



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros
Polietilentereftalato

Tesis

Para optar el título profesional de Ingeniera Civil

AUTORES

Bernardo Cortez, Diana Carolina
ORCID: 0000-0001-9182-7801

Mendiguri Mendieta, Yanina Yasmin
ORCID: 0000-0002-0736-5438

ASESOR

Huamán Guerrero, Néstor Wilfredo
ORCID: 0000-0002-7722-8711

Lima, Perú

2022

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Bernardo Cortez, Diana Carolina

DNI: 71455940

Mendiguri Mendieta, Yanina Yasmín

DNI: 43316947

Datos de asesor

Huamán Guerrero, Néstor Wilfredo

DNI: 10281360

Datos del jurado

JURADO 1

Támara Rodríguez, Joaquín Samuel

DNI: 31615059

ORCID: 0000-0002-4568-9759

JURADO 2

Arevalo Lay, Víctor Eleuterio

DNI: 04434662

ORCID: 0000-0002-2518-8201

JURADO 3

Pereyra Salardi, Enriqueta

DNI: 06743824

ORCID: 0000-0003-2527-3665

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi amado hijo, a mis padres Arturo y Aracelli, a mis queridos hermanos, amigos y profesores que me brindaron sus consejos, amor y apoyo incondicional.

Diana Bernardo Cortez

Dedico esta investigación a mis padres Cesar Mendiguri y Celia Mendieta quienes me brindaron su apoyo y sus consejos, a Roger Pinto quien me brindo su apoyo incondicional, quienes nunca dejaron de creer en mí y por último a mis amigos quienes me brindaron su apoyo y conocimientos a lo largo de mi etapa universitaria.

Yanina Mendiguri Mendieta

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, a nuestra alma mater por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera y a todas personas que nos apoyaron en el desarrollo de la tesis.

Diana Bernardo y Yanina Mendiguri

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos	1
1.1.1 Descripción del problema	1
1.1.2 Problema general:	2
1.1.3 Problemas específicos:	2
1.2 Objetivo general y específico	2
1.2.1 General	2
1.2.2 Específico	2
1.3 Delimitación de la investigación temporal, espacial y temática	2
1.4 Justificación e importancia.....	2
1.4.1 Importancia del estudio	2
1.4.2 Justificación del estudio	2
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes del estudio de investigación.....	4
2.1.1 Marco Histórico	4
2.1.2 Investigaciones Nacionales	4
2.1.3 Investigaciones Internacionales	7
2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio.....	10
2.2.1 Pavimento flexible	10
2.2.2 Mezcla asfáltica.....	11
2.2.3 Mezcla asfáltica en caliente	11
2.2.4 Mezcla asfáltica modificada.....	15
2.2.5 Plástico	17
2.2.6 Métodos de diseño de mezcla asfáltica	20
2.2.7 Diseño de mezclas asfálticas mediante método Marshall	20
2.2.8. Tipos de mecanismo de daño en mezclas asfálticas	23
2.2.9 Fallas consideradas en Pavimentos Flexibles	23
2.3 Definición de términos básicos	24
2.3.1 Agregados	24

2.3.2 Temperatura	24
2.3.2 Estabilidad.....	25
2.3.3 Flujo	25
2.3.4 Porcentaje de vacíos con aire	25
2.3.5 Vacíos en el agregado final	25
2.3.6 Vacíos llenos de asfalto.....	25
2.3.7 Relación polvo asfalto.....	25
2.3.8 Relación de estabilidad /flujo.....	26
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	27
3.1 Hipótesis.....	27
3.1.1 Hipótesis principal	27
3.1.2 Hipótesis secundarias	27
3.2. Variables	27
3.2.1 Definición de las variables	27
3.2.2 Operacionalización de variables	27
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	27
4.1 Tipo y nivel	27
4.1.1 Tipo de investigación	27
4.1.2 Nivel de la investigación.....	27
4.2 Diseño de investigación	27
4.3 Población y muestra	27
4.3.1 Población de estudio	27
4.3.2 Diseño muestral.....	27
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	27
4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos.....	28
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos	28
4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	28
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	29
5.1 Ensayos y recolección de datos.....	29
5.1.1 Agregados Pétreos.....	29
5.1.2 Cemento Asfáltico.....	45
5.1.3 Polietilentereftalato (PET) reciclado.....	45
5.1.4 Mezcla asfáltica convencional	46

5.1.5 Mezcla asfáltica con polietilentereftalato (PET) reciclado	51
5.1.6 Ensayo Lottman AASHTO T 283.....	55
5.2 Resultados obtenidos.....	58
5.2.1 Resultados de ensayos de los componentes de la mezcla asfáltica.....	58
5.2.2 Resultados del ensayo Marshall.....	62
5.2.3 Resultados del ensayo Lottman.....	75
5.3 Análisis de resultados.....	76
5.3.1 Análisis de los resultados de los componentes de la Mezcla asfáltica.....	76
5.3.2 Análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio de calidad de los agregados pétreos	80
5.3.3 Análisis de los resultados de los ensayos de cemento asfáltico.....	81
5.3.4 Análisis de los resultados del ensayo Marshall.....	81
5.3.5 Análisis de los resultados del ensayo Lottman	87
5.4. Contrastación de hipótesis	87
5.4.1. Hipótesis Específica 1:.....	87
5.4.2 Hipótesis Específica 2:.....	87
CONCLUSIONES	89
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	94
Anexo 1: Matriz de Consistencia	94
Anexo 2: Matriz de operacionalización	95
Anexo 3: Constancia de autorización del laboratorio de Suelos JCH S.A.C.	96
Anexo 4: Ensayo de abrasión los ángeles.	97
Anexo 5: Ensayo de adherencia.	98
Anexo 6: Ensayo de angularidad del agregado fino.....	99
Anexo 7: Valor de azul de metileno.....	100
Anexo 8: Determinación del porcentaje de caras fracturadas.....	101
Anexo 9: Ensayo de partículas chatas y alargadas.	102
Anexo 10: Ensayo de durabilidad con sulfato de magnesio.	103
Anexo 11: Ensayo de equivalente de arena.....	104
Anexo 12: Ensayo de índice de durabilidad de los agregados.	105
Anexo 13: Ensayo de límite de consistencia.....	106
Anexo 14: Gravedad específica y absorción del agregado fino.	107

Anexo 15: Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	108
Anexo 16: Ensayo químico en suelos, rocas y agua – Agregado fino.	109
Anexo 17: Ensayo químico en suelos, rocas y agua – Agregado grueso.	110
Anexo 18: Análisis granulométrico por tamizado – Agregado Fino.	111
Anexo 19: Análisis granulométrico por tamizado - Agregado Grueso.....	112
Anexo 20: Análisis granulométrico por tamizado – PET reciclado.....	113
Anexo 21: Ensayos Marshall de la mezcla asfáltica	114
Anexo 22: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con 0.5% de PET reciclado ...	119
Anexo 23: Ensayos Marshall de la mezcla asfáltica con 1% de PET reciclado	124
Anexo 24: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con 1.5% de PET reciclado ...	129
Anexo 25: Ensayo Lottman con 0.5% de PET reciclado.	134

INDICE DE TABLAS

Tabla N°1 Requerimientos para los agregados gruesos	14
Tabla N°2 Requerimientos para los agregados finos.....	14
Tabla N°3 Consideraciones sobre el diseño de Mezclas Asfálticas	15
Tabla N°4 Consideraciones sobre el diseño de Mezclas Asfálticas.....	18
Tabla N°5 Fallas consideradas en PCI de Pavimentos Flexibles	24
TablaN°6 Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional usando Polietilentereftalato	26
Tabla N°7 Agregados del diseño de la mezcla.....	29
Tabla N°8 Procedimientos de ensayo para establecer el índice de durabilidad del agregado	33
Tabla N°9 Cantidad requeridas de peso del agregado en función del tamaño nominal de la muestra	35
TablaN°10 Dimensiones de los calibradores grosor, longitud y peso mínimo para subdivisión de la fracción.	36
Tabla N°11 Ensayos del agregado grueso	58
Tabla N°12 Ensayos del agregado fino.....	59
Tabla N°13 Análisis granulométrico por tamizado del PET reciclado.....	61
Tabla N°14 Resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall	65
Tabla N°15 Resistencia de mezclas bituminosas más PET usando el aparato Marshall	75
TablaN°16 Método de ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad AASTHO T-283.....	75
TablaN°17Análisis granulométrico por tamizado del agregado finos.....	76
Tabla N°18 Análisis granulométrico por tamizado del Agregado Grueso	77
Tabla N°19 Gradación de la mezcla asfáltica.....	79
Tabla N°20 Análisis de resultados del control de calidad del agregado fino	80
Tabla N°21 Análisis de resultados del control de calidad del agregado grueso.....	81
Tabla N°22 Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica convencional	82
TablaN°23 Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 0.5%	83
Tabla N°24 Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 1%	83

Tabla N°25 Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 1.5%	84
Tabla N°26 Análisis comparativo de los resultados de los diseños de la mezcla asfáltica	86
Tabla N°27 Análisis de resultados del ensayo de Tracción Indirecta Lottman Modificado	87

INDICE DE FIGURAS

Figura N 1: Perfil típico de una estructura de pavimento flexible.....	11
Figura N 2: Configuración de la carga (a) y rotura del ensayo de tracción indirecta (b)	23
Figura N 3: Ensayo de durabilidad	30
Figura N 4: Ensayo de abrasión de los Ángeles	31
Figura N 5: Ensayo de adherencia primera parte.....	32
Figura N 6: Ensayo de adherencia segunda parte	32
Figura N 7: Ensayo de Durabilidad de Agregado Grueso	34
Figura N 8: Ensayo de partículas chatas y alargada	36
Figura N 9: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Rugosas).....	37
Figura N 10: Partículas Fracturadas (Bordes agudos, Superficies Alisadas)	38
Figura N 11: Partículas Fracturadas (Bordes redondeados, Superficie Rugosa).....	38
Figura N 12: Ensayo de equivalente de arena.....	41
Figura N 13: Ensayo de Angularidad de Agregado Fino.....	41
Figura N 14: Ensayo de Angularidad de Agregado Fino.....	42
Figura N 15: Azul de metileno	42
Figura N 16: Proceso del ensayo de Índice de plasticidad	43
Figura N 17: Ensayo de Índice de durabilidad agregado fino	44
Figura N 18: Ensayo de sales solubles.....	44
Figura N 19: Tamizado del PET reciclado	46
Figura N 20: Mezclado de mezcla asfáltica en caliente.....	48
Figura N 21: Verificando la temperatura y vaciado de la mezcla asfáltica en los moldes.	49
Figura N 22: Compactación manual de las briquetas	50
Figura N 23: Briquetas.....	50
Figura N 24: Calentamiento del cemento asfáltico, moldes y determinación del peso del PET reciclado más el cemento asfáltico	52
Figura N 25: Calentamiento de los componentes de la mezcla asfáltica y mezclado de los mismos.	53
Figura N 26: Colocación de la mezcla asfáltica en el molde y revisando la temperatura de la misma.....	54
Figura N 27: Compactación mecánica manual y numeración de las mismas.....	54

Figura N 28: Producción de la Briquetas Marshall convencional y con adición de al 0.5% de PET, 1% de PET,1.5 de PET.....	55
Figura N 29: Saturación de las muestras al 55% y 80%	56
Figura N 30: Colocación de los especímenes a temperatura – 18 °C.....	56
Figura N 31: Especímenes de mezcla asfáltica modificada en baño maría a 60°C	57
Figura N 32: Rotura a tracción indirecta de los especímenes.....	57
Figura N 33: Reporte de análisis de cemento asfáltico 60/70.....	60
Figura N 34: Curva Granulométrica del PET reciclado	61
Figura N 35: Peso específico vs % de Asfalto.....	62
Figura N 36: V.M.A vs % de Asfalto	62
Figura N 37: V.LL.C.A vs % de Asfalto	63
Figura N 38: Estabilidad vs % de Asfalto.....	63
Figura N 39: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto.....	64
Figura N 40: Flujo vs % de Asfalto	64
Figura N 41: Peso específico vs % de Asfalto.....	66
Figura N 42: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto.....	66
Figura N 43: V.LL.C.A vs % de Asfalto	67
Figura N 44: Flujo vs % de Asfalto	67
Figura N 45: Estabilidad vs % de Asfalto.....	68
Figura N 46: V.M.A vs % de Asfalto	68
Figura N 47: Peso específico vs % de Asfalto.....	69
Figura N 48: V.M.A vs % de Asfalto	69
Figura N 49: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto.....	70
Figura N 50: V.LL.C.A vs % de Asfalto	70
Figura N 51: Estabilidad vs % de Asfalto.....	71
Figura N 52: Flujo vs % de Asfalto	71
Figura N 53: Peso Específico vs % de Asfalto	72
Figura N 54: V.M.A vs % de Asfalto	72
Figura N 55: Flujo vs % de Asfalto	73
Figura N 56: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto.....	73
Figura N 57: V.LL.CA vs % de Asfalto	74
Figura N 58: Estabilidad vs % de Asfalto.....	74
Figura N 59: Curva Granulométrica del Agregado Fino	77
Figura N 60: Curva Granulométrica del agregado grueso	78

Figura N 61: Curva granulométrica de la mezcla asfáltica..... 79

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional, usando polímeros polietilentereftalato (PET) reciclado. Para ello se realizó la modificación de la mezcla asfáltica convencional mediante vía húmeda, utilizando como polímero el PET reciclado e igualmente implementar un método de mejoramiento de las vías pavimentadas. Esta iniciativa del uso del plástico PET reciclado, se debió a que se quiere implementar una solución al problema medioambiental y así poder disminuir la contaminación, que se produce por el uso masivo y desecho de plásticos.

Se logró determinar, mediante ensayos de laboratorio las propiedades mecánicas mediante los parámetros obtenidos por el método Marshall, realizando el diseño de una mezcla asfáltica convencional y luego otro diseño de una mezcla asfáltica modificada con PET reciclado, añadiendo este polímero al 0.5%, 1.0% y 1.5%. Así también se determinó la susceptibilidad a la humedad inducida y tracción mediante el ensayo Lottman Modificado. Cada una de las muestras obtenidas se analizó, para identificar sus propiedades siguiendo las normas del Manual de carreteras – Especificaciones técnicas generales para la construcción EG – 2013.

Palabras clave: Asfalto, mezcla asfáltica, pavimentos, PET (polietilentereftalato), propiedades mecánicas, método Marshall, Ensayo Lottman Modificado.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the improvement of the mechanical properties of the conventional asphalt mixture using recycled polyethylene terephthalate (PET) polymers. For this purpose, the modification of the conventional asphalt mix was carried out by wet method, using recycled PET as a polymer, and also to implement a method to improve paved roads. This initiative of using recycled PET plastic was due to the fact that we wanted to implement a solution to the environmental problem and thus reduce the pollution caused by the massive use and disposal of plastics.

It was possible to determine, through laboratory tests, the mechanical properties by means of the parameters obtained by the Marshall method, designing a conventional asphalt mix and then another design of an asphalt mix modified with recycled PET by adding this polymer at 0.5%, 1.0% and 1.5%. The susceptibility to induced moisture and traction was also determined by means of the Modified Lottman test. Each of the samples obtained was analyzed to identify its properties according to the standards of the Highway Manual - General Technical Specifications for Construction EG - 2013.

Key words: Asphalt, asphalt mix, pavements, PET (polyethylene terephthalate), mechanical properties, Marshall method, Modified Lottman Test.

INTRODUCCIÓN

Un pavimento sostenible es aquel que no genera un impacto negativo sobre el medio ambiente la sociedad y la economía durante las etapas en la construcción, durante el uso y hasta finalizar su vida útil. Por lo que tiene un costo inicial más bajo, costos de mantenimiento reducidos, ofrecen más eficiencia energética, durabilidad, son reciclables, seguros y cómodos. Según investigaciones, ha sido posible construir carreteras con altas tasas de reciclaje y utilizando materiales biológicos (aditivos o sustitutos de mezclas bituminosas). Así se asegura que las tecnologías estén listas para ser probadas en la red vial como las capas estructurales o la capa intermedia. Además del agotamiento de los recursos naturales utilizados en la construcción y rehabilitación de pavimentos, se buscan productos de pavimentación alternativos que tengan una larga vida útil, ahorren materiales y energía.

Un método importante para implementar la sostenibilidad en la industria de la construcción es el uso de materiales reciclados. Teniendo en cuenta toda la cadena de suministro, es posible cuantificar los beneficios e impactos ambientales del consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero; esto conduce a un asfalto más sostenible ambientalmente, además de brindar beneficios económicos y sociales. En la actualidad no se aplica una práctica constante ya que son soluciones emergentes para pavimentos en fase de prueba o prototipo.

Por lo que en la presente investigación se busca contribuir en el desarrollo de la resolución del problema de las vías metropolitanas de nuestro país y así mismo aplicar una nueva tecnología mediante el reciclaje y uso del PET reciclado en la construcción de pavimentos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción y formulación del problema general y específicos

1.1.1 Descripción del problema

En la actualidad el avance del desarrollo económico, social y la falta de una cultura integral de mantenimiento de vías pavimentadas, adicional a esto la cantidad de tráfico que se genera, así como también la carga vehicular, hacen que se genere una mayor exigencia al pavimento, por lo tanto, los insumos que se tienen que usar deben ser de mayor exigencia.

Por otro lado, debido a la contaminación ambiental que se genera en la producción de plásticos, se están realizando investigaciones en las cuales se han desarrollado nuevas técnicas de reciclado, que permiten su reutilización para la mejora de sus propiedades o darles un nuevo uso y así obtener beneficios ambientales y económicos. El plástico tiene una gran diversidad de usos y aplicaciones, gran parte de estos se encuentran en productos desechables, envases, neumáticos, materiales de construcción, entre otros. Además, a comparación de otros materiales, el plástico posee ventajosas propiedades como son: alta durabilidad, bajo costo, fácil procesamiento, resistencia química y buenas propiedades mecánicas, térmicas y de aislamiento eléctrico.

En la coyuntura nacional tenemos que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), mediante Provías Nacional, incorporó durante el año 2021, más de 239 kilómetros de carreteras pavimentadas a la Red Vial Nacional, acumulando así un total de 22623 km de vías asfaltadas, que equivalen al 83.7% de la Red Vial Nacional.

Las intervenciones en las carreteras nacionales buscan afianzar las bases de la competitividad para la integración de la producción nacional relacionándolo con la producción de la globalización.

1.1.2 Problema general:

¿Cómo mejoran las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros Polietilentereftalato (PET)reciclado?

1.1.3 Problemas específicos:

- a) ¿De qué manera mejoran los parámetros de las propiedades mecánicas usando el polímero PET reciclado en una mezcla asfáltica convencional?
- b) ¿La aplicación de polímeros PET reciclado mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional?

1.2 Objetivo general y específico

1.2.1 General

Determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional, usando polímeros polietilentereftalato (PET) reciclado.

1.2.2 Específico

- a) Determinar si los parámetros de las propiedades mecánicas usando polímero PET reciclado, mejoran la mezcla asfáltica convencional.
- b) Demostrar que la aplicación de polímeros PET reciclado mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional.

1.3 Delimitación de la investigación temporal, espacial y temática

La presente investigación se realiza en el presente año para pavimentos en Perú, la cual se desarrolla con respecto al uso de plástico PET reciclado como polímero en la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles, sustentándose en base a los ensayos de laboratorio utilizando el método Marshall y el ensayo Lottman.

1.4 Justificación e importancia

1.4.1 Importancia del estudio

Esta investigación se presenta como una alternativa de solución para el mantenimiento de los pavimentos, también contribuye en la protección del ambiente por medio de la reutilización de plásticos PET reciclados.

1.4.2 Justificación del estudio

El presente estudio se desarrolla para crear un impacto positivo en el medio ambiente, donde se busca contrarrestar dos grandes problemas sociales,

primero la mejora de los pavimentos en mal estado y concientizar el reciclaje para poder disminuir la contaminación ambiental por plásticos PET.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio de investigación

2.1.1 Marco Histórico

A nivel mundial, en materia de pavimentos y mezclas asfálticas, Estados Unidos y los países europeos hace más de 50 años que empezaron a investigar en el campo de los polímeros para mejorar el comportamiento de estos y son utilizados con resultados satisfactorios; aunados a una excelente gestión de pavimentos. En América del sur hace más de 10 años que países como Brasil, Argentina, Uruguay, Colombia y Chile lo vienen usando; Bolivia hace 5 años aproximadamente usa polímeros y en el país no se tiene un solo metro cuadrado de pistas elaboradas con esta última tecnología a pesar de que en Sudamérica; Brasil produce y comercializa polímeros a gran escala. (Mostacero, 2018, p.12)

Las tesis presentadas en el siguiente capítulo, estudian las características de la mezcla asfáltica utilizando la aplicación de plástico PET reciclado como polímero, las cuales nos permiten tener una base técnica para poder realizar nuestra investigación y determinar las conclusiones en base al contexto de las investigaciones realizadas.

Actualmente se tiene como objetivo encontrar un diseño que nos permita obtener un pavimento de alta calidad, por lo cual se deben realizar investigaciones de nuevas tecnologías de mezclas asfálticas con incorporación de polímeros, para obtener un pavimento óptimo que tenga un comportamiento estructural que responda de manera adecuada ante los efectos de los agentes agresivos del medio ambiente y así mismo pueda cumplir y aumentar su vida útil. En la presente investigación proponemos una mezcla asfáltica modificada con polímeros PET reciclado que pueda cumplir con las exigencias requeridas.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

Ballena C. (2016) en su tesis titulada “Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío” tiene como objetivo principal analizar los efectos en las propiedades físico-mecánicas del asfalto al añadir fibra de polietileno y así

pueda cumplir con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles establecidas en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Se emplea la metodología aplicada cuyo tipo de investigación es la cuantitativa y el diseño de la aplicación es experimental, en la cual la población de estudio es de 126 briquetas, en las cuales se añade PET de 3 tipos de tamaño máximo en porcentajes de 1%,2%,3%,5%,7% y 10% respectivamente, para luego ser compactada para los tránsitos liviano, medio y pesado. Se concluye que el método óptimo para el diseño de mezclas asfálticas en frío es el de las áreas debido a que este cuantifica las cantidades exactas del agregado y asfalto a utilizarse en la mezcla asfáltica y así cumplir con los parámetros establecidos por el MTC.

Corbacho J. (2019) en su tesis titulada “Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de Tereftalato de Polietileno reciclado en la ciudad del Cusco – 2018” el objetivo es el de mejorar el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente modificándola con un polímero-plastómero mediante vía seca utilizando fibras de polietileno tereftalato (PET) mediante el ensayo Marshall. Se emplea un tipo de investigación cuantitativa, que cuenta con un nivel correlacional y un diseño experimental, en la cual la población consta de 03 especímenes por cada porcentaje de PET que se adiciona. Se concluye que la mezcla asfáltica modificada con fibras PET presenta un aumento de la resistencia de la susceptibilidad a la deformación y que cumple con los requerimientos establecidos por la norma MTC E-504 del Manual de Carreteras.

Espinoza S. (2019) en su tesis “Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco - 2018” el objetivo principal es el de hallar las características físicas y estructurales de la mezcla asfáltica, empleando el plástico PET reciclado y fundido para una carpeta de bajo tránsito y poder desarrollar la aplicación del plástico PET reciclado como agregado ligante. La metodología empleada es del tipo aplicativo y cuantitativo, con un nivel de investigación explicativo y diseño cuantitativo que emplea una población que consta del conjunto de 15 briquetas de mezcla asfáltica convencional y 45

briquetas modificadas con el polímero PET. Se concluye que la mezcla asfáltica modificada tiene un comportamiento diferente y una rigidez mayor a comparación de la mezcla asfáltica convencional.

Puente J. (2020) en su tesis “Análisis técnico - económico de mezclas asfálticas con tereftalato de polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas” el objetivo principal es el de realizar un análisis técnico y económico de las mezclas asfálticas utilizando tereftalato de Polietileno reciclado para el mejoramiento de las carreteras asfaltadas con énfasis en el desempeño estructural y durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente, lo cual se ve plasmado en el cumplimiento de su vida útil. La metodología empleada es de tipo aplicada, el nivel es correlacional y el diseño es experimental, esta metodología emplea una población de 100 briquetas siendo 75 briquetas del ensayo Marshall y 25 briquetas del ensayo Cántabro. Se concluye que el tereftalato de polietileno reciclado en la mezcla asfáltica bajo un contenido óptimo del 1% influye de manera positiva en el desempeño estructural y durabilidad.

Tunque A. (2020) en su tesis “Modificación de la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con Polietilentereftalato en la ciudad de Huancayo” el objetivo principal es el de demostrar cuánto se modifica la resistencia y deformación de una mezcla asfáltica adicionando polietilentereftalato y así mismo calcular la dosificación óptima de polietilentereftalato en una mezcla asfáltica para lograr determinar la variación de la estabilidad y fluencia. La metodología es del tipo aplicada, la cual utiliza el nivel descriptivo, así mismo el diseño de la aplicación fue experimental, la cual emplea una población conformada por las briquetas de la mezcla asfáltica convencional y las briquetas modificadas con PET. Se concluye que hay una mejora significativa con respecto a la muestra de mezcla convencional, obteniendo así un 6% de cemento asfáltico adicionando el 8% de polietilentereftalato, causando que mejoren los valores de la resistencia y la deformación.

Vizcarra C. (2020) en su tesis titulada “Evaluación de un modelo mejorado de capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado en Arequipa” el objetivo principal es determinar el modelo mejorado de la capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado, adicionando PET a cada muestra en porcentajes de 2%,

4%, 6%, 8% y 10% respecto al total del asfalto. El autor emplea la metodología experimental y cuantitativa, utilizando como análisis experimental los métodos de prueba estándar en asfaltos y teniendo como población los pavimentos asfálticos de la ciudad de Arequipa. Se concluye al añadir PET como aditivo, el asfalto mejora sus propiedades reológicas y mecánicas de la mezcla asfáltica respecto a la deformación permanente causadas por las cargas actuantes en la vía.

Cosio K. y La Torre J. (2021) en su tesis “Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades mecánicas” el objetivo es el de determinar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente modificada con plásticos reciclados PET. La metodología empleada es deductiva, enfoque cuantitativo, orientación aplicada, nivel descriptivo y diseño no experimental ya que se basa en estudios similares de información recopilada referente al tema de investigación. Se concluye que al modificar la mezcla asfáltica con polímeros PET, mejora la estabilidad y reduce el flujo de la mezcla asfáltica convencional; además que la mezcla asfáltica con PET tiene un costo de \$72.63 a comparación de la mezcla asfáltica convencional que tiene un costo de \$67.84, siendo la primera la más costosa sin embargo a largo plazo resulta ser económica ya que reduce los costos de mantenimiento.

2.1.3 Investigaciones Internacionales

Chambi N. (2019), en su tesis titulada “Evaluación de mezcla asfáltica modificada con polímeros de plástico reciclado y caucho triturado vs mezcla asfáltica convencional, en función a su resistencia mecánica” el objetivo general de su investigación es evaluar dos mezclas asfálticas mediante el empleo de polímeros como el polietileno y caucho triturado reciclado, presentan un buen comportamiento en función a su resistencia mecánica, utilizando el ensayo Marshall. Emplea la metodología cuantitativa ya que describe, registra, analiza e interpreta los resultados obtenidos, de donde sacara conclusiones para presentar un resultado óptimo. Se concluye lo siguiente: Evaluar dos mezclas asfálticas modificadas con la adición de polímeros como caucho triturado y plástico reciclado, al adicionar 4% de polímero de caucho para una primera mezcla y de 7.7% para una segunda muestra, estas se

encuentran dentro de las especificaciones técnicas de diseños de mezcla convencionales y a las normas de materiales pétreos y asfálticos. Superando así el funcionamiento mecánico de las mezclas asfálticas convencionales tanto en estabilidad al ensayo Marshall como a la fluidez mínima establecida.

Forigua J. y Pedraza E., (2014), en su tesis titulada “Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos”, los objetivos generales son diseñar mezclas asfálticas mediante la adición de residuos plásticos y así determinar el porcentaje óptimo de residuos plásticos para un mejor diseño. Para este trabajo de investigación emplea la metodología cuantitativa ya que el autor nos muestra paso a paso los procedimientos para llegar a un resultado óptimo, como son la determinación de los agregados para las mezclas, la relación óptima de asfalto y la relación óptima de porcentajes de desperdicios plásticos, estos se realizaron con la elaboración de briquetas. Se muestra como resultado de este estudio que los compuestos de asfaltos modificados con polímeros tienen propiedades mecánicas mayores al de los ligantes convencionales como lo afirman y citan varios autores de renombre.

Victoria C., Ortiz J., Ávalos F. y Castañeda A. (2015), presenta en su tesis “Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos” el objetivo es justificar que los elastómeros son los polímeros más compatibles con el asfalto, en la investigación bibliográfica se muestra la comparación de los elastómeros más utilizados en la variación de bitúmenes con las propiedades mejoradas que se obtienen con su uso. Se emplea la metodología descriptiva, ya que se hace una recopilación de los tipos de polímeros más utilizados en la elaboración de pavimentos flexibles. A pesar de los elevados costos de fabricación y la difícil aplicación de AMP, su uso en sistemas de pavimento le da ventajas significativas para las mezclas en términos de resistencias a fracturas, permeabilidad, sensibilidad térmica y ahuellamientos, lo que resulta en una mayor vida útil de la pavimentación. Se concluye que los elastómeros han demostrado ser los polímeros más compatibles con el asfalto debido a la elasticidad que es una de sus propiedades, siendo el SBS el polímero que mejores propiedades otorga a la mezcla.

Herrera J. y Valencia A., (2021) en su tesis titulada “Mezcla asfáltica modificada con PET características que aporta el PET (polietileno tereftalato)

en la mezcla de asfalto”, el objetivo es analizar y comparar el rendimiento de los compuestos bituminosos modificados en comparación con las mezclas bituminosas con la excepción de las fibras de PET, donde se evalúa las propiedades como desgaste a la fatiga. Se debe tener en cuenta que los materiales modificados que se utilizan son derivados del plástico (en especial el “tereftalato de polietileno-PET”), y provienen del reciclaje de botellas de este mismo material. La investigación se realiza con la metodología experimental donde se comienza con la obtención de los materiales requeridos para el diseño del asfalto modificado, como fibras de PET, seguido de las pruebas. Se concluye que el porcentaje óptimo de ligante es de 4.5% con lo que cumple con las especificaciones técnicas dadas por el INVIAS en el artículo 450-13 para una vía de categoría de tráfico NT3. El ensayo a la fatiga con la muestra de asfalto modificado con PET cumple con la norma mostrando que el comportamiento típico de la mezcla asfáltica permite una deformación significativa antes de la aplicación de la carga. La carcasa extremadamente robusta permite lograr una vida útil más larga y evitar fallos prematuros.

Camacho Y., Gómez L. y Lopez L, (2019) presenta su tesis, “Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET” el objetivo es el de verificar el diseño inicial de una mezcla asfáltica modificada mediante el aumento de 1% de fibras “PET”, según normativa INVIAS y la Asociación Española de Normalización (UNE). Este estudio es experimental y para lograr el objetivo se realizan diversas pruebas en el laboratorio entre los cuales se encuentran la norma I.N.V.E. Los resultados obtenidos en dichos ensayos de módulo resiliente a una temperatura de 10°C (9 000, 1 0000, 1 2000 Mpa) indican que corresponde con los parámetros establecidos para la mezcla de alto módulo y se debe incrementar en 10 000 Mpa. En conclusión, la mezcla es adecuada para condiciones de paso de tránsito de tipo NT2, con variaciones adicionales de fibras de PET. Esta mezcla brinda una buena resistencia a la fatiga ya que según la normativa se requiere 10 000 ciclos como mínimo de carga antes de que su rigidez disminuye en un 50%. Esto asegura que la rigidez de la muestra no disminuya demasiado rápido.

