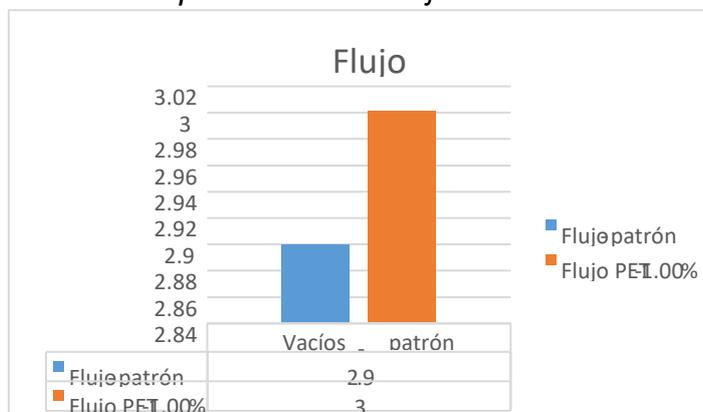
Esquema N.º 31: Estabilidad de M-E Y M-1.00%PET



Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación: Se puede visualizar que la estabilidad de la mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno, es mayor que la mezcla estándar por lo cual, tiene una estabilidad mayor en torno a las deformaciones.

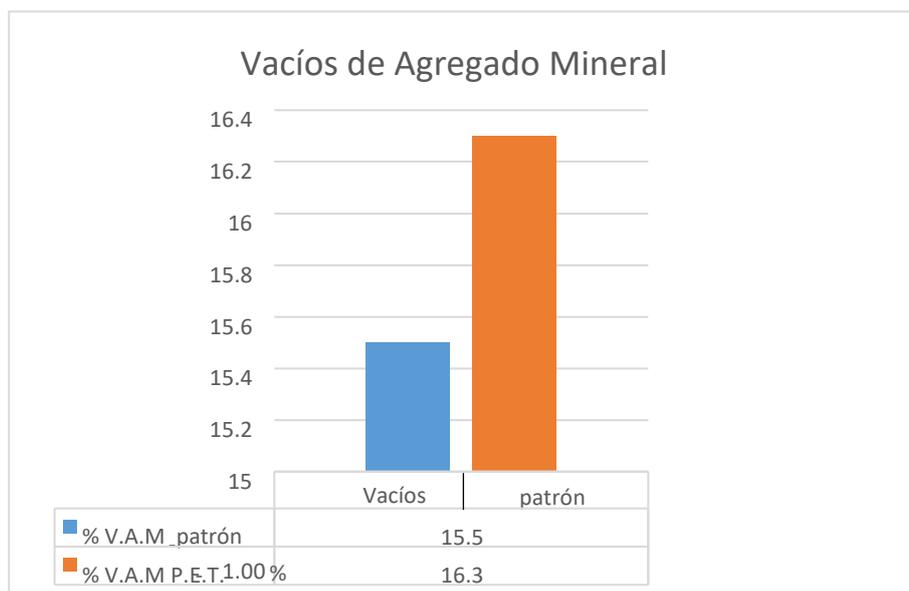
Esquema N.º 32: Flujo de M-E Y M-1.00%PET



Origen: laboratorio GEOLAB

Interpretación: Se puede visualizar que el porcentaje de vacíos de la mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno, es mayor que la mezcla estándar por lo cual, no tendremos ningún problema ya que cumple con lo normas.

Esquema N° 33: Vacíos de agregado mineral de M-E Y M-1.00%PET



Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Se puede visualizar que el porcentaje de vacíos de agregados minerales de la mezcla adicionada con 1.00% de tereftalato de polietileno, es mayor, que la mezcla estándar, por lo cual esto ayuda esto ayudará a evitar futuros desprendimientos, o fisuras del asfalto.

4.3. Porcentaje de PET óptimo que mostrará resultados favorables hacia la mezcla bituminosa

Tabla N° 11: Resumen de los contenidos de cemento bituminoso y PET

	Peso de mezcla	N° de golpes cara a la briqueta	W. específico máx. de probeta (rice)	Vacíos	V.A.M vacío agregado mineral	C.A vacío llenado	Flujo	Estabilidad corregida	Estabilidad flujo
patrón	5.5	75	2.372	4	15.5	74.2	2.93	1022	3487
P.E.T 1%	5.3	75	2.353	3.2	16.2	80.2	3	1183	3988
P.E.T 1.5%	5.3	75	2.349	3.5	16.3	78.7	3	1199	3998
P.E.T 2%	5	75	2.336	3.4	17.4	80.5	3	965	3215
Parámetros		75	x	3-5	min 14	x	2-4	min 815	1400-4000
	Unidad		gr/cm ³		%		mm	kg	kg/cm

Origen: GEOLAB Laboratorio

Interpretación: Como se puede visualizar, tenemos diferentes contenidos de cemento bituminosos y PET, por lo tanto, esto nos lleva a elegir el contenido que más favorece a las propiedades mecánicas. En este caso siendo el 1.00% con 5.30% de cemento bitumen.

† PRUEBA DE HIPÓTESIS

Con el objetivo de obtener nuestra prueba de hipótesis, se empleó el software Microsoft Excel, con el propósito de poder obtener el análisis de la varianza obtenido al adicionar el tereftalato de polietileno en diferentes porcentajes, de 1.00%, 1.50% y 2.00% a la mezcla bituminosa en caliente, en torno a la mejoría de las propiedades mecánicas. Se tomo en cuenta a la mezcla patrón, compuesta de 12 briquetas, la mezcla adicionada con el 1.00% de tereftalato de polietileno, compuesta de igual manera con 12 briquetas, asimismo, la mezcla adicionada con 1.50%, y finalmente, la mezcla adicionada con 2.00%. La hipótesis está compuesta por:

H_0 = El incremento de PET, en 1.00%, 1.50% y 2.00%, no contribuyo significativamente a la mejoría de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente

H_1 = El incremento de PET, en 1.00%, 1.50% y 2.00%, contribuyo fundamentalmente a la mejoría de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente

Se agarro los resultados de la documentación de laboratorio, para poder realizar el ANOVA.

Tabla N° 12: Resumen de los resultados obtenidos del informe de GEOLAB laboratorio

GRUPOS /PATRÓN	5.50%	P.E.T 1% 5.3%	P.E.T 1.5% 5.3%	P.E.T 2% 5%
CUENTA	5	5	5	5
SUMA	4532.6	5193.8	5220.3	4156.8
PROMEDIO	906.58	1039.12	1044.12	831.42
VARIANZA	2274300.42	2977408.8	2993157.56	1890455.7

Origen: Resultados del informe de GEOLAB Laboratorio

Se utilizó los parámetros establecidos en el MTC EG 2013, con el objetivo de poder hacer la comparación y verificación, y poder lograr el cuadro de análisis.

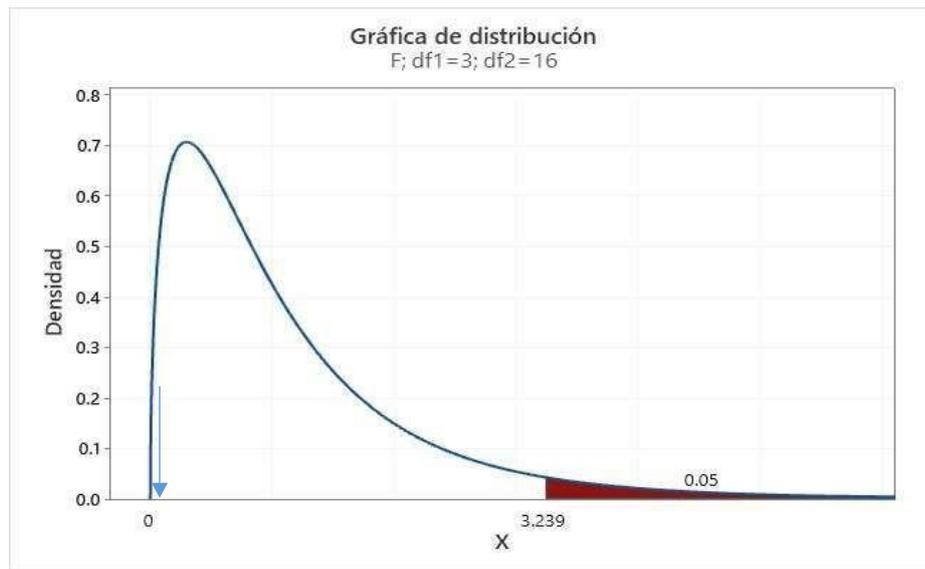
Tabla N.ª 13: Análisis de varianza – Comprobación de hipótesis

ORIGEN DE LA VARIACIÓN	ENTRE LOS GRUPOS	DENTRO DE GRUPOS	TOTAL
SUMA DE CUADROS	163057.5264	40541285.22	40704342.75
GRADOS DE LIBERTAD	3	16	19
PROMEDIO DE LOS CUADROS	54353.1421	2533832.07	
F	0.0214404		
PROBABILIDAD	0.996		
VALOR CRÍTICO PARA F	3.241		

Origen: Propia Elaboración

Descripción: Se visualiza en la tabla, que el valor del estimado probabilístico es 0.996, y alfa es 0.05 más, por lo cual se considera aceptar la Ho (hipótesis nula), la cual dice que las adiciones de 1.00%, 1.50% y 2.00% de tereftalato de polietileno, logra obtener una mejora en las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa en caliente), de la misma manera, solo se toma en cuenta que el 1.00% y 1.50% si lograron obtener mejoría en las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa en caliente, en contraste, con el 2.00%, que no presentó mejoras.

Esquema N° 34: Curva de FISHER



Origen: propia elaboración

Descripción: Se puede observar la curva FISHER, el valor que se obtuvo de la verificación de los grados de libertad fue de 3.235. Por otro lado, el valor de F 0.020, es menor que el valor de 3.234, por lo cual se considera aceptar la H_0 (hipótesis nula), la cual dice que las adiciones de 1.00%, 1.50% y 2.00% de tereftalato de polietileno, logra obtener una mejora en las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa en caliente.

Resultados del objetivo general: Concretar el comportamiento de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole 1.00 %, 1.50% y 2.00% de PET

Tal cual se analiza en la tabla n° 13, también en esquema n° 34, se pudo constatar que al adicionar el polietileno de tereftalato en proporción de 1.00% y 1.50% contribuyo a la regeneración de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente antes de mezcla con un PET total de 1,00° (tabla 11 y tabla 12), por tanto, a tener mayor estabilidad, siempre a mejorar la resistencia. Al proporcionar una mayor fluidez, mejora la resistencia a la fatiga y al mismo tiempo mejora la adherencia y la cohesión al ser más viscoso a altas temperaturas y contraerse a bajas temperaturas (bajas temperaturas).

V. DISCUSIÓN

Se llevaron a cabo diversos intentos con el objetivo de determinar el impacto del tereftalato de polietileno en las propiedades mecánicas del asfalto y cómo contribuye a mejorar la estabilidad y la fluidez de las mezclas asfálticas. Estas evaluaciones se realizaron durante las pruebas de diseño de asfalto a alta temperatura, según lo requerido por el MTC. Arteaga (2019, p. 3) destaca que el tereftalato de polietileno es un elemento estable, resistente al ataque microbiano, no biodegradable, liviano y completamente reciclable en el contexto de la construcción.

Para comprender mejor las propiedades físicas del PET, García (2018, p. 25) señala en su trabajo "Ingeniería fundamental de la planificación de la producción de tereftalato de polietileno" que la densidad de tracción del PET se encuentra en el rango de 1.34 a 1.39 g/cm³. La resistencia varía entre 59 y 72 MPa, y la resistencia al calor se ubica entre 80 y 120 °C, lo cual es relevante para cumplir con el primer objetivo.

