



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PEN60-70 INCORPORANDO CENIZAS
VOLANTES Y PLÁSTICO PET PARA DISMINUIR EL ENVEJECIMIENTO DEL
PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL PROYECTO DE HABILITACIÓN URBANA SAN
CAMILO, ICA**

**Línea de investigación:
Seguridad vial e infraestructura del transporte**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Zamudio Espiritu, Diego Martin

Asesor:

Arevalo Vidal, Augusto Samir
(ORCID: 0000-0002-6559-0334)

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique
Romero Rios, David
Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima - Perú

2023



“EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PEN60-70 INCORPORANDO CENIZAS VOLANTES Y PLÁSTICO PET PARA DISMINUIR EL ENVEJECIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL PROYECTO DE HABILITACIÓN URBANA SAN CAMILO, ICA”

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet 6%

2 hdl.handle.net Fuente de Internet 5%

3 repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet 1%

4 repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet 1%

5 Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante 1%

6 Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante 1%

7 repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet 1%

repositorio.upao.edu.pe



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA PEN60-70 INCORPORANDO
CENIZAS VOLANTES Y PLÁSTICO PET PARA DISMINUIR EL
ENVEJECIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL PROYECTO DE
HABILITACIÓN URBANA SAN CAMILO, ICA**

Línea de investigación:

Seguridad vial e Infraestructura del Transporte

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Zamudio Espiritu, Diego Martin

Asesor:

Arevalo Vidal, Augusto Samir

(ORCID: 0000-0002-6559-0334)

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Romero Rios, David

Tabory Malpartida, Gustavo Augusto

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Con inmensa gratitud esta tesis
va dedicado a mis padres Rafael
y Felipa, por brindarme
su amor y confianza.

A mis padrinos Héctor y Lucy
por todo su apoyo
incondicional y guía.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía y fortaleza a lo largo de este camino.

A mis padres y padrinos por su apoyo inquebrantable durante todo este tiempo.

A mi hermano por su comprensión y paciencia.

Al Ing. Juan Sánchez Guando, por su apoyo y recomendaciones brindadas en esta investigación.

A mis amigos Pierre y Renzo, quienes me apoyaron con datos e información relevante para el desarrollo de la presente investigación.

Al Mg. Samir Arevalo Vidal por su apoyo en la asesoría de la presente investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
I. Introducción.....	13
1.1.Descripción y formulación del problema	15
<i>1.1.1 Realidad problemática</i>	15
<i>1.1.2 Formulación del problema</i>	17
1.2.Antecedentes.....	17
<i>1.2.1 Antecedentes nacionales</i>	18
<i>1.2.2 Antecedentes internacionales</i>	20
1.3.Objetivos.....	22
<i>1.3.1.Objetivo general</i>	22
<i>1.3.2.Objetivos específicos</i>	22
1.4.Justificación	23
<i>1.4.1.Justificación Teórica</i>	23
<i>1.4.2.Justificación Práctica</i>	23
<i>1.4.3.Justificación social</i>	23
<i>1.4.4.Justificación económica</i>	23
1.5.Limitaciones de la investigación	23
1.6.Hipótesis	25

1.6.1.Hipótesis General	25
1.6.2.Hipótesis Específicas	25
II. Marco teórico	26
2.1.Mezcla asfáltica PEN 60-70	26
2.1.1.Características.....	27
2.1.2.Propiedades.....	27
2.2.Pavimento flexible.....	28
2.2.1.Envejecimiento del pavimento	28
2.2.2.Propiedades.....	29
2.3.Ceniza volante	30
2.3.1.Características.....	31
2.3.2.Propiedades.....	32
2.4.Plástico PET	33
III. Método.....	36
3.1 Tipo de investigación.....	36
3.2 Ámbito temporal y espacial.....	36
3.2.1.Espacial	36
3.2.2.Temporal.....	37
3.3 Variables.....	37
3.2.3.Variable independiente	37
3.2.4.Variable dependiente	37
3.4 Población y muestra.....	38
3.4.1Población.....	38
3.4.2Muestra	38
3.4.3Unidad de análisis	40
3.5 Instrumentos	40
3.5.1Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos	40