Rodríguez J. y Pilatuña D., (2021) presenta su tesis, “Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando

agregados pétreos del cantón Guamote”, el objetivo de la investigación es incorporar plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote y comparar sus propiedades mecánicas con una mezcla convencional. El material modificador es de origen plástico que contiene tereftalato de polietileno (PET) proveniente de botellas plásticas recicladas, con el fin de crear una alternativa de adición en la mezcla asfáltica. La granulometría utilizada corresponde a la mezcla asfáltica convencional determinada por la Norma MOP-001-F 2002, para un árido de tamaño máximo nominal 3/4". Este trabajo se realizó en laboratorio, consta en determinar las propiedades de los materiales que conforman la mezcla asfáltica para posteriormente realizar briquetas que fueron ensayadas por el método Marshall. Luego adicionaron el material modificador PET mediante vía húmeda en porcentajes variables empezando con el 5%, en relación con el porcentaje en peso de ligante de la Mezcla Convencional. Se concluye que el porcentaje óptimo es del 9% PET y 91% de ligante bituminoso, superando las propiedades de la mezcla asfáltica convencional.

2.2 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.2.1 Pavimento flexible

Son los pavimentos con una carpeta de rodadura asfáltica, las cargas se transmiten desde la carpeta de rodadura hasta la subrasante. La carpeta de rodadura se comporta como un transmisor al no absorber en su totalidad las cargas de los vehículos, necesitando un mayor número de capas intermedias como estructura del pavimento (Becerra, 2012, p.7).

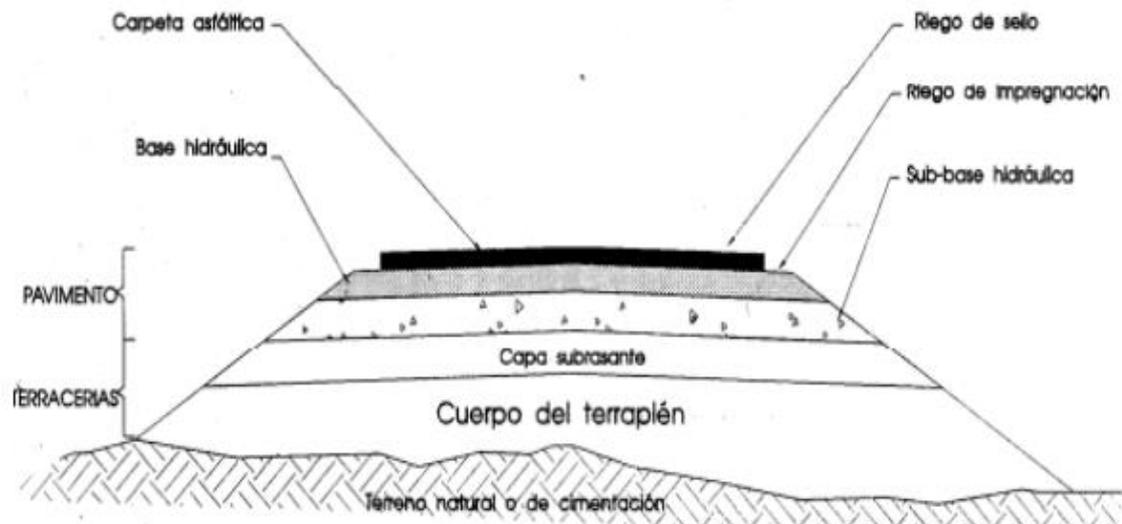


Figura N 1: Perfil típico de una estructura de pavimento flexible.
Fuente: Vizcarra (2020)

2.2.2 Mezcla asfáltica

Rondón y Reyes (2015) explicaron: “Las mezclas asfálticas son la combinación de agregados pétreos y un ligante asfáltico. Se elaboran normalmente en plantas mezcladoras, pero en algunos casos pueden fabricarse in situ.” (p.37).

a) Tipos de mezcla asfáltica

- Mezclas asfálticas en frío: Mezclas asfálticas en frío abiertas y densas.
- Mezclas asfálticas en caliente: Mezclas asfálticas en caliente abiertas y densas.
- Tratamientos superficiales
- Mezclas asfálticas drenantes
- Lechadas (Slurry and Seal)
- Mezclas discontinuas o micro aglomerados en caliente
- Mezclas asfálticas modificadas
- Mezclas tibias

2.2.3 Mezcla asfáltica en caliente

La mezcla asfáltica en caliente es la mezcla que presenta granulometría bien gradada mezclada con cemento asfáltico, las cuales ambos deben ser calentados a una temperatura alta determinada (entre 140° y 180°C) con respecto a la viscosidad del tipo de asfalto que se utiliza, y así poder lograr la suficiente

trabajabilidad y pueda ser mezclado para luego extenderse y compactarse. Se combina los agregados en un amplio rango del diseño específico establecido (Mostacero, 2018, p.44).

Su elaboración se efectúa en plantas que pueden ser fijas o móviles. Antes de incorporarse a la mezcla los agregados deben separarse por tamaños evitando que se revuelvan. La película de asfalto debe cubrir todos los elementos que se le incorporen, para ello se tiene que calentar y asegurar una temperatura que permita una mezcla uniforme de dicho contenido.

a) Componentes de la mezcla asfáltica en caliente

- **Asfalto**

Es una mezcla de hidrocarburos que se produce de la destilación del petróleo crudo, en las refinerías de petróleo tiene un alto peso molecular, presentan en conjunto propiedades termoplásticas, cuyo estado y nivel de consistencia varían con facilidad de sólido a semisólido e incluso a líquido viscoso, si la temperatura es favorable para ello. (PETROPERU, 2018).

- **Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico es un material aglomerante bituminoso, el cual tiene una consistencia sólida, que se usa para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente (MTC EG-2013, 2013, p.659). Estos son mezclados con los materiales pétreos en una planta mezcladora estacionaria o móvil, provista de un equipo necesario para calentar los componentes de la mezcla, presentan cualidades y consistencias propias para uso directo de la construcción de pavimentos asfálticos. Es excelente para aplicaciones en trabajos de pavimentación por sus propiedades: aglutinantes, impermeabilizantes, flexibilidad, durabilidad, y alta resistencia a los ácidos y alkalis en general. Se clasifican de acuerdo a la consistencia que es medida por la viscosidad dinámica o absoluta y por su penetración (PEN).

En el Perú solo existen dos compañías que proveen asfalto con las características antes mencionadas, las cuales son:

Cementos asfálticos según clasificación REPSOL

- Cemento Asfáltico 40/50
- Cemento Asfáltico 60/70
- Cemento Asfáltico 85/100
- Cemento Asfáltico 120/150

Cementos asfálticos según clasificación PETROPERU

- Petroperú cemento asfáltico 40/50 PEN
- Petroperú cemento asfáltico 60/70 PEN
- Petroperú cemento asfáltico 85/100 PEN
- Petroperú cemento asfáltico 120/150 PEN

En la refinería Conchán se puede solicitar, a pedido y previamente consultando, asfaltos sólidos para uso industrial:

- Petroperú cemento asfáltico 10/20 PEN
- Petroperú cemento asfáltico 20/30 PEN

- **Agregado grueso**

Es la porción de agregado retenido en el tamiz de 4,75 mm (N.º 4). Este tiene que proceder de la trituración de roca o de grava o por una combinación de ambas; sus fragmentos deberán ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. A continuación, se muestran en la tabla los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras EG 2013, los cuales se utilizarán para el análisis de los resultados.

Tabla N°1
Requerimientos para los agregados gruesos

Ensayos	Normas	Parámetros	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3 000	>3000
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E – 209	18% máx	15% máx
Abrasión de Los Ángeles	MTC E – 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E – 517	+95	+95
Índice de durabilidad	MTC E – 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	MTC E – 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E – 210	85/50	90/70
Sales Solubles	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción	MTC E – 206	1,0% máx.	1,0% máx.

*Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

Fuente: Manual de carreteras (2013)

- **Agregado fino**

Es la porción comprendida entre los tamices de 4,75 mm y 75 µm (N.º 4 y N.º 200) y polvo mineral o llenante que pase el tamiz de 75 µm (N.º 200). Los granos deberán ser duros, limpios, de superficie rugosa y angular. A continuación, se muestran en la tabla los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras EG 2013, los cuales se utilizarán para el análisis de los resultados.

Tabla N°2
Requerimientos para los agregados finos

Ensayos	Normas	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤ 3 000	> 3000
Equivalente de arena	MTC E – 114	60%	70
Angularidad del agregado fino	MTC E – 222	30%	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E - 111	NP.	NP
Durabilidad	MTC E – 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E – 214	35% mín.	35% mín.
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E – 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.
Absorción **	MTC E – 205	0.5% máx.	0.5% máx.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica

Fuente: Manual de carreteras (2013)

- **Polvo mineral o Filler**

Es un material que se utiliza en las mezclas asfálticas, con la finalidad de complementar la granulometría de los agregados finos cuyas características no cumplen las especificaciones técnicas correspondientes (MTC EG2013, 2013). Además, según (Morea, 2011), este material junto con la ligante forma una masa asfáltica que tiene una importancia fundamental en el comportamiento, impermeabilidad, durabilidad de la mezcla y reológico.

b) Propiedades de la mezcla asfáltica en caliente

Tabla N°3
Consideraciones sobre el diseño de Mezclas Asfálticas

Consideraciones sobre el diseño de mezclas asfálticas	
Estabilidad	Depende de la fricción interna, cohesión y de la viscosidad de la masa.
Durabilidad	Capacidad de resistir la desintegración debido al tránsito. Proceso de envejecimiento (las resinas se transforman en asfaltenos y estos en carbones y pierden la propiedad de adherencia y ductibilidad.
Resistencia a la fatiga	Habilidad de soportar las deflexiones repetidas causadas por el paso de las cargas.
Resistencia al deslizamiento	Fricción adecuada (neumático – calzada) (agregados pétreos microtextura áspera)
Impermeabilidad	Contenidos de vacíos hasta un 8% mezclas totalmente impermeables
Trabajabilidad	Factibilidad de mezclar, extender y colocar
Flexibilidad	Asentamientos graduales sin agrietarse

Fuente: Elaboración propia

2.2.4 Mezcla asfáltica modificada

Son el producto de la incorporación en el asfalto o el reemplazo del agregado pétreo por un polímero o neumáticos, estas son sustancias estables en el tiempo

y a cambios de temperatura, con el objetivo de mejorar el comportamiento y desempeño de la mezcla asfáltica (Corbacho, 2019).

a) **Métodos de modificación**

Para la modificación de asfaltos convencionales se tienen dos procesos de adición.

- **Vía húmeda:** Se adiciona el material modificante al cemento asfáltico a altas temperaturas.
- **Vía seca:** Se adiciona el material modificante a la mezcla asfáltica, mediante los agregados pétreos reemplazando parte del filler mineral por el aditivo o material modificante.

b) **Polímero**

Mostacero (2018) afirma: “Los polímeros son sustancias formadas por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas, llamadas monómeros. La gran variedad de materiales poliméricos hace que su clasificación sea extensa y un poco complicada” (p.55).

Se clasifican en dos grupos: termo endurecibles y termoplásticos que se explican a continuación.

Los termo endurecibles no se utilizan para modificar asfaltos porque son materiales que a altas temperaturas se descomponen o degradan sus propiedades. Los termoplásticos, por el contrario, son los utilizados para modificar asfaltos ya que pueden ser sometidos a altas temperaturas sin que se degraden demasiado sus propiedades. Por otro lado, los termoplásticos, se subdividen en dos clasificaciones: elastómeros y plastómeros. Los tipos de elastómeros más utilizados para modificar asfaltos son los cauchos naturales como el estireno-butadieno-estireno (SBS), cauchos sintéticos derivados del petróleo (estireno-butadieno-caucho, SBR) y el grano de llanta reciclado y triturado (GCR). Dentro de la gama de los plastómeros se encuentran, entre otros: el polietileno de alta y baja densidad (PEAD, PEBD), polipropileno (PP), poliestireno (PS) y policloruro de vinilo (PVC) (Rondón y Reyes, 2015).

c) Mezcla asfáltica en caliente modificada con PET reciclado

La modificación de una mezcla convencional adicionada con polímero PET reciclado se realiza mediante el proceso de vía seca o vía húmeda. Por lo general para el método de adición por vía seca se escogen polímeros elastómeros para proporcionar mayor estabilidad y rigidez a la mezcla asfáltica. En el caso de la presente investigación se adiciona el polímero PET triturado al cemento asfáltico a altas temperaturas.

2.2.5 Plástico

Rojo-Nieto y Montoto (2017) afirman: “Los plásticos son polímeros procedentes del petróleo combinados con otras sustancias, diferentes aditivos, que son los que le confieren las propiedades deseadas en cuanto a su textura, resistencia a la temperatura, maleabilidad, estabilidad, brillo, etc.” (p. 9).

a) Reciclaje de plásticos

Según Bolaños (2019) afirma: “El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos” (p.10).

- **Reciclaje de PET en el Perú**

En la actualidad en el país se producen 2 729 622 624 envases de plástico PET anualmente, de las cuales menos del 35% pasan por un proceso de reciclaje esto es a causa de que el país a nivel de Latinoamérica fue uno de los últimos países en reglamentar el uso de PET reciclado para la producción y comercialización de productos (Bolaños, 2019).

b) Polietileno Tereftalato (PET)

Es un polímero termoplástico, que pertenece al grupo de los plásticos, tiende a deformarse al estar expuesto a altas temperaturas, lo cual permite ser moldeado con facilidad. Está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Así mismo un kilogramo de PET está compuesto por 13% de aire, 23% de derivados líquidos del gas natural y 64% de petróleo. En base al petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico, por otro lado, el etileno es oxidado con aire para formar

etilenglicol originando que este al ser combinado con el ácido tereftálico producen el PET (Bolaños, 2019). En la tabla 4, se muestran las características.

Tabla N°4
Consideraciones sobre el diseño de Mezclas Asfálticas

Tipo	Características	Productos
PET	Transparente (cristal), verde o ámbar	Envases de bebidas
	Buen brillo superficial	Envases de aceites
	Alta resistencia mecánica	Envases de medicinas
	Alta rigidez	

Fuente: Elaboración propia

- **Propiedades principales del PET**

- Alta resistencia al desgaste y corrosión
- Alta resistencia térmica
- Alta cristalinidad
- Alta rigidez y dureza
- Moldeable
- Esterilizable
- Reciclable
- Compatibilidad con otros materiales

- **PET como polímero para mezclas asfálticas**

Según Flores, Bonifaz, Huertas y Cazar (2013) afirman que la forma más recomendable y viable de adicionar el PET reciclado a la mezcla asfáltica en caliente es mediante al triturado pasante del tamiz #10 y retenido en el tamiz #40.

- **Casos de vías pavimentadas MAC con PET**

Nacionales

Actualmente en el país no se ha construido una vía pavimentada utilizando una mezcla asfáltica modificada con PET reciclado.

Internacionales

El profesor Rajago palan Vasudevan, decano y catedrático de química del Colegio de Ingeniería Thiagarajar de Masurai, apodado “Plastic man”, ha desarrollado un nuevo método que usa polímeros de grado bajo para la fabricación de asfalto. Con un millón de bolsas de plástico se puede hacer un kilómetro de nueva carretera. Este tipo de asfalto es además un 8% más económico que el tradicional. Para poder ser utilizado se calienta el plástico a baja temperatura para evitar emisiones contaminantes, además de tener una textura más fluida. Estos residuos plásticos triturados se espolvorean sobre la gravilla caliente y al final de mezcla se añade asfalto. La India es uno de los principales impulsores de las carreteras de plástico en vías urbanas. Se probó por primera vez en una carretera de alta capacidad, el proyecto es una autovía entre Chennai y Villupuram.

Las principales ventajas, la resistencia a la tracción aumenta en un 60% y aumenta la vida útil de la carretera, reduce los costes de mantenimiento, una alternativa para gestionar las enormes cantidades de residuos plásticos y evitar así su quema.

The Green Road, usa la misma tecnología para asfaltar las carreteras de su país. Por otro lado, la empresa inglesa MacRebur, de forma similar mezclan el plástico triturado con el asfalto. En Inglaterra ya se está usando este método para tapar baches y para asfaltar carreteras particulares. En Holanda, la empresa Volker Wessels también usa un método muy particular para reutilizar plástico en las carreteras. Ellos usan bloques prefabricados de plástico que se arman como legos. Los paneles modulares de plástico que se acoplan entre sí según necesidades, de fácil acceso para reparaciones y un espacio hueco para puntos de agua, luz y desagüe. En Rotterdam puerto importante de la provincia neerlandesa de Holanda Meridional va a usar esta tecnología en una ciclovía. En Vancouver también usan un método parecido, se ha demostrado que es un gran aliado ante las bajas temperaturas.

2.2.6 Métodos de diseño de mezcla asfáltica

a) Método Marshall de diseño de mezclas

Este ensayo es el más utilizado y conocido, el cual es desarrollado en capítulos más adelante.

b) Método Hveem de diseño de mezclas

Fue desarrollado casi en el mismo tiempo que el Método Marshall y a diferencia de este último, evalúa una estabilidad pseudo triaxial. (Arellano y Caceres, 2018, p.23).

c) Método Superpave de diseño de mezclas

Es la metodología más actualizada que se conoce y consiste básicamente en tres componentes básicos (Rondón & Reyes, 2015):

- Diseño y análisis de mezclas de concreto asfáltico basados en propiedades volumétricas.
- Ensayos y modelos de predicción para el análisis de mezclas.
- Especificación y clasificación del cemento asfáltico a través del grado de funcionamiento.

2.2.7 Diseño de mezclas asfálticas mediante método Marshall

El método Marshall es un ensayo mecánico, el cual consiste en romper unas probetas cilíndricas de 101.6 mm de diámetro por 63.5 mm de altura que se compactan con un martillo de peso a una altura normalizada.

Según la norma ASTM D 1559 (2001) explica: “Es un ensayo de laboratorio con el objetivo de diseñar una adecuada mezcla asfáltica por medio del análisis de estabilidad/fluencia y densidad/vacíos, el cual se aplica tradicionalmente a mezclas asfálticas en caliente, donde el asfalto ha sido clasificado por penetración o viscosidad, y que contiene agregados con tamaños máximos de 1 pulgada o menos” (p.2).

a) Procedimiento del ensayo Marshall

Los procedimientos para seguir en el diseño Marshall de mezclas asfálticas deben cumplir con la norma ASTM D 1559, los cuales son los siguientes.

- **Selección de las muestras de material**

Se tiene que reunir las muestras del agregado y asfalto que serán utilizados en donde tanto las muestras del asfalto y las muestras del agregado tengan las mismas características del asfalto que será usado en la mezcla final. Se hará la extracción de datos de los procedimientos de diseño de mezclas lo que determinarán la fórmula para la mezcla asfáltica (Cosio y La Torre, 2021, p.32).

- **Preparación del agregado**

La relación viscosidad – temperatura del cemento asfáltico que va ser usado debe ser ya conocida para poder establecer las temperaturas de mezclado y compactación en el laboratorio. Estos procedimientos incluyen secar el agregado, determinar su peso específico, y efectuar un análisis granulométrico por lavado (Cosio y La Torre, 2021, p.32).

- **Preparación de las probetas de ensayo**

Cosio y La Torre (2021) afirman: “Las probetas de ensayo de las posibles mezclas de pavimentación son preparadas haciendo que cada una contenga una ligera cantidad diferente de asfalto. La proporción de agregado en las mezclas está formulada por los resultados del análisis granulométrico” (p.33).

b) Parámetros del ensayo Marshall MTC E - 504

- **Determinación del peso específico total.**

Contreras y Zúñiga (2020) explicaron: “La determinación del peso específico es tan pronto como las probetas recién compactadas se hayan enfriado a la temperatura ambiente. Esa medición de peso específico es esencial para un análisis preciso de densidad – vacíos.” (p.51).

- **Ensayo de Estabilidad y Fluencia**

Contreras y Zúñiga (2020) explicaron: “El ensayo de estabilidad está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga, que ocurre en la mezcla. Las mezclas que tienen valores bajos de fluencia y valores muy altos de

estabilidad Marshall son consideradas demasiado frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. Aquellas que tienen valores altos de fluencia son consideradas demasiado plásticas y tienen tendencia a deformarse fácilmente bajo las cargas del tránsito” (p.51).

- **Análisis de Densidad y Vacíos**

El análisis de densidad y vacío tiene como objetivo determinar el porcentaje de vacíos en la mezcla compactada. Así, una vez que se completan los ensayos de estabilidad y fluencia, se procede a efectuar un análisis de densidad y vacíos para cada serie de probetas de prueba (Contreras y Zúñiga, 2020).

- **Análisis de Peso Unitario.**

Según Contreras y Zúñiga (2020) indicaron: “El peso unitario promedio para cada muestra se determina multiplicando el peso específico total de la mezcla por la densidad del agua 1000 kg” (p.51).

- **Análisis de Vacíos en el agregado Mineral (VMA)**

Se halla en base al peso específico total del agregado para luego expresarse como el porcentaje del volumen total de la mezcla asfáltica compactada. Así se concluye que, el VMA puede ser calculado al restar el volumen del agregado del volumen total de la mezcla compactada (Contreras y Zúñiga, 2020, p.51).

- **Análisis de Vacíos Llenos de Asfalto (VFA)**

Se expresa como el porcentaje de vacíos intergranulares entre las partículas del agregado (VMA) que están llenas de asfalto.

El VMA abarca asfalto y aire, por lo tanto, el VFA se calcula al restar los vacíos de aire del VMA, y luego dividiendo por el VMA, y expresando el valor final como un porcentaje. Proporciona valores límites de VFA en función de la intensidad de tránsito para el cual se diseñará la carpeta. (Contreras y Zúñiga, 2020, p.51)

2.2.8. Tipos de mecanismo de daño en mezclas asfálticas

a) Daño por humedad

El ensayo Lottman se usa para determinar la susceptibilidad al daño ocasionado por humedad y la evaluación de la adherencia de las mezclas asfálticas compactadas.

Este ensayo consiste en someter especímenes de compactación con $7 \pm 0.5\%$ de vacíos a dos tipos de condiciones: seco y húmedo, antes de su rotura a tracción indirecta. Sirven estas condiciones como simulación a las condiciones a las que se pueden enfrentar, sobre todo al daño ocurrido por humedad inducida en el pavimento asfáltico.

Este ensayo nos permite medir la pérdida de cohesión de una mezcla compactada como resultado de los efectos de saturación acelerada en agua, en ciclos de congelamiento y deshielo. Miden el comportamiento de la mezcla en conjunto (árido fino, árido grueso y ligante). Esto nos permite predecir la susceptibilidad de desprendimiento de las mezclas asfálticas.

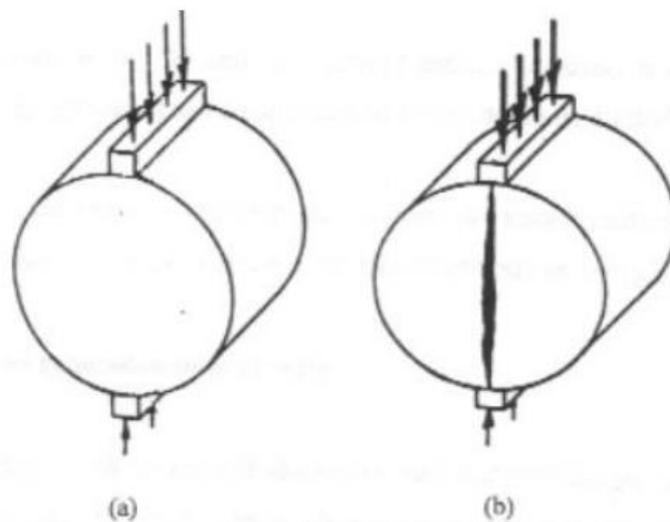


Figura N 2: Configuración de la carga (a) y rotura del ensayo de tracción indirecta (b)

Fuente: Corbacho (2019)

2.2.9 Fallas consideradas en Pavimentos Flexibles

Las fallas en los pavimentos flexibles por lo general pueden ser de superficie o estructurales. En el primer caso son los defectos de la superficie de rodamiento

a causa de las fallas en la carpeta asfáltica, por otro lado, las fallas estructurales son los defectos de la superficie de rodamiento y se origina por una falla en la estructura del pavimento, en la cual una o más capas constituyentes deben resistir a las sollicitaciones exigidas por el tráfico de la carga vehicular y el clima (Mostacero, 2018).

Tabla N°5
Fallas consideradas en PCI de Pavimentos Flexibles

Falla N.º	Descripción	Unidad
1	Grieta piel de cocodrilo	m ²
2	Exudación de asfalto	m ²
3	Grietas de contracción (Bloque)	m ²
4	Elevaciones – Hundimientos	m
5	Corrugaciones	m ²
6	Depresiones	m ²
7	Grietas de borde	m
8	Grietas de reflexión de juntas	m
9	Desnivel Calzada – Hombrillo	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Baches y zanjas reparadas	m ²
12	Agregados pulidos	m ²
13	Huecos	Nº
14	Cruce de rieles	m ²
15	Ahuellamiento	m ²
16	Deformación por empuje	m ²
17	Grietas de deslizamiento	m ²
18	Hinchamiento	m ²
19	Disgregación y Desintegración	m ²

Fuente: Elaboración Propia

2.3 Definición de términos básicos

2.3.1 Agregados

“Son materiales granulares, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada.” (Norma E.060, 2019).

2.3.2 Temperatura

El asfalto debe poseer una temperatura tal que su viscosidad esté en un rango preferentemente entre ciento cincuenta y ciento noventa centistokes (150-190 cSt). Por otra parte, a altas temperaturas la mezcla asfáltica compactada, no tiene la cohesión suficiente y podría afectar su volumetría (SCT,2004).

2.3.2 Estabilidad

Es la resistencia al desplazamiento y a las deformaciones bajo cargas de tránsito. Así mismo es la carga obtenida, cuando la tasa de aumento de carga comienza a disminuir, de modo que la curva empieza a volverse horizontal (ASTM D6927, 2015).

2.3.3 Flujo

Es una medida de la deformación o el movimiento total de la mezcla de asfalto determinada durante el ensayo de estabilidad. Así como también es la deformación total de la muestra desde el punto donde la tangente proyectada de la parte lineal de la curva intercepta el eje x (deformación) hasta el punto donde la curva comienza a volverse horizontal. Si el flujo en el contenido óptimo de aglutinante escogido está por encima del límite superior, la mezcla se considera demasiado plástica o inestable y si está por debajo del límite inferior, se considera demasiado frágil (ASTM D6927, 2015).

2.3.4 Porcentaje de vacíos con aire

“Es una pequeña bolsa de aire entre las partículas cubiertas del agregado en una mezcla de pavimento compactado” (SCT,2004).

2.3.5 Vacíos en el agregado final

Es calculado con base en los pesos específicos totales de los agregados y se expresa como porcentaje del total del volumen de la mezcla compactada. Por lo tanto, los vacíos en el agregado final son calculados al restar el volumen del agregado (determinado mediante el peso específico total del agregado) del volumen total de la mezcla compactada (ASTM D-1559,2001).

2.3.6 Vacíos llenos de asfalto

Es el porcentaje de vacíos en el agregado mineral lleno con asfalto efectivo (ASTM D-1559,2001).

2.3.7 Relación polvo asfalto

“Se calcula como la relación entre el porcentaje en peso del agregado más fino que el tamiz 0.075 mm y el contenido de asfalto efectivo en porcentaje del peso total en la mezcla, menos el porcentaje de asfalto absorbido” (SCT,2004).

2.3.8 Relación de estabilidad /flujo

Es la relación matemática entre el valor de su estabilidad y el flujo hallado con el ensayo Marshall, representando así el grado de ductilidad o de su fragilidad de la mezcla de asfalto, sus valores permiten predecir el comportamiento futuro de las mezclas bajo la influencia de la carga del tráfico del medio ambiente (ASTM D-1559,2001).

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

Las propiedades mecánicas de las mezclas convencionales asfálticas mejoran cuando se modifican agregando polímeros polietilentereftalato (PET) reciclado.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) El uso del polímero PET reciclado influye positivamente al mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional.
- b) Existe una mejora en la estabilidad de una mezcla asfáltica convencional aplicando polímeros PET reciclado.

3.2. Variables

3.2.1 Definición de las variables

- a) **Variable independiente**
Polímero polietilentereftalato PET reciclado
- b) **Variable dependiente**
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica

3.2.2 Operacionalización de variables

Tabla N°6
Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional usando Polietilentereftalato

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimension	Indicadores	Indices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Variable Independiente	El Polietilentereftalato (PET) es un polímero semicristalino producto de la condensación del ácido tereftálico y el glicol de etileno (o etilenglicol), con buenas propiedades mecánicas y mayor estabilidad dimensional bajo carga”	La variable PET, son modificadores reciclados la cual para su utilización se debe tamizar y las partículas que pasan por la malla N°10 y son retenidas en la malla N°40 son las que se usara. De acuerdo al MAC se va a determinar los porcentajes de agregado grueso, fino y como filler las partículas de PET las cuales será en gramos. El peso total que deben tener para la elaboración de cada briqueta es de 1160 gramos las cuales se pondrán al horno hasta obtener una temperatura promedio en los agregados de 160 C° para proceder a realizar la mezcla y preparar las briquetas.	Polietilentereftalato (PET)	Agregado	Peso	Gramos	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
Polimeros Polietilentereftalato				Temperatura	Grados	°C			
Variable Dependiente	Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua éste. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan.	La variable mezclas asfálticas es la combinación de agregados gruesos y finos los cuales anteriormente se le hacen ensayos de calidad de agregados y cemento asfáltico se le hace el ensayo de penetración. Después de determinar la calidad de estos se realiza el ensayo de diseño de mezclas Marshall donde se obtiene el contenido óptimo de asfalto para una combinación que predomine sus propiedades mecánicas como la resistencia al deslizamiento, durabilidad, trabajabilidad y por ultimo estabilidad.	Parametros de la mezcla asfaltica	Estabilidad	Peso	KN	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Flujo	Milímetro	mm.	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Porcentaje de vacios de aire	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Vacios en el agregado mineral	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Vacios llenos de asfalto	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Relación polvo/ asfalto	Constante	-	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Relación estabilidad / flujo	Peso/Longitud	Kg/cm	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Resistencia conservada	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO	MTC EG 2013

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel

4.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptiva y correlacional ya que uno de los puntos importantes respecto a la investigación es examinar la relación entre las variables o sus resultados, pero en ningún momento explica que una sea la causa de la otra (Bernal,2016).

4.1.2 Nivel de la investigación

Es descriptivo y explicativo ya que se realiza la revisión de distintas investigaciones en donde se analizará la relación de la causa efecto que presentan las mezclas asfálticas usando los polímeros polietilentereftalato reciclados en sus propiedades mecánicas.

4.2 Diseño de investigación

La investigación es experimental porque se van a manipular la variable independiente que en nuestro caso es el polímero polietilentereftalato (PET) reciclado que medirá su efecto sobre las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población de estudio

La población está referida con respecto a las muestras de las mezclas asfálticas adicionando polímeros PET reciclado.