De manera similar, es necesario analizar la estabilidad, el flujo y las características de volumen de las mezclas bituminosas tanto sin aditivos como con la adición de tereftalato de polietileno. Ortiz (2018) realizó pruebas utilizando el método Marshall para determinar estas propiedades. Sin embargo, su intento de adición del 4.5% de polímero no cumplió con los parámetros y fue rechazado como reemplazo del cemento. Por otro lado, Forigua y Pedraza (2015) concluyeron en su tesis sobre el diseño de mezclas asfálticas modificadas con PET que el contenido óptimo para adicionar a la mezcla bituminosa en caliente es del 0.4%.

Asimismo, Navarro (2018) buscó elaborar una mezcla bituminosa con adición de PET, evaluando el flujo y la estabilidad para pavimentos asfálticos. Siguiendo las directrices del Manual EG 2013, evaluó tres briquetas para cada contenido de porcentaje, adicionando 0.3% y 0.5% de tereftalato de polietileno mediante el método Marshall. La investigación concluyó que añadir un 0.3% y un 0.5% de PET mejora las propiedades mecánicas de la mezcla bituminosa en caliente.

Considerando los resultados de investigaciones previas, se utilizaron tres briquetas para cada cantidad de porcentaje de mezcla bituminosa en caliente, además de cuatro contenidos de asfalto. Los resultados mostraron que el flujo para la mezcla bituminosa sin adición fue de 2.8 mm, mientras que la mezcla con un 2.00% de tereftalato de polietileno arrojó 3.0 mm. La mezcla con un 1.00% de tereftalato de polietileno también resultó en 3.0 mm.

A continuación, será necesario determinar el porcentaje más adecuado para que la mezcla bituminosa en caliente muestre mejoras en sus propiedades mecánicas. Esto requerirá análisis y ensayos para obtener valores de cada propiedad y compararlos con los parámetros establecidos en el reglamento peruano. Una vez evaluados los porcentajes de tereftalato de polietileno adicionado, se seleccionará el más óptimo. También se definirá el porcentaje de cemento asfáltico PEN 30/70, y se tendrán en cuenta los valores mínimos de estabilidad, flujo y porcentajes de vacíos según la norma MTC E 504 para tránsito medio.

Es importante resaltar la relevancia ambiental de esta investigación, ya que aborda uno de los problemas más significativos de contaminación en la actualidad: la acumulación de plásticos en el entorno. Al reutilizar el tereftalato de polietileno, se contribuye a mitigar este problema.

Sin embargo, la creación de mezclas bituminosas con adición de tereftalato de polietileno también presenta desafíos. Para proyectos a gran escala, se requeriría una cantidad considerable de polímero, lo que a su vez enfocaría la atención en la gestión del reciclaje. La idea es aprovechar el plástico para sacarlo del medio ambiente y darle un nuevo uso.

VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el diseño de la mezcla bituminosa en caliente que se utilizó en la investigación fue para tránsito pesado, el cual tiene parámetros para los agregados y el cemento asfáltico.
2. Se ha establecido que el poliéster de tereftalato de polietileno es un polímero termoplástico con una estructura cuasi-cristalina. Este polímero surge de la reacción de policondensación entre el etilenglicol y el ácido tereftálico. Es un material de naturaleza poliéster que exhibe una superficie de textura uniforme y posee una resistencia excepcional a la tracción. cuando se incorpora a la mezcla de asfalto caliente, contribuye significativamente a la mejora de las características mecánicas de dicha mezcla. Además, desempeña un papel crucial al protegerla de su deterioro prematuro inducido por diversos factores.
3. Se concluyo que la inclusión de PET de buena calidad a razón de 1.00% es la cantidad perfecta, lo que le da mayor estabilidad al 17.3% antes de mezclar de la misma manera, 2.39 agua antes de mezclar en medio, vacíos. con aire al 12,5% y relleno de vacíos con asfalto al 6,00%.
4. Se concluyo que la adición de Polietileno de Tereftalato con 1,00% logro presentar mejoras en las propiedades mecánicas, para un total de 48 briquetas, donde se utilizaron 12 para cada porcentaje de tereftalato de polietileno alcanzando una consistencia de 1022 Kg, una fluidez de 2,93 mm, una fracción de vacíos de 4,00% y una fracción de la cubierta rellena con ligante bituminoso de 74.2%, entretanto el asfalto mezclado con PET relaciona una consistencia de 1199 Kg, una fluidez de 3,00 mm, el porcentaje de huecos 3,50% y la proporción de huecos rellenos con ligante asfáltico de 78,7%.
5. A manera de conclusión global, se decretó que agregando 1.00% PET al asfalto caliente mejora la estabilidad, lo que aumenta su resistencia, y También proporciona una mayor resistencia al agua, lo que se le suma la Resistencia a la fatiga, a la vez que enriqueció la capacidad de adherencia. y relacionados, siendo más viscosos a altas temperaturas y menos a bajas temperaturas (resistencia al calor).

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los futuros investigadores realizar el lavado de las botellas de plástico (PET), para que los ensayos y sus resultados no presenten alteraciones.
2. Se debe ampliar más la población para encontrar resultados más eficientes, además debe cumplir con los requerimientos del MTC EG-2013.
3. Se debe adicionar porcentajes más bajos a la mezcla asfáltica, para así obtener mejores resultados.
4. Se recomienda utilizar PET pulverizado, para obtener mejores resultados, y poder mejorar la adhesión de los agregados.

REFERENCIAS

ARNIDO, Lisseth y DE LA CRUZ, Nayberson. Mejoramiento del pavimento flexible con polímero de la carretera Huaraz-Recuay-Ancash, 2019 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo de Huaraz, 2020. 86 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre del 2022].

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52535>

ARTEAGA, Fernando. Análisis del comportamiento de la Base – Cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Colombia: Universidad católica de Colombia. 2018. 91 pp. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/3lhs>

ARZOLA [et al]. Una vista a los polímeros, su impacto y cómo generar conciencia en la Pontificia Universidad Católica del Perú [en línea]. Blog de la pontificia universidad católica del Perú. 28 de septiembre del 2019. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://shortest.link/3JQt>

ASSESSMENT OF VEHICULAR FUEL CONSUMPTION AND INTERACTION WITH PAVEMENT CHARACTERISTICS USING HDM-4 ON INDIAN URBAN ROAD NETWORK: A CASE OF PUNE CITY por Jain, Bhavesh [et al.]. Case Studies in Construction Materials [en línea]. 2022; 17(6). [Fecha de consulta: 23 de septiembre del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01362>.

ISSN: 2214-5095

AULESTIA, Shane y CHÁVEZ, Samuel. Comparación de propiedades y características mecánicas entre una mezcla asfáltica en caliente normal y una mezcla asfáltica en caliente modificada con polímeros (tapas plásticas

de botellas) por vía seca [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Ecuador: Pontificia universidad católica del Ecuador, 2017.121 pp. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2022].

Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14556>

CANTA, Franklin y VIVAS, Katherine. Diseño de mezclas asfálticas adicionando elastómeros y PET reciclado para cargas de tránsito pesado en vías metropolitanas, Lima 2018 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2018. 245pp. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34380>

CENTENO, Claudia y ROQUE, Ana. Evaluación de la mezcla asfáltica al adicionar plástico PET y PVC reciclado, en la Av. Boulevard 01, distrito Ilo, Moquegua 2022 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2022. 138 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90213>

DYNAMIC FLOWS OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) PLASTIC IN CHINA por Chu, Jianwen [et al.]. Waste management (Elmsford) [en línea]. 2021, 124, 273–282. [Fecha de consulta: 27 de septiembre del 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X21000465>

ISSN: 0956-053X

DUANA, Danae, y HERNANDEZ, Sandra (2020). Data collection techniques and instruments. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA [en línea]. 2020-12. Vol.9. No.17. 3 pp. [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://shortest.link/3Utl>

ISSN: 2007-4913

EFFECT OF WASTE PET STRIPS AS REINFORCEMENT IN CONCRETE UNDER CYCLIC LOADING por Panara, Vimal [et al.]. Cleaner Materials [en línea]. 2022; 6(1). [Fecha de consulta: 24 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100147>

ISSN: 2772-3976

ESCALANTE, Henry e INFANTES, Gilmer. Propiedades de la mezcla asfáltica con adición de residuos plásticos - Nuevo Chimbote, 2019 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Chimbote, 2019. 153 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68226>

ESPINOZA, Eleonora. Universo, Muestra y Muestreo [en línea]. 2016-11. 23 pp. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/yf52>

ESTRADA, Javier y MENDOZA, Yasner. Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía del distrito de Taricá - caserío de San Antonio, Áncash 2019. [en línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 200 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43340>

FLORES, Jhon. Comportamiento mecánico de mezcla asfáltica incorporando caucho por vía húmeda, avenida Perú, Callao, 2018 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil), Lima: Universidad César Vallejo. s.n., 2018. 174 pp. [Fecha de consulta: 27 de septiembre del 2022]. Disponible

en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25348>

GHIASI, Zahra, FAGHIHI, Faramarz y SHAYEGANI-AKMAL, Amir. Artificial Neural Network Approach for Prediction of Leakage Current of polymeric insulator under Non-Uniform Fan-shaped Contamination. Electric Power

Systems Research [en línea]. 2022; 209(13). [Fecha de consulta: 23 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eprs.2022.107920>
ISSN: 0378-7796

GIL, Juan. Técnicas e instrumentos para la recogida de información [en línea]. Madrid: Editorial UNED, 2016. 307 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/yq7c8>

ISSN: 2007-4913

GUZMÁN, Iveth. Lima la ciudad de los huecos y baches [en línea]. Diariocorreo.pe. 15 de mayo del 2016. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://bit.ly/2THFMkp>

HERNÁNDEZ, Arturo [et al.]. Metodología de la investigación científica [en línea]. 1º ed. Els Alzamora. 2018. 174 pp. [Fecha de consulta: 08 de junio de 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/bdb1o>

ISBN: 978-84-948257-0-5

HUAMÁN, Néstor y CHANG, Carlos. The permanent deformation in the asphalt mixtures and the consequent deterioration of asphalt pavements in Peru. Revista Peruana URP Perfiles de Ingeniería [en línea]. 2016. Vol.2 (2016). 9 pp. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/2ucp8>

INNOVATIVE APPLICATION OF WASTE POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) DERIVED ADDITIVE AS AN ANTISTRIPPING AGENT FOR ASPHALT MIXTURE: EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION por Li, Ru [et al.]. Fuel (Xi'an, China) [en línea]. 2021, 300(1). [Fecha de consulta: 25 de septiembre del

2022].

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236121008929>

ISSN: 0016-2361

KENNETH, Tutu y YAW, Tuffour. Warm-Mix Asphalt and Pavement Sustainability: A Review. Revista Scientific Research [en línea]. Vol.6 Núm2. 2016. [Fecha de consulta: 04 de junio de 2022].

Disponible en: https://www.scirp.org/pdf/OJCE_2016030914581022.pdf

ISSN: 2164-3172

KIM, Sonny, YANG, Jidong y ETHERIDGE, Austin. Effects of mix design variables on flexibility index of asphalt concrete mixtures. International Journal of Pavement Engineering (Washington, USA) [en línea]. 2020, 21(10), 1275-1280. Disponible

en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10298436.2018.1538514?journalCode=gpav20>

ISSN: 1029-8436

LEE, Sangyum, PARK, Jeong-Jun y CHO, Byoung Hooi. Management of cavities under flexible pavement road network in metropolitan area: Detection, evaluation and rehabilitation. Developments in the Built Environment [en línea]. 2022; 12(2). Fecha de consulta: 21 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2022.100091>.