3.5.2 Instrumentos de ingeniería	41
3.5.3 Validación de los instrumentos.....	41
3.6 Procedimientos	42
3.7 Análisis de datos.....	46
IV. Resultados	47
4.1 Ensayos de calidad de agregados.....	47
4.2 Diseños de mezclas asfálticas en caliente con el método Marshall (ASTM D-6927).....	63
4.3 Relación Estabilidad-Flujo	75
4.4 Estabilidad	76
4.5 Estimación de costo de la incorporación más óptima	78
4.5.1 Evaluación económica.....	78
4.5.2 Análisis de costos	81
4.5.3 Análisis Comparativo	83
V. Discusión de resultados	84
VI. Conclusiones	88
VII. Recomendaciones	91
VIII. Referencias	92
IX. Anexos.....	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Ensayos empleados en la investigación</i>	24
Tabla 2 <i>Propiedades de la mezcla asfáltica convencional PEN 60-70</i>	28
Tabla 3 <i>Composición mineral de la ceniza volante.</i>	31
Tabla 4 <i>Aplicaciones de las cenizas volantes.</i>	32
Tabla 5 <i>Propiedades de las cenizas volantes.</i>	32
Tabla 6 <i>Propiedades del plástico PET</i>	35
Tabla 7 <i>Operacionalización de variables</i>	37
Tabla 8 <i>Muestra</i>	38
Tabla 9 <i>Técnica e instrumento de recolección de datos</i>	41
Tabla 10 <i>Guía de observación</i>	41
Tabla 11 <i>Validación de expertos</i>	42
Tabla 12 <i>Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales: Piedra chancada</i>	47
Tabla 13 <i>Resultados obtenidos de granulometría de Arena chancada</i>	49
Tabla 14 <i>Resultados obtenidos de granulometría del material Arena natural</i>	50
Tabla 15 <i>Resultados obtenidos granulometría de la combinación de materiales: Arena natural (33%) más Arena chancada (27%)</i>	51
Tabla 16 <i>Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de la combinación de materiales: Piedra chancada (40%), Arena natural más Arena chancada (60%)</i>	53
Tabla 17 <i>Resultados obtenidos del ensayo de Abrasión Los Angeles de acuerdo al MTC E 207-2016 para agregados gruesos.</i>	55
Tabla 18 <i>Resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción para agregados gruesos. MTC E 206 -2016</i>	55
Tabla 19 <i>Resultados obtenidos del ensayo para partículas chatas y alargadas en agregados</i>	

<i>gruesos. MTC E 223 -2016</i>	56
Tabla 20 <i>Resultados obtenidos del ensayo para determinar las partículas fracturadas en agregados gruesos. MTC E 210 -2016</i>	56
Tabla 21 <i>Resultados obtenidos del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio en agregados gruesos. MTC E 209 -2016.</i>	57
Tabla 22 <i>Resultados obtenidos del ensayo de equivalente de arena en agregados finos. MTC E 209 -2016</i>	57
Tabla 23 <i>Resultados obtenidos del ensayo de gravedad específica y absorción en agregados finos. MTC E 205 -2016</i>	58
Tabla 24 <i>Resultados obtenidos del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio en agregados finos. MTC E 209 -2016</i>	58
Tabla 25 <i>Resultados obtenidos del ensayo estándar para el índice de durabilidad del agregado fino. MTC E 214 -2016</i>	59
Tabla 26 <i>Resultados obtenidos del ensayo de angularidad del agregado fino. MTC E 222 - 2016</i>	59
Tabla 27 <i>Resumen de resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales</i>	59
Tabla 28 <i>Resultados obtenidos de granulometría del PET</i>	61
Tabla 29 <i>Resultados obtenidos de granulometría de Cenizas volantes</i>	62
Tabla 30 <i>Diseño de mezcla asfáltica convencional a través del Método Marshall (ASTM D-6927).</i>	63
Tabla 31 <i>Resumen del optimo contenido de asfalto en la mezcla a través del Método Marshall (ASTM D-6927).</i>	65
Tabla 32 <i>Diseño de mezcla asfáltica con Polietileno de Tereftalato (PET). (0.25%, 0.30% y 0.35%).</i>	66