4.3.2 Diseño muestral

El diseño muestral de la presente investigación según la norma MTC E – 504 se realizará el ensayo mediante 60 briquetas.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

- a) Para la toma de datos se utiliza el enfoque cuantitativo ya que obtendremos datos de campo de la variable de interés.
- b) El instrumento de investigación principalmente utilizado es el de los experimentos de los ensayos de laboratorios.

4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

a) Validez

Se entiende como validez al cálculo de la variable que se tiene que medir, en la posibilidad de ser exactos sobre la realidad de esta variable a investigar.

En el caso de la presente investigación este cálculo de validez se determinará mediante los certificados de calibración de los instrumentos de los ensayos de laboratorio.

b) Confiabilidad

La confiabilidad es el grado de consistencia a causa de las evaluaciones por un jurado o especialista en la materia y así poder obtener un mismo resultado.

En esta investigación no se realizará confiabilidad, ya que se utilizará como sustento fichas de los ensayos de laboratorio.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

El procesamiento de la información se realizará mediante la recopilación de datos mediante ensayos de laboratorio que se realizarán a futuro.

4.5 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

La técnica de procesamiento y análisis de datos que se utilizará será el análisis estadístico de los resultados de los parámetros para señalar la información obtenida y posteriormente se realizará el análisis de estos para poder observar los resultados de las muestras resultantes.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Ensayos y recolección de datos

5.1.1 Agregados Pétreos

a) Procedencia de los agregados

Según el Manual de Carreteras EG 2013 indica que existen dos tipos de agregados, el agregado grueso y agregado fino. Solamente se admitirá el empleo de agregados con características hidrófilas, además se deberá satisfacer los requisitos de calidad indicados en cada especificación.

Tabla N°7
Agregados del diseño de la mezcla

Cantera: Doris	Ubicación: Distrito de Villa el salvador
Agregado Grueso	Porción retenida hasta la malla N° 4
Agregado fino	Porción definida entre la malla N° 4 y la N°200

Fuente: Elaboración propia

b) Ensayos de calidad realizados a los agregados pétreos

- **Ensayos de calidad del agregado grueso**

Durabilidad (al sulfato de sodio o magnesio) – MTC E 209

Este ensayo determina la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de magnesio con el objetivo de conocer la alterabilidad de los agregados sometidos a la acción de la intemperie. Este ensayo es una medida a la desintegración de los agregados por medio de soluciones saturadas de sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal que la soluciones cubra toda la muestra. Después del período de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.



Figura N 3: Ensayo de durabilidad

Fuente: Elaboración propia

Abrasión de los Ángeles – MTC E 207

Este ensayo se usa para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles. Consiste en la abrasión o desgaste, impacto y trituración de los agregados de 1/2", 3/8" y 1/4", en un tambor de acero en rotación que contiene 11 esferas de acero de acuerdo a la graduación MAC-2 a una velocidad entre 30-33 rpm. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado, creando un efecto de trituración por impacto. Luego, el agregado es retirado y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida. Luego se retiró el material y se realizó una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm. La porción más fina se tamiza y después se lavó el material más grueso, se secó en el horno a 110 °C y se determinó el peso.



Figura N 4: Ensayo de abrasión de los Ángeles

Fuente: Elaboración propia

Adherencia – MTC E 517

En este ensayo vamos a describir el revestimiento y procedimiento para determinar la retención de una película bituminosa en una superficie de agregado en presencia de agua. Este ensayo se realiza para asfaltos Cutback, asfaltos semisólidos, emulsiones asfálticas y alquitranes.

Se calienta el agregado de 79 a 107°C y el cemento asfáltico separadamente de 93 a 121°C. Se pone una hoja de papel de asbesto u otro material de protección en las balanzas para retardar el enfriamiento, luego se añadió $5,5 \pm 2g$ del bitumen calentado en el agregado caliente. Se calienta la hoja de la espátula y se mezcla enérgicamente con la espátula por 2 a 3 minutos o hasta que el agregado este completamente revestido, se deja que la temperatura del contenido de los recipientes baje naturalmente durante el mezclado. Posteriormente del revestimiento, se deja la mezcla que enfríe a temperatura ambiente. Es importante que el revestimiento bituminoso en el agregado sea completo, no se deben dejar partes descubiertas. Si el recubrimiento completo no es obtenido. Se vuelve a calentar el recipiente de la mezcla suavemente sobre un plato calentador y se continúa mezclando hasta que el revestimiento este completo.

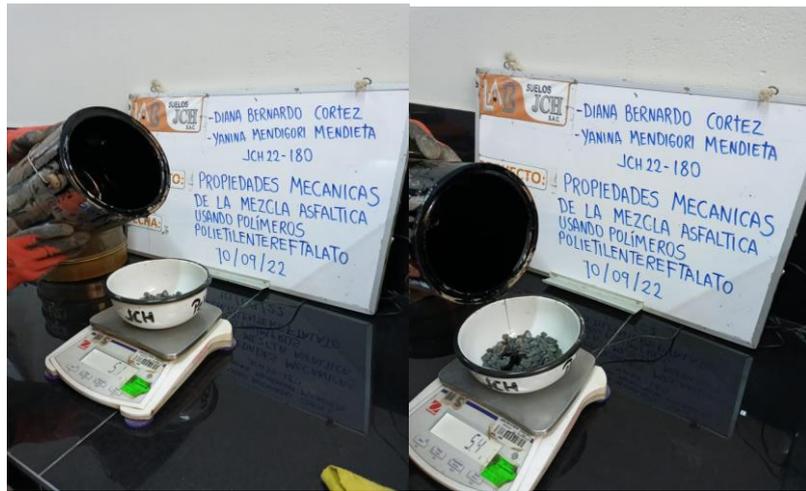


Figura N 5: Ensayo de adherencia primera parte

Fuente: Elaboración propia

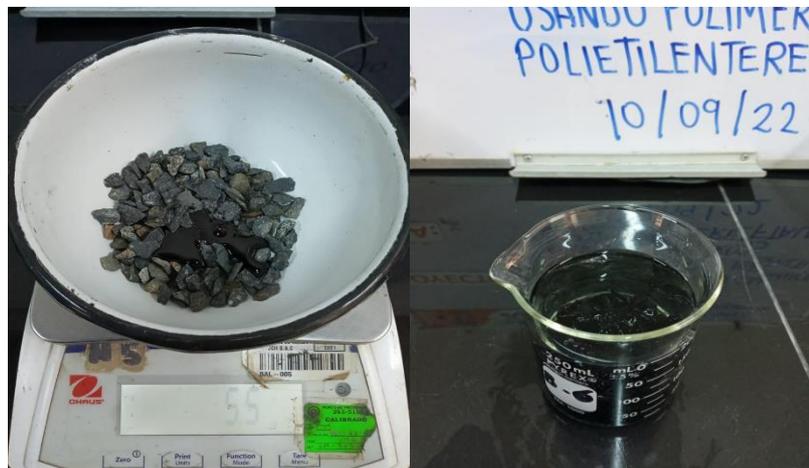


Figura N 6: Ensayo de adherencia segunda parte

Fuente: Elaboración propia

Índice de Durabilidad – MTC E 214

El índice de durabilidad es un valor que muestra la resistencia relativa de un agregado para producir finos dañinos, del tipo arcilloso.

Se secan las muestras de agregados, para permitir su completa separación de tamaños mediante el tamiz de (N°4), y para desarrollar una condición de libre movimiento de los agregados para que pasen a través del tamiz. El secado puede efectuarse por cualquier método, siempre y cuando no se excedan los 60°C y no se degraden las partículas. Luego se realizó la gradación de la muestra por tamizado, con los tamices de ($\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4, N° 8, N° 16). Se descarta

cualquier material que sea retenido en el tamiz de (3/4"). De acuerdo a la gradación se determina los procedimientos de ensayo que se usarán para establecer el índice de durabilidad del agregado.

Tabla N°8
Procedimientos de ensayo para establecer el índice de durabilidad del agregado

Si menos del 10% del agregado pasa el tamiz de 4,75mm (N° 4), se ensaya solamente el grueso (procedimiento A).	Si menos del 10% del agregado es de tamaño mayor que el tamiz de 4,75 mm (N° 4), se ensaya solamente el agregado fino (procedimiento B).	Cuando ambas fracciones del agregado, grueso y fino, están presentes en cantidades iguales o mayores al 10%, y el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18 mm (N°16) es mayor del 10%, se usa ambos procedimientos, A y B.	Si el porcentaje que pasa el tamiz de 1,18mm (N°16) es menor ó igual al 10%, úsese el procedimiento A ó el procedimiento C.	Si la mayoría del agregado (75 a 80%) se encuentra entre los tamices de 9,5mm (3/8") y 1,18mm (N° 16), úsese únicamente el procedimiento C.
--	--	--	---	---

Fuente: Elaboración propia

Se coloca el cilindro plástico sobre una mesa de trabajo, la cual no debe estar expuesta a vibraciones durante el proceso de sedimentación del ensayo. Se vierte 7 ml de la solución base del cloruro de calcio dentro del cilindro. Se coloca los tamices de (N°4) y de (N° 200) sobre el recipiente recolector del agua de lavado con el tamiz de (N°4) arriba, el cual sirve sólo para proteger el tamiz de (N°200). Se coloca la muestra de ensayo lavada en el vaso. Se añade agua destilada, se tapa y se coloca el vaso en el agitador. Se comienza la agitación después de 60 segundos. De ahí se agita el vaso por 10 minutos. Seguidamente, se retira el vaso del agitador y se saca la tapa. Después, agitar el contenido del vaso verticalmente, con movimientos horizontales y circulares, cinco o seis veces, para, poner los finos en suspensión e inmediatamente se hecha este

contenido en el recipiente colector de agua de lavado con los tamices mencionados líneas arriba. Se descarta el material retenido en el tamiz de 4,75 mm (N° 4). Se recoge toda el agua de lavado y material que pasa el tamiz de 75 μ m (N° 200) en el recipiente colector. Hay que asegurarse que el material de tamaño inferior al del tamiz de 75 μ m (N° 200) pasa por dicho tamiz. El agua de lavado del material es drenada por el tamiz de (N° 200), debe golpearse repetidamente el lado del tamiz con la mano. Se coloca el agua de lavado a otro recipiente adecuado para agitar y verter su contenido. Se coloca un embudo en el cilindro plástico graduado. Luego se agita manualmente el agua de lavado para poner los finos en suspensión. Cuando esta aun turbulencia, hay que echar el agua de lavado dentro del cilindro graduado, hasta que llegue el nivel del agua a la marca de (15"). Sacudir el embudo, colocar el tapón en el extremo del cilindro y mezclar. Mezclar el contenido mediante movimientos alternados de arriba y hacia abajo a la derecha y a la izquierda, haciendo que la burbuja atraviese completamente el cilindro 20 veces en 35 segundos aproximadamente. Se deja reposar el contenido del cilindro por 20 minutos cuidando de no moverlo. Exactamente al final de este tiempo se lee y registra la altura de la columna de sedimentación, con aproximación de 2,5 mm.

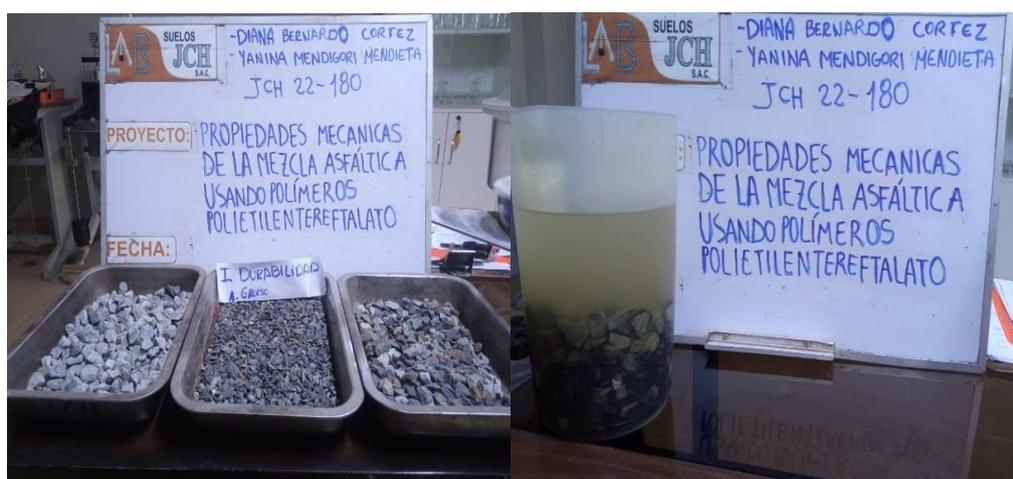


Figura N 7: Ensayo de Durabilidad de Agregado Grueso

Fuente: Elaboración Propia

Partículas chatas y alargadas - ASTM 4791

Este ensayo se aplica a los agregados de origen natural o artificial, incluyendo los agregados ligeros y no es aplicable a los tamaños de partículas menores de 6.3mm (1/4") o mayores de 63mm (2 1/2").

Se define como índice de aplanamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuyo espesor mínimo es inferior a 3/5 de la dimensión media de la fracción.

Se define como índice de alargamiento de una fracción de agregado el porcentaje en peso, de las partículas que la forman, cuya longitud máxima es superior a 9/5 de la dimensión media de la fracción.

Se procede a preparar la muestra, se reduce por cuarteo hasta obtener una muestra representativa, en cantidades suficientes para la realización del ensayo. Se desecha los tamaños no comprendidos entre 63,0 mm (2 1/2") y 6,3 mm (1/4"), en función del tamaño nominal de la muestra.

Tabla N°9

Cantidad requeridas de peso del agregado en función del tamaño nominal de la muestra

TAMAÑO NOMINAL DEL AGREGADO mm (pulg)		PESO MÍNIMO DEL MATERIAL PARA ENSAYO, TAMAÑO DEL AGREGADO ENTRE 63,0 mm (2 1/2") Y 6,3 mm (1/4") kg
mm	(Pulg)	kg
50,0	(2)	35
40,0	(1 1/2)	15
25,0	(1)	5
20,0	(3/4)	2
12,5	(1/2)	1
10,0	(3/8)	0,5

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

Una vez separada la muestra para ensayo, es secada en el horno a 110 °C hasta peso constante y luego se determina su análisis granulométrico, usando los tamices.

Tabla N°10

Dimensiones de los calibradores grosor, longitud y peso mínimo para subdivisión de la fracción.

Dimensiones de los calibradores grosor y longitud y peso mínimo para subdivisión de la fracción						
Tamices				Dimensiones del calibrador (mm)		Peso mínimo para subdivisión (kg)
Pasa		Retiene		Aplanamiento	Alargamiento	
mm	(pulg)	mm	(pulg)	Abertura de la ranura ⁽¹⁾	Separación de las barras ⁽²⁾	
63,0	(2 ½")	50,0	(2")	33,9	-----	50
50,0	(2 ")	37,5	(1 ½")	26,3	78,8	35
37,5	(1 ½")	25,0	(1")	18,8	56,3	15
25,0	(1 ")	19,0	(¾")	13,2	39,6	5
19,0	(¾")	12,5	(½")	9,5	28,4	2
12,5	(½")	9,5	(⅜")	6,6	19,8	1
9,5	(⅜")	6,3	(¼")	4,7	14,2	0,5

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

Se separa todo el retenido en el tamiz (2 ½") y el que pasa (¼"). Se halla el peso P_i , con aproximación del 0,1%, de cada fracción retenida y se coloca en bandejas separadas y se identifica el tamaño definido de la fracción, en estos casos se indica que la relación a emplearse sea 1/3 (espesor/longitud). Se ha demostrado en un sin número de investigaciones, que el exceso de partículas chatas y alargadas, pueden perjudicar el comportamiento de la estructura del pavimento. Se denomina partícula chata cuando la relación ancha/espesor es mayor de 1/3; y alargada cuando la relación largo/ancho es mayor de 1/3.



Figura N 8: Ensayo de partículas chatas y alargada

Fuente: Elaboración propia

Caras fracturadas MTC E – 210

Este método de ensayo abarca la determinación del porcentaje, en masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas que reúnen requerimientos especificados.

Para la preparación del agregado se debe secar la muestra hasta obtener una separación clara entre el material fino y grueso. Luego se tamiza por la malla N°4, luego reducir la parte retenida sobre la malla usando un cuarteador hasta el tamaño apropiado para ensayo.

Lavar la muestra sobre el tamiz designado para la determinación de partículas fracturadas para retirar cualquier material fino remanente y secar. Determinar la masa de la muestra, al menos con 0,1% de la masa de la muestra seca original. Luego extender la muestra de ensayo seca sobre una superficie larga, plana y limpia la cual nos permita una inspección cuidadosa de cada partícula. Para verificar que la partícula entra en el criterio de fracturada, se toma la partícula del agregado de manera que la cara sea observada directamente. Si la cara constituye al menos un cuarto de la máxima sección transversal de la partícula de roca, considerar como una cara fracturada. Usando la espátula o herramienta similar, separa en dos (02) categorías: (A) partículas fracturadas basadas en tanto si tiene el número requerido de caras fracturadas, (B) partículas que no reúnen el criterio especificado. Si más de un número de caras de fractura es especificado (por ejemplo 80% con una o más caras fracturadas y 50% con 2 o más caras de fracturas), repetir el procedimiento sobre la misma muestra para cada requerimiento.

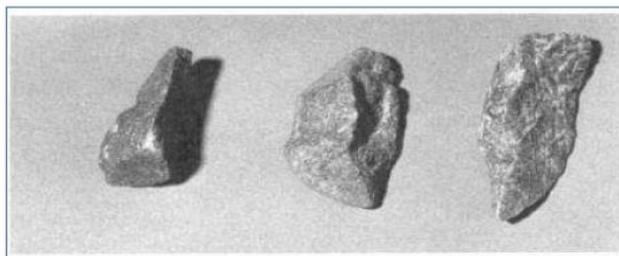


Figura N 9: Partículas Fracturadas (Bordes Agudos, Superficies Rugosas)

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)



Figura N 10: Partículas Fracturadas (Bordes agudos, Superficies Alisadas)
Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)



Figura N 11: Partículas Fracturadas (Bordes redondeados, Superficie Rugosa)
Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016)

Sales solubles totales – Grueso MTC E-219

Una muestra de agregado pétreo se somete a continuos lavados con agua destilada a la temperatura de ebullición, hasta la extracción total de las sales. La presencia de éstas se detecta mediante reactivos químicos que, al menor indicio de sales, forman precipitados fácilmente visibles. Del agua total de lavado se toma una alícuota y se procede a cristalizar para determinar la cantidad de sales presentes. Este método también es aplicable en controles de obra, debido a la rapidez de visualización y cuantificación del contenido de sales.

Para realizar dicho ensayo la muestra se coloca en el horno a 110 ± 5 °C hasta que sea una masa constante, aproximando a 0,01 g. Se registra la masa como A. De ahí se coloca la muestra en un vaso precipitado, se agrega agua destilada en volumen suficiente para cubrir unos 3 cm sobre el nivel de la muestra y se calienta hasta ebullición. Luego se agita durante 1 min. Se repite la agitación a intervalos regulares, hasta completar cuatro agitaciones en un período de 10 min.

Esperar mínimo 10 min hasta que el líquido se aprecie transparente y se pasa el líquido sobrante a otro vaso. En forma separada, en dos tubos de ensayo, las sales solubles con los respectivos reactivos químicos. Los cloruros se detectan con unas gotas de nitrato de plata, formándose un precipitado blanco de cloruro de plata y la de sulfatos con unas gotas de cloruro de bario, dando un precipitado blanco de sulfato de bario. Se repite el procedimiento hasta que no se detecte presencia de sales, se junta los líquidos sobrenadantes. Una vez enfriados, vacíe todos los líquidos sobrantes acumulados, a un matraz aforado y enrase con agua destilada. En caso de tener un volumen superior, concentre mediante evaporación. Registre el aforo como B.

Tomar una alícuota de un volumen entre 50 y 100 mL, de la muestra previamente homogeneizada, del matraz aforado y registre su volumen como C.

Cristalizar la alícuota en un horno a 100 ± 5 °C, hasta que sea una masa constante y registre la masa como D.

Absorción MTC E-206

Este ensayo sirve para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado grueso. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remojados en agua después de 24 horas. Este modo operativo no es aplicable para agregados ligeros.

Para realizar el ensayo se seca la muestra a peso constante, a una temperatura de $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$, de ahí se ventila en lugar fresco a temperatura ambiente de 1 a 3 horas para muestras de ensayo de tamaños máximos nominales de 37,5 mm (1 ½ pulg) o mayores para tamaños más grandes hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C). Luego inmediatamente sumergir el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$. Se remueve la

muestra del agua y se hace rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aún parezca húmeda. De ahí se seca separadamente en fragmentos más grandes. Se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Se adquiere el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca. Se determina los pesos con aproximación de 0,5 g o al 0,05% del peso de la muestra, la que sea mayor.

Después de pesar, se coloca de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determina su peso en agua a una temperatura entre $23\text{ °C} \pm 1,7\text{ °C}$, densidad $997 \pm 2\text{ kg/m}^3$. Se tiene que tener cuidado de remover todo el aire atrapado antes de ser pesado se sacude el recipiente mientras se sumerge.

Secar la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre $100\text{ °C} + 5\text{ °C}$ y se deja enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 3 h o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente 50 °C) y se pesa.

- **Ensayos de calidad del agregado fino**

- **Equivalente de Arena – MTC E 114**

Este ensayo se realizó mediante la evaluación de tres probetas en las cuales se coloca el agregado fino sumergido en una sustancia líquida compuesta por agua destilada con cloruro de calcio, a la cual se le quitará las burbujas de aire y se dejará reposar por 10 minutos. Este ensayo tiene la finalidad de determinar la calidad que tiene nuestro agregado mediante la evaluación del porcentaje de arena.

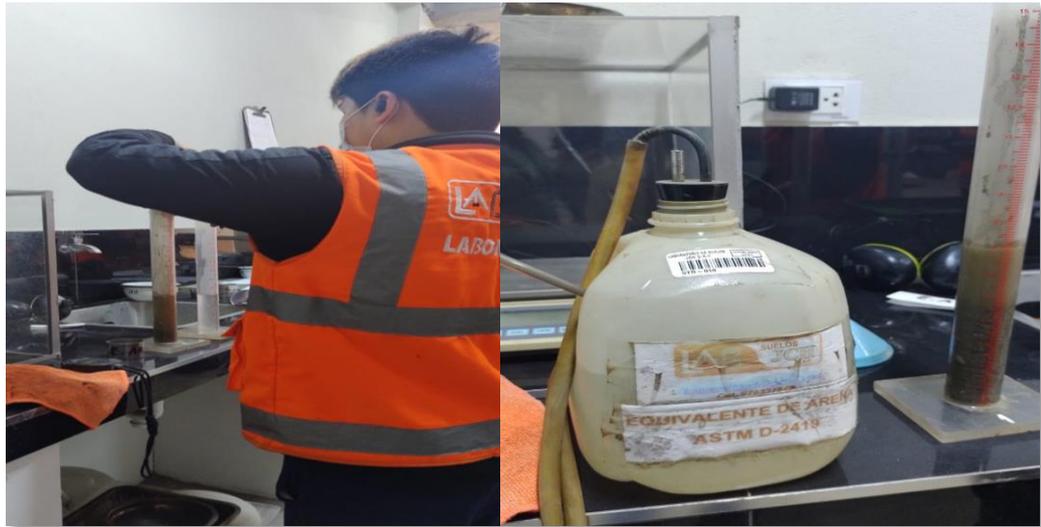


Figura N 12: Ensayo de equivalente de arena

Fuente: Elaboración propia

Angularidad del agregado fino – MTC E 222

Este ensayo busca determinar mediante el cálculo de vacíos de aire presentes en la porción pasante de la malla N°8 (levemente compactados) y la angularidad del agregado, una correlación con la resistencia al ahuellamiento.



Figura N 13: Ensayo de Angularidad de Agregado Fino

Fuente: Elaboración propia



Figura N 14: Ensayo de Angularidad de Agregado Fino.

Fuente: Elaboración propia

Azul de Metileno – AASTHO TP 57

Este valor de metileno es una cantidad en mililitro de azul de metileno que reaccione a 1 gramo de material que pase por la malla N°200 hasta que se llegue a la saturación, colocando así una gota de esta sustancia en un papel filtro para poder determinar que tipos de arcillas se encuentran en el agregado fino.



Figura N 15: Azul de metileno

Fuente: Elaboración propia

Índice de Plasticidad (Malla N° 40 - Malla N°200) – MTC E 111

Se realiza el ensayo del límite plástico del agregado fino que se llega a determinar a partir del límite líquido del mismo, y así poder determinar el cálculo del índice de plasticidad que se necesita mediante el método de Casagrande.



Figura N 16: Proceso del ensayo de Índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

Durabilidad al sulfato de magnesio – MTC E 209

No se aplica este ensayo a nuestra investigación ya que está proyectada a una zona de estudio en la ciudad de Lima (menor altitud)

Índice de durabilidad – MTC E 21

Este ensayo tiene el objetivo de determinar un valor que muestra la resistencia relativa del agregado para producir arcillas al someterse a una degradación mecánica.

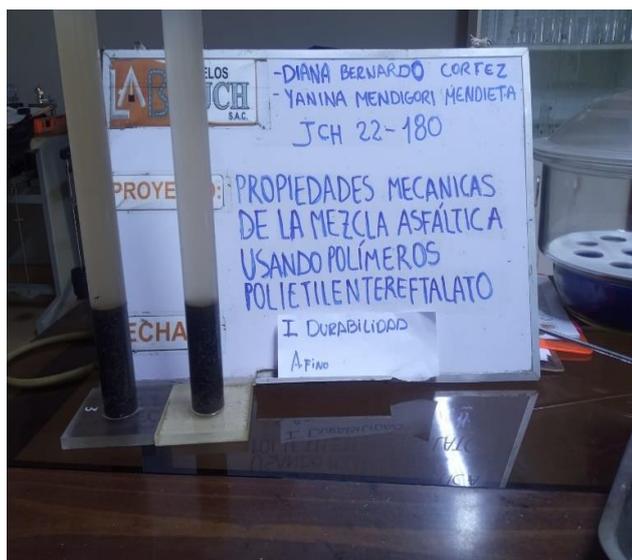


Figura N 17: Ensayo de Índice de durabilidad agregado fino

Fuente: Elaboración propia

Sales solubles totales – MTC E 219

Se realiza con la finalidad de establecer un método analítico de cristalización y así poder evidenciar el contenido de cloruros y sulfatos, solubles en agua, del agregado fino empleado en una mezcla asfáltica sometiéndose a lavados constantes con agua destiladas a temperatura de ebullición.



Figura N 18: Ensayo de sales solubles

Fuente: Elaboración propia

Absorción – MTC E 205

Este ensayo determina el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción luego de 24 horas sumergido en agua el agregado. Con el objetivo de determinar los valores de absorción y hallar el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas comparándolos entre la condición seca, si es que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente como para absorber en todo su potencial.

5.1.2 Cemento Asfáltico

Los ensayos realizados al cemento asfáltico se encuentran especificados en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas para la Construcción EG – 2013.

a) Ensayo de calidad al cemento asfáltico

El cemento asfáltico utilizado es el PEN 60-70, ya que la investigación estará enfocada para el tipo de clima y tipo de tráfico de la ciudad de Lima. Más adelante se adjunta el certificado de calidad de REPSOL.

5.1.3 Polietilentereftalato (PET) reciclado

En la presente investigación el PET reciclado y triturado fue comprado en la empresa M&C PLASTICOS RECICLADOS PELETIZADOS ubicado en San Juan de Lurigancho, por ser una de las empresas con mayor prestigio en la calidad de este material. El PET reciclado se pasó por el tamiz N°10 y retenido en el tamiz N°40.



Figura N 19: Tamizado del PET reciclado

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Mezcla asfáltica convencional

a) Diseño de mezcla asfáltica convencional mediante el método Marshall

Para esta investigación se ha realizado una mezcla asfáltica en caliente, para determinar el óptimo contenido de asfaltos para una gradación específica de asfalto. Por lo que realizaremos una mezcla asfáltica patrón y una mezcla asfáltica con PET reciclado.

• Equipos:

- Un molde de diámetro interior de $101,6 \pm 0,1$ mm y una altura de 80 mm.
- Extractor, provisto de un disco desplazador de 100 mm de diámetro por 10 mm de espesor.
- Martillo de compactación es circular de 100 mm de diámetro equipada con un peso de 4.515 ± 15 g, construido de modo de obtener una altura de caída 460 ± 2 mm y una energía de caída de 20,75 J.
- Pedestal de compactación es un poste de madera de 205 x 205 x 455 mm cubierto con una placa de acero de 305 x 305 x 25 mm.

- Sujetador de molde, consiste en dos segmentos de cilindro, superior e inferior, con un radio interno de $51 \pm 0,2$ mm.
 - Máquina Marshall aparato eléctrico, diseñado para aplicar carga a las probetas durante el ensayo
 - Pailas para calentar el árido.
 - Recipiente para calentar el asfalto.
 - Bol, para mezclar el asfalto y árido.
 - Espátulas
 - Mezclador mecánico (opcional).
 - Termómetros de rango 10 a 200°C para determinar las temperaturas del árido, asfalto y mezcla bituminosa.
 - Balanzas con capacidad 5 kg y precisión 1 g.
 - Poruñas.
 - Guantes aislantes para resistir altas temperatura
 - Guantes de goma.
 - Pintura, tinta o marcador indeleble
- **Procedimiento para la elaboración de briquetas**
 - Se ha elaborado 15 briquetas para la mezcla convencional. La cantidad de agregados finos y gruesos se basa en el porcentaje obtenidos en el MAC – 2 en peso, añadiéndose diferentes contenidos de asfaltos, en nuestro caso de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%. Estos componentes de la mezcla asfáltica deben sumar en total 1160 gramos de mezcla asfáltica que se colocará en cada molde, por ende, briqueta.
 - Antes de preparar la mezcla, el conjunto del molde y la base de compactación se limpian y calientan a una temperatura entre 100 y 150°C.
 - Por un lado, se pesan en bandeja separadas las diversas fracciones de áridos calculado para un grupo de briquetas, luego cada

bandeja es colocada en la placa de calentamiento para calentar su contenido a una temperatura de 175 a 190°C.

- Por otro lado, se calienta el cemento asfáltico a una temperatura de 120 a 137°C. Durante su calentamiento el agregado y sobre todo el asfalto deben agitarse para evitar sobrecalentamientos locales.
- Se pesan luego sobre una bandeja las diversas fracciones de áridos de acuerdo con los pesos acumulativos. Se mezclan perfectamente los agregados y se forma un cráter en la mezcla, se coloca la bandeja sobre la balanza y se vierte sobre los agregados el asfalto caliente, hasta completar el peso total de agregados más asfalto calculado para un porcentaje de la mezcla total.
- Se mezcla el asfalto con los agregados, hasta tener una mezcla homogénea, la temperatura de la mezcla no debe ser inferior a 107°C en ningún caso someterse a recalentamiento.



Figura N 20: Mezclado de mezcla asfáltica en caliente
Fuente: Elaboración propia

- Preparación de la Muestra, se vierte sobre los agregados el asfalto caliente hasta completar el peso total del agregado más asfalto calculado para un porcentaje de la mezcla total. Realizar una mezcla homogénea, la temperatura de la muestra no debe ser inferior a 107 °C.

- Se compacta la mezcla en un molde abierto por ambos extremos y que tienen 4" de diámetro interior y 3" de altura.



Figura N 21: Verificando la temperatura y vaciado de la mezcla asfáltica en los moldes.