ISSN: 2666-1659

LÓPEZ, Carlos y NONATO, Brayan. Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polietileno de tereftalato (PET) en porcentajes de 0.75%, 1% y 1.25%, Nuevo Chimbote, Ancash-2020 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Chimbote, 2020. 153 pp. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60639>

LUGEIYAMU, Lameck, KUNLIN, Ma, MENSAHN, Elvis y FARAZ, Ahmad. Utilization of waste polyethylene terephthalate (PET) as partial replacement of bitumen in stone mastic asphalt. *Construction and Building Materials* [en línea]. 2021;07(09), 3250-3260. [Fecha de consulta: 29 de septiembre del 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125176>
ISSN: 2395-0056

MAHDI, Teyba, SENADHEERA, Sanjaya y GHEBRAB, Tewodros. Effect of PET Size, Content and Mixing Process on the Rheological Characteristics of Flexible Pavement. *Materials* [en línea]. 2022; 15(10). [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ma15103565>
ISSN: 1510-3565

MANUAL DE CARRETERAS, Sección 423 Pavimento de concreto asfáltico en caliente [en línea]. Perú. INN, 2018. 1285 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].
Disponible en: <https://n9.cl/8s68l>

MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES, Sección 05. [en línea]. Perú. INN, 2016. 1269 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://n9.cl/apl74>

MARDONES, Luis [et al]. Evaluation of mechanical properties of asphalt mixtures with incorporation of aramid and polypropylene synthetic fibers. [en línea]. vol.20, n.36. 2018. 18 pp. [Fecha de consulta: 17 de octubre del 2022].
Disponible en: <https://n9.cl/dmae>
ISSN: 2215-3705.

MODERA, Edwin. Comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica densa en caliente con adición de polipropileno [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Colombia: Universidad católica de Colombia, 2018. 80 pp. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://shortest.link/3Utc>

MOLINA, Luis y ORTEGA, Angie. Residuos plásticos automotrices como agregados para concretos y morteros sostenibles. *Gestión y Ambiente*. 2021 [en línea];24(1):1-12. [Fecha de consulta: 23 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://eds.s.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=965c020c-3c49-43d0-8a83-3b87fbd0409c%40redis>

ISSN: 0124-177X

MOSCOSO, Luisa y DÍAZ, Luz. Ethical aspects in qualitative research with children. [En línea]. *Revista Latinoamericana de Bioética*, 18(1), 51-67. 2017. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2022].

Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rlb/v18n1/1657-4702-rlb-18-01-00051.pdf>

ISSN 1657-4702

MUÑOZ, Carlos. Metodología de la investigación [en línea]. 1a ed. México: México DF. 2015. 307pp. [Fecha de consulta: 07 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/8zyymm ISBN 9786074265422>

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Sampling Techniques on a Population Study. *Revista Peruana URP Perfiles de Ingeniería* [en línea]. 2017-07. 6 pp. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/cy0s>

ISSN 0717-9502

PINEDO, Cesar. Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal nuevo shupishiña morales 2016 [en línea]. Tesis (título de ingeniero civil). Tarapoto – Perú: Universidad Cesar Vallejo. 2016. 280 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10332>

RAMÍREZ, Mayra. Influencia del Tiempo de Exposición al Agua en la Resistencia a la Compresión (F´M) de Prismas de Albañilería Fabricados con Ladrillos Artesanales e Industriales de Arcilla en la Ciudad de Arequipa. [En línea]. Tesis (Título para Ingeniero Civil). Perú: Piura. Universidad nacional de Piura. 2018. 159 pp. [Fecha de consulta: 16 de octubre del 2022].

Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/8381>

SILVESTRE, Deyvis. Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de lima2017 [en línea]. Tesis (Título para ingeniero civil) Perú: Universidad Cesar Vallejo de Lima, 2017.118 pp. [Fecha de consulta: 18 de octubre del 2022].

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1506>

TAHERKHANI, Hasan y ARSHADI, Mohammad. Investigating the mechanical properties of asphalt concrete containing waste polyethylene terephthalate. Road Materials and Pavement Design [en línea].2019; 20(2), 381-398. Fecha de consulta: 29 de septiembre del 2022].

Disponible en: [10.1080/14680629.2017.1395354](https://doi.org/10.1080/14680629.2017.1395354)

ULLAURI, Aquiles; FRIEND, Nella y BARZOLA, Julio. Physical-mechanical analysis of asphalt mortars made from recycled materials. [en línea]. vol.10, n.1. 2018. 10 pp. Fecha de consulta: 10 de octubre del 2022]. Disponible en:

<https://n9.cl/sh6w>

ISSN: 2218-3620

URBAN ROAD PAVEMENTS MONITORING AND ASSESSMENT USING BIKE AND E-SCOOTER AS PROBE VEHICLES por Cafiso, Salvatore [et al.]. Case Studies in Construction Materials [en línea]. 2022; 16(64). [Fecha de consulta: 20 de septiembre del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00889>

ISSN: 2214-5095

VERGARA, Delkis, RUIZ, Leopoldo y MARÍN, Nacarí. Definición de metodología para la fabricación de material compuesto a base de polietileno de tereftalato y virutas metálicas. Congreso Virtual APANAC [en línea]. Junio 2021; pp. 156-162. [Fecha de consulta: 26 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/apanac/article/view/3068/3728>
ISSN: 2805-1807

VIZCARRA, Carla. Evaluación de un modelo mejorado de capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado en Arequipa. Tesis (Doctora en Ciencias y Tecnologías mediambientales). Perú: Universidad nacional de San Agustín de Arequipa, 2020. 112 pp.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11110/UPvivecj.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ZÚÑIGA, Rosa. Mezcla asfáltica en caliente [en línea]. Laboratorio de vialidad. Artículo de investigación. 2015. 26 pp. [Fecha de consulta: 09 de octubre del 2022].

Disponible en: <https://n9.cl/0abc1>

ANEXOS

Tabla N°19 Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Qué efecto generara la adición de polímeros en polvo en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% a las propiedades mecánicas del asfalto en caliente?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICO</p> <p>¿Cuáles son las características físicas de los polímeros?</p> <p>¿Cuál es el flujo y estabilidad de la mezcla estándar y modificada?</p> <p>¿Cuál es el contenido óptimo de polímero que generara mayores aportes a la mezcla asfáltica en caliente?</p> <p>¿Cuál es el costo de una briqueta estándar y una briqueta modificada con polímero?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el efecto de las propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo, en porcentajes de 1%, 1.5% y 2%, Nuevo Chimbote-2022.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar las características físicas de los polímeros.</p> <p>Determinar el flujo y la estabilidad de la mezcla estándar y alterada.</p> <p>Determinar el contenido óptimo de polímero que generara mayores aportes a la mezcla asfáltica en caliente.</p> <p>Determinar el costo de una briqueta estándar y una briqueta modificada con polímero.</p>	<p>La adición de polímeros en polvo en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% mejorara las propiedades mecánicas del asfalto en caliente.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Polímeros</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Propiedades físicas ○ Dosificación <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Propiedades mecánicas del asfalto en caliente.</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Características volumétricas ○ Propiedades mecánicas 	<p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <p>Aplicada</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Experimental: Cuasi Experimental</p> <p>ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN:</p> <p>Cuantitativa</p> <p>POBLACIÓN:</p> <p>Se considerará 48 briquetas</p> <p>TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS:</p> <p>Observación.</p> <p>INSTRUMENTOS:</p> <p>Protocolos.</p>

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables

Tabla N°20 Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Polímeros	Para Arzola [et al] (2019, párr. 3) Morfológicamente es definido como un grupo de cadenas moleculares, se clasifican en 4 criterios, en este caso se eligió según su comportamiento térmico, lo cual hace referencia al cambio según altas temperaturas, el plástico es un elemento impermeable por su naturaleza, es ligero y reciclable.	Sera determinada mediante las propiedades físicas y el Diseño de mezcla, este último se encargará de realizar las proporciones indicadas según corresponda.	Propiedades físicas	Peso específico	Razón
				Granulometría	
			Dosificación	M-estándar	
				M-1.5% de polímero	

				M-2% de polímero	
--	--	--	--	------------------	--

Propiedades mecánicas del asfalto en caliente	Definido como el conjunto de características de la mezcla asfáltica en caliente, las cuales reaccionan al ser sometidas a fuerzas externas (Centeno y Roque, 2022, p.11)	<ul style="list-style-type: none"> Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos MTC E 204 (ASTM C136-06) Contenido de humedad total de los agregados por secado MTC E 215 (ASTM D-2216) Gravedad específica y absorción de agregados finos MTC E 205 (ASTM C-127) Peso específico y absorción de agregados gruesos MTC E 206 (ASTM C-127) Abrasión los Ángeles MTC E 207 Partículas chatas y Alargadas ASTM 4791 Caras fracturadas MTC E 210 	Características volumétricas	Gravedad específica	Razón
				Vacíos en los agregados	
				Vacíos en la mezcla	
			Propiedades mecánicas	Durabilidad	
				Estabilidad	

		<ul style="list-style-type: none">• Equivalente de arena MTC E 114• Diseño de mezcla• Ensayo Marshall MTC E 504 – AASHTO T-245(ASTM D-1559)	<table border="1"><tr><td>Resistencia a la fatiga</td></tr><tr><td>Adhesión y Cohesión</td></tr></table>	Resistencia a la fatiga	Adhesión y Cohesión
Resistencia a la fatiga					
Adhesión y Cohesión					

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 3: ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

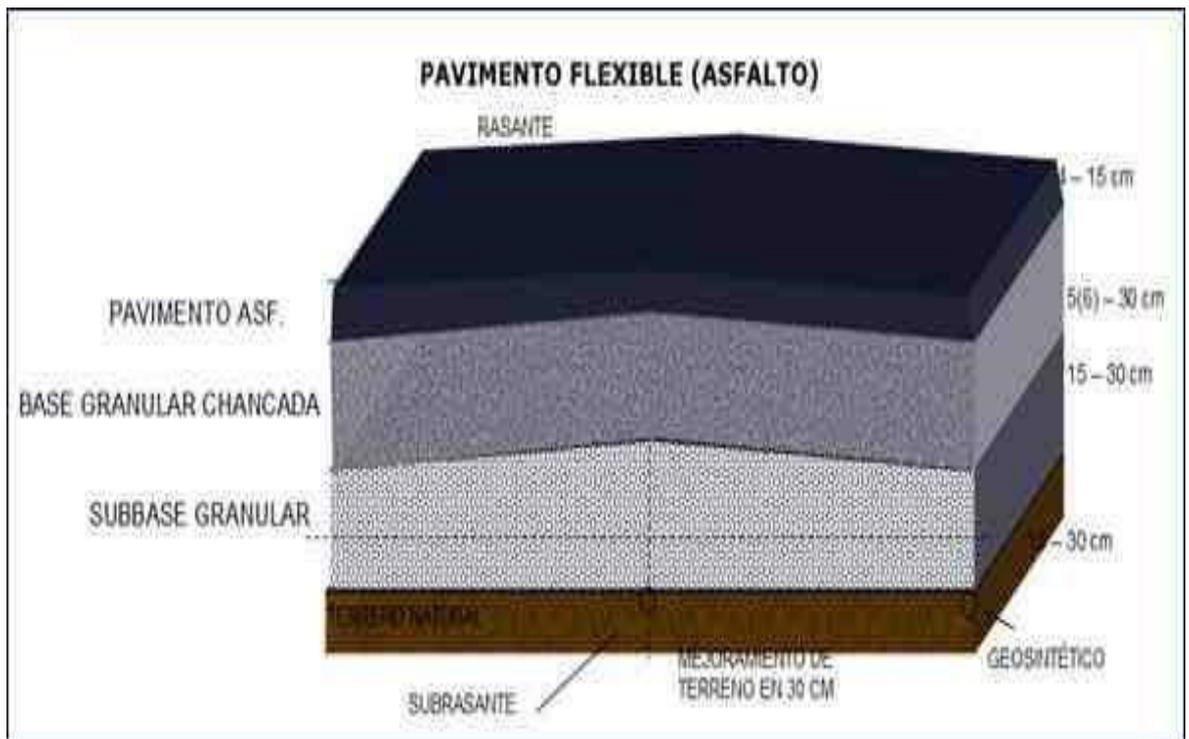


Figura 35: Estructura del pavimento

ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



OFICINA: MZ. C LOTE 6 PP.JJ. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - RUC:20604190640
CELULAR: 954877150 - 945417124 e-mail: wilze822@hotmail.com

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SALES SOLUBLES TOTALES

DATOS DE LA MUESTRA

TESIS "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polimeros en polvo en porcentajes de 11.5 y2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"