Tabla 33 <i>Diseño de mezcla asfáltica con Cenizas volantes (1.0%, 1.5% y 2.0%)</i>	68
Tabla 34 <i>Diseño de mezcla asfáltica con Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%) y Cenizas volantes (2.0%)</i>	70
Tabla 35 <i>Características de las Mezclas asfálticas para obtener un nuevo optimo porcentaje de asfalto.</i>	71
Tabla 36 <i>Requisitos para las Mezclas asfálticas en caliente</i>	71
Tabla 37 <i>Mezcla asfáltica con incorporación Cenizas volantes (2.0%) y Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%).</i>	73
Tabla 38 <i>Resumen de Resultados (Estabilidad/Flujo)</i>	74
Tabla 39 <i>Resumen de Resultados (Estabilidad)</i>	76
Tabla 40 <i>Resumen de Resultados</i>	77
Tabla 41 <i>Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica convencional PEN60/70.</i>	78
Tabla 42 <i>Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con PET 0.25%.</i>	79
Tabla 43 <i>Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con Cenizas volantes al 2.00%.</i>	80
Tabla 44 <i>Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con PET 0.25% y Cenizas volantes 2.00%.</i>	81
Tabla 45 <i>Metrado de las calles de la Urb. San Camilo-Parcona-Ica.</i>	81
Tabla 46 <i>Presupuesto estimado de las 4 mezclas asfálticas ensayas.</i>	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mezcla asfáltica PEN 60-70.</i>	27
Figura 2 <i>Partículas PET.</i>	33
Figura 3 <i>Ubicación del proyecto.</i>	36
Figura 4 <i>Procedimiento de la investigación</i>	46
Figura 5 <i>Curva Granulométrica de Piedra chancada</i>	48
Figura 6 <i>Curva Granulométrica de Arena chancada.</i>	49
Figura 7 <i>Curva Granulométrica de Arena natural</i>	51
Figura 8 <i>Curva granulométrica de la combinación de los agregados finos: Arena natural (33%) y Arena chancada (27%).</i>	52
Figura 9 <i>Curva granulométrica de la combinación de los agregados: Piedra chancada (40%), Arena natural más Arena chancada (60%).</i>	54
Figura 10 <i>Curva granulométrica del Tereftalato de Polietileno (PET) triturado.</i>	61
Figura 11 <i>Gráficos para determinar el óptimo contenido de asfalto en el diseño de mezcla convencional</i>	64
Figura 12 <i>Análisis de resultados de Estabilidad, Flujo y Porcentaje de vacíos</i>	67
Figura 13 <i>Análisis de resultados de Estabilidad, Flujo y Porcentaje de vacíos</i>	69
Figura 14 <i>Gráficos de resultados de ensayo tentativo de mezcla asfáltica en caliente con el método Marshall: Cenizas Volantes (2.0%) más Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%)..</i>	72

RESUMEN

En esta investigación, denominada “Evaluación de Mezcla Asfáltica PEN 60/70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del pavimento flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica” tuvo como objetivo general, evaluar la mezcla asfáltica PEN 60/70 con incorporación de cenizas volantes (CV) y polietileno de tereftalato (PET) para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica. Esta investigación fue de tipo aplicativo con un enfoque cuantitativo, se clasificó como un diseño cuasi experimental porque se manipuló la variable independiente para calcular la variable dependiente; cuando se realizó el ensayo Marshall se logró obtener las propiedades del asfalto como el Porcentaje de Vacíos, Estabilidad, Flujo, Porcentaje de vacíos llenados por el asfalto y la relación de Estabilidad/Flujo. Su población fue constituida por todo el pavimento flexible perteneciente a la segunda etapa del Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo-Ica, donde se obtuvo la muestra de un total de 42 briquetas, donde se empleó la técnica de la observación, instrumentos guía de observación y ensayos de laboratorio. Se obtuvo una óptima mezcla asfáltica (patrón-conventional) en caliente a una temperatura máxima de 145°C, tipo asfáltico sólido y de clasificación PEN 60/70. La combinación óptima de 2.00% de cenizas volantes (CV) con 0.25% de polietileno de tereftalato (PET) aumento la relación Estabilidad/Flujo con respecto al convencional en 4.77%. Con este diseño combinando ambos materiales se logra disminuir significativamente el envejecimiento del pavimento flexible en la Habilitación Urbana San Camilo. Finalmente, se recomendó utilizar ambos materiales además de implementar industrias en diferentes puntos del país, para el triturado de plásticos reciclados con el fin de utilizarse en mezclas asfálticas con estándares de calidad y así obtener una mejor relación Estabilidad / Flujo de mezclas asfálticas al añadir plásticos de polietileno de tereftalato (PET).