Fuente: Elaboración propia

- Se coloca la mezcla preparada en el molde abierto previamente calentado en el horno, extendiendo la mezcla por todo el molde hasta cubrir todo.
- La compactación se hace usando el martillo Marshall de compactación con una zapata circular de 3 7/8" de diámetro, peso de 10 libras y una altura de caída de 18". Colocamos papel filtro en la base del molde. Usando el martillo especial en forma de cilindro hueco que se desliza a lo largo de una guía y cae sobre el disco, con un peso de 10 libras y con una altura de caída libre de 18", se procede a la compactación de cada una de sus caras, aplicando 75 golpes.



Figura N 22: Compactación manual de las briquetas

Fuente: Elaboración propia

- Para el diseño de esta mezcla se aplicaron 75 golpes por cada cara en la compactación, proyectadas para vías de tráfico pesado y se fabricaron 15 briquetas.
- El molde, conteniendo la briqueta se deja enfriar a temperatura ambiente durante una noche y luego se extrajo la briqueta mediante un gato hidráulico.



Figura N 23: Briquetas

Fuente: Elaboración propia

b) Ensayo de estabilidad – fluencia

Está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

5.1.5 Mezcla asfáltica con polietilentereftalato (PET) reciclado

a) Diseño de Mezcla Asfáltica con Polietilentereftalato (PET) reciclado mediante el Método Marshall

Para esta investigación se establecerá el diseño de la mezcla asfáltica convencional añadiendo el polímero PET reciclado.

• Procedimiento para la elaboración de briquetas

- Se ha elaborado 45 briquetas para la mezcla modificada, las cuales han sido elaboradas mediante la utilización de molde, extractor para sacar la probeta, martillo compactador, pedestal de compactación, sujetador de molde, maquina Marshall, pailas para calentar el árido, recipiente para calentar el asfalto, bol para mezclar el asfalto y árido, espátulas, mezclador, mecánico opcional, termómetros de rango 10 a 200° C para determinar las temperaturas del árido, asfalto y mezcla bituminosa, balanzas con capacidad 5 kg y precisión 1 g, poruñas, guantes aislantes para resistir altas temperatura, guantes de goma, pintura, tinta o marcador indeleble.
- La cantidad de agregados finos y gruesos se basa en el porcentaje obtenidos en el MAC – 2 en peso, añadiéndose diferentes contenidos de asfaltos, en nuestro caso de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%. Los componentes deben sumar en total 1160 gramos de mezcla asfáltica que se colocará en cada molde, por ende, briqueta.
- Antes de preparar la mezcla, el conjunto del molde y la base de compactación se limpian y calientan a una temperatura entre 100 y 150°C.
- Por un lado, se pesan en bandeja separadas las diversas fracciones de áridos calculado para un grupo de briquetas, luego cada bandeja es colocada en la placa de calentamiento para calentar su contenido a una temperatura de 175 a 190 °C.

- Por otro lado, se calienta el cemento asfáltico a una temperatura de 120 a 137°C. de ahí se le va adicionar a la primera mezcla asfáltica 0.5% de PET reciclado, a la segunda mezcla asfáltica 1% de PET reciclado y por último a la tercera mezcla asfáltica 1.5% de PET reciclado y se sigue el mismo procedimiento descrito a continuación para las tres mezclas adicionales con 0.5% de PET, 1% de PET y 1.5% PET reciclado. Durante su calentamiento el agregado y sobre todo el asfalto más la adición de PET reciclado deben agitarse para evitar sobrecalentamientos locales.



Figura N 24: Calentamiento del cemento asfáltico, moldes y determinación del peso del PET reciclado más el cemento asfáltico

Fuente: Elaboración propia

- Se pesan luego sobre una bandeja las diversas fracciones de áridos de acuerdo con los pesos acumulativos. Se mezclan perfectamente los agregados y se forma un cráter en la mezcla, se coloca la bandeja sobre la balanza y se vierte sobre los agregados el asfalto caliente, hasta completar el peso total de agregados más asfalto calculado para un porcentaje de la mezcla total.
- Se mezcla el asfalto con los agregados, hasta tener una mezcla homogénea, la temperatura de la mezcla no debe ser inferior a 107°C ni en ningún caso someterse a recalentamiento.
- Preparación de la Muestra, se vierte sobre los agregados el asfalto caliente hasta completar el peso total del agregado más asfalto calculado para un porcentaje de la mezcla total. Mezcla

homogénea, la temperatura de la muestra no debe ser inferior a 107 °C.



Figura N 25: Calentamiento de los componentes de la mezcla asfáltica y mezclado de los mismos.

Fuente: Elaboración propia

- Se compacta la mezcla en un molde abierto por ambos extremos y que tienen 4" de diámetro interior y 3" de altura.
- Se coloca la mezcla preparada en el molde abierto previamente calentado en el horno, extendiendo la mezcla por todo el molde hasta cubrir todo.
- La compactación se hace usando el martillo Marshall de compactación con una zapata circular de 37/8" de diámetro, peso de 10 libras y una altura de caída de 18". Colocamos papel filtro en la base del molde. Usando el martillo especial en forma de cilindro hueco que se desliza a lo largo de una guía y cae sobre el disco, con un peso de 10 libras y con una altura de caída libre de 18", se procede a la compactación de cada una de sus caras, aplicando 75 golpes.



Figura N 26: Colocación de la mezcla asfáltica en el molde y revisando la temperatura de la misma.

Fuente: Elaboración propia

- Para el diseño de esta mezcla se aplicaron 75 golpes por cada cara en la compactación, proyectadas para vías de tráfico pesado y se fabricaron 45 briquetas.



Figura N 27: Compactación mecánica manual y numeración de las mismas

Fuente: Elaboración propia

- El molde, conteniendo la briqueta se dejó enfriar a temperatura ambiente durante una noche y luego se extrajo la briqueta mediante un gato hidráulico.



Figura N 28: Producción de la Briquetas Marshall convencional y con adición de al 0.5% de PET, 1% de PET,1.5 de PET.

Fuente: Elaboración propia

b) Ensayo de estabilidad – fluencia

Está dirigido a medir la resistencia a la deformación de la mezcla. La fluencia mide la deformación, bajo carga que ocurre en la mezcla.

5.1.6 Ensayo Lottman AASHTO T 283

El ensayo se realiza para dos condiciones: seca y húmeda.

- a) **Condición Seca:** Se preparan 3 briquetas de mezcla asfáltica modificada, y se dejan enfriar a temperatura ambiente el tiempo necesario.
- b) **Condición Húmeda:** Se preparan 3 briquetas de mezcla asfáltica modificada, se dejan enfriar y posteriormente se saturan al 55% y al 80% para luego ser pesadas. Seguidamente se cierran herméticamente en bolsas plásticas y se dejan a menos 18°C por 16 horas.



Figura N 29: Saturación de las muestras al 55% y 80%

Fuente: Elaboración propia



Figura N 30: Colocación de los especímenes a temperatura $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$

Fuente: Elaboración propia



Figura N 31: Especímenes de mezcla asfáltica modificada en baño maría a 60°C
Fuente: Elaboración propia



Figura N 32: Rotura a tracción indirecta de los especímenes
Fuente: Elaboración propia

5.2 Resultados obtenidos

5.2.1 Resultados de ensayos de los componentes de la mezcla asfáltica

a) Resultados de ensayos de los agregados pétreos

Los resultados de los ensayos de calidad del grueso y fino se realizaron mediante los requerimientos del Manual de carreteras, en el caso de esta investigación se utilizó como referencia los valores correspondientes a una altitud menor o igual a 3000 msnm.

Tabla N°11
Ensayos del agregado grueso

Ensayos	Normas	Parámetros		Resultados de ensayos (*)
		Altitud (msnm)		
		≤ 3 000	>3000	
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E – 209	18% máx.	15% máx.	1.48%
Abrasión de Los Ángeles	MTC E – 207	40% máx.	35% máx.	11.90%
Adherencia	MTC E – 517	95	95	95
Índice de durabilidad	MTC E – 214	35% mín.	35% mín.	85%
Partículas chatas y alargadas	MTC E – 221	10% máx.	10% máx.	1%
Caras fracturadas	MTC E – 210	85/50	90/70	
01 cara fracturada				0.3
02 caras fracturadas				99.7
Sales Solubles	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.05%
Absorción	MTC E – 206	1,0% máx.	1,0% máx.	0.50%

(*) Certificados de los ensayos de calidad, en anexos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12
Ensayos del agregado fino

Ensayos	Normas	Requerimiento		Resultados de Ensayos (*)
		Altitud (msnm)		
		< 3 000	> 3000	
Equivalente de arena	MTC E – 114	60	70	70%
Angularidad del agregado fino	MTC E – 222	30	40	39.40%
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.	9
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E - 111	NP	NP	NP
Durabilidad	MTC E – 209	18 máx.	18% máx.	No se aplica
Índice de Durabilidad	MTC E – 214	35 mín.	35% mín.	64%
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E – 111	4 máx.	NP	NP
Sales Solubles Totales	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.07%
Absorción **	MTC E – 205	0.5% máx.	0.5% máx.	1.40%

(*) Certificados de los ensayos de calidad, en anexos.

Fuente: Elaboración propia

b) Resultado de los Ensayo del cemento Asfalto

El certificado del cemento asfáltico PEN 60-70 utilizado para los ensayos se muestra a continuación.



REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70

LOTE No. 60/70-002-08-2022

REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A Cametara a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 13/08/2022 10:34:10	FECHA DE CERTIFICACIÓN 13/08/2022 06:34:51
PRODUCTO Cemento Asfáltico 60/70	TANQUE 333A	DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m ³ 2019	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	METODO	RESULTADO
	ASTM / OTROS	
PENETRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	80
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 180
VOLATILIDAD		
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0260
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	345.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	5.8
FLUJES		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	48.6
Viscosidad cinemática a 130°C, cSt	D 445	2130
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	407.6
ENSAYOS DE PELÍCULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.85
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	63.3
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 180
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en Incoloroelena, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.98
OTROS		
Índice de Penetración	LINE-ON 12591	-1.1
Ensayo de la Mancha (Nafta-Xileno)	AASHTO T162	20% xileno, negativa
OBSERVACIONES: PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D946, AASHTO M 20-70 Y NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 321.051		
DISTRIBUCIÓN - Operaciones de Despacho - TYT - Laboratorio	FECHA DE EMISIÓN 13/08/2022	LABORATORIO Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL

(*) Certificados de los ensayos de calidad, en anexos.

Figura N 33: Reporte de análisis de cemento asfáltico 60/70

Fuente: Repsol

c) Resultado de la gradación del Polietilentereftalato (PET) reciclado

Tabla N°13

Análisis granulométrico por tamizado del PET reciclado

Tamiz		Material retenido				Especificaciones		
Ø		Masa	Retenido	Acumulado	Pasante	mínimo	máximo	
Pulgada	mm	(g)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
3"	76,20							
2 1/2"	63,50							
2"	50,80							
1 1/2"	38,10							
1"	25,40							
3/4"	19,05							Masa Inicial (g) 172,1
1/2"	12,70							
3/8"	9,53				100,0			
1/4"	6,35				100,0			
N° 4	4,76				100,0			
N° 6	3,36	15,2	8,8	8,8	91,2			
N° 8	2,38	22,5	13,1	21,9	78,1			
N° 10	2,00	10,5	6,1	28,0	72,0			
N° 16	1,19	23,3	13,5	41,5	58,5			
N° 20	0,84	35,5	20,6	62,2	37,8			
N° 30	0,59	36,6	21,3	83,4	16,6			
N° 40	0,43	23,3	13,5	97,0	3,0			
N° 50	0,30	5,2	3,0	100,0	0,0			
N° 80	0,18			100,0	0,0			
N° 100	0,15			100,0	0,0			
N° 200	0,074			100,0	0,0			
Bandeja				100,0	0,0			

Fuente: Elaboración propia

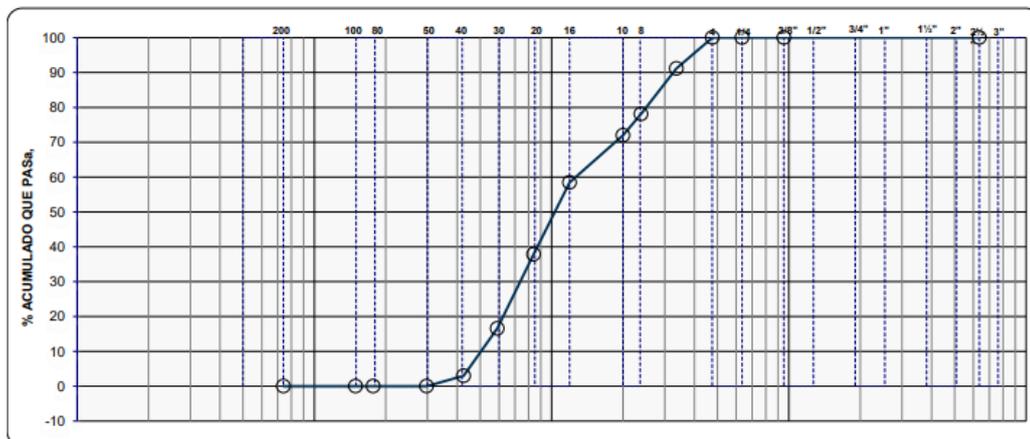


Figura N 34: Curva Granulométrica del PET reciclado

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Resultados del ensayo Marshall

a) Diseño de mezcla asfáltica convencional

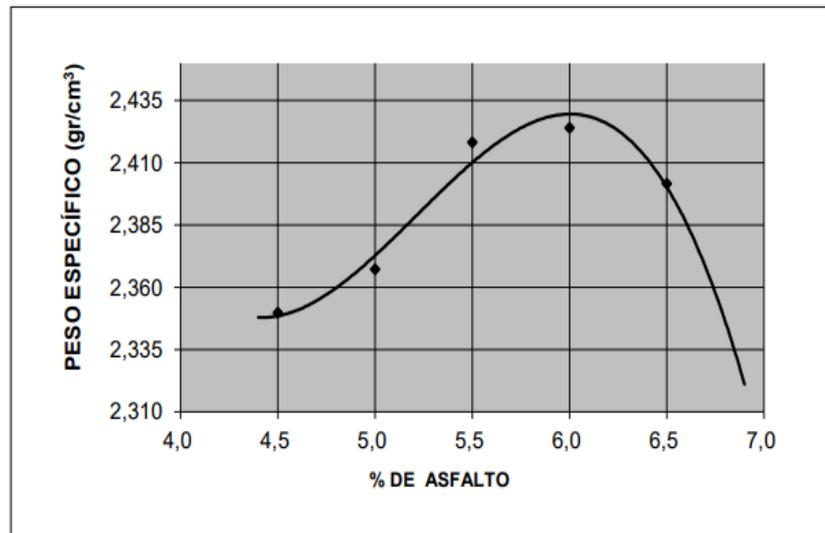


Figura N 35: Peso específico vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

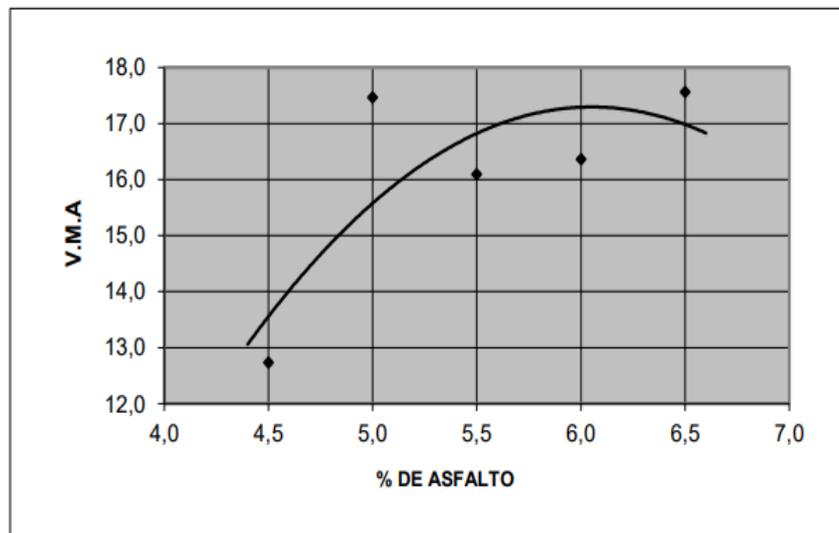


Figura N 36: V.M.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

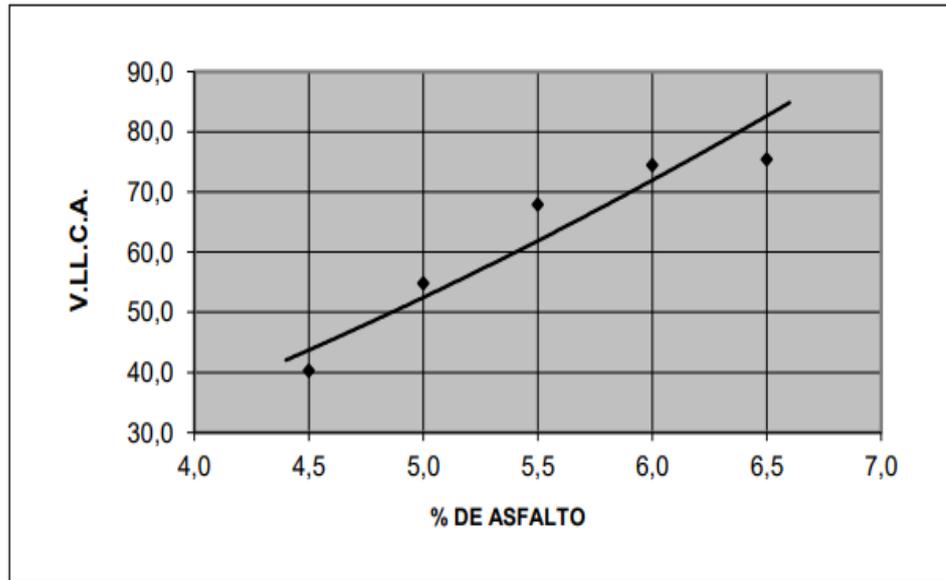


Figura N 37: V.L.L.C.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

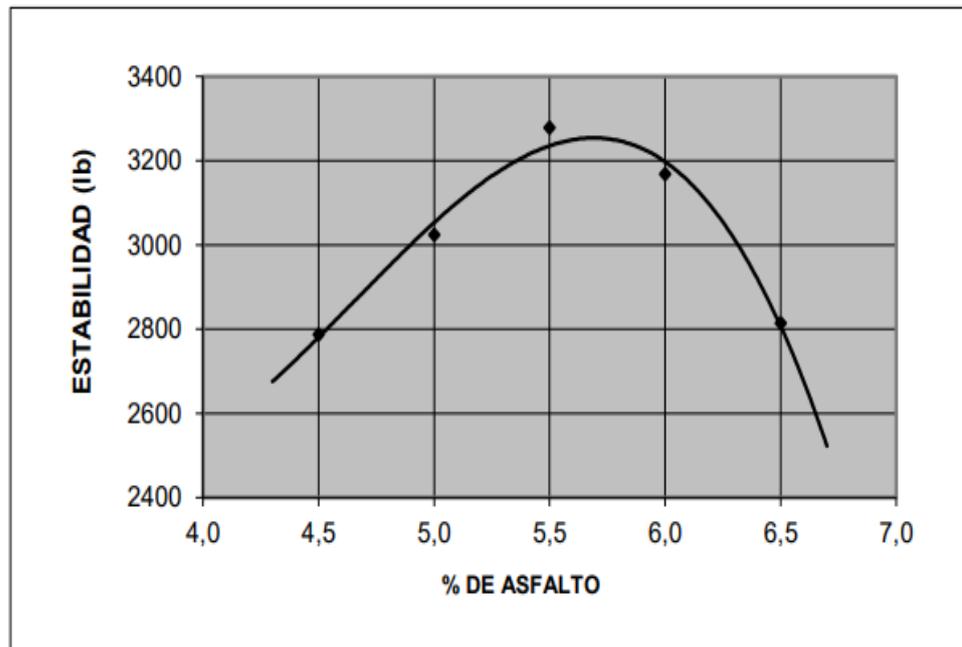


Figura N 38: Estabilidad vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

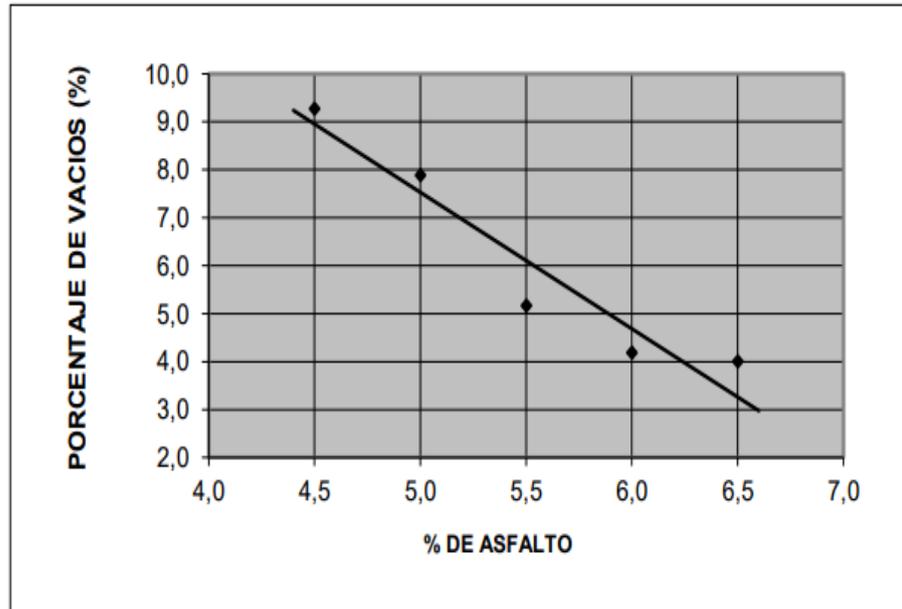


Figura N 39: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto
 Fuente: Elaboración propia

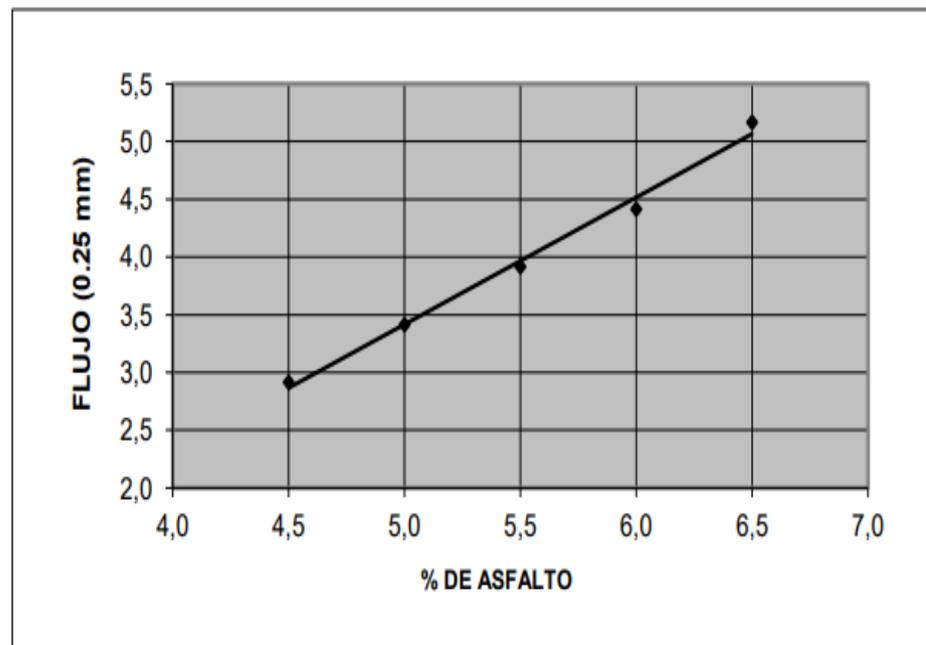


Figura N 40: Flujo vs % de Asfalto
 Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14
Resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall

Características de la mezcla	Unidad	Mezcla asfáltica Convencional
N° de golpes por cara		75
Contenido Optimo de Cemento		6
Asfáltico	%	
Peso Específico bulk	g/cm ³	2.43
Vacíos	%	4.8
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	72
V.M.A.	%	17.3
Estabilidad	lb (kn)	3200.0(14.23)
Flujo 0.01"(0.25mm)		18.0(4.5)
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	3232.3
Absorción de Asfalto	%	1
Temperatura de la Mezcla	°C	145
<hr/>		
Proporciones de la mezcla	Unidad	
Agregado Grueso	%	29
Agregado Fino	%	71

Fuente: Elaboración propia

b) **Diseño de mezcla asfáltica modificada con Polietilentereftalato (PET) reciclado**

- **Mezcla modificada con PET reciclado al 0.5%**

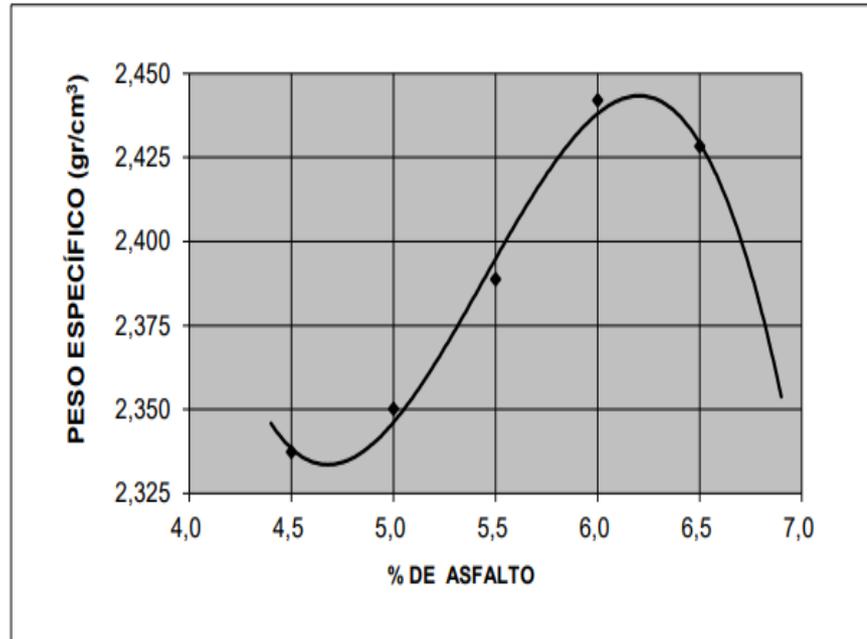


Figura N 41: Peso específico vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