UBICACIÓN CERNA MELITÓN LUIS ENRIQUE

TESISTAS HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

F. MUESTREO: 20/10/2022

FECHA: 22/10/2022

MUESTRA CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)

MUESTRA GRAVA		1	2	
Peso de Tara	(gr)	170.23	169.12	
Peso tara + agua + sal	(gr)	219.33	220.01	
Peso tara + sal	(gr)	170.24	169.13	
Peso sal	(gr)	0.005	0.010	
Peso agua	(gr)	49.10	50.88	
Sales solubles totales	(%)	0.010	0.020	
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)			0.015	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
CIP N° 195373
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



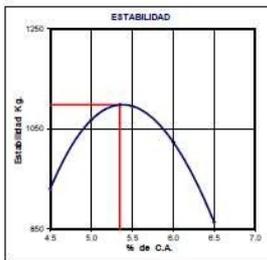
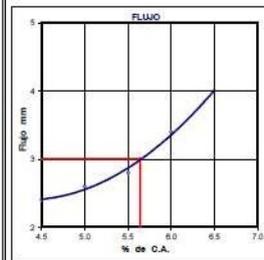
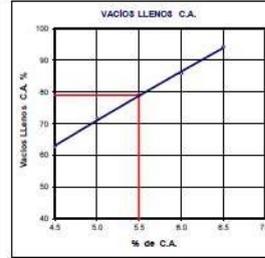
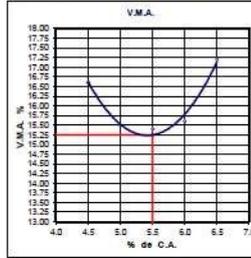
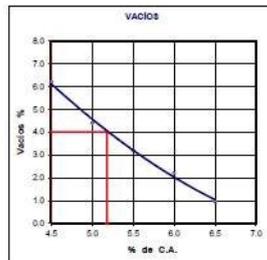
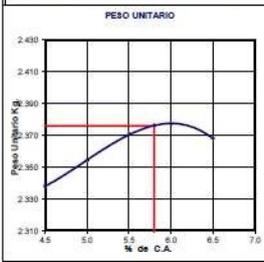
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

TESIS "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento,
 Ubicación : Nuevo Chimbote-2022"
 TESISTA : CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
 HIPOLITO SUAREZ YONAIKER
 CANTERAS ARENA GRUESA : CHERO

VERSION TECNICO N.Z.S
 INO^o RESP. W.Z.S.
 FECHA 22/10/22

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)



RESUMEN DE RESULTADOS

	-0.3%	ÓPTIMO 0.2%	+0.3%	ESPECÍFICO
GOLPES POR LADO	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	5.10	6.40	6.70	(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO	2.358	2.372	2.374	
VACIOS	4.2	4.0	3.9	3 - 6
V.M.A.	18.2	15.5	15.5	Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A.	72.1	74.2	83.9	
FLUJO	2.60	2.90	2.7	2 - 4
ESTABILIDAD	1092	3022	1091	Mín. 816
ESTABILIDAD / FLUJO	4162	3487	4004	2960 - 4000
ÍNDICE DE COMPACTABILIDAD	8.36	8.38	8.41	Mín. 6
ESTABILIDAD RETENIDA	90.1	90.4	90.7	Mín. 75

DOSIFICACION
 Grava Triturada 3/4"-3/16" Cantero Pancho Medina 16.6%
 Arena Triturada 3/18" - Cantero Pancho Medina 31.6%
 Arena Gruesa Cantero La Carbonera (Chero) 24.6%
 Gravela Triturada 1/2"-3/16" Cantero Pancho Medina 26.6%
 Polvo mineral Filler Cal 2.0%

ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO	
PESO UNIT.	5.80
VACIOS	5.18
ESTABILIDAD	3.55
PROMEDIO	5.4

Cemento Asfáltico PEN 80 - 70

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 CIP N° 195373
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

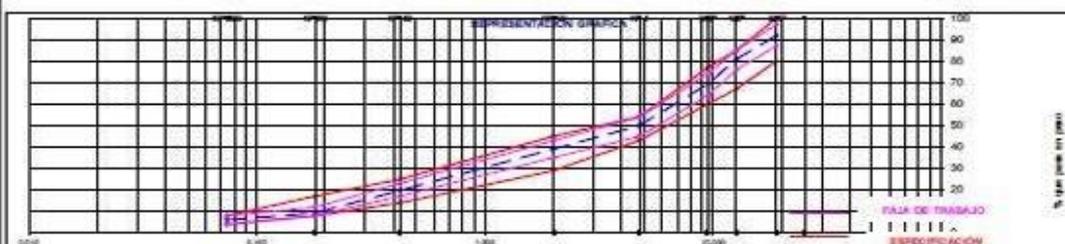
RES: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento,
Nueva Chimbote-2022"
UBICACION: Nueva Chimbote-2022
RESISTA: CERNA MELITÓN LUIS ENRIQUE
HIPOLITO SUAREZ YONAIKER
CANTERAS ARENA GRUESA: CHERO

VERSION: N.Z.S
TÉCNICO: W.Z.S.
IMP. RESP.:
FECHA: 20/10/22

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 50", CANTERA MECANA (HUAMBACHO)

Diseño C.A. 5.0 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	HP200	Peso Mat. S/Laver	g	
ABERTURA EN mm	25.400	19.050	12.700	8.500	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	g	
PESO RETENIDO	g	505.0	721.1	747.3	1207.4	201.8	207.1	195.0	80.4	112.9	Peso Mat. Lav + Filtro	g	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	3.1	11.1	11.5	18.5	19.3	19.5	3.2	6.1	Peso de Asfalto	g	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	3.1	14.2	25.7	44.2	63.5	83.0	86.2	92.3	Peso inicial de Filtro	g	
PASA	%	100.0	96.9	88.9	88.5	81.5	80.7	80.5	96.8	100.0	Peso final de Filtro	g	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	87-95	80-77	65-84	29-46	14-25	0-17	4-8	TRACCIÓN	%	
ASFALTO LÍQUIDO												327.8	
TRAMO ASFALTADO													8660.0



			5.0	5.0	5.0	5.0
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.50	47.50	47.50	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.50	46.50	46.50	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTADO APARENTE		1.005	1.005	1.005	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - SUELO		2.679	2.679	2.679	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - SUELO		2.671	2.671	2.671	
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1206.3	1205.8	1206.2	
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1207.3	1206.9	1206.9	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	g	883.8	883.5	883.8	
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	513.4	511.5	512.5	
13	PESO DE LA PARAFINA (10-8)	g	0.0	0.0	0.0	
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13% parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (13-14)	c.c.	513.4	511.5	512.5	
16	PESO ESPECÍFICO SUELO DE LA BRIQUETA (8-15)	g/c.c.	2.349	2.356	2.359	2.354
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.483	2.483	2.483	
18	VACÍOS (17-16)/10017	%	4.8	4.4	4.2	4.4
19	PESO ESPECÍFICO SUELO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5+6+7+8+16)		2.679	2.679	2.679	
20	M.M.A. 100-2+3+4+16/18	%	16.7	16.8	16.3	16.5
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100/20+18/20	%	72.3	73.1	74.2	73.1
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4+5+6+7+8+16)		2.680	2.680	2.680	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/20+18/22+18)	%	-0.16	-0.16	-0.16	
24	CEMENTO ASFALTADO EFECTIVO (1-23/2+3+4+18)	%	5.15	5.15	5.15	
25	FLUIDO	mm	3.7	2.6	2.8	2.8
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1024	866	1187	
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	%	1.00	1.64	1.00	
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1024	866	1187	1060
29	ESTABILIDAD FLUIDO	g/cm	3793	3355	4804	4111

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
CIP N° 195373
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

RES: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"
 UBICACIÓN: CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
 RESISTA: HIPOLITO SUÁREZ YONAIKER
 CANTERAS ARENA GRUESA: CHAO
 CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4": CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)

VERSIÓN: N.2.3
 FECHAS: W.2.3.
 ROP. REP.:
 FECHA: 20/03/22

Diseño C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO		
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr.	
ABIERTURA EN mm	25.500	19.000	12.700	9.500	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	gr.	0	52.0	72.1	747.3	1267.4	201.8	357.1	195.0	60.4	112.9	Peso Mat. Lav. <Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	0.1	11.1	11.5	19.5	10.8	19.2	10.5	3.2	6.1	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	0.1	19.2	30.7	50.2	61.0	80.2	90.9	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	91.9	80.8	69.3	49.5	39.0	19.8	9.3	6.1	Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACIÓN	%	100	30-100	67-85	60-77	40-54	28-45	14-26	8-17	4-8	Peso de Filtro	gr.	
ASFALTO LÍQUIDO											FRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr.
												327.0	
												6500.3	



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIGUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.41	47.41	47.41		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.15	46.15	46.15		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.679	2.679	2.679		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671		
8 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRIGUETA AL AIRE	gr.	1299.0	1213.5	1299.0		
10 PESO DE BRIGUETA AL AIRE (SATURADO)	gr.	1299.6	1214.4	1299.6		
11 PESO DE LA BRIGUETA EN AGUA	gr.	696.7	700.0	696.7		
12 VOLUMEN DE LA BRIGUETA (10-11)	c.c.	504.0	513.0	507.9		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/9) (an/9w)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRIGUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	c.c.	504.0	513.0	507.9		
16 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIGUETA (9/15)	gr/c.c.	2.377	2.363	2.374	2.371	
17 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.451	2.451	2.451		
18 VACÍOS (17-16)/(10-17)	%	3.9	3.8	3.1	3.3	3 - 8
19 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(16-17+18)		2.679	2.679	2.679		
20 V.M.A. (100-2+3+4)/(19-18)	%	18.1	18.0	18.2	18.3	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. (100/20-19/20)	%	81.3	78.3	80.7	80.1	
22 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(19/17+18)		2.677	2.677	2.677		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/19-22)/(22-19)	%	-0.04	-0.04	-0.04		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (100/21-3+4/100)	%	5.54	5.54	5.54		
25 FLUJO	mm	2.7	2.9	2.8	2.8	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1081	1106	1069		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1124	1106	1066	1096	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO	kg/mm	4164	3814	3771	3916	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 C.I.P. Nº 195373
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

TÍTULO	"Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"	VERSION	N.21
UBICACION	CERVA MELTON LUIS EMPQUE	TECNICO	N.21
PROYECTISTA	HIPOLITO SUAREZ YONAKER	REP. RESP.	N.21
CANTONAS ARENA GRUESA:	CHAO	FECHA	20/10/22
CANTONAS PIEDRA CHANCADA 3/4", CANTONAS MEDIA (RAMBACI)			

Diseño C.A. 6.0%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO			
TAMBE ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 100	Nº 200	Nº 300	Paño 1000 S/Lavado	gr	
ABERTURA En mm	25.400	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.250	0.075	0.075	0.075	Paño 1000 Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	525.2	771.1	747.3	1307.4	2011.8	3071	1061.0	351.4	112.8	Paño 1000 Lav + Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.1	11.1	11.8	18.8	45.8	76.2	10.8	5.2	3.1	Paño de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.1	19.2	30.7	49.2	95.0	141.2	157.0	162.2	165.3	Paño 1000 de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	91.9	88.9	88.2	81.2	54.2	23.8	8.2	5.1	4.9	Paño 1000 de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	87-95	80-77	60-54	35-45	14-25	5-17	4-8	4-8	Paño de Filtro	gr	
ASFALTO LIQUIDO												FRACCION	%	
FRASCO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														6580.0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRQUETAS	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.	
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.16	47.16	47.16		
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.90	45.90	45.90		
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.508	1.508	1.508		
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.678	2.678	2.678		
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.671	2.671	2.671		
8. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140		
9. PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1383.4	1388.0	1386.0		
10. PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1383.0	1388.0	1386.0		
11. PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	897.0	896.5	798.0		
12. VOLUMEN DE LA BRQUETA (V _B)	cc	536.8	537.3	536.1		
13. PESO DE LA PARAFINA (W _P)	gr	0.0	0.0	0.0		
14. VOLUMEN DE PARAFINA (V _P)	cc	0.0	0.0	0.0		
15. VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESAFRAMELADO (V _B -E)	cc	536.8	537.3	536.1		
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (S _B)	gr/cc	2.578	2.578	2.580	2.577	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.421	2.421	2.421		
18. UNIDAD (17-15/100)T	%	3.3	3.3	3.3	3.3	
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (S _T -E) (S _T -E) (S _T -E)		2.678	2.678	2.678		
20. V.M.A. (18-4) (17-15/100)T	%	16.7	16.8	16.4	16.8	
21. UNIDAD LLENDE CON C.A. 100% (15/100)T	%	36.3	36.2	37.6	36.8	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (S _T -E) (S _T -E) (S _T -E)		2.678	2.678	2.678		
23. C.A. AGREGADO POR AGREGADO TOTAL (100% (15/100)T)	%	4.58	4.58	4.58		
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (100% (15/100)T)	%	0.56	0.56	0.56		
25. FLUIDO	mm	3.3	3.3	3.3	3.3	
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	860	862	860		
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.09	1.04	1.04		
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1074	860	1068	1074	
29. ESTABILIDAD FLUIDO	kg/mm	628	1060	603	628	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO

[Firma]
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 CIP Nº 195373
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 DE ADION DE PET)

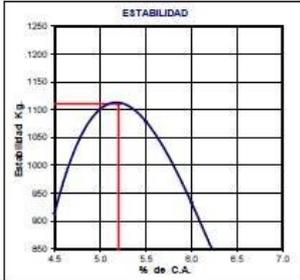
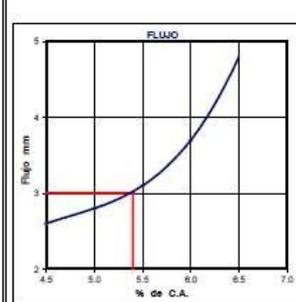
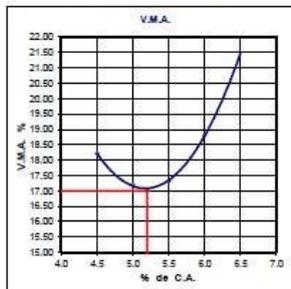
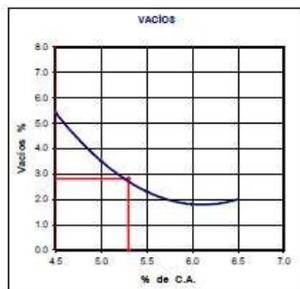
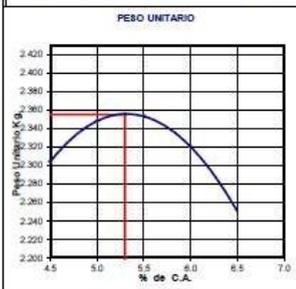
TESIS "Propiedades mecánicas del asfalto en callete adiciéndole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"

UBICACION : CHERO
 TESISTA : CHERNA MELITON LUIS ENRIQUE
 HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

VERSION :
 TÉCNICO : N.Z.S
 INO° RESP. : W.Z.S
 FECHA : 24/L/22

CANTERAS ARENA GRUESA : CHERO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)



RESUMEN DE RESULTADOS

	-0.3%	ÓPTIMO W.C.A.	+0.3%	ESPECÍFIC.
DOLPES POR LADO	75	75	75	76
CEMENTO ASFÁLTICO	5.00	6.30	5.60	(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO	2.341	2.353	2.354	
VACIOS	3.5	3.2	2.3	8 - 6
V.M.A.	17.2	16.2	16.7	Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A.	79.5	80.2	86.6	
FLUJO	2.80	3.00	2.50	2 - 4
ESTABILIDAD	1101	1183	1079	Mín. 816
ESTABILIDAD / FLUJO	393.3	398.8	431.6	2860 - 4000
INDICE DE COMPACTABILIDAD	8.19	8.22	8.24	Mín. 6
ESTABILIDAD RETENIDA	92.3	92.5	92.8	Mín. 78

DOSIFICACION

Grava Triturada 3/4"-3/16" Cantera Pancho Medina 15.6%
 Arena Triturada 3/16" - Cantera Pancho Medina 51.6%
 Arena Gruesa Cantera La Carbonera (Chero) 23.8%
 Gravilla Triturada 1/2"-3/16" Cantera Pancho Medina 28.6%
 Relleno mineral Filler Cal 2.0%
 Cemento Asfáltico PEN 60 - 70 0.76%

ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO

PESO UNIT.	5.30
VACIOS	5.30
ESTABILIDAD	5.20
PROMEDIO	5.3

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 CIP N° 195373
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

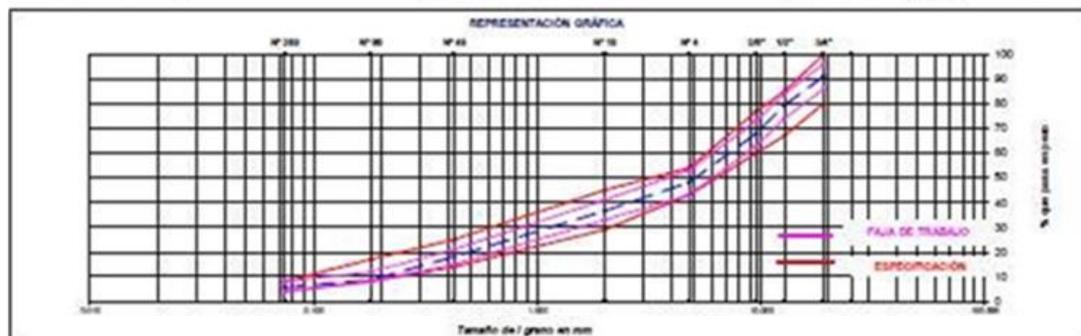
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (DISEÑO PATRON)

RES: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento,
 Ubicación: Nuevo Chimbote-2022"
 RESISTA: CEPNA MELITÓN LUIS ENRIQUE
 IBOLITO SUAREZ YONAIKER
 CANTERAS ARENA GRUESA: CHERO
 CANTERAS PIEDRA CHANCADA 5/8": CANTERA NECKA (HUAMBACHO)

VERSION: N.23
 TECNICO: W.Z.S.
 SUP. RESP.:
 FECHA: 12/10/22

Diseño C.A. 4.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
TAMÉ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavado	gr	
ABERTURA EN mm	25.40	19.05	12.50	9.52	4.75	2.00	0.425	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	879.0	789.3	736.6	1387.5	221.5	359.2	189.0	109.0	Peso Mat. Lav. + Fibras	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	3.8	11.6	11.4	18.0	11.8	10.6	3.8	3.7	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	3.8	20.7	32.0	51.8	63.3	61.9	61.4	64.3	Peso inicial de Fibras	gr	
PASA	%	100.0	91.1	79.3	68.0	48.2	36.7	18.1	3.8	3.7	Peso final de Fibras	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	80-100	67-85	60-77	40-54	29-46	14-25	3-17	4-8	Peso de Fibras	gr	
ASFALTO LÍQUIDO											PRACCIÓN	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	49.70	49.70	49.70	49.70	
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	45.04	45.04	45.04	45.04	
4. PULVER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.36	0.36	0.36	0.36	
5. PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675	
7. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695	
8. PESO ESPECÍFICO PULVER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9. PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1192.3	1194.5	1194.5	1194.5	
10. PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1194.1	1194.1	1194.0	1194.0	
11. PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	679.0	679.0	679.0	679.0	
12. VOLUMEN DE LA BRIQUETA (V _B)	cc	519.1	521.1	519.0	519.0	
13. PESO DE LA PARAFINA (V ₀)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
14. VOLUMEN DE PARAFINA (V ₀ ρ _w)	cc	0.0	0.0	0.0	0.0	
15. VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (V _B)	cc	519.1	521.1	519.0	519.0	
16. PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (ρ _B)	gr/cc	2.297	2.296	2.299	2.294	
17. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.435	2.435	2.435	2.435	
18. VACÍOS (V _V)	%	6.7	6.7	6.7	6.4	3 - 8
19. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉)		2.660	2.660	2.660	2.660	
20. V.M.A. 100(ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉)	%	18.4	18.4	17.6	18.2	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉)	%	88.3	89.0	75.0	76.4	
22. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉)		2.610	2.610	2.610	2.610	
23. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100(ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉))	%	-1.12	-1.12	-1.12	-1.12	
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (ρ ₃₊₄₊₅₊₆₊₇₊₈₊₉)	%	5.67	5.67	5.67	5.67	
25. PULVER	mm	2.8	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26. ESTABILIDAD SIN CORRIER	%	908	917	917	917	
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	%	1.00	1.00	1.00	1.00	

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 CIP Nº 195373
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 DE ADICIÓN DE PET)

TÍTULO "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 1.5 y 2 por ciento,

UBICACION : Nuevo Chimbote-2022"

RESISTA : CERNA MELITON LUIS ENRIQUE

HIPOLITO SUAREZ YONAKER

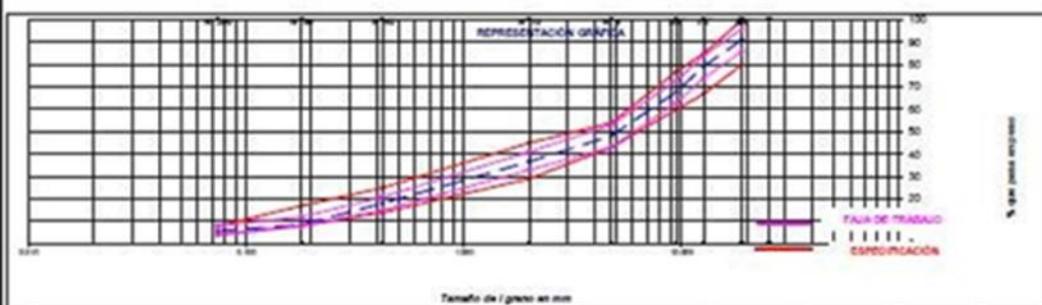
CANTERAS ARENA GRUESA : CHENO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : CANTERA MECANA (HUAMBACHO)

 VERSION :
 TÉCNICO : N.Z.S.
 NOF. RESP. : W.Z.S.
 FECHA : 22/11/22

Diseño C.A. 5.0%

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO	
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 200	Peso del Sólido	g
ABERTURA EN mm	25.40	19.00	12.50	9.50	4.75	2.00	0.425	0.075	0.075	0.075	Peso del Líquido	g
PESO RETENIDO	g	579.0	789.3	736.0	1257.8	221.8	390.2	105.0	30.0	108.3	Peso del Líquido + Fibra	g
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	6.9	11.8	11.4	19.0	11.8	10.0	3.0	6.7	Peso de Asfalto	g
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	6.9	20.7	32.0	51.0	62.8	72.8	75.8	82.5	Peso de la Fibra	g
PASA	%	100.0	93.1	78.2	68.0	48.2	36.7	25.1	16.0	10.3	Peso de la Fibra	g
ESPESIFICACIÓN	%	100	30-100	67-85	86-77	63-54	28-40	14-28	0-17	4-8	FRACCIÓN	%
ASfalto Líquido											FRACCIÓN	%
TAMIZ ASFALTADO											PESO TOTAL	g
												820.0
												880.0



Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	49.25	49.25	49.25		
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	44.80	44.80	44.80		
4	FIBRA EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	g/cm ³	1.005	1.005	1.005		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	g/cm ³	2.675	2.675	2.675		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	g/cm ³	2.695	2.695	2.695		
8	PESO ESPECÍFICO FIBRA - APARENTE	g/cm ³	3.140	3.140	3.140		
9	PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	g	1266.8	1266.8	1266.8		
10	PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	g	1267.3	1266.9	1266.3		
11	PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	g	894.0	892.0	891.0		
12	VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	cc	513.3	513.0	513.3		
13	PESO DE LA PARAFINA (15B)	g	0.0	0.0	0.0		
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13B) (15B)	cc	0.0	0.0	0.0		
15	VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (10-14)	cc	513.3	513.0	513.3		
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRQUETA (8-15)	g/cm ³	2.349	2.347	2.329	2.341	
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D3041	g/cm ³	2.427	2.427	2.427		
18	VACÍOS (17-18)/100%	%	3.3	3.3	4.1	3.8	3 - 6
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2-3-4)/(2+3+4)	g/cm ³	2.689	2.689	2.689		
20	M.M.A. 100(2+3+4)/(19)	%	17.0	17.0	17.7	17.2	Mín. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(20-19)	%	81.0	80.0	77.0	79.0	
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3-4)/(2+3+4)	g/cm ³	2.624	2.624	2.624		
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100(20-22)/22)	%	-0.82	-0.82	-0.82		
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 100(20-23)/100	%	5.98	5.98	5.98		
25	FLUJO	mm	3.0	3.0	3.0	3.0	3 - 4
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1113	1018	1132		
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.00		
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1113	1089	1132	1101	Mín. 810
29	ESTABILIDAD FLUJO	kg/mm	3875	3701	4043	3910	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ING. MELITON LUIS ENRIQUE
 C.P. Nº 190373
 ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.00 DE ADICIÓN DE PET)

TÍTULO "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento,

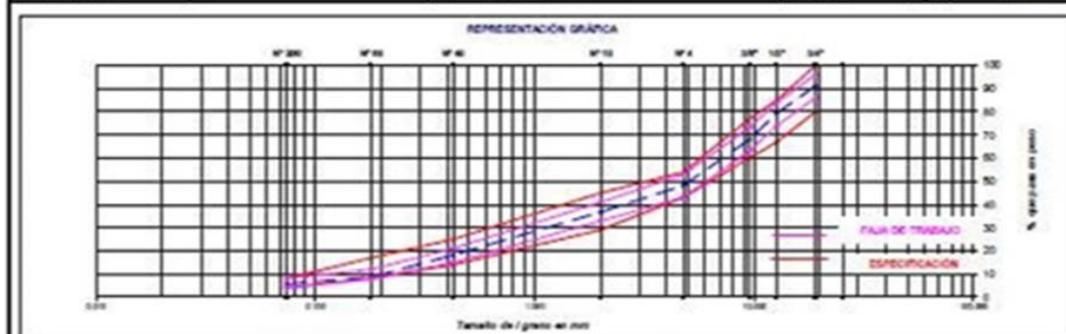
UBICACIÓN: Naivo Chimbote-2022
RESEA: CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
HIPOLITO SUAREZ YONAKERVERSION: N.2.8
TECNOLOGO: W.Z.S.
NOY RESP.:
FECHA: 23/02/22

CANTONAS ARENA GRUESA - CHED

CANTONAS PIEDRA CHUNGUISA 30" - CANTONAS MEDIANA DURABACHO

Diseño C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
TAMBO ASTM	75"	150"	300"	600"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 300	Peso Mat. S. Liger	gr	
ABERTURA EN mm	30.540	150.000	150.000	600.000	4.750	2.000	2.400	2.000	0.075	0.075	Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0.0	870.0	708.3	710.6	1207.8	221.8	350.2	108.0	56.0	Peso Mat. Lav. <Fibras	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.8	11.8	11.4	19.0	11.5	10.0	5.0	2.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.8	20.7	32.0	51.8	63.3	73.3	78.3	81.2	Peso INCM de Fibras	gr	
PASA	%	100.0	91.2	79.3	88.6	80.0	88.5	90.0	95.0	97.1	Peso Tron de Fibras	gr	
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100	87-95	80-77	40-54	20-40	14-26	8-17	4-8	Peso de Fibras	gr	
ASFALTO LIQUIDO											FRACCION	%	
TRAMO ASFALTADO												PESO TOTAL	gr



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGRGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	40.36	40.36	40.36		
3 AGRGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	44.57	44.57	44.57		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00		
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE	g/cm ³	1.028	1.028	1.028		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGRGADO GRUESO - BULK	g/cm ³	2.676	2.676	2.676		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGRGADO FINO - BULK	g/cm ³	2.696	2.696	2.696		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE	g/cm ³	3.140	3.140	3.140		
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1205.0	1213.8	1206.0		
10 PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1201.3	1210.5	1205.4		
11 PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	891.0	898.0	893.0		
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	510.3	515.5	512.4		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-8)	gr	0.0	0.0	0.0		
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/8 centés)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (10-14)	c.c.	510.3	515.5	512.4		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRQUETA (8/15)	g/cm ³	2.362	2.364	2.364	2.363	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041	g/cm ³	2.408	2.408	2.408		
18 VACIOS (17-16)/100/17	%	3.3	3.3	3.3	3.3	3-5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGRGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4)/18	g/cm ³	2.628	2.628	2.628		
20 V.M.A. (100-(2+3+4)/(18/19)	%	17.2	17.2	17.2	17.2	Mín. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. (100-(2+3+4)/(18/20)	%	36.8	37.0	37.0	36.8	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGRGADO TOTAL (2+3+4)/(18/21/19)	g/cm ³	2.622	2.622	2.622		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGRGADO TOTAL (100-(2+3+4)/(22/19)	%	-0.95	-0.95	-0.95		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO (100-(2+3+4)/(22)	%	5.40	5.40	5.40		
25 FLUIDO	mm	0.0	0.0	0.0		
26 ESTABILIDAD SIN CORRIER	kg	1094	1045	1065		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORRIER	kg	1138	1045	1065		
29 ESTABILIDAD FLUIDO	kg/cm	3793	3417	3510		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
CIP Nº 195373
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (1.90 % DE ADICION DE PET)

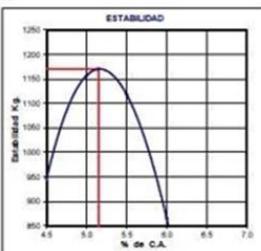
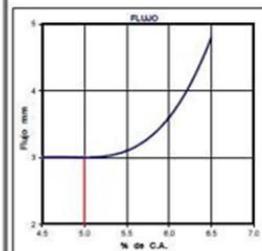
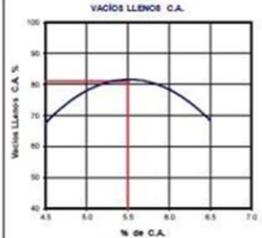
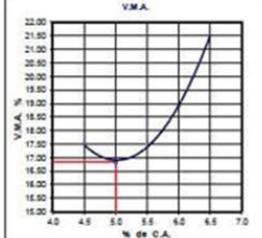
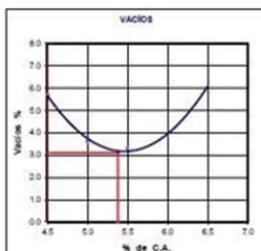
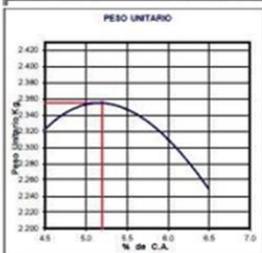
TESIS "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"

UBICACION: CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
TESISTA: HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

VERSION: N.Z.S
TÉCNICO: W.Z.S.
INDP RESP.:
FECHA: 22/10/22

CANTERAS ARENA GRUESA: CHEAO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4": CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)



RESUMEN DE RESULTADOS

	-2.3%	ÓPTIMO T.C.A.	+2.3%	ESPECÍFICO
SOLTES POR LADO	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	4.30	6.20	6.50	(+/-) 0.30
PESO UNITARIO	2.35	2.380	2.350	
VACIOS	3.80	3.50	3.30	3 - 6
V.M.A.	16.80	16.2	17.00	Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A.	76.40	76.5	81.20	
FLUJO	3.00	3.60	3.10	2 - 4
ESTABILIDAD	1100	1150	1110	Mín. 810
ESTABILIDAD / FLUJO	366.6	319.4	358.0	330 - 400
ÍNDICE DE COMPACTABILIDAD	26.74	28.03	28.02	Mín. 6
ESTABILIDAD RETENIDA	96.3	96.5	96.9	Mín. 75

COMPOSICIÓN

	16.0%	ÓPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO
Grava Triturada 3/4"-3/8"	31.3%	
Grava Triturada 3/8"-3/16"	33.8%	PESO UNIT. 5.20
Grava Triturada 3/16"-3/32"	26.4%	VACIOS 5.30
Grava Triturada 3/32"-3/64"	2.0%	ESTABILIDAD 2.10
PET	1.00%	PRÓMEDIO 5.0
Cemento Asfáltico		

PEN 80 - 70



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPERIENCIAS, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAL,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (LIMITE ADIEN DE PET)

TEMA: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"

UBICACION: CERNA HUAYTON LUIS ENRIQUE
RESISTA: HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

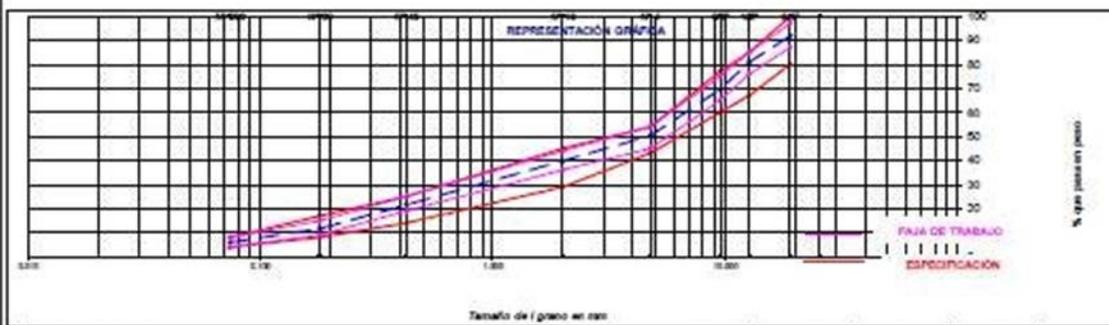
VERSION: N.E.S.
TECNICO: W.Z.S.
IMP. RESP.:
FECHA: 23/02/2022

CANTERAS ARENA GRUESA: CHICO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 5/8": CANTERA MEDINA (HUACHACO)

Diseño C.A. 5.0 %

TAMBE ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO			
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº 200	Peso Mat. S/Lavado	gr		
ABERTURA EN mm	25.40	19.05	12.70	9.525	4.750	2.000	3.425	0.180	0.074		Peso Mat. Lavado	gr		
PESO RETENIDO	gr	0	504.0	705.0	734.0	1250.0	196.4	335.0	107.2	105.5	111.2	Peso Mat. Lav +Fibras	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	8.2	10.8	11.3	19.4	10.5	18.2	10.0	5.5	5.9	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	8.2	19.1	30.4	49.7	60.2	78.4	88.4	94.1	100.0	Peso inicial de Fibras	gr	
PAGA	%	100.0	91.8	80.9	69.6	50.3	39.8	21.6	11.6	5.6		Peso final de Fibras	gr	
ESPECIFICACION	%	100	80-100	67-88	60-77	43-54	29-42	14-25	0-17	4-8		Peso de Fibras	gr	
ASfalto LIQUIDO												TRACCION	%	
TRAMO ASFALTADO													PESO TOTAL	gr
														340.0
														6500.0



1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.22	47.22	47.22	47.22
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	46.83	46.83	46.83	46.83
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695
8	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140
9	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1201.0	1199.0	1206.0	1206.0
10	PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1204.0	1202.0	1207.0	1207.0
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	893.0	892.4	895.8	895.8
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (12-11)	c.c.	511.0	509.6	511.2	511.2
13	PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0
14	VOLUMEN DE PARAFINA (13/9 parafina)	c.c.	0.0	0.0	0.0	0.0
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPESAMIENTO (12-14)	c.c.	511.0	509.6	511.2	511.2
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (8/15)	gr/c.c.	2.350	2.353	2.367	2.365
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.442	2.442	2.442	2.442
18	VACÍOS (17-16)(100/17)	%	3.8	3.7	3.5	3.8
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(26+37+48)		2.699	2.699	2.699	2.699
20	V.M.A. 100(2+3+4)(16/19)	%	16.8	16.8	16.7	16.8
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(20-18)/20	%	77.8	78.3	78.1	78.4
22	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(100/17+15)		2.642	2.642	2.642	2.642
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100(20-18)(22/19)	%	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-2(2+3+4)/100	%	5.03	5.03	5.03	5.03
25	FLUJO	mm	3.0	3.0	3.0	3.0
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1162	1135	1140	1140
27	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.00	1.00
28	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1162	1160	1140	1167
29	ESTABILIDAD-FLUJO	kg/cm	3540	3535	3600	3565