Palabras clave: Cenizas Volantes, Polietileno de Tereftalato, Método Marshall

ABSTRACT

In this investigation, denominated "EVALUATION OF THE 60/70 ASPHALT MIX INCORPORATING FLY ASH AND PET PLASTIC TO REDUCE THE AGING OF THE FLEXIBLE PAVEMENT IN THE SAN CAMILO URBAN REHABILITATION PROJECT, ICA" had as general objective, Evaluate the 60/70 asphalt mixture with Incorporation of Fly Ash (CV) and Polyethylene Terephthalate (PET) to reduce the aging of flexible pavement in the San Camilo urban development project, Ica. This research was of an applicative type with a quantitative approach, it was classified as a quasi-experimental design because the independent variable was manipulated to calculate the dependent variable; when the Marshall test was carried out, asphalt properties such as the Percentage of Voids, Stability, Flow, Percentage of voids filled by the asphalt and the Stability/Flow ratio were obtained. Its population was constituted by all the flexible pavement belonging to the second stage of the San Camilo-Ica Urban Rehabilitation Project, where a total of 42 briquettes were sampled, using the observation technique, observation guide instruments and laboratory tests. An optimum hot asphalt mixture (standard-conventional) was obtained at a maximum temperature of 145°C, solid asphalt type and PEN 60/70 classification. The optimum combination of 2.00% fly ash (CV) with 0.25% polyethylene terephthalate (PET) increased the Stability/Flow ratio with respect to the conventional one by 4.77%. With this design, combining both materials, the aging of the flexible pavement in the San Camilo Urban Rehabilitation Project was significantly reduced. Finally, it was recommended to use both materials in addition to implementing industries in different parts of the country, for the crushing of recycled plastics to be used in asphalt mixtures with quality standards and thus obtain a better Stability/Flow ratio of asphalt mixtures by adding polyethylene terephthalate (PET) plastics.

Keywords: Fly ash, Terephthalate polyethylene, Marshall method

I. Introducción

El uso del asfalto en el proceso constructivo en un pavimento flexible es probablemente el tipo más común de construcción en todo el país y en el mundo, debido a su durabilidad, impermeabilización estructural, comodidad en la rodadura. Todo esto está sujeto a muchos mecanismos de degradación como el envejecimiento, deformación y agrietamiento.

Hoy en día los problemas en las carreteras, vías de tránsito son muy recurrentes debido al deterioro de la calidad del asfalto, esto es también conocido como la vida útil de un pavimento flexible. Puede ser por factores externos o internos, la carpeta asfáltica puede verse delicada por reducciones en las denominadas propiedades físicas y mecánicas que como efecto provocan malestar e incomodidad para los usuarios e indicaciones directas en cualquier momento en una vía determinada.

La superficie de una carretera en las ciudades es una infraestructura muy utilizada por la comunidad para el crecimiento de la actividad económica, social y cultural. Es por eso que su estado de conservación refleja fielmente el nivel de crecimiento al llegar a una ciudad. Se sabe que, para un proyecto de carreteras, debe considerarse desde un estudio de viabilidad, diseño geométrico, una buena logística, hasta la ubicación de la estructura del pavimento, medidas de recuperación y medidas de mitigación ambiental.