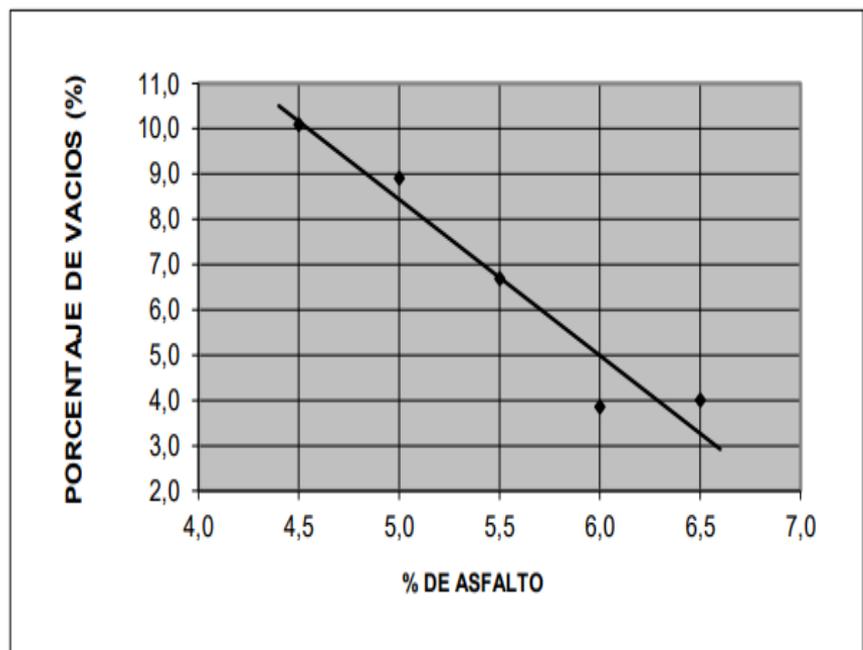


Figura N 42: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

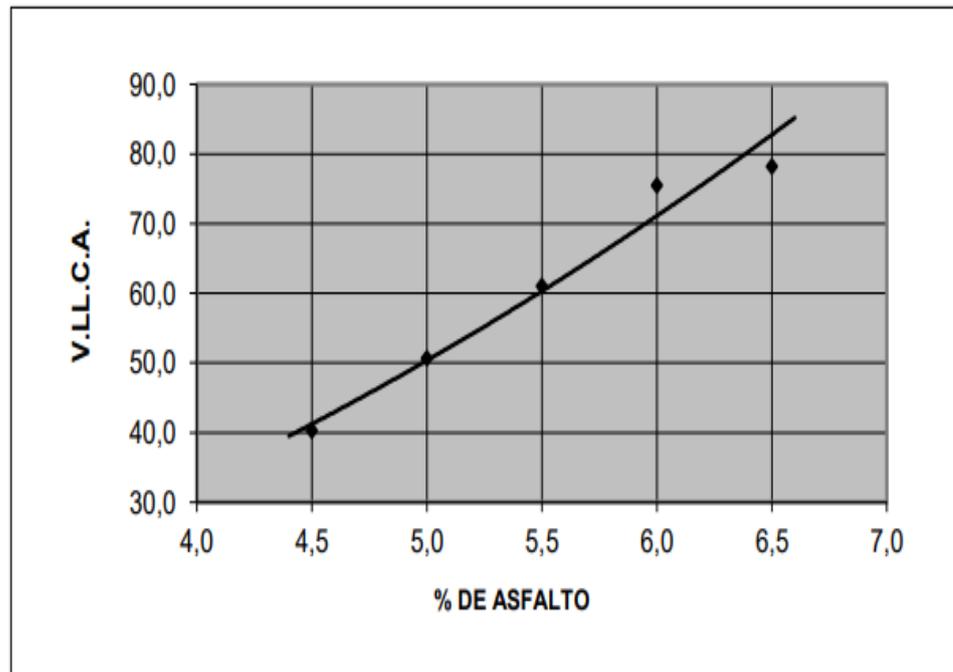


Figura N 43: V.L.L.C.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

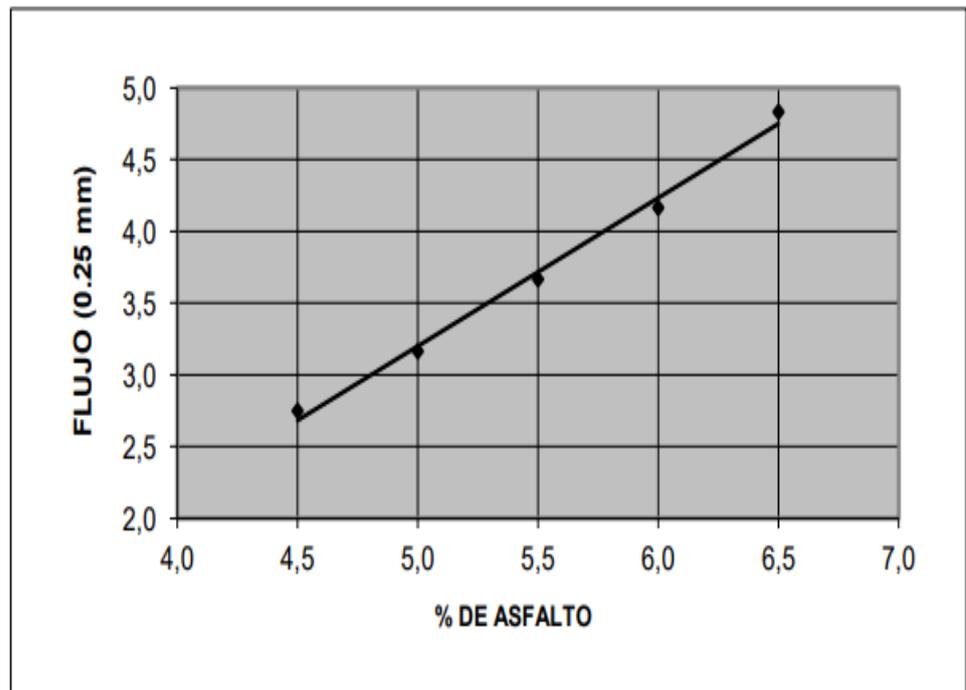


Figura N 44: Flujo vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

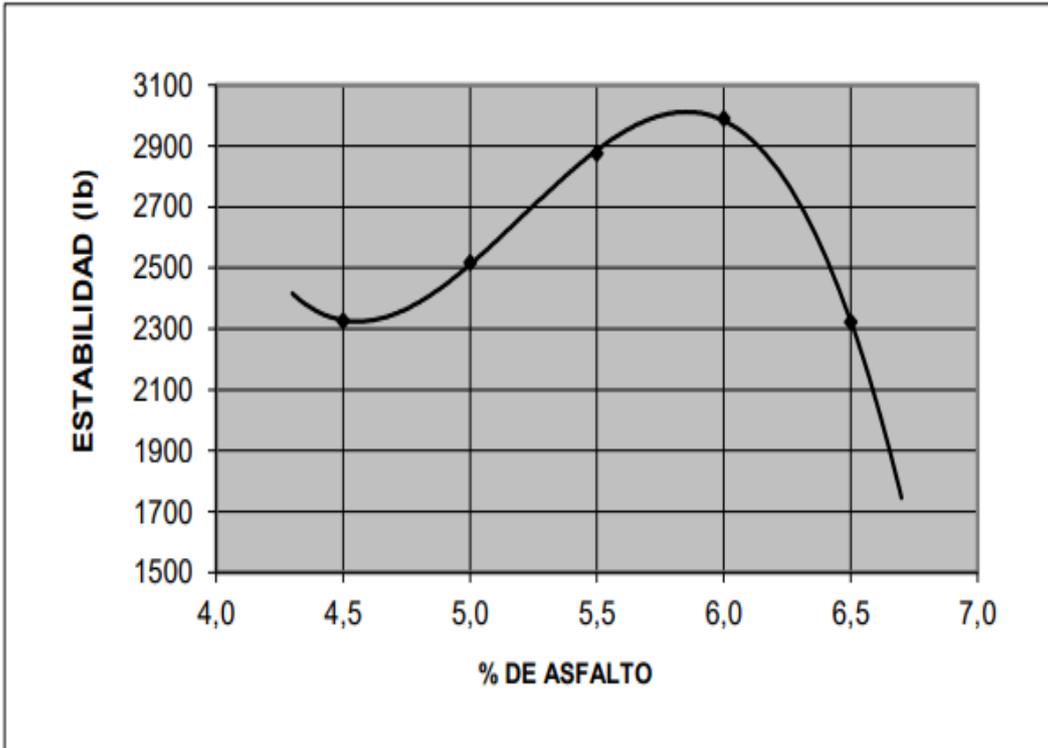


Figura N 45: Estabilidad vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

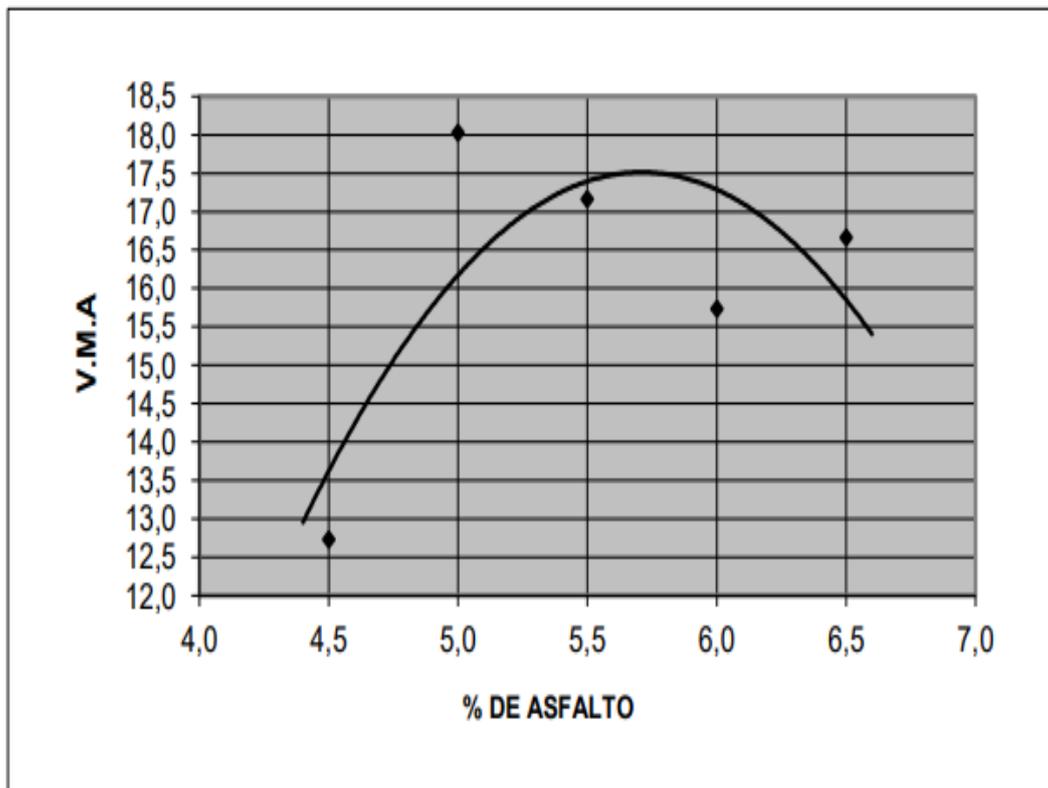


Figura N 46: V.M.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

- Mezcla modificada con PET reciclado al 1.0%

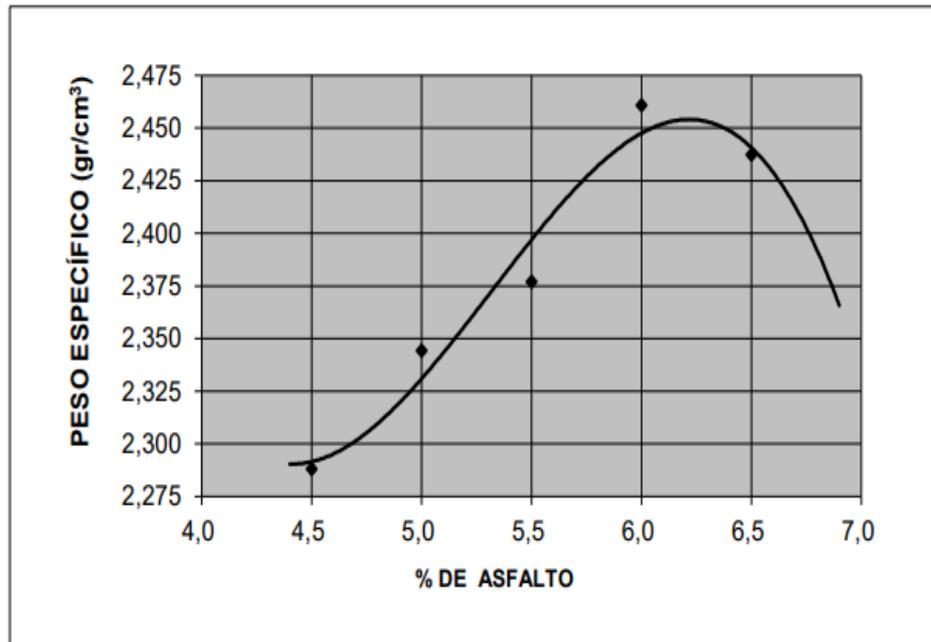


Figura N 47: Peso específico vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

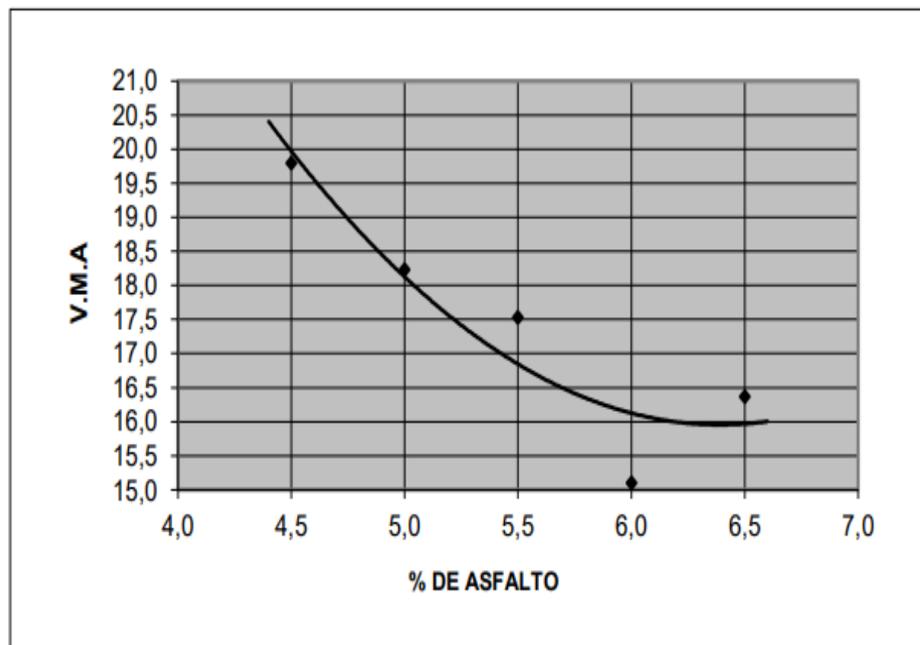


Figura N 48: V.M.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

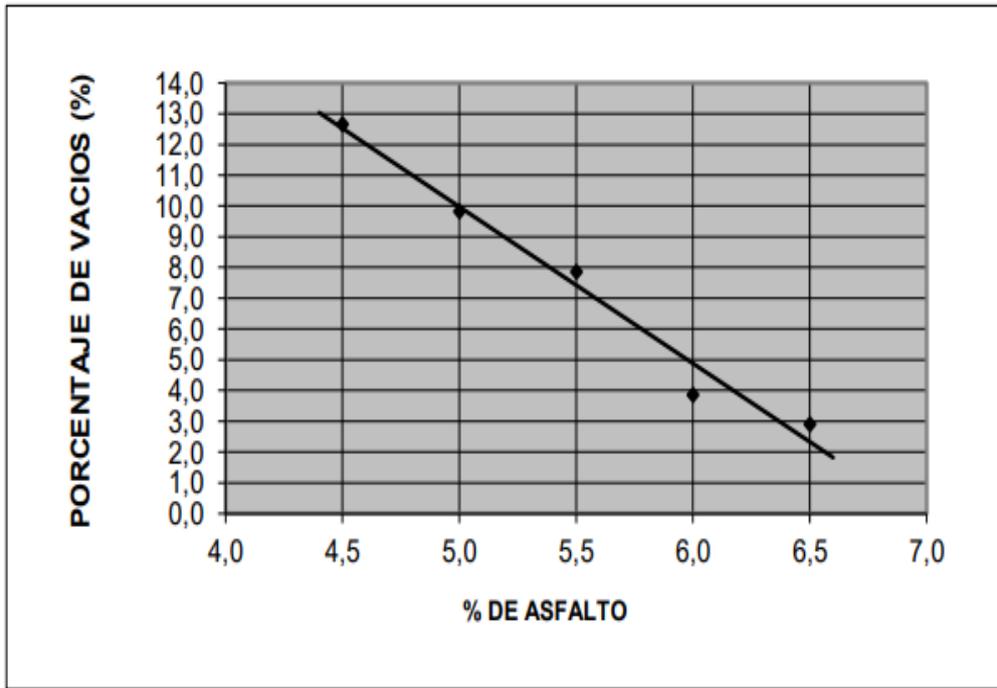


Figura N 49: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

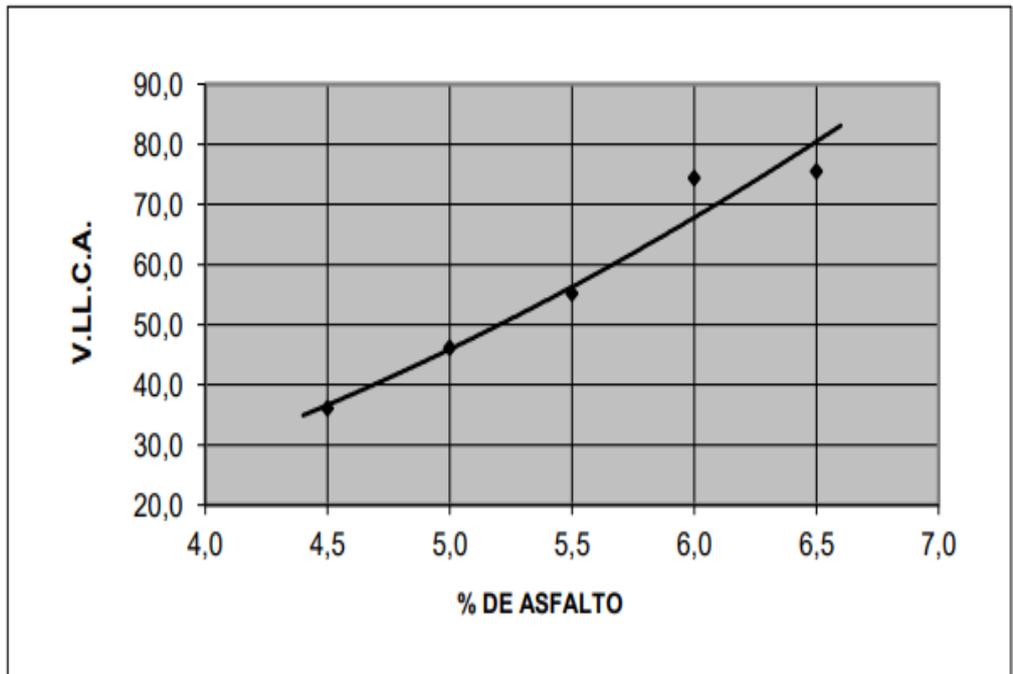


Figura N 50: V.L.L.C.A vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

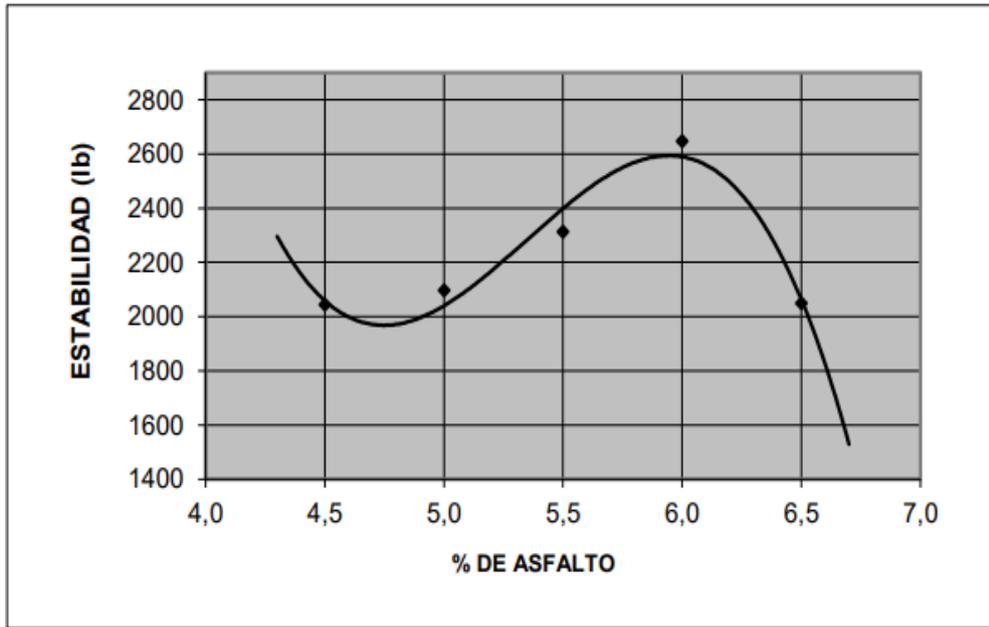


Figura N 51: Estabilidad vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

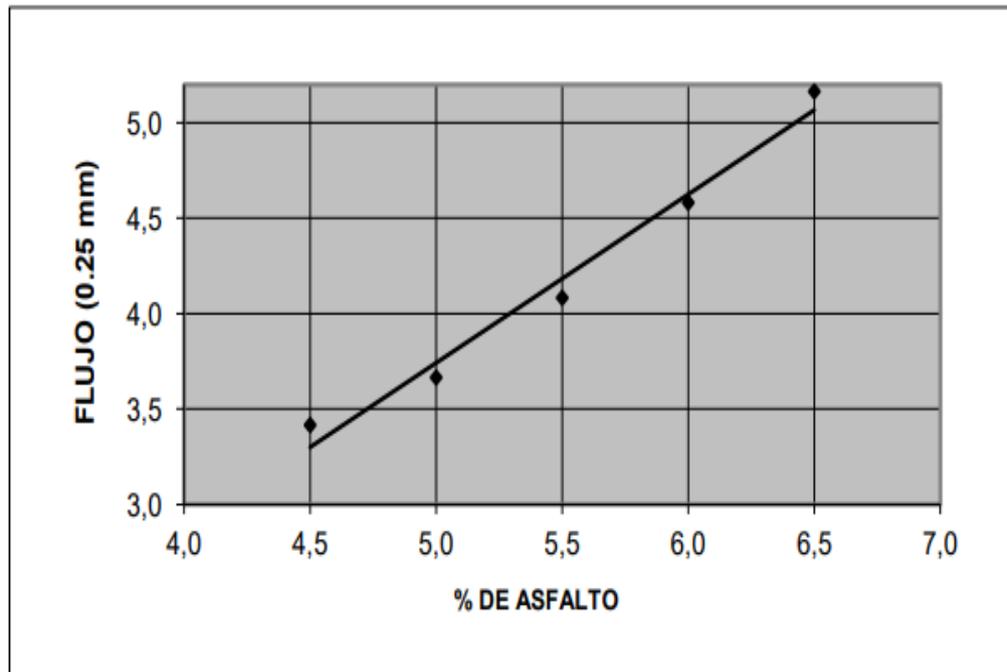


Figura N 52: Flujo vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

- Mezcla modificada con PET reciclado al 1.5%

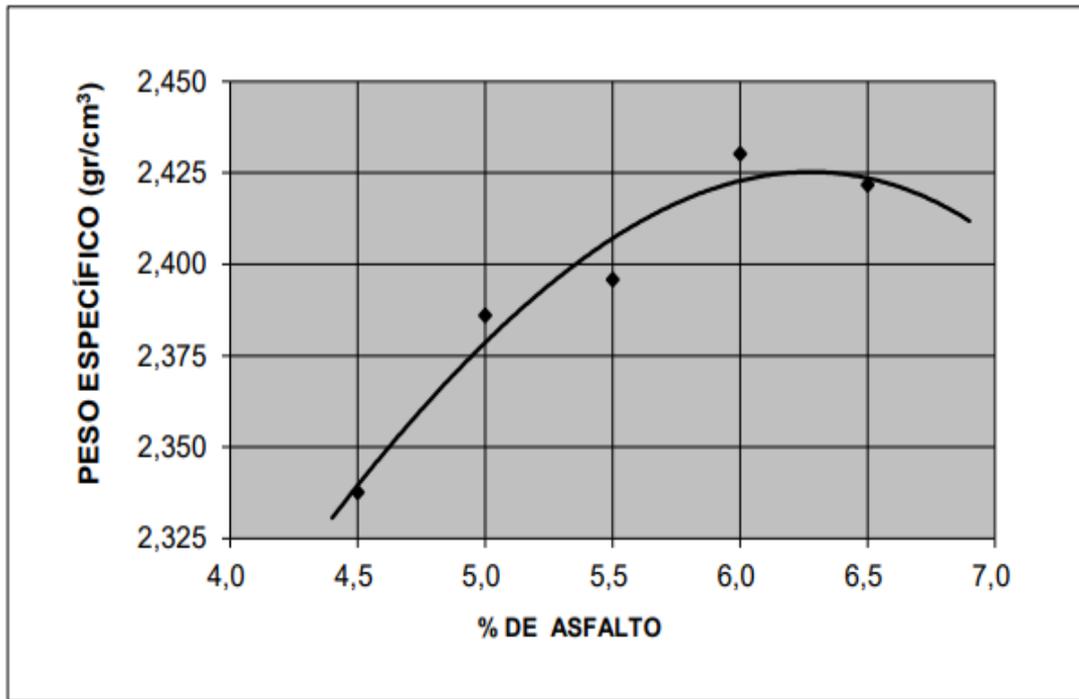


Figura N 53: Peso Específico vs % de Asfalto

Fuente: Elaboración propia

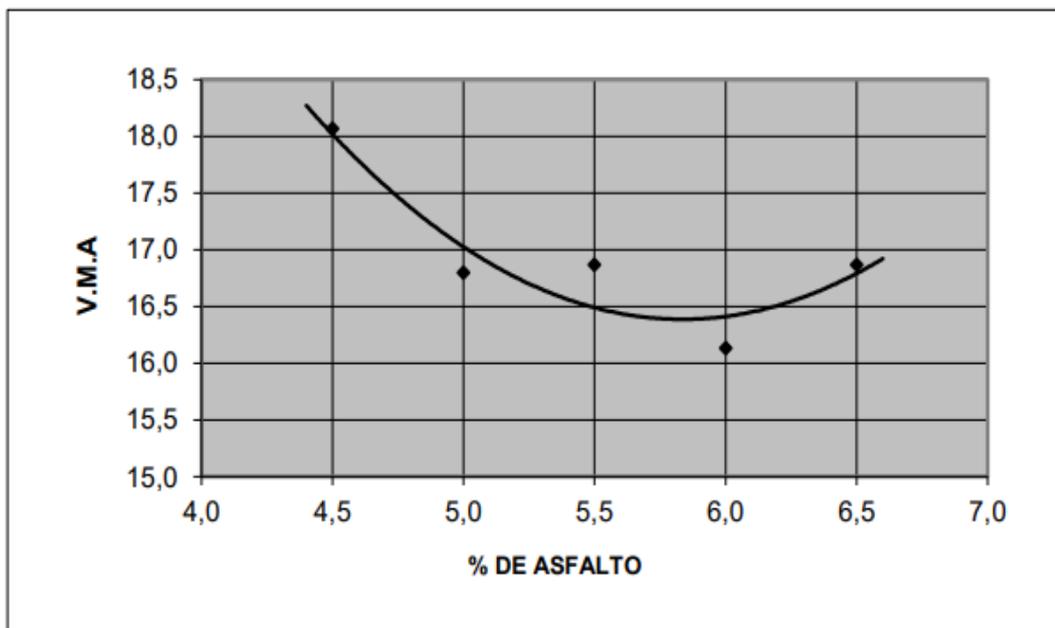


Figura N 54: V.M.A vs % de Asfalto

Fuente: Elaboración propia

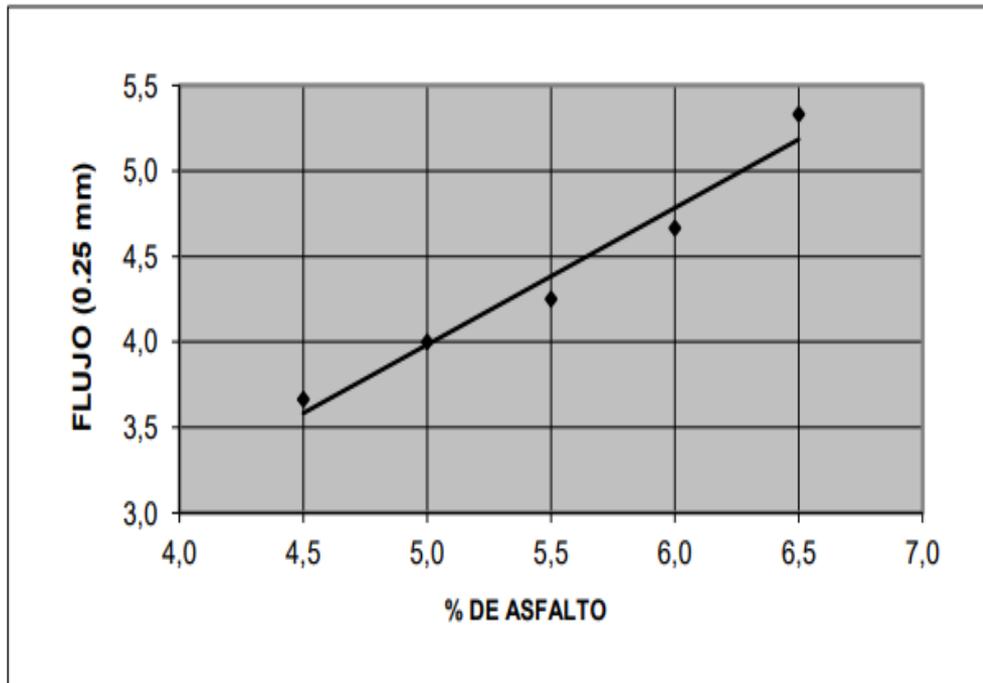


Figura N 55: Flujo vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

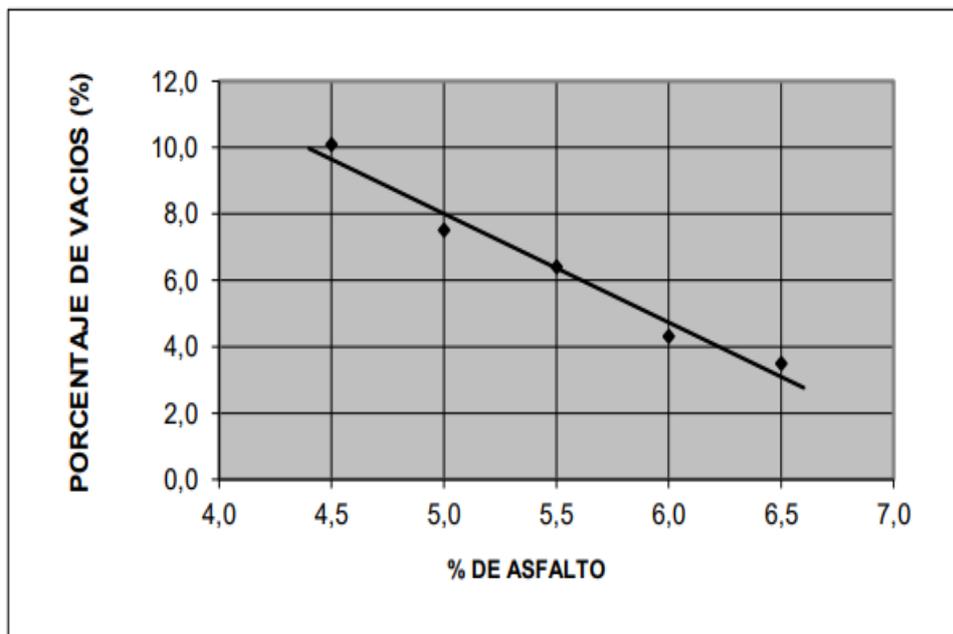


Figura N 56: Porcentaje de vacíos vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

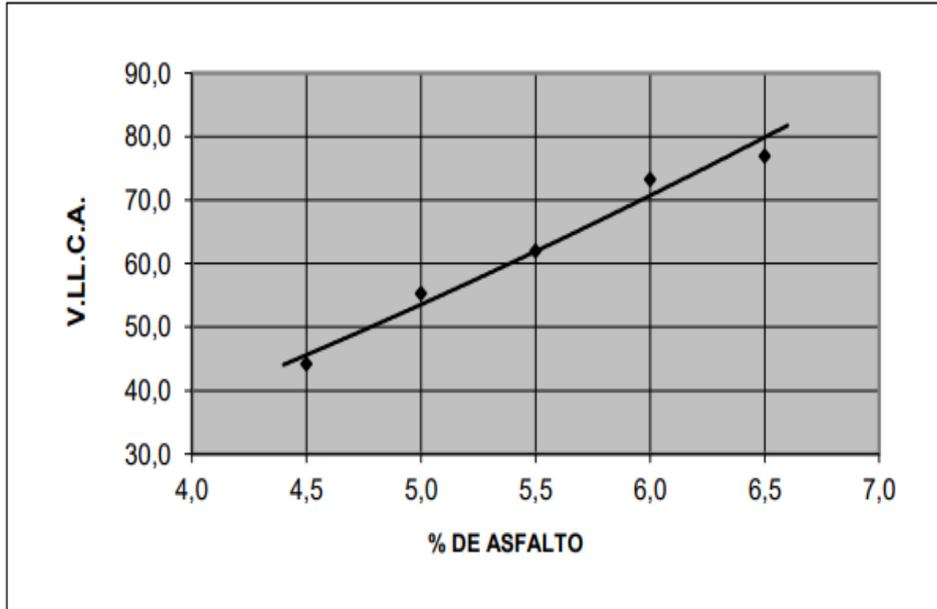


Figura N 57: V.L.L.CA vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

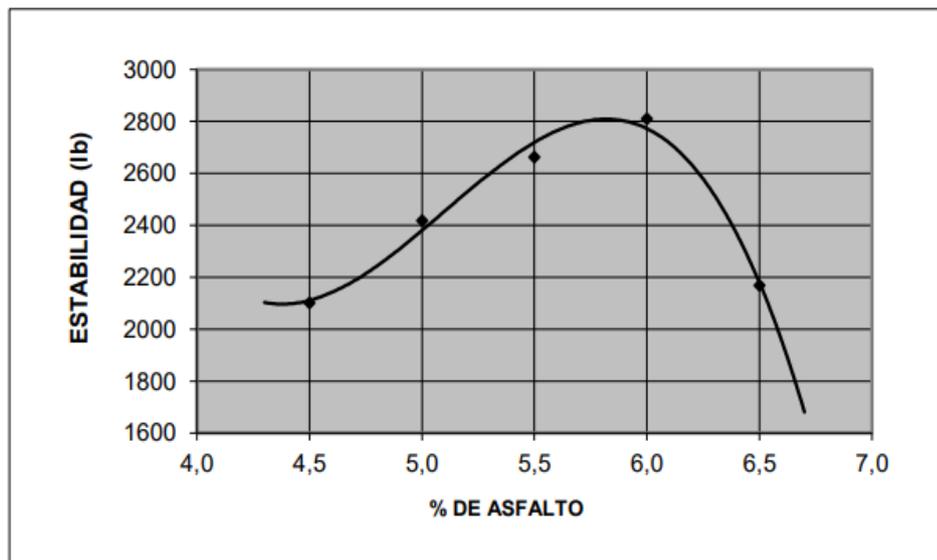


Figura N 58: Estabilidad vs % de Asfalto
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°15

Resistencia de mezclas bituminosas más PET usando el aparato Marshall

Características de la mezcla	Unidad	0.5% de PET	1% de PET	1.5% de PET
N° de golpes por cara		75	75	75
Contenido Optimo de Cemento Asfáltico	%	6.2	6.1	6.1
Peso Específico Bulk	g/cm ³	2.445	2.45	2.425
Vacíos	%	4.1	4.9	4.1
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	74	69	72
V.M.A.	%	17	16	16.4
Estabilidad	lb (KN)	2900.0(12.9)	2600.0(11.57)	2780.0(12.37)
Flujo 0.01"(0.25mm)		17.6(4.4)	18.8(4.7)	19.3(4.8)
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	2995.9	2514.5	2632.6
Absorción de Asfalto	%	1.2	1.5	1.2
Temperatura de la Mezcla	°C	150	150	150
PROPORCIONES DE LA MEZCLA				
	UND			
Agregado Grueso	%	29	29	29
Agregado Fino	%	71	71	71

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 Resultados del ensayo Lottman

Tabla N°16

Método de ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad AASTHO T-283

Ensayo	Norma	Requerimiento		Mezcla asfáltica modificada con PET 0.5%
		<3.000	>3.000	
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta	AASHTO T 283	-	80 mín.	82.8

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Análisis de los resultados de los componentes de la Mezcla asfáltica

a) Gradaciones establecidas para mezclas asfáltica

- **Agregados pétreos**

- Se obtuvo unas proporciones de 38% de agregado grueso y 62% de agregado fino.