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
CIP Nº 195373
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

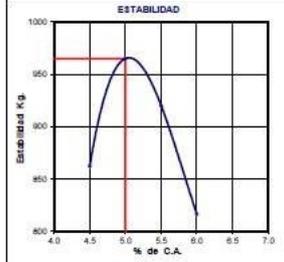
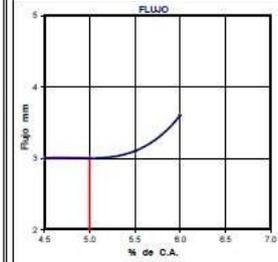
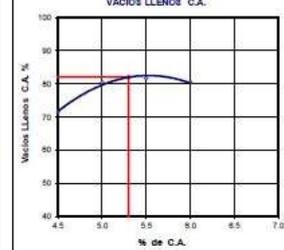
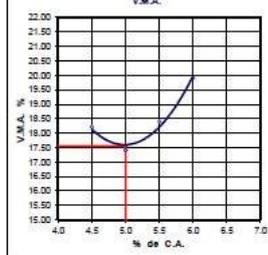
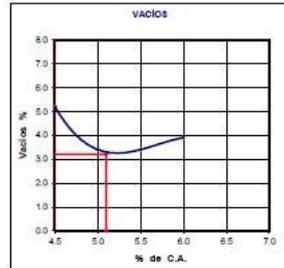
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (2.00% DE ADICION DE PET)

TESIS : "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"
 UBICACION : CERRA MELTON LUIS ENRIQUE
 TESISTA : HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

VERSION :
 TECNICO : N.Z.S
 INO^o RESP. : W.Z.S.
 FECHA : 25/07/22

CANTERAS ARENA GRUESA : CHERO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4" : CANTERA MEDINA (HUAMBACHO)



RESUMEN DE RESULTADOS

	-0.3%	OPTIMO C.A.	+0.3%	ESPECIF.
GOLPES POR LADO	75	75	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	4.70	6.00	5.30	(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO	2.304	2.334	2.322	
VACIOS	5.20	3.50	3.40	3 - 6
V.M.A.	18.20	15.6	15.40	Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A.	71.40	78.9	81.60	
FLUJO	2.80	3.00	3.10	2 - 4
ESTABILIDAD	862	954	905	Mín. 815
ESTABILIDAD / FLUJO	3079	3179	2913	2560 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	13.44	13.48	13.52	Mín. 5
ESTABILIDAD RETENIDA	96.4	96.7	96.9	Mín. 76

DOSFICACION

Grava Triturada 3/4"-3/16" Cantera Pancho Medina
 Arena Triturada 3/16" - Cantera Pancho Medina
 Arena Gruesa Cantera La Carbonera (Chero)
 Gravela Triturada 1/2"-3/16" Cantera Pancho Medina
 Relleno mineral Filter Cal
 PET
 Cemento Asfáltico PEN 80 - 70

16.6% OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO

31.00%

23.76%

28.6%

2.0%

1.26%

PESO UNIT.	5.00
VACIOS	5.00
ESTABILIDAD	5.00
PROMEDIO	5.00

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
 LAB MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
 CIP N° 195373
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (2.00% DE ADICIÓN DE PET)

TEMA

"Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"
CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
HIPOLITO SUAREZ YONAIKER

ING. RESP.: W.Z.S.

TÉCNICO: N.Z.S.

FECHA: 25/02/22

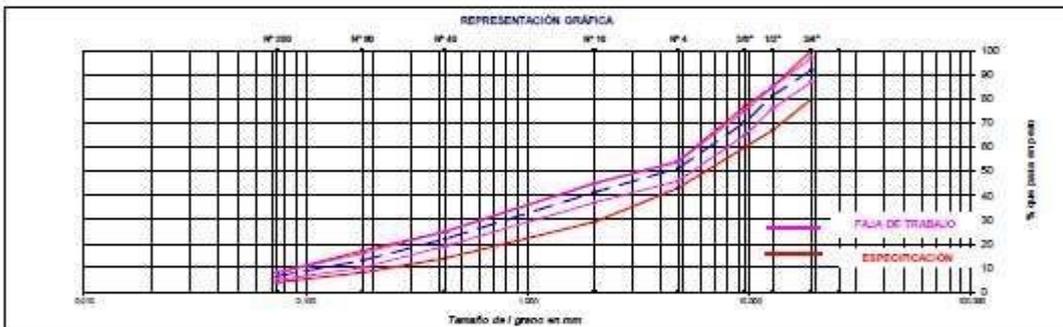
UBICACION
TESISTA

CANTERAS ARENA GRUESA: CHERO

CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4": (MEDINA) (HUAMBACHO)

Diseño C.A. 4.5%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											LAVADO ASFÁLTICO	
TAMIZ ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. S/Lavado	2"
ABERTURA EN mm	25.540	19.050	12.750	9.525	4.750	2.000	3.425	0.850	0.074		Peso Mat. Lavado	2"
PESO RETENIDO	gr	0	515.0	695.0	715.0	1347.0	1060.0	306.0	121.0	124.0	Peso Mat. Lav + Filtro	2"
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	2.0	10.7	11.0	19.2	23.9	12.4	5.5	5.5	Peso de Asfalto	2"
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	2.0	12.7	23.7	42.9	66.7	79.1	84.6	90.1	Peso Inicial de Filtro	2"
PASA	%	100.0	98.0	89.3	70.3	51.2	41.3	21.2	13.0	5.5	Peso Final de Filtro	2"
ESPECIFICACION	%	100	85-100	67-95	60-77	43-54	29-45	14-25	5-17	4-8	Peso de Filtro	2"
ASFALTO LIGADO											FRACCIÓN	%
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr
												305.0
												6500.0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS		1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2. ADREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	40.65	40.65	40.65	40.65	
3. ADREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + Nº 4	%	47.90	47.90	47.90	47.90	
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.90	0.90	0.90	0.90	
5. PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.005	1.005	1.005	1.005	
6. PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO GRUESO - BULK		2.675	2.675	2.675	2.675	
7. PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO FINO - BULK		2.695	2.695	2.695	2.695	
8. PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.140	3.140	3.140	3.140	
9. PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1200.0	1201.6	1205.6		
10. PESO DE BRIQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1204.6	1208.6	1204.7		
11. PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	695.0	696.0	679.3		
12. VOLUMEN DE LA BRIQUETA (10-11)	c.c.	519.5	520.0	525.7		
13. PESO DE LA PARAFINA (10B)	gr	0.0	0.0	0.0		
14. VOLUMEN DE PARAFINA (13/14)	c.c.	0.0	0.0	0.0		
15. VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPACIAMIENTO (13-14)	c.c.	519.5	520.0	525.7		
16. PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/c.c.	2.309	2.338	2.293	2.304	
17. PESO ESPECIFICO MÁXIMO ASTM D-2041		2.430	2.430	2.430	2.430	
18. VACÍOS (17-15)/100%T	%	6.0	5.3	6.6	5.2	3 - 8
19. PESO ESPECIFICO BULK DEL ADREGADO TOTAL (2+3+4)+(20)+(3+7)+(4+8)		2.695	2.695	2.695	2.695	
20. V.M.A. 100(2+3+4)/(19)	%	18.0	18.0	18.6	18.2	Mín. 14
21. VACÍOS LLENOS CON C.A. 100(25-18)/20	%	72.4	72.2	68.7	71.4	
22. PESO ESPECIFICO DEL ADREGADO TOTAL (2+3+4)+(100)T/(15)		2.604	2.604	2.604	2.604	
23. C.A. ABSORBIDO POR ADREGADO TOTAL (100)T(22-18)/(2*18)	%	-1.22	-1.22	-1.22		
24. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-23/(2+3+4)/(100)	%	5.67	5.67	5.67		
25. FLUJO	mm	2.8	2.8	2.8	2.8	2 - 4
26. ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	894	890	842		
27. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28. ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	894	890	842	862	Mín. 815
29. ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3157	3071	3067	3079	1700 - 4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS

CIP Nº 195373

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



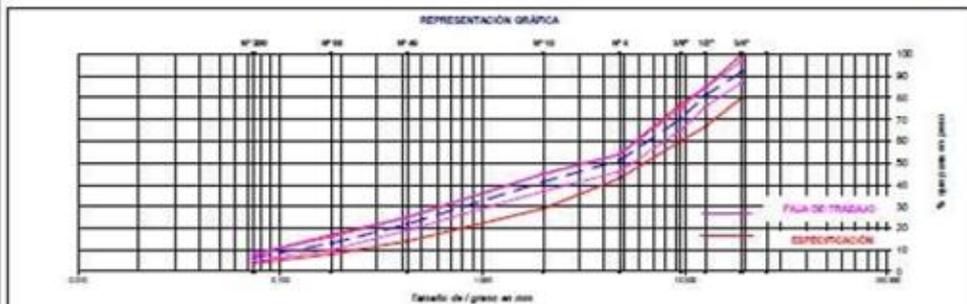
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAC-1 (2.00% DE ADICION DE PET)

TEMA: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 11.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022"
UBICACIÓN: CERNA MELITON LUIS ENRIQUE
TESISTA: HIPOLITO SUAREZ YONAKER
ING. RESP.: W.Z.S.
TÉCNICO: N.Z.S.
FECHA: 25/07/22
CANTERAS ARENA GRUESA: CHERO
CANTERAS PIEDRA CHANCADA 3/4": MEDINA HUAMBACHO

Diseño C.A. 5.5 %

TAMIZ ASTM	ENSAYO GRANULOMÉTRICO										LAVADO ASFÁLTICO		
	75	150	300	475	75	150	300	475	75	150	Pass. Min. 0.075"	gr	
ABERTURA EN mm	30.00	19.00	12.50	6.00	4.75	2.00	0.425	0.075	0.075	0.075	Pass. Min. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	0	216.0	695.0	715.0	1247.0	100.0	306.0	100.0	124.0	Pass. Min. Lav. + Fibr	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	0.0	5.0	10.7	11.0	18.2	9.9	19.4	5.9	5.6	Pass. de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	0.0	5.0	15.7	26.7	45.0	55.7	75.1	81.0	86.6	Pass. Mayor de Fibr	gr	
PASA	%	100.0	95.0	89.3	79.3	61.8	41.3	21.9	15.0	8.6	Pass. Menor de Fibr	gr	
ESPECIFICACION	%	100	90-100	87-95	80-77	40-54	20-45	14-25	0-17	4-8	Pass. de Fibr	gr	
ASfalto Líquido											FRACCION	%	
PRAMO ASFALTADO												FRACCION	%
												PESO TOTAL	gr
													658.3