Tabla N°17

Análisis granulométrico por tamizado del agregado finos

Tamiz		Material retenido				Especificaciones		Descripción
Ø		Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min.	max.	
Pulgada	mm					(%)	(%)	
3"	76,20							
2 1/2"	63,50							Grava (%) 13,0
2"	50,80							Arena (%) 87,0
1 1/2"	38,10							
1"	25,40							Pasante N° 200 (%) 10,2
3/4"	19,05							Peso Inicial (gr) 4.200,0
1/2"	12,70							Peso lavado (gr) 1.500,0
3/8"	9,53				100,0			
3/4"	6,35	189,0	4,5	4,5	95,5			
N° 4	4,76	356,0	8,5	13,0	87,0			
N° 6	3,36	472,0	11,2	24,2	75,8			
N° 8	2,38	317,0	7,5	31,8	68,2			
N° 10	2,00	450,0	10,7	42,5	57,5			
N° 16	1,19	367,0	8,7	51,2	48,8			
N° 20	0,84	360,0	8,6	59,8	40,2			
N° 30	0,59	303,0	7,2	67,0	33,0			
N° 40	0,43	252,0	6,0	73,0	27,0			
N° 50	0,30	152,0	3,6	76,6	23,4			
N° 80	0,18	370,0	8,8	85,4	14,6			
N° 100	0,15	71,0	1,7	87,1	12,9			
N° 200	0,074	114,0	2,7	89,8	10,2			
Bandeja		427,0	10,2	100,0	0,0			

Fuente: Elaboración propia

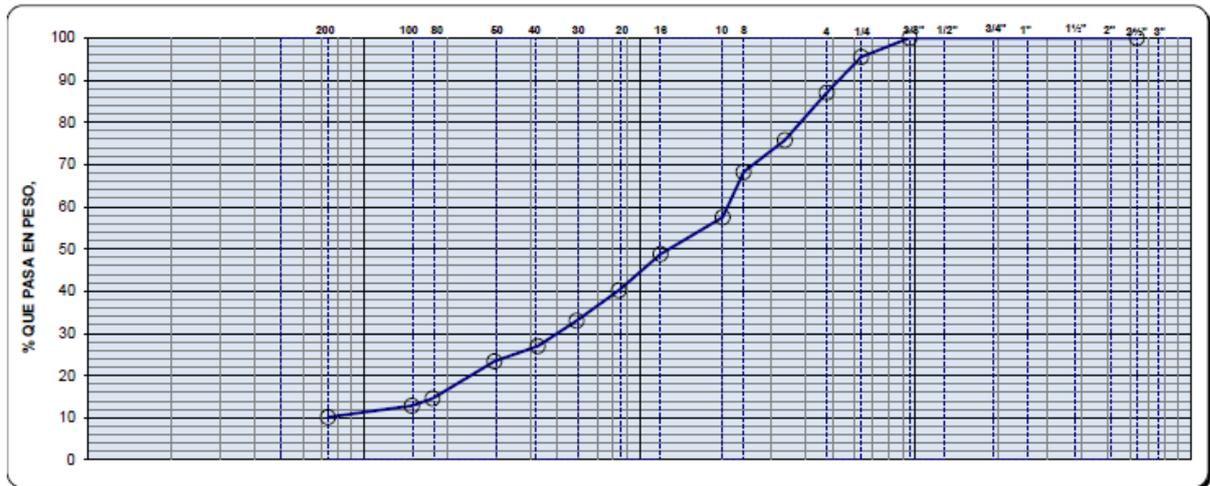


Figura N 59: Curva Granulométrica del Agregado Fino

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18
Análisis granulométrico por tamizado del Agregado Grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)							
MUESTRA : AGREGADO GRUESO						PROF.	
Tamiz	Material retenido				Especificaciones		Descripción
	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min. (%)	max. (%)	
Ø	Pulgada	mm					
3"	76,20						
2 1/2"	63,50						Grava (%) 99,9
2"	50,80						Arena (%) 0,1
1 1/2"	38,10						
1"	25,40						Pasante Nº 200 (%)
3/4"	19,05			100,0			Peso Inicial (gr) 3.251,2
1/2"	12,70	2180,2	67,1	67,1	32,9		Peso lavado (gr) 1.500,0
3/8"	9,53	857,0	26,4	93,4	6,6		
1/4"	6,35	206,0	6,3	99,8	0,2		
Nº 4	4,75	4,0	0,1	99,9	0,1		
Nº 6	3,36	4,0	0,1	100,0	0,0		
Nº 8	2,38						
Nº 10	2,00						
Nº 16	1,19						
Nº 20	0,84						
Nº 30	0,59						
Nº 40	0,43						
Nº 50	0,30						
Nº 80	0,18						
Nº 100	0,15						
Nº 200	0,074						
Bandeja							

Fuente: Elaboración propia



Figura N 60: Curva Granulométrica del agregado grueso
 Fuente: Elaboración propia

- **HUSO MAC-2**

- De acuerdo con el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, el huso MAC 2 cumplió con los parámetros requeridos.

Tabla N°19
Gradación de la mezcla asfáltica

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA RESULTANTE				
	ABERTURA (mm)	RETIENE (%)	PASA (%)	GRADACIÓN	MAC-2
1 1/2"	38,100				
1"	25,400				
3/4"	19,050		100,0	100	
1/2"	12,700	19,5	80,5	80	- 100
3/8"	9,525	7,6	72,9	70	- 88
1/4"	6,350	5,1	67,8		
N° 4	4,760	6,0	61,8	51	- 68
N° 6	3,360	8,0	53,8		
N° 8	2,380	5,3	48,5		
N° 10	2,000	7,6	40,9	38	- 52
N°16	1,190	6,2	34,7		
N° 20	0,840	6,1	28,6		
N° 30	0,590	5,1	23,5		
N° 40	0,426	4,3	19,2	17	- 28
N° 50	0,297	2,5	16,7		
N° 80	0,177	6,3	10,4	8	- 17
N° 100	0,149	1,2	9,2		
N° 200	0,074	1,9	7,3	4	- 8
- N° 200		7,3	-		

Nota: Se ha empleado las especificaciones del MTC EG – 2013

Fuente: Elaboración propia

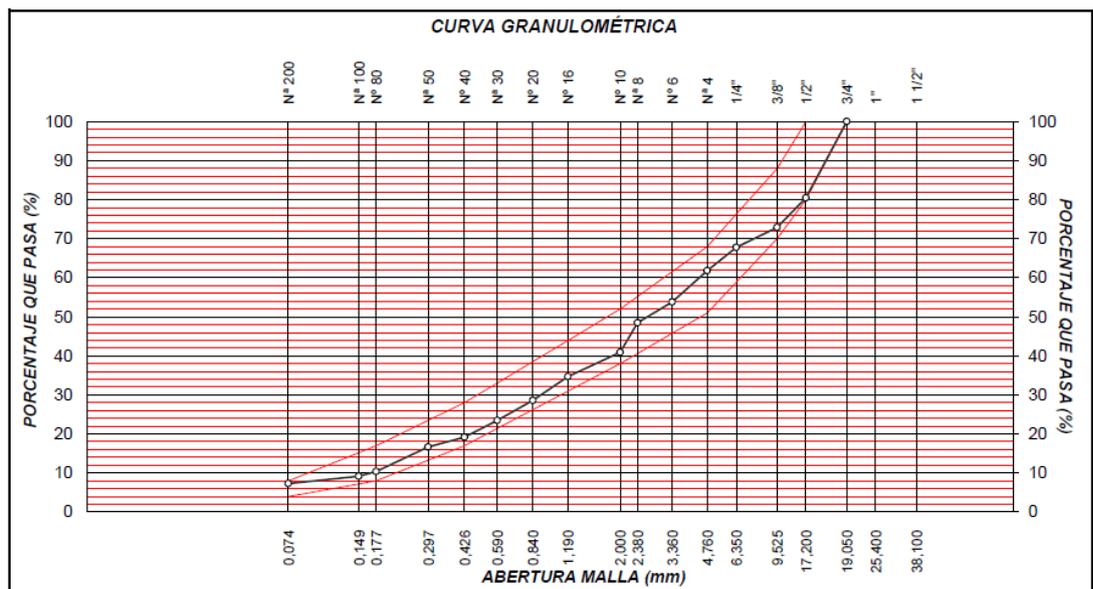


Figura N 61: Curva granulométrica de la mezcla asfáltica

Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio de calidad de los agregados pétreos

- En el caso de los resultados de control de calidad del agregado grueso todos los parámetros cumplieron con los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas para la construcción EG-2013.
- En el caso de los resultados de control de calidad del agregado fino no todos los parámetros cumplieron con los requerimientos establecidos por el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas para la construcción EG-2013.

Tabla N °20
Análisis de resultados del control de calidad del agregado fino

Ensayos	Normas	Requerimiento		Resultados de Ensayos (*)	Validación
		Altitud (msnm) < 3 000	> 3000		
Equivalente de arena	MTC E – 114	60	70	70%	Si cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E – 222	30	40	39.40%	Si cumple
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.	9	No cumple
Índice de plasticidad (malla N°40)	MTC E - 111	NP	NP	NP	Si cumple
Durabilidad	MTC E – 209	18 máx.	18% máx.	-	-
Índice de Durabilidad	MTC E – 214	35 mín.	35% mín.	64%	Si cumple
Índice de plasticidad (malla N° 200)	MTC E – 111	4 máx.	NP	NP	Si cumple
Sales Solubles Totales	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.07%	Si cumple
Absorción **	MTC E – 205	0.5% máx.	0.5% máx.	1.40%	No cumple

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

(*) Certificados de los ensayos de calidad, en anexos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla N ° 21

Análisis de resultados del control de calidad del agregado grueso

Ensayos	Normas	Parámetros		Resultados de ensayos (*)	Validación
		Altitud (msnm) ≤ 3 000	>3000		
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E – 209	18% máx.	15% máx.	1.48%	Si cumple
Abrasión de Los Ángeles	MTC E – 207	40% máx.	35% máx.	11.90%	Si cumple
Adherencia	MTC E – 517	95	95	95	Si cumple
Índice de durabilidad	MTC E – 214	35% mín.	35% mín.	85%	Si cumple
Partículas chatas y alargadas	MTC E – 221	10% máx.	10% máx.	1%	Si cumple
Caras fracturadas	MTC E – 210	85/50	90/70		
01 cara fracturada				0.3	Si cumple
02 caras fracturadas				99.7	Si cumple
Sales Solubles	MTC E – 219	0.5% máx.	0.5% máx.	0.05%	Si cumple
Absorción	MTC E – 206	1,0% máx.	1,0% máx.	0.50%	Si cumple

(*) Certificados de los ensayos de calidad, en anexos.

Fuente: Elaboración propia

5.3.3 Análisis de los resultados de los ensayos de cemento asfáltico

- Al adjuntarse el certificado de calidad del cemento asfáltico PEN 60-70 se comprobó la calidad de este.

5.3.4 Análisis de los resultados del ensayo Marshall

- **Mezcla asfáltica convencional**

- Se obtuvo que el óptimo contenido de asfalto en la mezcla convencional fue de 6%.

Tabla N°22

Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica convencional

Parámetros	Unidad	Requisitos	Resultados	Validación
N° de golpes por cara	-	-	75	-
Contenido óptimo de asfalto	%	-	6	-
Peso específico Bulk	g/cm ³	-	2.43	-
Vacíos con aire	%	3-5	4.8	Si cumple
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	65-75	72	Si cumple
V.M.A.	%	15 min	17.3	Si cumple
Estabilidad	KN	8.15 min	14.23	Si cumple
Flujo 0.01"(0.25mm)	-	8-14	18	No cumple
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	1700-4000	3232.3	Si cumple
Temperatura de la Mezcla	°C	-	145	-

Fuente: Elaboración propia

- **Mezcla asfáltica modificada con 0.5% de PET reciclado**
 - Se obtuvo que el óptimo contenido de asfalto en la mezcla asfáltica fue de 6.2%.
 - Se obtuvo que el parámetro del flujo no cumple con el requerimiento en las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013.
 - En cuanto a la relación Estabilidad/Flujo dio como resultado 2995.9 kg/cm encontrándose dentro de los parámetros Marshall MTC E -504 que es en un rango de 1.700 kg/cm -4.000kg/cm, por ende, podrá mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, así como también va a desarrollar poca presencia de ahuellamientos, ondulaciones.

Tabla N°23

Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 0.5%

Parámetros	Unidad	Requisitos	Resultados con 0.5% PET	Validación
N° de golpes por cara	-	-	75	-
Contenido óptimo de asfalto	%	-	6.2	-
Peso específico Bulk	g/cm ³	-	2.445	-
Vacíos con aire	%	3-5	4.1	Si cumple
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	65-75	74	Si cumple
V.M.A.	%	15 min	17	Si cumple
Estabilidad	lb (kn)	8.15 min	2900.0(12.9)	Si cumple
Flujo 0.01"(0.25mm)	-	8-14	17.6(4.4)	No cumple
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	1700-4000	2995.9	Si cumple
Temperatura de la Mezcla	°C	-	150	-

Fuente: Elaboración propia

- **Mezcla asfáltica modificada con 1.0% de PET reciclado**

- Se obtuvo que el óptimo contenido de asfalto en la mezcla asfáltica fue de 6.1%.
- Se obtuvo que el parámetro del flujo no cumple con el requerimiento en las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013.

Tabla N°24

Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 1%

Parámetros	Unidad	Requisitos	Resultados con 1% PET	Validación
N° de golpes por cara	-	-	75	-
Contenido óptimo de asfalto	%	-	6.1	-
Peso Específico bulk	g/cm ³	-	2.45	-
Vacíos	%	3-5	4.9	Si cumple
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	65-75	69	Si cumple
V.M.A.	%	15 min	16	Si cumple
Estabilidad	lb (kn)	8.15 min	2600.0(11.57)	Si cumple
Flujo 0.01"(0.25mm)	-	8-14	18.8(4.7)	No cumple
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	1700-4000	2514.5	Si cumple
Temperatura de la Mezcla	°C	-	150	-

Fuente: Elaboración propia

- **Mezcla asfáltica modificada con 1.5% de PET reciclado**

- Se obtuvo que el óptimo contenido de asfalto en la mezcla asfáltica fue de 6.1%.
- Se obtuvo que el parámetro del flujo no cumple con el requerimiento en las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras EG-2013.

Tabla N°25

Análisis de los resultados de diseño de mezcla asfáltica modificada con 1.5%

Parámetros	Unidad	Requisitos	Resultados con 1.5% PET	Validación
N° de golpes por cara	-	-	75	-
Contenido óptimo de asfalto	%	-	6.1	-
Peso Específico bulk	g/cm ³	-	2.425	-
Vacíos	%	3-5	4.1	Si cumple
Vacíos llenos con cemento Asfáltico	%	65-75	72	Si cumple
V.M.A.	%	15 min	16.4	Si cumple
Estabilidad	lb (kn)	8.15 min	2780.0(12.37)	Si cumple
Flujo 0.01"(0.25mm)	-	8-14	19.3(4.8)	No cumple
Relación de Estabilidad /Flujo	kg/cm	1700-4000	2632.6	Si cumple
Temperatura de la Mezcla	°C	-	150	-

Fuente: Elaboración propia

- **Comparación de los diseños de mezcla asfáltica**

- En el caso del diseño de mezcla asfáltica convencional y los tres diseños de mezcla modificada con PET reciclado al 0.5%, 1.0% y 1.5% todos los parámetros del diseño Marshall cumplieron excepto el parámetro del flujo que fue mayor al rango establecido por el requerimiento del Manual de carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción – EG-2013.
- En el caso de la mezcla asfáltica convencional se obtuvo un valor de estabilidad de 14.23 KN a comparación de las mezclas asfálticas adicionadas con PET reciclado de 0.5%,1% y 1.5%, que

tuvieron un valor de 12.9KN,11.57KN,12.37KN, siendo estos aceptables ya que en los requerimientos del Manual de Carreteras 2013 pide como mínimo 8.15 KN. Si se compara los valores obtenidos de estabilidad, el más alto al adicionar PET reciclado fue de 12.9 KN comparado a la mezcla asfáltica convencional que fue de 14.23KN siendo este mayor, por lo tanto, quiere decir que el PET reciclado disminuye las propiedades de estabilidad, que están relacionadas con la capacidad del asfalto para soportar deformaciones bajo cargas de tránsito y resistir el desplazamiento horizontal.

- En el caso de la mezcla asfáltica convencional se obtuvo un valor de porcentaje de vacíos con aire de 4.8% a comparación de las mezclas asfálticas adicionadas con PET reciclado de 0.5%, 1% y 1.5% que tuvieron un valor de 4.1%, 4.9% y 4.1%, siendo estos resultados aceptables ya que se encuentran dentro del rango establecido por los requerimientos del Manual de carreteras 2013. Por lo que el valor de 4.1% de la mezcla asfáltica convencional modificada con PET reciclado al 0.5% fue la más óptima ya que, a comparación de los otros diseños, representó el más bajo porcentaje de contenido de vacíos y esto favorece a que la mezcla tenga más resistencia al paso del aire y agua, por lo que la permeabilidad será menor causando que la durabilidad del pavimento asfáltico aumente y la tendencia al agrietamiento disminuya.
- En el caso de la mezcla asfáltica convencional se obtuvo un valor en el porcentaje de vacíos en el agregado mineral de 17.3 % a comparación de las mezclas asfálticas adicionadas con PET reciclado de 0.5%, 1% y 1.5% que tuvieron un valor de 17%, 16% y 16.4% respectivamente, siendo estos valores aceptables ya que se encuentran adentro del rango establecido por los requerimientos del Manual de carreteras 2013. Por lo que el valor de 17.3% de la mezcla asfáltica convencional fue la más óptima a comparación de las demás; sin embargo, el valor de 17% de la

mezcla asfáltica modificada con 0.5% de PET reciclado fue también aceptable ya que este valor favorece a la mejora de la estabilidad, durabilidad y por ende a largo plazo un menor costo de mantenimiento.

- En el caso de la mezcla asfáltica convencional se obtuvo un valor en los vacíos llenos de asfalto de 72%, mientras a comparación de las mezclas asfálticas adicionadas con PET reciclado de 0.5%, 1% y 1.5% que tuvieron un valor de 74%, 69% y 72% respectivamente, siendo estos valores aceptables ya que se encuentran adentro del rango establecido por los requerimientos del Manual de carreteras 2013. Por lo que el valor de 74% de la mezcla asfáltica convencional modificada con PET reciclado al 0.5% fue el más óptimo ya que a más porcentaje de asfalto en la mezcla asfáltica aumenta la estabilidad de esta, además que la película de asfalto que rodea los agregados permite el buen acomodo de estos, por ende, hay una mejora en la estabilidad.

Tabla N°26

Análisis comparativo de los resultados de los diseños de la mezcla asfáltica

Parámetros	Requisitos	Resultado de diseño Marshall convencional	Resultado de diseño Marshall con 0.5% de PET	Resultado de diseño Marshall con 1 % de PET	Resultado de diseño Marshall con 1.5% de PET
N° de golpes por cara	75	75	75	75	75
Estabilidad (KN)	8.15 min	14.23	12.9	11.57	12.37
Flujo 0.01" (0.25mm)	8-14	18.0	17.6	18.8	19.3
Vacíos con aire (%)	3-5	4.8	4.1	4.9	4.1
Vacíos en el agregado mineral (V.M.A) (%)	15% min	17.3	17	16	16.4
Vacíos llenos de asfalto (%)	65-75	72	74	69	72
Relación Polvo – Asfalto	0.6-1.3	1	1.2	1.5	1.2
Relación Estabilidad /Flujo (Kg/cm)	1.700-4.000	3232.3	2995.9	2514.5	2632.6

Fuente: Elaboración propia

5.3.5 Análisis de los resultados del ensayo Lottman

- La Resistencia conservada en la prueba de tracción de la mezcla modificada con 0.5% de PET reciclado fue de 82.8%, lo cual el valor fue mayor al mínimo y por ende se cumplió con los requisitos de los parámetros que se encuentran en el manual de carreteras EG-2013.

Tabla N°27

Análisis de resultados del ensayo de Tracción Indirecta Lottman Modificado

Ensayo	Norma	Requerimiento		Mezcla asfáltica modificada con PET 0.5%	Validación
		<3.000	>3.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta (%)	AASHTO T 283	-	80 min.	82.8	CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

5.4. Contrastación de hipótesis

5.4.1. Hipótesis Específica 1:

Hipótesis Alterna (Hi 1): El uso del polímero PET reciclado influye positivamente al mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional.

Hipótesis Nula (H01): El uso del polímero PET reciclado no influye positivamente al mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional.

Al analizar los resultados de los ensayos de laboratorio que se realizaron, se obtuvo en el ensayo Marshall y el ensayo Lottman, que al adicionar el PET reciclado para modificar la mezcla asfáltica convencional por vía húmeda las propiedades mecánicas en general mejoran.

Por consiguiente. Hi 1 es válida.

5.4.2 Hipótesis Específica 2:

Hipótesis Alterna (Hi 2): Existe una mejora en la estabilidad de una mezcla asfáltica convencional aplicando polímeros PET reciclado.

Hipótesis Nula (H02): No existe una mejora en la estabilidad de una mezcla asfáltica convencional aplicando polímeros PET reciclado.

Al analizar los resultados del ensayo Marshall, se obtuvo que la estabilidad disminuye, por lo que no mejora al adicionar PET reciclado a la mezcla asfáltica convencional, lo que disminuye la resistencia de la mezcla asfáltica. Por consiguiente. Hi 2 no es válida.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que de acuerdo a los resultados de los ensayos realizados con la mezcla asfáltica adicionando PET reciclado al 0.5% comparado con la mezcla asfáltica convencional, la propiedad de la durabilidad mejora ya que el porcentaje de vacíos con aire es menor, lo que causa que exista menos permeabilidad y así evita la desintegración del pavimento; también se observa que el VMA es menor lo que causa un menor contenido de vacíos de aire lo que evita el endurecimiento temprano seguido por el agrietamiento; por último se obtuvo que el porcentaje de volumen de vacíos de asfalto aumenta lo que impide el endurecimiento rápido del asfalto y la desintegración por pérdida de agregado.
2. Así mismo se concluye que la propiedad de la impermeabilidad mejora, ya que los parámetros Marshall como el porcentaje de los vacíos con aire y VMA disminuyen, lo que ocasiona que el agua y el aire no entren fácilmente en la carpeta asfáltica evitando que cause oxidación por lo tanto no se produzca desintegración. Por último, las propiedades de la resistencia a la fatiga y trabajabilidad mejoran, ya que el porcentaje de vacíos con aire en ambos disminuye, esto nos indica que evita el envejecimiento temprano del asfalto lo que no ocasiona el agrietamiento por fatiga así también mejora la compactación de la mezcla asfáltica.
3. En la mezcla asfáltica con PET reciclado al 0.5%, al realizar el ensayo Marshall se obtuvo una estabilidad de 12.9 KN, siendo este el más alto, que se encuentra dentro de lo requerido en el manual de carreteras 2013, comparado a la mezcla asfáltica convencional que fue de 14.23KN siendo este el mayor, concluimos que el PET reciclado disminuye el parámetro de estabilidad lo que nos define que la propiedad de resistencia disminuye, la cual se encuentra relacionada con la capacidad del asfalto para soportar deformaciones bajo cargas de tránsito y resistir el desplazamiento horizontal.
4. Se concluye que de manera general las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica al adicionar el PET reciclado mejoran y cumplen con el rango de los requerimientos establecidos en el Manual de Carreteras 2013.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, para la elaboración de los ensayos, se obtengan los agregados de una buena cantera ya que la gradación tiene que presentar una buena calidad de la caracterización de los agregados pétreos.
2. De los estudios realizados, se recomienda emplear la adición de PET reciclado a la mezcla asfáltica en bajas concentraciones ya que si la concentración es elevada esto afecta disminuyendo sus propiedades como son la estabilidad y el flujo.
3. Se recomienda realizar una evaluación aplicando el ensayo de modulo dinámico como método para determinar la susceptibilidad al daño por humedad de mezclas asfálticas, debido a que el uso del parámetro módulo retenido (ER) obtenido del ensayo de módulo dinámico con ciclos de acondicionamiento parece ser más estricto y acorde con la experiencia en campo. Además, gracias al uso de curvas maestras es posible evaluar el efecto de la humedad para un amplio rango de temperaturas y frecuencias y no para una sola condición, como sucede con el ensayo de Lottman modificado.
4. Se recomienda una molienda adecuada del PET para reducir al máximo el tamaño del material y la granulometría sea homogénea para facilitar su manejo en posteriores fases y un buen almacenamiento del producto para evitar posible contaminación del material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano L. y Caceres C. (2018). *Importancia de la evaluación a las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente a más de 3000 msnm para el proyecto carretera desvío Imperial – Pampas* (Tesis de Pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima-Perú.
- ASTM D6927 (2015) *American Society for Testing and Materials*. EEUU.
- ASTM D-1559(2001). *American Society for Testing and Materials*. EEUU.
- Ballena, C. (2016). *Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío* (Tesis de pregrado). Universidad Señor de Sipán, Chiclayo.
- Becerra Salas, M. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto*. Recuperado de: https://www.academia.edu/9036949/Autor_T%C3%B3picos_de_Pavimentos_de_Concreto
- Bernal., Cesar (2016) *Metodología de la investigación*. Colombia
- Bolaños J. (2019). *Reciclado de plástico PET* (tesis de pregrado). Universidad Católica de San Pablo. Arequipa, Perú.
- Borja., Manuel (2016) *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Perú
- Camacho Y., Gomez L. y Lopez L. (2019) *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET – 2019* (Tesis de grado) Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia.
- Chambi N. (2019). *Evaluación de mezcla asfáltica modificada con polímeros de plástico reciclado y caucho triturado vs mezcla asfáltica convencional, en función a su resistencia mecánica* (Tesis de grado) Universidad Tecnológica Boliviana, Bolivia.
- Contreras, D., y Zúñiga J. (2020) *Influencia de los desperdicios plásticos en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas modificada* (tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Perú.

- Cosio, K., y La Torre J. (2021) *Mezcla asfáltica en caliente modificada con plástico reciclado para la determinación de sus propiedades mecánicas* (Tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, Perú.
- Corbacho J. (2019). *Análisis de la estabilidad Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de rueda cargada de Hamburgo de una mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de Tereftalato de Polietileno reciclado en la ciudad del Cusco – 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco.
- Espinoza S. (2019). *Utilización del plástico PET reciclado como agregado ligante para un diseño de mezcla asfáltica en caliente de bajo tránsito en la ciudad de Huánuco – 2018* (Tesis de pregrado) Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco-Perú.
- Flores, P. [et al] (2013). *Design of a flexible pavement adding Polyethylene Terephthalate as constitutive material with asphalt cement AC-20*.
- Forigua J. y Pedraza, E. (2014). *Diseño de mezclas asfálticas modificadas mediante la adición de desperdicios plásticos* (tesis de grado). Universidad Católica de Colombia.
- Herrera J. y Valencia A. (2021). *Mezcla asfáltica modificada con PET características que aporta el PET (polietileno tereftalato) en la mezcla de asfalto- 2021* (Tesis de grado de especialista en Ingeniería de Pavimentos). Universidad Católica De Colombia, Colombia
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones EG-2013 (2013). *Manual de carreteras- Especificaciones técnicas generales para la construcción*. EG-2013.
- Morea F. (2011). *Efecto de la reología de los asfaltos, la temperatura y las condiciones de carga*. (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires-Argentina.
- Mostacero E. (2018). *Mejoramiento del comportamiento estructural de pavimentos asfálticos de alto volumen de tránsito mediante procedimiento de rehabilitación con tecnologías modernas en la ciudad de Lima* (Tesis de grado). Universidad Nacional Federico Villareal, Lima-Perú.

- Norma E.060 (2019) *Norma Técnica De Edificación E.060 Concreto Armado*. Perú.
- PETROPERU. (2022). *Asfaltos*. Obtenido de <https://asfaltos.petroperu.com.pe/descripcion-asfaltos.php>
- Puente J. (2020). *Análisis técnico - económico de mezclas asfálticas con tereftalato de Polietileno reciclado para la construcción de carreteras asfaltadas* (Tesis de grado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo-Perú.
- REPSOL. (2021). *Asfaltos*. Obtenido de <https://www.repsol.com/content/dam/repsol-corporate/es/productos-y-servicios/productos/asfaltos/catalogo-de-asfaltos.pdf>
- Rodríguez y Pilatuña, (2021). *Incorporación de plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Chimborazo, Ecuador.
- Rojo-Nieto, E. y Montoto, T. (2017). *Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global*. Recuperado de: <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/adjuntos-spip/pdf/informe-basuras-marinas.pdf>
- Rondón H. y Reyes F. (2015). *Pavimentos Materiales, construcción y diseño*.
- SCT (2004). *Instituto Mexicano del Transporte*. México.
- Tunque A. (2020). *Modificación de la resistencia y la deformación de una mezcla asfáltica con Polietilentereftalato en la ciudad de Huancayo* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes, Huancayo-Perú.
- Palma V., Ortiz J., Ávalos F. y Castañeda A. (2015). *Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos* (Tesis de grado para obtener doctorado). Universidad Autónoma de Coahuila, México.
- Vizcarra C. (2020). *Evaluación de un modelo mejorado de capa asfáltica mediante el uso de plástico reciclado en Arequipa* (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional San Agustín, Arequipa-Perú.

ANEXOS

Anexo1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE		INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN Y MUESTRA
¿Cómo mejoran las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros polietileno tereftalato (PET) reciclado ?	Determinar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional usando polímeros polietileno tereftalato (PET) reciclado.	Las propiedades mecánicas de las mezclas convencionales asfálticas mejoran cuando se modifican agregando polímeros polietileno tereftalato (PET) reciclado.	Polímeros Polietileno tereftalato (PET)	Polietileno tereftalato (PET)	Agregados Temperatura	MÉTODO Deductivo ORIENTACIÓN Aplicada	66 Briquetas elaboradas para el ensayo de mezclas asfáltica convencional y con polímeros PET en el laboratorio TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS Ensayos de laboratorio, Documentos, como tesis, artículos informativos, investigaciones para poder obtener datos de la variable de interés.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. DEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES	ENFOQUE	POBLACIÓN Y MUESTRA
1.¿De que manera mejoran los parametros de las propiedades mecánicas usando el polímero PET reciclado en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional ? 2.¿La aplicación de polímeros PET reciclado mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional ?	1. Determinar los parametros de las propiedades mecánicas usando polímero PET reciclado mejoran en una mezcla asfáltica convencional. 2. Demostrar que la aplicación de polímeros PET reciclado mejora la estabilidad a una mezcla asfáltica convencional	1. El uso del polímero PET reciclado influye positivamente al mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional. 2. Existe una mejora en la estabilidad de una mezcla asfáltica convencional aplicando polímeros PET reciclado.	Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional	Parámetros de las propiedades mecánicas	Estabilidad Flujo Porcentaje de vacíos con aire Vacíos en el agregado mineral Vacíos llenos de asfalto Relación polvo asfalto Relación de estabilidad / flujo Resistencia conservada	Cuantitativo RECOLECCION DE DATOS Proyectiva TIPO DE INVESTIGACION Descriptivo y Correlacional NIVEL Descriptivo y Explicativo DISEÑO	Experimental, Prospectivo y Longitudinal ESTUDIO DE DISEÑO Ensayo - Laboratorio

Anexo 2: Matriz de operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimension	Indicadores	Índices	Unidad de medida	Escala	Instrumento	Herramienta
Variable Independiente	El Polietilentereftalato (PET) es un polímero semicristalino producto de la condensación del ácido tereftálico y el glicol de etileno (o etilenglicol), con buenas propiedades mecánicas y mayor estabilidad dimensional bajo carga”	La variable PET, son modificadores reciclados la cual para su utilización se debe tamizar y las partículas que pasan por la malla N°10 y son retenidas en la malla N°40 son las que se usara. De acuerdo al MAC se va a determinar los porcentajes de agregado grueso, fino y como filler las partículas de PET las cuales será en gramos. El peso total que deben tener para la elaboración de cada briqueta es de 1160 gramos las cuales se pondrán al horno hasta obtener una temperatura promedio en los agregados de 160 C° para proceder a realizar la mezcla y preparar las briquetas.	Polietilentereftalato (PET)	Agregado	Peso	Gramos	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
Polimeros Polietilentereftalato				Temperatura	Grados	°C			
Variable Dependiente	Las mezclas asfálticas, también reciben el nombre de aglomerados, están formadas por una combinación de agregados pétreos y un ligante hidrocarbonato, de manera que aquellos quedan cubiertos por una película continua éste. Se fabrican en unas centrales fijas o móviles, se transportan después a la obra y allí se extienden y se compactan.	La variable mezclas asfálticas es la combinación de agregados gruesos y finos los cuales anteriormente se le hacen ensayos de calidad de agregados y cemento asfáltico se le hace el ensayo de penetración. Después de determinar la calidad de estos se realiza el ensayo de diseño de mezclas Marshall donde se obtiene el contenido óptimo de asfalto para una combinación que predomine sus propiedades mecánicas como la resistencia al deslizamiento, durabilidad, trabajabilidad y por ultimo estabilidad.	Parametros de la mezcla asfaltica	Estabilidad	Peso	KN	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Flujo	Milímetro	mm.	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Porcentaje de vacios de aire	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Vacios en el agregado mineral	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
Mezcla asfáltica convencional				Vacios llenos de asfalto	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Relación polvo/ asfalto	Constante	-	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Relación estabilidad / flujo	Peso/Longitud	Kg/cm	Cuantitativa	ENSAYO MARSHALL	MTC EG 2013
				Resistencia conservada	Porcentual	%	Cuantitativa	ENSAYO LOTTMAN MODIFICADO	MTC EG 2013

Anexo 3: Constancia de autorización del laboratorio de Suelos JCH S.A.C.

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.

RUC: 20602256872



CONSTANCIA DE AUTORIZACIÓN

Surco, 10 de noviembre de 2022

Señor (a): UNIVERSIDAD RICARDO PALMA – ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Yo, JEAN CARLOS CHAVEZ RODRIGUEZ con DNI 45558177 y domicilio Av PROCERES DE LA INDEPENDENCIA 2236 S.J.L. representante y jefe del laboratorio LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. mediante la presente se certifica que las tesisistas Diana Carolina Bernardo Cortez con DNI 71455940, código universitario 201421098 y Yanina Yasmin Mendiguri Mendieta con DNI 43316947, código universitario 200911635 de la Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Ricardo Palma, realizaron sus ensayos en nuestro laboratorio para la elaboración de su tesis “Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros Polietilentereftalato”. Así también brindamos la autorización para el uso de los datos obtenidos en nuestro laboratorio así como también usar el nombre de nuestro laboratorio para la elaboración de la tesis ya mencionada.

Se expide esta constancia para los fines que (la)s interesada(s) estime conveniente.

Atentamente,



JEAN CARLOS CHAVEZ RODRIGUEZ

45558177

GERENTE GENERAL

Anexo 4: Ensayo de abrasión los ángeles.

	FORMULARIO	Código : C-03
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2 Fecha : - Página : 1 de 1

ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES
ASTM C-131 - MTC E-207 - NTP 400.019

Informe : JCH 22-180
Solicitante : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yaamin mendiguri mendieta
Proyecto : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímero pet

Ubicación : Lima
Fecha : Setiembre del 2022

Cantera : Dorita **Progresiva** : -
Calicata : - **Coordenadas** : -
Muestra : -
Prof. (m.) : -

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2")	25.0 mm (1")				
25 mm (1")	19.0 mm (3/4")				
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")		2503		
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")		2502		
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")				
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)				
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8")				
TOTAL			5005		

Número de Esferas		11		
Masa del a carga (g)		4584		
N° de Revoluciones		500		

Método de ensayo : B
Peso Inicial de la muestra (gr) : **5005**
Peso Final de la muestra (gr) : **4410**
Peso < malla N°12 (gr) : **595**
Desgaste : **11,9%**

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.
Ejecutado por : Tsc. LNR

Equipos Usados
Bal-005
Mor-001 o Mor-002
Abr-STMH-3


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO
 EN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193687

Anexo 5: Ensayo de adherencia.

	FORMULARIO	Código : A-02
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE ADHERENCIA
ASTM D1664, MTC E 517

Informe : JCH 22-180
Solicitante : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
Proyecto : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

Ubicación : Lima
Fecha : Setiembre del 2022

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : Dorita
Calicata : -
Muestra : Piedra
Prof. (m.) : -

Progresiva : -
Coordenadas : -

Agregado : Grueso
Asfalto : PEN 60/70
Aditivo : -
% Aditivo : -
Recubrimiento inicial (%) : 100
Recubrimiento final (%) : +95

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
Ejecutado por : Téc. J.Ch.

Equipos Usados
Bal-001
Hor-001 ó Hor-002


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO
YULO CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 6: Ensayo de angularidad del agregado fino.

	FORMULARIO	Código : C-17
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 1
		Fecha : 23/04/19
		Página : 1 de 1

**ENSAYO DE ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO
ASTM C1252, MTC E-222**

INFORME : JCH 22-180

SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendigurt mendieta

PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

UBICACIÓN : Lima

FECHA : Setiembre del 2022

Cantera : Dorta

Progresiva : -

Calicata : -

Tipo : -

Muestra : -

Lado : -

Prof. (m) : -

Volumen Molde	cc	102,20	102,20	102,20
Peso Agregado empleado < 2.36 mm	gr	160,20	161,00	161,50
Peso Especifico Bulk material fino (N°8 - N°200)	gr/cc	2,60	2,60	2,60
Volumen empleado para colmar molde	cc	61,62	61,92	62,12
% Vacíos : Angularidad Agregado	%	39,71	39,41	39,22
Promedio	%		39,4	

Nota. La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: Téc. J Ch.

Equipos Usados
- Bai-001


Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO DE LA CRUZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 183667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. -
Lima - Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

Anexo 7: Valor de azul de metileno.

 LABORATORIO GEOTÉCNICO	FORMULARIO	Código de formulario : Q-10 Revisión : 1
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Fecha : - Página : 1 de 1

**VALOR DE AZUL DE METILENO
AASHT TP 57**

INFORME : JCH 22-180
SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezola asfáltica usando polímeros pet

UBICACIÓN : Lima

Datos de la muestra

Cantera : Dorita

Fecha de Recepción : 08/09/22
Fecha de Ejecución : 10/09/22
Fecha de Emisión : 10/09/22

Concentración de la solución de Azul Metileno ren mg/ml	5,0
Cantidad ml de solución de Azul Metileno requerido en la titulación	90,0
Peso del material seco que pasa tamiz N° 200 en la prueba	10,00
Valor de Azul Metileno (mg/g)	9

Valor de Azul Metileno (mg/g)	Desempeño Anticipado
≤ 6	Excelente
7 - 12	Marginalmente Aceptable
13 - 19	Problemas/ Posible falla
⇒ 20	Fallado

Observaciones : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por : D. Crespo


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




FRANCISCO LLOCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 9: Ensayo de partículas chatas y alargadas.

	FORMULARIO	Código : C-16
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

ENSAYO DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS
ASTM D 4791 - NTP 400.040.1000 - MTC E-223

Informe : JCH 22-180

Solicitante : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yaemin mendiguri mendiola
 Proyecto : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

Ubicación : Lima

Fecha : Setiembre del 2022

Cantera : Dorita	Progresiva : -
Calicata : -	Coordenadas : -
Muestra : Piedra	
Prof. (m.) : -	

Relación Espesor/Longitud : 1/3

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS (%) 1

Tamiz		Total Partículas		Partículas Chatas		Porcentaje Chatas Fracción (%)	Granulometría (%) retenido	Porcentaje Chatas corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2003,0	462	0,0	0	0,0	71,8	0,00
1/2"	3/8"	1003,0	586	31,6	27	3,2	28,2	0,89
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES							100,0	0,89

PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS (%) 1

Tamiz		Total Partículas		Partículas Alargadas		Porcentaje Alargamiento Fracción (%)	Gradación original (%)	Porcentaje Alargamiento corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2003,0	462	0,0	0	0,0	71,8	0,00
1/2"	3/8"	1003,0	586	19,1	11	1,9	28,2	0,54
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES							100,0	0,54

PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) 0

Tamiz		Total Partículas		Partículas Chatas y Alargadas		Porcentaje Chatas y Alargadas Fracción (%)	Gradación original (%)	Porcentaje Chatas y Alargadas corregido (%)
Pasa	Retiene	Peso Inicial (gr)	N°	Peso (gr)	N°			
2 1/2"	2"							
2"	1 1/2"							
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	2003,0	462	-	-	-	71,8	-
1/2"	3/8"	1003,0	586	-	-	-	28,2	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTALES							100,0	0

Nota: La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante
 Ejecutado por: Tco. L.N.R

Equipos Usados
Bal-009
Hor-001 & Hor-002


Jean Chavez R
 Tco. Suelos, Asfalto y Concreto




ADOLFO FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 113667

Anexo 12: Ensayo de índice de durabilidad de los agregados.

	FORMULARIO	Código de formulario : D-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión : 2
		Fecha : -
		Página : 1 de 1

**ENSAYO DE INDICE DE DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS
ASTM D3744 - MTC E 214**

N° INFORME : jch22-180

SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta

PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

UBICACIÓN : Lima

Datos de la muestra

Cantera : Dorita

Progresiva : -

Callcata : -

Muestra : -

Profundidad (m) : -

Fecha de Recepción : 08/09/22

Fecha de Ejecución : 10/09/22

Fecha de Emisión : 21/09/22

AGREGADO FINO (MÉTODO B)				
N° Prueba	1	2		
Tamaño máximo (pasa malla) (mm)	N°4	N°4		
Hora de entrada a agitación	9:00	9:12		
Hora de salida de agitación	9:10	9:22		
Tiempo de agitación (min)	10	10		
Hora de entrada de decantación	9:12	9:24		
Hora de salida de decantación (más 20 min)	9:32	9:42		
Altura máxima de material fino (pulg)	6,5	6,2		
Altura máxima de la arena (pulg)	4,1	4,0		Promedio
Equivalente de finos (%)	63	65		64

AGREGADO GRUESO (MÉTODO A)				
N° Prueba	1	2		
Tamaño máximo (pasa malla) (pulg)	3/4"	3/4"		
Hora de entrada a agitación	10:20	10:32		
Hora de salida de saturación (más 10 min)	10:30	10:42		
Hora de entrada de decantación	10:32	10:44		
Hora de salida de decantación (más 20 min)	10:52	1:04		
Altura de sedimentación (pulg)	0,6	0,4		Promedio
Índice de durabilidad (%)	82	87		85

Observación : La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por: : D.C.


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




**JUAN FRANCISCO
SOLA CLAVIJO**
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 13: Ensayo de límite de consistencia.

 <p>LABORATORIO GEOTECNICO</p>	FORMULARIO	Código : D-04
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : -
		Página : 3-3

**ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA
ASTM D4318, MTC E 110 - E 111**

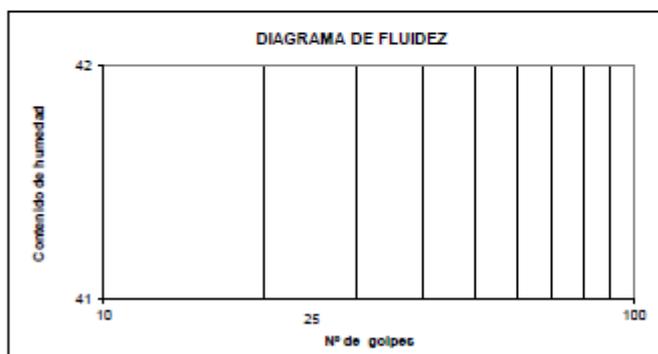
INFORME N° : JCH 22-180
SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
ENTIDAD : -
PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet
UBICACIÓN : Lima

Datos de la Muestra

Cantera : Dorita
Calicata : -
Muestra : -
Prof. (m) : -
Progresiva : -
Coordenadas : -

Fecha de Recepción : 08/09/22
Fecha de Ejecución : 09/09/22
Fecha de Emisión : 17/09/22

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
NÚMERO DE GOLPES		
PESO DE LA LATA (gr)		
PESO LATA + SUELO HÚMEDO (g)		
PESO LATA + SUELO SECO (g)		
PESO AGUA (g)		
PESO SUELO SECO (g)		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		



LÍMITE LÍQUIDO (%)	—
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

Pasante de la malla N°40

Observación : El uso de esta información es exclusiva del solicitante
Realizado por Tec. J.CH

Equipos Usados
 - Bal-002
 - Hor-001
 - Vidrio esmerilado
 - Equipo de Casagrande


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO
 SUELOS CIVIL
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 183667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia #2238 S.J.L. Correo
cotizaciones1@labjch.com, Telf. 978331894 - 012966381

Anexo 16: Ensayo químico en suelos, rocas y agua – Agregado fino.

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH 22-180
 Solicitante : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmín mendiguri mendieta
 Proyecto : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet
 Ubicación : Lima
 Fecha : Setiembre del 2022

Datos de la muestra

Cantera : Dorita
 Calicata : -
 Muestra : Agregado Fino

Fecha de Recepción : 08/09/2022
 Fecha de Ejecución : 10/09/2022

SALES SOLUBLES TOTALES	738 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,074 %

Ejecutado Por : D.Crespo

OBSERVACIONES:

- * Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10
- * -
- * -

Equipos Usados
Bal-T4J4001-NP1
Bal-PX224/E-NP4
Hor-01-JCH
Fr-01-JCH
DH-WF21_P03 (Mufa)


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO
 LUIS LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 183667

Anexo 17: Ensayo químico en suelos, rocas y agua – Agregado grueso.

	FORMATO	Código	Q1-Q2-Q3
	ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Informe : JCH 22-180
Solicitante : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
Proyecto : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet
Ubicación : Lima
Fecha : setiembre de 2022

Datos de la muestra

Cantera : Dorita
Calicata : -
Muestra : Agregado Grueso
Fecha de Recepción : 08/09/2022
Fecha de Ejecución : 10/09/2022

SALES SOLUBLES TOTALES	522 p.p.m.
NORMA BS 1377-Part. 3 - NTP 339.152	0,052 %

Ejecutado Por : D.Creopo

OBSERVACIONES:

* Según procedimiento de ensayo se fraccionó el suelo por el tamiz N°10

-

-

Equipos Usados
Bal-T4J4001-N°1
Bal-PX224/E-N°4
Hor-01-JCH
Ph-01-JCH
DH-WF21.P03 (Mufa)


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




Av. Dr. Francisco
 S.L. CA. CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

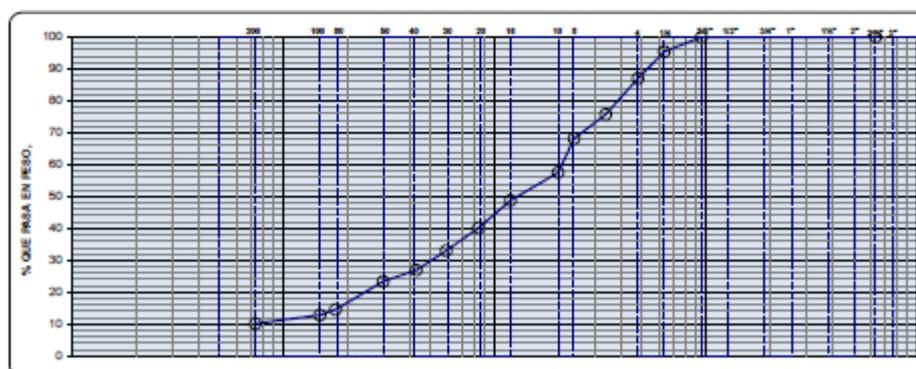
Anexo 18: Análisis granulométrico por tamizado – Agregado Fino.

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE ENSAYO N° JCH 22-180

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA							
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET							
UBICACIÓN : LIMA							
FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2022							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)							
MUESTRA : AGREGADO FINO						PROF.	
Tamiz	Material retenido				Especificaciones		Descripción
	Ø	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min. (%)	
3"	76,20						
2 1/2"	63,50						Grava (%) 13,0
2"	50,80						Arena (%) 87,0
1 1/2"	38,10						
1"	25,40						Pasante N° 200 (%) 10,2
3/4"	19,05						Peso Inicial (gr) 4.200,0
1/2"	12,70						Peso lavado (gr) 1.500,0
3/8"	9,53				100,0		
1/2"	6,35	189,0	4,5	4,5	95,5		
N° 4	4,75	356,0	8,5	13,0	87,0		
N° 6	3,36	472,0	11,2	24,2	75,8		
N° 8	2,38	317,0	7,5	31,8	68,2		
N° 10	2,00	450,0	10,7	42,5	57,5		
N° 16	1,19	367,0	8,7	51,2	48,8		
N° 20	0,84	360,0	8,6	59,8	40,2		
N° 30	0,59	303,0	7,2	67,0	33,0		
N° 40	0,43	252,0	6,0	73,0	27,0		
N° 50	0,30	152,0	3,6	76,6	23,4		
N° 60	0,25	370,0	8,8	85,4	14,6		
N° 80	0,18	71,0	1,7	87,1	12,9		
N° 100	0,15	114,0	2,7	89,8	10,2		
N° 200	0,074	427,0	10,2	100,0	0,0		
Bandeja							



MSV (1/1)
 msp/jernalkra
 O.S. N° 022

J. Chavez R.
Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



J. Chavez R.
 INGENIERO CIVIL
 REG. CO. N° 193867

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 – S.J.L. – Lima – Perú

E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC – 01 693-5014

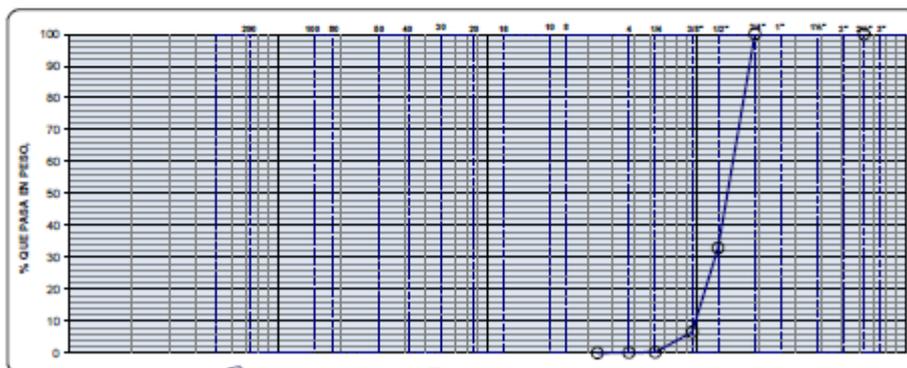
Anexo 19: Análisis granulométrico por tamizado - Agregado Grueso.

Razón Social: Laboratorio de Suelos JCH S.A.C.
 RUC: 20602256872



INFORME DE ENSAYO N° JCH 22-180

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA							
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET							
UBICACIÓN : LIMA							
FECHA : SETIEMBRE DEL 2022							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)							
MUESTRA : AGREGADO GRUESO						PROF.	
Tamiz	Material retenido				Especificaciones		Descripción
	Ø	Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	min. (%)	
Pulgada	mm						
3"	76,20						
2 1/2"	63,50						Grava (%) 99,9
2"	50,80						Arena (%) 0,1
1 1/2"	38,10						
1"	25,40						Pasante N° 200 (%)
3/4"	19,05				100,0		Peso Inicial (gr) 3.251,2
1/2"	12,70	2180,2	67,1	67,1	32,9		Peso lavado (gr) 1.500,0
3/8"	9,53	857,0	26,4	93,4	6,6		
3/4"	6,35	206,0	6,3	99,8	0,2		
N° 4	4,75	4,0	0,1	99,9	0,1		
N° 6	3,35	4,0	0,1	100,0	0,0		
N° 8	2,36						
N° 10	2,00						
N° 16	1,19						
N° 20	0,84						
N° 30	0,59						
N° 40	0,43						
N° 50	0,30						
N° 80	0,18						
N° 100	0,15						
N° 200	0,074						
Bandeja							



M&V (215)
 mpp/jema/ks
 O.S. N° 017

J. Chavez R.
Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Francisco
FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Telf. 976331849 RPC - 01 693-5014

Anexo 20: Análisis granulométrico por tamizado – PET reciclado.

	FORMULARIO	Código de formulario : --
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO	Revisión : 1
		Fecha : 28/09/21
		Página : 1 de 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NORMA MTC E - 107)

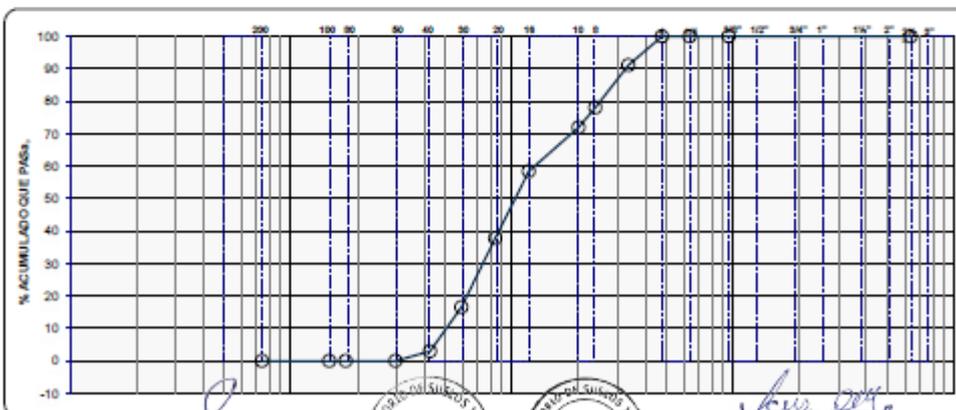
INFORME N° : JCH 22-180
SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros PET

UBICACIÓN : Lima

Datos de la muestra

Cantera : -	Fecha de Recepción : 10/09/22
Calicata : -	Fecha de Ejecución : 17/09/22
Muestra : Pet	Fecha de Emisión : 01/10/22
Profundidad (m) : -	

Tamiz		Material retenido				Especificaciones	
Ø		Masa (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)	mínimo (%)	máximo (%)
Pulgada	mm						
3"	76,20						
2 1/2"	63,50						
2"	50,80						
1 1/2"	38,10						
1"	25,40						
3/4"	19,05						Masa Inicial (g) 172,1
1/2"	12,70						
3/8"	9,53				100,0		
1/4"	6,35				100,0		
N° 4	4,75				100,0		
N° 6	3,35	15,2	8,8	8,8	91,2		
N° 8	2,38	22,5	13,1	21,9	78,1		
N° 10	2,00	10,5	6,1	28,0	72,0		
N° 15	1,19	23,3	13,5	41,5	58,5		
N° 20	0,84	35,5	20,6	62,2	37,8		
N° 30	0,59	36,6	21,3	83,4	16,6		
N° 40	0,43	23,3	13,5	97,0	3,0		
N° 50	0,30	5,2	3,0	100,0	0,0		
N° 60	0,25			100,0	0,0		
N° 75	0,20			100,0	0,0		
N° 100	0,15			100,0	0,0		
N° 200	0,074			100,0	0,0		
Bandeja				100,0	0,0		



Observaciones :
Realizado por : Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



FRANCISCO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193667

Anexo 21: Ensayos Marshall de la mezcla asfáltica

	FORMULARIO	Código formulario	A-180
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PIBO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5		5,0			
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PIBO DE LA MEZCLA	28,65		28,50			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PIBO DE LA MEZCLA	66,85		66,50			
4	--		--			
5 PIBO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PIBO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738		2,738			
7 PIBO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718		2,718			
8	--		--			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,4	65,0	65,6	64,9	64,9	62,7
10 PIBO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.209,4	1.194,4	1.199,5	1.208,5	1.186,4	1.208,4
11 PIBO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.218,9	1.208,2	1.209,5	1.216,6	1.197,2	1.210,3
12 PIBO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	701,0	700,0	702,1	707,0	694,0	701,0
13 PIBO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	517,9	508,2	507,4	509,6	503,2	509,3
14 PIBO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	9,5	13,8	10,0	8,1	10,8	1,9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,83	2,72	1,97	1,59	2,15	0,37
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2328	2343	2357	2364	2351	2366
17 PIBO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,335	2,350	2,364	2,371	2,358	2,373
18 PIBO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2941	2,590		2,570			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9,8	9,3	8,7	7,7	8,3	7,7
20 PIBO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724		2,724			
21 V.M.A. (%)	12,4	13,3	12,5	17,3	17,8	17,3
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (%)	41,6	38,3	40,9	55,4	53,6	55,6
23 PIBO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,925		2,797			
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,0		1,0			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,1		4,1			
26 FLUJO (LIT/ Pulgada)	12,0	11,0	12,0	14,0	13,0	14,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.215,0	1.255,0	1.185,0	1.325,0	1.340,0	1.300,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.264,0	1.305,0	1.232,0	1.378,0	1.394,0	1.352,0

UMA (520)
JCH
O.S. N°203

Lima, 21 de Setiembre del 2022.


Jean Chavez R.
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




RAFAEL FRANCISCO DILLA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193887

	FORMULARIO	Código formulario	A-180
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	2 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.

FECHA DE RECEPCIÓN : SETIEMBRE DEL 2022 **FECHA DE ENSAYO** : 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL		5,50			6,00	
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA		28,35			28,20	
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA		66,15			65,80	
4 % DE TEREFTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA		--			--	
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1,010			1,010	
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")		2,738			2,738	
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2,718			2,718	
8		--			--	
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	62,5	64,2	63,0	64,4	64,5	64,8
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.212,9	1.224,6	1.218,5	1.208,0	1.198,8	1.228,8
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.218,6	1.226,3	1.219,4	1.209,8	1.202,7	1.229,4
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	718,0	719,4	715,0	715,0	708,0	719,0
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	500,6	506,9	504,4	494,8	494,7	510,4
14 PISO DE AGUA ABOVIDA (gr.) (B-A)	0,7	1,7	0,9	1,8	3,9	0,6
15 PORCENTAJE DE ABOCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,14	0,34	0,18	0,36	0,79	0,12
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/cm³)	2416	2409	2408	2434	2416	2400
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,423	2,416	2,416	2,441	2,423	2,408
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2,550			2,530	
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5,0	5,3	5,3	3,5	4,2	4,8
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)		2,724			2,724	
21 V.M.A.	15,9	16,2	16,2	15,8	16,4	16,9
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	68,7	67,5	67,5	77,8	74,3	71,4
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2,798			2,799	
24 ASFALTO ABORIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		1,0			1,0	
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO		4,6			5,1	
26 FLUJO (0,01 Pulgada)	16,0	15,0	16,0	18,0	17,0	18,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.429,0	1.500,0	1.369,0	1.425,0	1.365,0	1.364,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.486,0	1.560,0	1.424,0	1.482,0	1.420,0	1.419,0

LMA(700)
JCH
08/17/22


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




Aviro Francisco
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193887

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-180
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	3 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

FECHA DE RECEPCIÓN : SETIEMBRE DEL 2022 **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

FECHA DE ENSAYO : 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	6,50					
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,05					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	65,45					
4 % DE TIRTRALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--					
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010					
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738					
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	62,4	64,4	65,1			
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.201,5	1.245,0	1.215,5			
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.202,5	1.245,8	1.217,5			
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	701,0	727,0	713,0			
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	501,5	518,8	504,5			
14 PISO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1,0	0,8	2,0			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,20	0,15	0,40			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2389	2393	2402			
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,396	2,400	2,409			
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,510					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4,6	4,4	4,0			
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724					
21 V.M.A.	17,8	17,6	17,3			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	74,4	75,1	76,8			
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,799					
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,0					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,6					
26 FLUJO (101 Pulgada)	21,0	20,0	21,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.297,0	1.245,0	1.147,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.349,0	1.295,0	1.193,0			

LMA (B/20)
JCH
O.S. N°203


Jean Chavez R.
 Ttc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




JUAN FRANCISCO
 IN LCA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

	FORMULARIO	Código formulario	A-180
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	4 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:	75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,8	6,0 6,2
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,425	2,430 2,420
- Vacíos, %	:	5,0	4,8 4,1
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	69,0	72,0 74,0
- V.M.A., %	:	17,2	17,3 17,1
- Estabilidad, lb (kN)	:	3205,0 (14,26)	3200,0 (14,23) 3150,0 (14,01)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	17,5 (4,4)	18,0 (4,5) 18,8 (4,7)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3232,3
- Absorción de Asfalto, %	:		1,0
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145,0

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % *	:	29,0
(2) Agregado fino, % *	:	71,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera DORITA, Grava Chancada 1/2" (30%)
- Agregado fino	:	Cantera DORITA, Arena Chancada (70%)

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

Observaciones :

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (9/20)
JCH
O.S. N°203

Lima, 21 de Setiembre del 2022.


Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

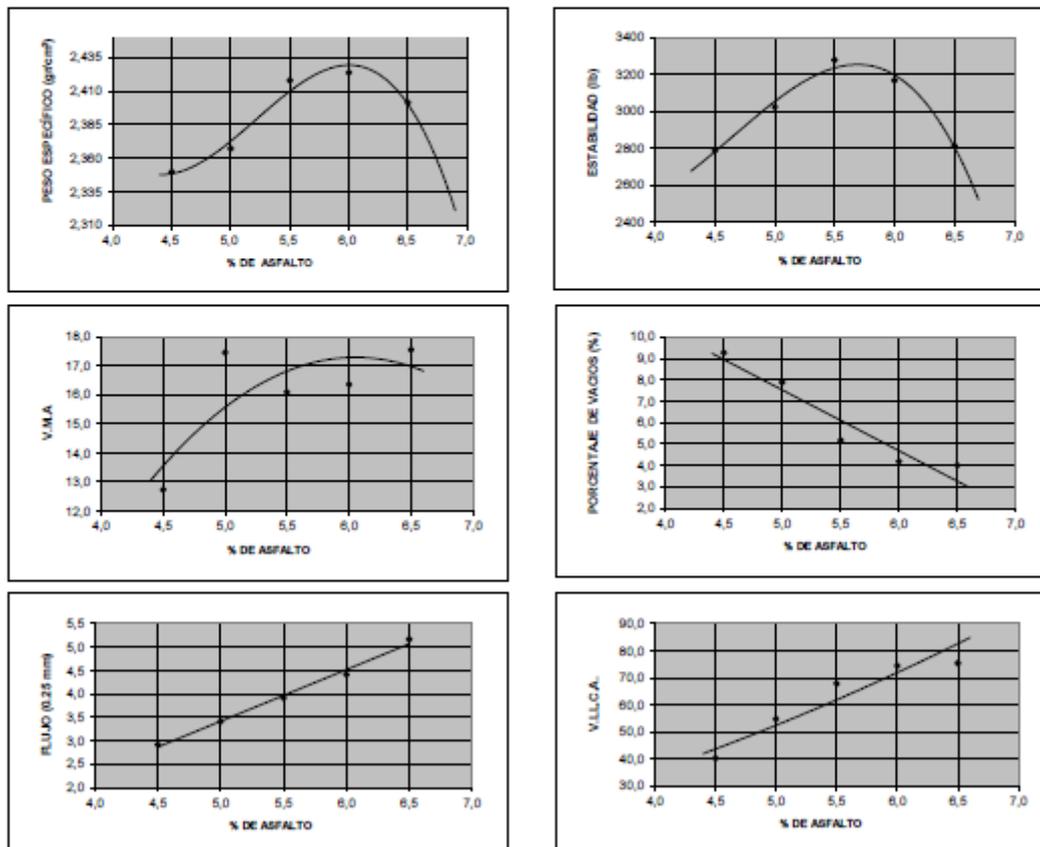
	FORMULARIO	Código formulario	A-180
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	5 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



LMA (022)
JCH
05.1020


Jean Chavez R
 Ttc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022


JAVIER FRANCISCO
 IN LOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

Anexo 22: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con 0.5% de PET reciclado

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 0.5% de PET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5		5,0			
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,65		28,50			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	66,85		66,50			
4	--		--			
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738		2,738			
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718		2,718			
8	--		--			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	65,8	65,4	66,4	62,2	66,9	66,2
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.238,0	1.227,0	1.230,5	1.211,2	1.209,7	1.220,8
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.244,2	1.234,0	1.237,9	1.213,1	1.224,2	1.223,7
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	712,0	712,0	711,0	701,0	705,4	705,0
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	532,2	522,0	526,9	512,1	518,8	518,7
14 PISO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	6,2	7,0	7,4	1,9	14,5	2,9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,16	1,34	1,40	0,37	2,79	0,56
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 23° C (kg/m³)	2319	2344	2328	2358	2325	2347
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,326	2,351	2,335	2,365	2,332	2,354
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2911	2,600		2,580			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	10,5	9,6	10,2	8,3	9,6	8,8
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724		2,724			
21 V.M.A. (%)	12,4	13,3	12,5	17,5	18,7	17,9
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	41,6	38,3	40,9	52,4	48,6	50,9
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,925		2,810			
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,2		1,1			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	2,1		3,9			
26 FLUJO (LIT. Pulgada)	11,0	11,0	11,0	13,0	12,0	13,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.005,0	1.021,0	1.024,0	1.100,0	1.044,0	1.158,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.045,0	1.062,0	1.065,0	1.144,0	1.086,0	1.204,0

LMA (S20)
JCH
O.S. N°203


Jean Chavez R
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




JUAN FRANCISCO
DE LOA GLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193687

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	2 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET 0.5% de PET en el CA

CANTIDAD : 100 kg, 01 gl.

PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.

FECHA DE RECEPCIÓN : SETEMBRE DEL 2022 **FECHA DE ENSAYO** : 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50		6,00			
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,35		28,20			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	66,15		65,80			
4 % DE TEREPHTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--		--			
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738		2,738			
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718		2,718			
8	--		--			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,4	64,0	64,0	63,1	63,5	65,7
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.228,5	1.206,4	1.209,4	1.204,2	1.228,1	1.212,6
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.229,6	1.209,4	1.226,8	1.204,7	1.228,7	1.214,4
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	712,0	704,1	724,0	709,8	726,0	717,0
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETAS (gr.) (B-C)	517,6	505,3	502,8	495,4	497,7	497,4
14 PISO DE AGUA ABSORBIDA (gr.) (B-A)	1,1	3,0	17,4	0,5	0,6	1,8
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,21	0,59	3,46	0,10	0,12	0,36
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2366	2380	2398	2423	2450	2431
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A)/(B-C)	2,373	2,387	2,405	2,431	2,458	2,438
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,560		2,540			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	7,3	6,7	6,0	4,3	3,3	4,0
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724		2,724			
21 V.M.A.	17,7	17,2	16,6	16,1	15,2	15,9
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	58,8	60,8	63,6	73,3	78,6	74,7
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,811		2,812			
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,2		1,2			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4,4		4,9			
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	15,0	14,0	15,0	16,0	17,0	17,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.210,0	1.250,0	1.310,0	1.203,0	1.211,0	1.508,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.258,0	1.300,0	1.362,0	1.251,0	1.299,0	1.568,0

LMA (700)
JCH
02.N20


Jean Chavez R.
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




JAVIER FRANCISCO
INGENIERO CIVIL
Reg. GIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	4 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 0.5% de PET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:	75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	6,0	6,2	6,4
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,440	2,445	2,450
- Vacíos, %	:	5,0	4,1	3,4
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	71,0	74,0	80,0
- V.M.A., %	:	17,3	17,0	16,3
- Estabilidad, lb (kN)	:	3000,0 (13,34)	2900,0 (12,9)	2,6 (0,01)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	16,7 (4,2)	17,6 (4,4)	18,5 (4,6)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		2995,9	
- Absorción de Asfalto, %	:		1,2	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		150,0	

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % *	:	29,0
(2) Agregado fino, % *	:	71,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera DORITA, Grava Chancada 1/2" (30%)
- Agregado fino	:	Cantera DORITA, Arena Chancada (70%)
- PET:	:	0.5% (en peso del cemento asfáltico)

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

Observaciones :

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. Nº 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/04/26.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (920)
JCH
O.S. N203

Lima, 21 de Septiembre del 2022.


Jean Chavez R
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto




JUAN FRANCISCO DE LOS GLAVIJOS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

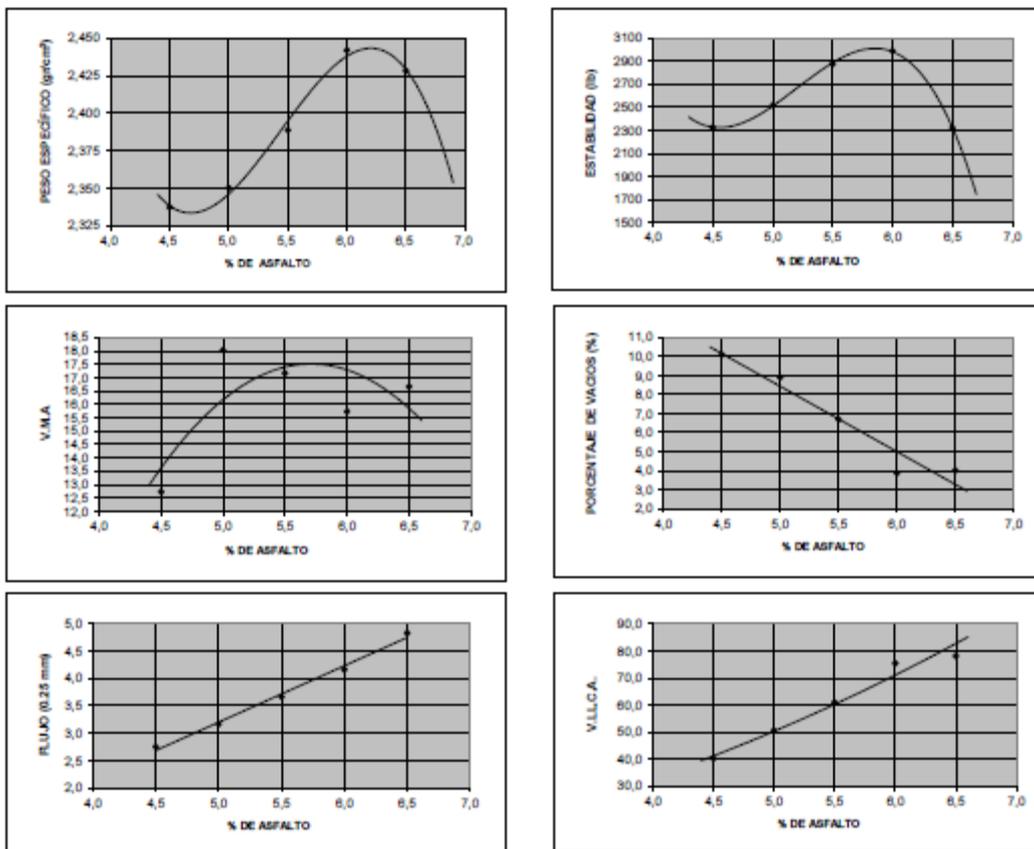
	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	5 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	MUESTRA : Agregados, Pen 60-70. 0.5% de PET en el CA CANTIDAD : 100 kg, 01 gl. PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.	
FECHA DE RECEPCIÓN : SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO : 17/09/22 - 20/09/22	

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



LIMA (0720)
JCH
05/1/2020


Jean Chavez R.
 Ing. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.


JAVIER FRANCISCO
 DILCIA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193887

Anexo 23: Ensayos Marshall de la mezcla asfáltica con 1% de PET reciclado

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 1.0% de PET en el CA : 100 kg, 01 gl.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
		FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE CA. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5			5,0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	28,65			28,50		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	66,85			66,50		
4 % DE TEREFTALATO DE POLIETILENO EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010			1,010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,738			2,738		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718			2,718		
8	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,7	69,1	66,7	68,6	64,6	65,8
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.206,4	1.226,3	1.216,8	1.200,8	1.210,4	1.209,8
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.214,9	1.245,5	1.280,7	1.219,2	1.218,8	1.214,2
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	691,0	704,0	701,0	700,5	700,0	702,0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	523,9	541,5	529,7	518,7	513,8	512,2
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	8,5	19,2	13,9	18,4	3,4	4,4
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,62	3,55	2,62	3,55	0,66	0,86
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2296	2258	2290	2308	2349	2355
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A)/(B-C)	2,303	2,265	2,297	2,315	2,356	2,362
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 291	2,620			2,600		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	12,1	13,6	12,3	11,0	9,4	9,2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724			2,724		
21 V.M.A. (%)	19,3	20,6	19,5	19,3	17,8	17,6
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	37,3	34,2	36,8	43,2	47,2	48,0
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,833			2,835		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,4			1,5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,1			3,6		
26 FLUJO (L/101 Pulgada)	14,0	14,0	13,0	15,0	15,0	14,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	979,0	852,0	851,0	759,0	1.088,0	902,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.018,0	886,0	885,0	789,0	1.132,0	938,0

LMA (520)
JCH
03. N°203


Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




JAVIER FRANCISCO
IN LOA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	2 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET 1.0% de PET en el CA

CANTIDAD : 100 kg, 01 gl.

PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.

FECHA DE RECEPCIÓN : SETIEMBRE DEL 2022 **FECHA DE ENSAYO** : 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL		5,50			6,00	
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		28,35			28,20	
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA		66,15			65,80	
4 % DE TIREPTALATO DE POLIETILENO EN PESO DE LA MEZCLA		--			--	
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE		1,010			1,010	
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")		2,738			2,738	
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2,718			2,718	
8		--			--	
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,1	65,4	65,4	64,7	62,7	62,2
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.208,7	1.218,1	1.208,9	1.218,8	1.205,6	1.218,6
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.209,8	1.215,4	1.212,1	1.220,0	1.206,0	1.218,8
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	699,0	709,8	701,0	724,0	717,4	723,0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETAS (gr.) (B-C)	510,8	505,6	511,1	496,0	488,6	495,8
14 PESO DE AGUA ABOVEDADA (gr.) (B-A)	1,1	2,3	3,2	1,2	0,4	0,2
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,22	0,45	0,63	0,24	0,08	0,04
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 20° C (kg/m³)	2359	2392	2358	2450	2460	2450
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,366	2,399	2,365	2,457	2,467	2,458
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041		2,580			2,560	
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	8,3	7,0	8,3	4,0	3,6	4,0
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)		2,724			2,724	
21 V.M.A.	17,9	16,8	17,9	15,2	14,9	15,2
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	53,7	58,3	53,5	73,6	75,8	73,8
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2,837			2,838	
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)		1,5			1,5	
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO		4,1			4,6	
26 FLUJO (0,01 Pulgada)	16,0	16,0	17,0	18,0	19,0	18,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.138,0	1.011,0	885,0	1.060,0	1.133,0	1.278,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.184,0	1.051,0	920,0	1.102,0	1.178,0	1.329,0

LMA(722)
JCH
03.Nº22


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




FRANCISCO INOA CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	3 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPELDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 1.0% de PET en el CA
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	6,50					
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,05					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	65,45					
4 % DE TEREFTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--					
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010					
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738					
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	66,4	67,2	63,2			
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.238,8	1.217,5	1.199,5			
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.239,9	1.220,8	1.200,4			
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	729,0	718,0	714,0			
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	510,9	502,8	486,4			
14 PISO DE AGUA ABOVIDA (gr.) (B-A)	1,1	3,3	0,9			
15 PORCENTAJE DE ABOVICIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,22	0,66	0,19			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2417	2414	2459			
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,425	2,421	2,466			
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,540					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4,5	4,7	2,9			
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724					
21 V.M.A.	16,8	16,9	15,4			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	73,0	72,4	81,1			
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,839					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,1					
26 FLUJO (SIR Pulgada)	21,0	20,0	21,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	961,0	801,0	925,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	999,0	833,0	962,0			

LMA (B/20)
JCH
O.S. N°203


Jean Chavez R.
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




FRANCISCO DE LOS CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. DIP N° 193867

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	4 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 1.0% de PET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:	75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1	6,3
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,445	2,450	2,452
- Vacíos, %	:	5,1	4,9	3,5
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	66,0	69,0	73,0
- V.M.A., %	:	16,3	16,0	15,9
- Estabilidad, lb (kN)	:	2590,0 (11,52)	2600,0 (11,57)	2480,0 (11,03)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	18,0 (4,5)	18,8 (4,7)	19,0 (4,8)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		2514,5	
- Absorción de Asfalto, %	:		1,5	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		150,0	

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % *	:	29,0
(2) Agregado fino, % *	:	71,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera DORITA, Grava Chancada 1/2" (30%)
- Agregado fino	:	Cantera DORITA, Arena Chancada (70%)
- PET:	:	1.0% (en peso del cemento asfáltico)

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

Observaciones :

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/04/26.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (920)
JCH
O.S. N°203

Lima, 21 de Septiembre del 2022.


Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto




Ingrid Francisca In Lica Clavijo
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

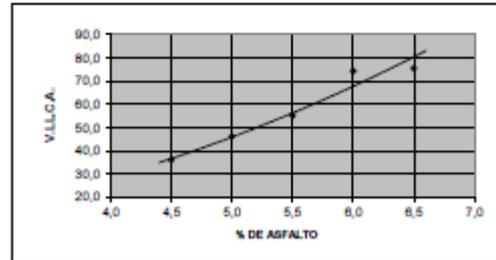
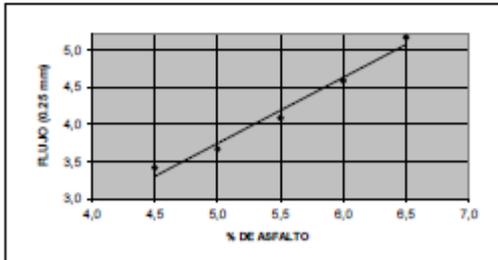
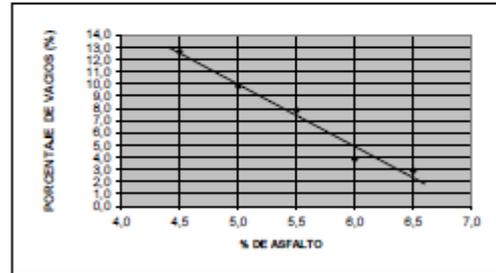
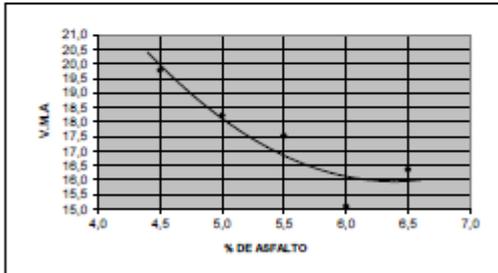
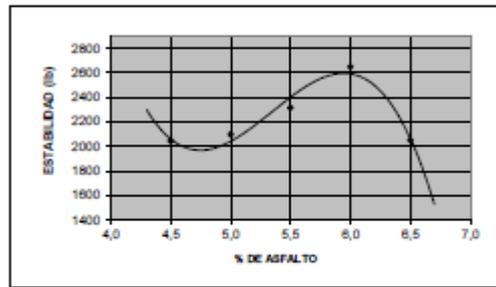
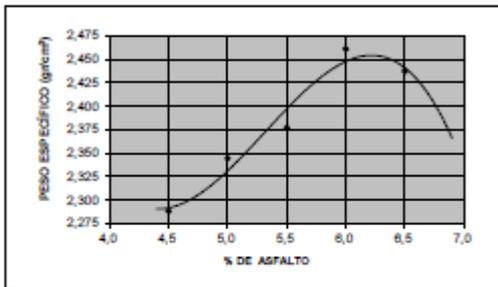
	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	5 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 1.0% de FET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



LMA (022)
JCH
05.17.2022

Jean Chavez R
Jean Chavez R
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.

Francisco
FRANCISCO
ENLCEA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

Anexo 24: Ensayo Marshall de la mezcla asfáltica con 1.5% de PET reciclado

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	1 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

Nº INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 1.5% de PET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Nº DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	4,5		5,0			
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,65		28,50			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	66,85		66,50			
4 % DE TEREPHTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--		--			
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2,738		2,738			
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718		2,718			
8	--		--			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	63,4	65,7	65,6	64,5	65,2	69,3
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.219,0	1.227,3	1.215,6	1.210,7	1.195,9	1.184,1
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.221,6	1.232,1	1.219,9	1.212,9	1.203,7	1.203,6
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	702,0	702,0	703,0	705,3	705,0	705,0
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	519,6	530,1	516,9	507,6	498,7	498,6
14 PISO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2,6	4,8	4,3	2,2	7,8	19,5
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,50	0,91	0,83	0,43	1,56	3,91
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 29° C. (kg/m³)	2309	2308	2345	2378	2391	2368
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,346	2,315	2,352	2,385	2,398	2,375
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,600		2,580			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9,8	11,0	9,6	7,6	7,1	8,0
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724		2,724			
21 V.M.A. (%)	17,8	18,8	17,6	16,8	16,4	17,2
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	45,1	41,8	45,7	55,1	57,0	53,8
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,808		2,810			
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,1		1,1			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	3,4		3,9			
26 FLUJO (lbt/ Pulgada)	15,0	14,0	15,0	16,0	15,0	17,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	850,0	900,0	1.005,0	955,0	1.090,0	1.125,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	884,0	936,0	1.045,0	993,0	1.134,0	1.170,0

LMA (620)
JCH
O.S. N°203


Jean Chavez R.
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




JAVIER FRANCISCO DE LA CRUZ
INGENIERO CIVIL
Reg. GIP N° 193687

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	2 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET 1.5% de PET en el CA
CANTIDAD : 100 kg, 01 gl.
PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN : SETIEMBRE DEL 2022 **FECHA DE ENSAYO** : 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	5,50		6,00			
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,35		28,20			
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	66,15		65,80			
4 % DE TEREPHTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--		--			
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010		1,010			
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738		2,738			
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718		2,718			
8	--		--			
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	65,0	63,3	65,5	65,8	63,0	65,4
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.196,9	1.217,1	1.208,8	1.242,2	1.222,0	1.209,8
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.202,6	1.217,9	1.211,3	1.243,5	1.222,6	1.211,4
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	708,0	712,0	704,7	730,7	721,0	714,0
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	499,6	505,9	506,6	512,8	501,6	497,4
14 PISO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	5,7	0,8	2,5	1,3	0,6	1,6
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	1,14	0,16	0,49	0,25	0,12	0,32
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/cm³)	2389	2399	2379	2415	2429	2425
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,396	2,406	2,386	2,422	2,436	2,432
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,560		2,540			
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	6,4	6,0	6,8	4,6	4,1	4,2
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724		2,724			
21 V.M.A.	16,9	16,5	17,2	16,4	15,9	16,1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	62,0	63,5	60,5	71,8	74,3	73,7
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,811		2,812			
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,2		1,2			
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	4,4		4,9			
26 FLUJO (301 Pulgada)	18,0	16,0	17,0	19,0	18,0	19,0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1.150,0	1.200,0	1.140,0	1.240,0	1.260,0	1.185,0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1.196,0	1.248,0	1.186,0	1.290,0	1.310,0	1.232,0

LMA (02)
JCH
02.N2B


Jean Chavez R
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




AVILA FRANCISCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193887

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

 LABORATORIO GEOTÉCNICO	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	3 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	CANTIDAD	: 1.5% de PET en el CA
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
		FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

N° DE BRIQUETAS	5A	5B	5C	6A	6B	6C
1 % DE C.A. EN PISO DE LA MEZCLA TOTAL	6,50					
2 % DE AGREGADO GRUBO (> N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	28,05					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PISO DE LA MEZCLA	65,45					
4 % DE TERREPTALATO DE POLIETILENO EN PISO DE LA MEZCLA	--					
5 PISO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1,010					
6 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUBO-BULK (MENOR 1")	2,738					
7 PISO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2,718					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (mm)	64,3	65,6	65,6			
10 PISO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1.222,9	1.226,2	1.215,6			
11 PISO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1.224,1	1.227,3	1.217,9			
12 PISO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	717,0	721,0	718,0			
13 PISO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	507,1	506,3	499,9			
14 PISO DE AGUA ABSORBIDA (gr.) (B-A)	1,2	1,1	2,3			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0,24	0,22	0,46			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 20° C (kg/cm³)	2404	2415	2424			
17 PISO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2,412	2,422	2,432			
18 PISO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2,520					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4,3	3,9	3,5			
20 PISO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2,724					
21 V.M.A.	17,2	16,9	16,5			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C.A.	75,0	77,0	78,8			
23 PISO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2,812					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	1,2					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5,4					
26 FLUJO (301 Pulgada)	21,0	22,0	21,0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	959,0	925,0	961,0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1,04	1,04	1,04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	997,0	962,0	999,0			

LMA (B/20)
JCH
O.S. N°203


Jean Chavez R.
 Ttc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.




Aviram Francisco
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193867

LABORATORIO DE SUELO JCH S.A.C. RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L. - Lima - Perú
 E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC

	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	4 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE	: DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA	MUESTRA	: Agregados, Pen 60-70.
PROYECTO	: PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET		: 1.5% de PET en el CA
		CANTIDAD	: 100 kg, 01 gl.
		PRESENTACIÓN	: Sacos y envase metálico.
FECHA DE RECEPCIÓN	: SETIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO	: 17/09/22 - 20/09/22

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

Características de la Mezcla :

- Nº de golpes por cara	:	75		
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5,9	6,1	6,3
- Peso Específico bulk, g/cm ³	:	2,420	2,425	2,424
- Vacíos, %	:	4,4	4,1	3,8
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	68,0	72,0	7,6
- V.M.A., %	:	16,3	16,4	16,6
- Estabilidad, lb (kN)	:	2800,0 (12,45)	2780,0 (12,37)	2580,0 (11,48)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	18,6 (4,7)	19,3 (4,8)	20,3 (5,1)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		2632,6	
- Absorción de Asfalto, %	:		1,2	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		150,0	

Proporciones de mezcla :

(1) Agregado grueso, % *	:	29,0
(2) Agregado fino, % *	:	71,0

Materiales :

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera DORITA, Grava Chancada 1/2" (30%)
- Agregado fino	:	Cantera DORITA, Arena Chancada (70%)
- PET:	:	1.5% (en peso del cemento asfáltico)

Nota :

(*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

Observaciones :

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/04/26.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

LMA (9/20)
JCH
O.S. N°203

Lima, 21 de Setiembre del 2022.


Jean Chavez R
Ing. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
EN LIA CLAUDIO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

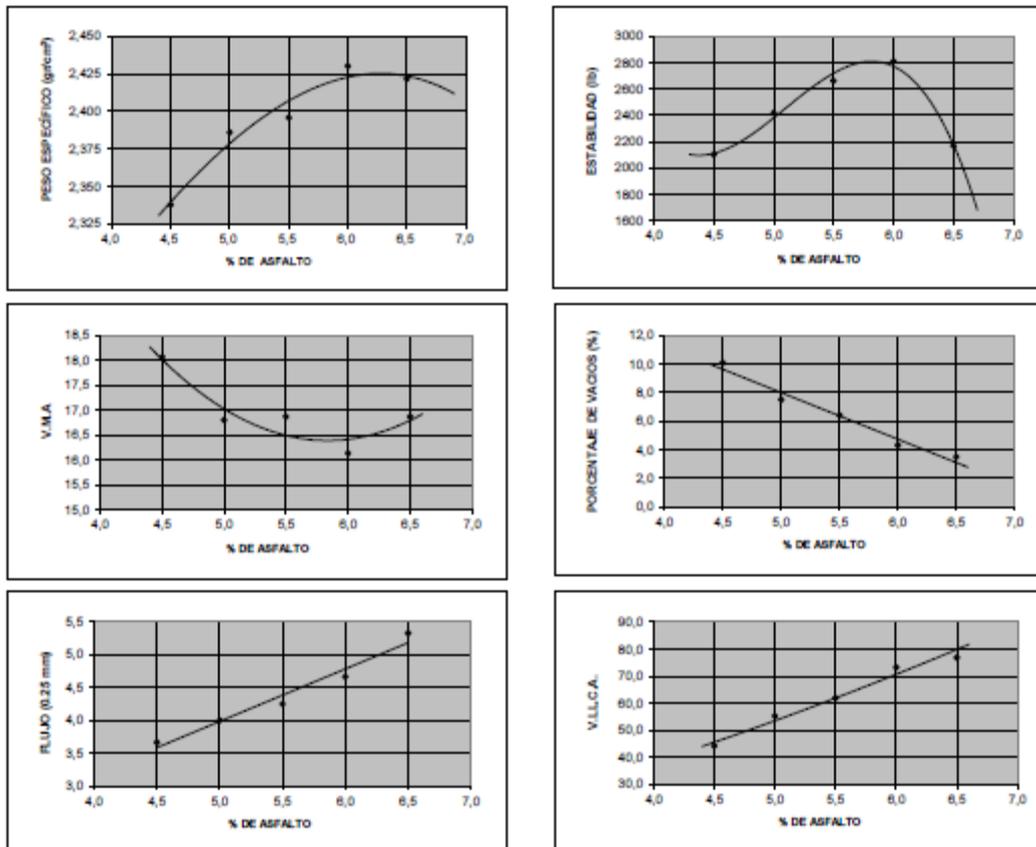
	FORMULARIO	Código formulario	A-11
	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS	Revisión	1
		Fecha	-
		Página	5 de 5

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

N° INFORME JCH 22-180

SOLICITANTE : DIANA CAROLINA BERNARDO CORTEZ & YANINA YASMIN MENDIGURI MENDIETA PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA USANDO POLÍMEROS PET	MUESTRA : Agregados, Pen 60-70. 1.5% de PET en el CA CANTIDAD : 100 kg, 01 gl. PRESENTACIÓN : Sacos y envase metálico.	
FECHA DE RECEPCIÓN : SEPTIEMBRE DEL 2022	FECHA DE ENSAYO : 17/09/22 - 20/09/22	

MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL



LIMA (020)
JCH
05.Nº20


Jean Chavez R.
Téc. Suelos, Asfalto y Concreto



Lima, 21 de Setiembre del 2022.


JAVIER FRANCISCO
MILCA CLAVIJO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193867

Anexo 25: Ensayo Lottman con 0.5% de PET reciclado.

 LABORATORIO GEOTÉCNICO	FORMULARIO	Código de formulario	---
	METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD, AASHTO T-283	Revisión	1
		Fecha	---
		Página	1 de 2

N° INFORME : JCH 22-180

SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta

PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

UBICACIÓN : Lima

MEZCLA ASFÁLTICA

Óptimo contenido de cemento asfáltico

Aditivo mejorador de adherencia

% (% en peso del asfalto)

TIPO DE FILLER :

TIPO DE ASFALTO :

TIPO DE ADITIVO : 0,5% Pet

Fecha de Recepción : 23/09/2022

Fecha de ejecución : 26/09/2022

Fecha de Emisión : 28/09/2022

Acondicionamiento de Muestra	En Seco ⁽¹⁾			En Húmedo ⁽¹⁾		
	1	2	3	4	5	6
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7,1			7,1		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	244,14	283,50	258,91	213,58	212,78	225,28
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St ₁ , St ₂)	262,18			217,21		
Daño por humedad (visual) ⁽²⁾	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St₁/St₂) = 82,8%

Nota:

(1) Acondicionamiento húmedo: - 18°C +/- 3°C por 16 horas luego a 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.

(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

Observaciones:

(*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.

- El ensayo fue efectuado con la formulación del diseño Marshall, proporcionadas e identificadas por el solicitante.

- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/21.

- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

Observaciones :

Realizado por :


Jean Chavez R
 Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




JAVIER FRANCISCO
 IN L.O.A. CLAVIJO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 193887

	FORMULARIO	Código de formulario	---
	METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD, AASHTO T-283	Revisión	1
		Fecha	
		Página	2 de 2

N° INFORME : JCH 22-180
SOLICITANTE : Diana Carolina Bernardo Cortez & Yanina yasmin mendiguri mendieta
PROYECTO : Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica usando polímeros pet

UBICACIÓN : Lima

MEZCLA ASFÁLTICA

Óptimo contenido de cemento asfáltico
Aditivo mejorador de adherencia
% (% en peso del asfalto)

Fecha de Recepción : 23/09/2022
Fecha de ejecución : 26/09/2022
Fecha de Emisión : 28/09/2022

TIPO DE FILER :

TIPO DE ASFALTO :

TIPO DE ADITIVO : 0,5% Pet

Acondicionamiento de Muestra	En Seco ^(d)			En Húmedo ^(t)		
	1	2	3	4	5	6
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7,1			7,1		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	244,14	283,50	258,91	213,58	212,78	225,28
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St _d , St _t)	262,18			217,21		
Razón de Resistencia a la Tensión (%) (St _t /St _d)	-			82,8		
Daño por humedad (visual) ⁽²⁾	0			2		
Agregados fracturados (visual)	Presenta agregados fracturados			Presenta agregados fracturados		

Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St_t/St_d) = 82,8%

Nota:

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

Observaciones:

- (*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests."
- El ensayo fue efectuado con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el cliente.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/21.
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.

Observaciones :

Realizado por :


Jean Chavez R
Tec. Suelos, Asfalto y Concreto




Avila Francisco
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 193667

LABORATORIO DE SUELOS JCH S.A.C RUC 20602256872 Av. Proceres de la Independencia 2236 - S.J.L - Lima - Perú
E-mail: lab.suelosjch@gmail.com Tel. 976331849 RPC