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1. C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.2	5.5	5.4	5.5
2. AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA + N° 4	%	45.15	45.15	45.15	45.15	45.15
3. AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA + N° 4	%	47.40	47.40	47.40	47.40	47.40
4. FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	g/cm ³	2.675	2.675	2.675	2.675	2.675
6. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	g/cm ³	2.895	2.895	2.895	2.895	2.895
7. PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	g/cm ³	3.140	3.140	3.140	3.140	3.140
8. PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1205.5	1205.5	1205.5	1205.5	1205.5
9. PESO DE BRQUETA AL AIRE (SATURADO)	gr	1205.5	1205.5	1205.5	1205.5	1205.5
10. PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	691.5	691.5	691.5	691.5	691.5
11. VOLUMEN DE LA BRQUETA (10-11)	c.c.	516.5	521.0	515.7	514.4	515.7
12. PESO DE LA PARAFINA (10-11)	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13. VOLUMEN DE PARAFINA (10-11)	c.c.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14. VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (10-14)	c.c.	516.5	521.0	515.7	514.4	515.7
15. PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2001	g/cm ³	2.320	2.320	2.324	2.323	2.323
16. VACÍOS (10-15) 100%17	%	3.3	3.5	3.3	3.4	3-5
17. PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (1-3+4+5+6+7+8+9)	g/cm ³	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699
18. V.M.A. (10-17+15)18	%	18.3	18.4	18.3	18.4	Min. 14
19. VACÍOS LLENOS CON C.A. (10-18)20	%	81.3	81.3	81.3	81.3	81.3
20. PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO TOTAL (1-3+4+5+6+7+8+9)	g/cm ³	2.818	2.818	2.818	2.818	2.818
21. C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (10-20+21)21	%	-1.54	-1.54	-1.54	-1.54	-1.54
22. CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO (1-22)22+23	%	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
23. FLUIDO	mm	3.0	3.0	3.0	3.0	2-4
24. ESTABILIDAD SIN CORRIER	kg	827	827	827	827	827
25. FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26. ESTABILIDAD CORRIER	kg	827	827	827	827	Min. 815
27. ESTABILIDAD FLUIDO	kg/cm ²	3003	3003	3007	3007	1700-4000

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS
CIP N° 195373
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

Fecha de emisión: **2022/01/16**

Solicitante: **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Dirección: **JK. TANGAY MZA B LOTE 7 P.J. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - SANTA ANA - ANCASH**

Instrumento de medición: **PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA**

Identificación: **026-003-2020**

Marca Presas: **SHERMAN**

Módulo: **NO INDICA**

Serie: **NO INDICA**

Celda de Carga: **WPO 5**

Modelo: **H3-C3-5,0T-6B**

Indicador: **DIGITAL**

Modelo: **NS**

Serie: **NO INDICA**

Precedencia: **RERU**

Lugar de calibración: **Laboratorio de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Este certificado de calibración demuestra la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales. Los resultados de las mediciones realizadas en las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recibir sus instrumentos a intervalos regulares. No todos deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento recibido y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a regulaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puede ocasionar el uso inadecuado de este instrumento cuando de su calibración, el de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declaradas en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.

Fecha de calibración: **2022/01/20**

Método/Procedimiento de calibración:
El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-16. Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.



Ing. Hugo Luis Arévalo Carrico
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 138851

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de POCF	Celda de Carga de 3 TN	MI-17453-2019 con Trazabilidad a NIF-17-030-198

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °C	Final: 18,3 °C
Humedad Relativa	Inicial: 87 %hr	Final: 87 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

SISTEMA DIGITAL "A" Kg	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" Kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) Kg	SERIE (2) Kg	ERROR %	ERROR (2) %			
500	499.8	499.3	-0.04	-0.14	499.6	-0.09	0.07
1000	999.4	999.5	-0.06	-0.03	999.5	-0.05	0.01
1500	1499.6	1499.8	-0.03	-0.01	1499.7	-0.02	0.01
2000	2000.9	2000.8	0.05	0.04	2000.9	0.04	0.00
2500	2500.2	2500.5	0.01	0.02	2500.4	0.02	0.01
3000	3000.2	3000.8	0.01	0.05	3000.5	0.02	0.01
3500	3500.9	3500.5	0.03	0.01	3500.7	0.02	0.01
4000	4000.8	4000.2	0.02	0.00	4000.5	0.01	0.01

NOTAS SOBRE CALIBRACIÓN

- 1.- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ASTM E4-16
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la Círculo Normas:
 $Ep = \frac{(A-B)}{B} * 100$ $Rp = \frac{(2) - Error(1)}{Error(1)}$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



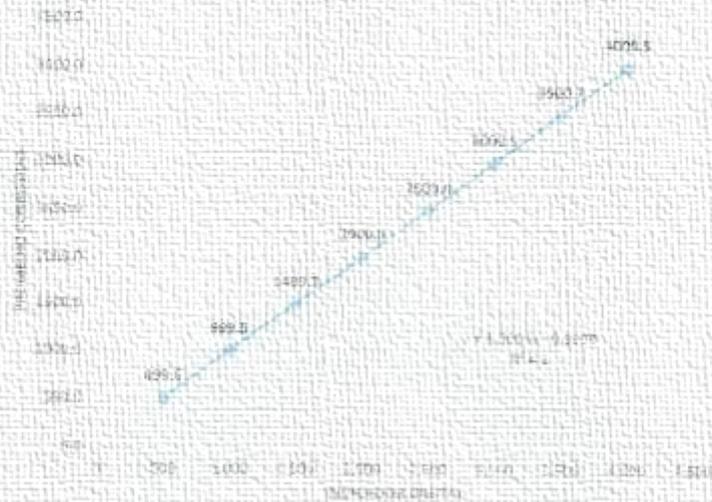

Ing. Hugo Luis Acavato Carnica
INGENIERO CIVIL
CIP N° 138951

ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyes, San Martín de Porres, Lima, Perú
 Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928-396 793 / Fax: +51 925 151 437
 ventas@arsougroup.com.pe
 www.arsougroup.com

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1,0004x - 0,5929$

Coefficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 %.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"


Ing. Hugo Luis Arvalo Carnica
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 138951



ARSOU GROUP S.A.C.

Mza.: E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 427

ventas@arsougroup.com.pe

www.arsougroup.com

Fecha de emisión: **2022/01/16**

Solicitante: **GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Dirección: **JR. TANGAYACA 8 LOTE 7 P.I. 3 DE OCTUBRE - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH**

Instrumento de medición: **DIAL INDICADOR**

Identificación: **027 003 2020**

Marca: **UTZ GERMANY**

Modelo: **NO INDICA**

Serie: **21278**

Sensibilidad: **25mm - 0,01mm**

Procedencia: **GERMANY**

Lugar de calibración: **Laboratorio de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

Fecha de calibración: **2022/01/20**

Método/Procedimiento de calibración

Se determinó el error de indicación de los Diales por comparación con nuestro Patrón Digital. Se aplicaron tres series de medición al dial med ante el mismo mecanismo de desplazamiento. En cada serie se registraron las lecturas correspondientes.


Ing. Hugo Luis Arévalo Carrico
INGENIERO CIVIL
CIP: N° 13661

ARSOU GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyña, San Martín de Porras, Lima, Perú
Tel: +51 201-1680 / Cel: +51 925 196 723 / Cel: +51 925 161 497
ventas@arsougroup.com.pe
www.arsougroup.com

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recibir sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, las condiciones de uso, el mantenimiento, manejo y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.

ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar al uso indebido de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.

Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.



Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	DIAL DIGITAL - ACCUD	LLA-C-091-2018

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 18,3 °C	Final: 18,4 °C
Humedad Relativa	Inicial: 61 %hr	Final: 62 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACIÓN DE ANILLO DE CARGA

DIAL INDICADOR PATRÓN mm	LECTURA DE DIAL DE EXPANSIÓN			SERIE PROMEDIO mm
	SERIE (1) mm	SERIE (2) mm	SERIE (3) mm	
0.50	0.490	0.490	0.500	0.4935
1.00	1.000	0.990	1.000	0.9967
1.50	1.500	1.500	1.490	1.4967
2.00	2.000	2.000	2.000	2.0000
2.50	2.500	2.500	2.500	2.5000
3.00	3.000	3.000	2.990	2.9967
4.00	3.900	3.800	4.000	3.9000
5.00	4.900	4.900	5.000	4.9333
6.00	6.000	5.900	5.900	5.9333
7.00	7.000	6.900	7.000	6.9667
8.00	8.000	8.000	8.000	8.0000
9.00	9.000	9.000	9.000	9.0000


Ing. Hugo Luis Arévalo Carhuac
INGENIERO CIVIL
CIP N° 128851

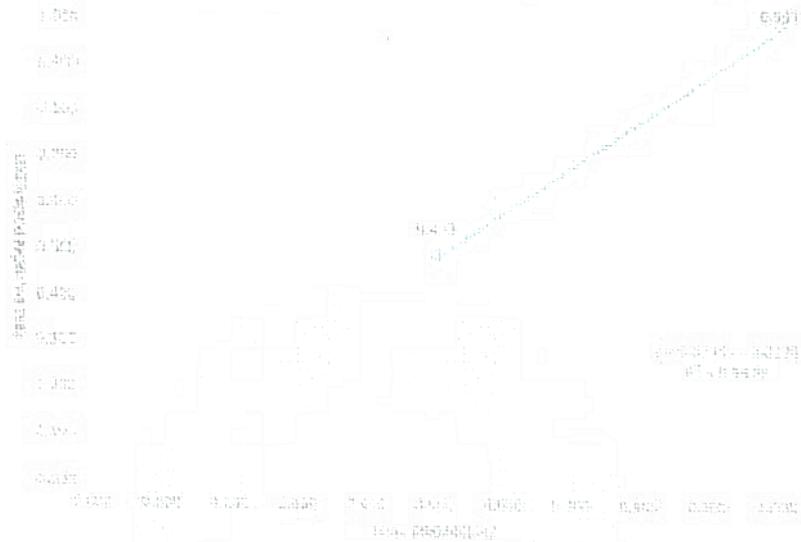


ARSOLI GROUP S.A.C.

Mza. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 901 2688 / Cel: +51 928 196 717 / Cel: +51 925 151 497
ventas@arsoligroup.com.pe
www.arsoligroup.com

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde:

Coeficiente Correlación:

$$y = 0,9979x - 0,0176$$

$$R^2 = 1$$

X : Lectura dial (in)

Y : Promedio Lectura dial Patrón (in)



Ing. Hugo Luis Araya Caceres
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 158951

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C.

MZA. E Lote 2 Urb. La Virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú
Tel: +51 305 1640 / Cel: +51 928 196 797 / Fax: +51 325 151 437
ventas@arsougroup.com.pe
www.arsougroup.com

**CONSULTA RUC: 20604190640 - GEOLAB INGENIEROS
CONSULTORES E.I.R.L.**

Número de RUC:	20604190640 - GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.		
Tipo Contribuyente:	EMPRESA INDIVIDUAL DE RESP. LTDA		
Nombre Comercial:	-		
Fecha de Inscripción:	09/02/2019	Fecha Inicio de Actividades:	09/02/2019
Estado del Contribuyente:	ACTIVO		
Condición del Contribuyente:	HABIDO		
Dirección del Domicilio Fiscal:	JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE (CERCA A OVALO LAS AMERICAS) ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE		
Sistema de Emisión de Comprobante:	MANUAL	Actividad de Comercio Exterior:	SIN ACTIVIDAD
Sistema de Contabilidad:	MANUAL		
Actividad(es) Económica(s):	Principal - 7110 - ACTIVIDADES DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA Y ACTIVIDADES CONEXAS DE CONSULTORÍA TÉCNICA		
Comprobantes de Pago c/aut. de impresión (F. 806 u 816):	NINGUNO		
Sistema de Emisión Electrónica:	FACTURA PORTAL DESDE 21/08/2019		
Afiliado al PLE desde:	-		
Padrones :	NINGUNO		

ANEXO 5: PANEL FOTOGRÁFICO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MIGUEL ANGEL SOLAR JARA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHIMBOTE, asesor de Tesis titulada: "Propiedades mecánicas del asfalto en caliente adicionándole polímeros en polvo en porcentajes de 1, 1.5 y 2 por ciento, Nuevo Chimbote-2022", cuyos autores son CERNA MELITON LUIS ENRIQUE, HIPOLITO SUAREZ GIANCARLO YONAIKER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, 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.

CHIMBOTE, 12 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MIGUEL ANGEL SOLAR JARA DNI: 18148900 ORCID: 0000-0002-8661-418x	Firmado electrónicamente por: MASOLARJ el 14-12- 2022 10:23:22

Código documento Trilce: TRI - 0484216