En concordancia con el Manual de Carreteras (EG-2013) para diseñar mezclas asfálticas en caliente, los agregados finos y gruesos deben ser seleccionados según la gradación de material de acuerdo al diseño de cada proyecto (vías de tránsito ligera, media o pesado). Se menciona el uso de cenizas volantes para mejorar la cohesión entre los productos bituminosos y los agregados pétreos. Sin embargo, en el Manual de Carreteras (EG-2013) ni en normas peruanas se mencionan parámetros que deben cumplir la adición

de plástico reciclado y cenizas volantes para la mejora del flujo y estabilidad en mezclas asfálticas.

La optimización de estos recursos (cenizas volantes y plástico) así como muchos otros agregados, los cuales son productos naturales y fácilmente disponibles para el desarrollo de la investigación, son un problema ambiental por su descomposición o propiedades tóxicas. De acuerdo a investigaciones anteriores, estos elementos tienen un impacto significativo en los recubrimientos flexibles, ya que su composición ralentiza las propiedades de envejecimiento. La razón por la que mencionamos esto es porque se busca evaluar el desempeño de una mezcla de asfalto 60/70 con ceniza volante y polietileno de tereftalato (PET) como una alternativa anti envejecimiento. El objetivo es desarrollar superficies viales flexibles de calidad y más duraderas en la provincia de Ica.

1.1.Descripción y formulación del problema

1.1.1 Realidad problemática

A nivel mundial hay una demanda cada vez mayor de recursos naturales agotados ,es uno de los retos importantes que afronta la industria global de pavimentos asfálticos en la construcción y rehabilitación de pavimentos asfálticos globales. Debido a que los plásticos son omnipresentes en la economía global, son los últimos de una serie de materiales de alto perfil para llamar la atención (Arkin et al., 2019).

Sus bajas tasas de recuperación de material y el impacto ambiental de los métodos de eliminación actuales representan una amenaza para el reciclaje de plástico. El reciclaje de desechos plásticos en el pavimento asfáltico es un enfoque posible para reducir la contaminación ambiental y la demanda de recursos naturales agotados. Muchos estudios han propuesto el reciclaje de desechos plásticos en el pavimento asfáltico utilizando tecnologías de procesamiento seco y húmedo (You et al., 2022)

El plástico PET es uno de los materiales residuales con mayor introducción en Latinoamérica, debido al reciclaje informal y a las pequeñas industrias se recicla el 25% de su totalidad, por lo que se busca encontrar de qué manera este se puede reutilizar y una posibilidad es la incorporar este tipo de plástico en el diseño de mezcla de las carreteras, la India es uno de los pioneros en la reutilización de plástico, con más de 20,000 km de pavimento con adición de plástico PET (Rodríguez, 2018). Un vertido de cenizas de carbón en Kingston, Tennessee EE. UU en diciembre de 2008, provocó que más de mil millones de galones de lodo de cenizas de carbón dañaran las viviendas y desembocaron en los afluentes del río Tennessee, puso de manifiesto los peligros para el medio ambiente y la salud humana la eliminación no controlada de las cenizas de carbón. (Agencia de Protección Ambiental [EPA],2010).

En nuestro territorio, no es extraño a esta realidad, según información brindada por el

Ministerio de Ambiente (2021), a nivel nacional cada ciudadano consume o desecha 30 kg de plástico; solamente en la ciudad del Callao y Lima se desecha el 46.00% de la totalidad de residuos plásticos existentes en el país, por lo que, es un riesgo ambiental, ya que el tiempo de descomposición o degradación de los plásticos varía entre 400 años a 1000 años.

En el Perú radica un problema importante en la cantidad y calidad de las construcciones de infraestructura vial, debido a que la gran cantidad de las vías no reúnen los requerimientos y/o requisitos necesarios para la capacidad vehicular necesaria, y porque el PET tiene un alto potencial de reciclaje debido a su amplia demanda comercial haciendo factible la constante innovación en la reutilización, así como su aplicación en el desarrollo de obras civiles en su proceso constructivo. Como resultado, el PET reciclado tiene una posibilidad significativa en el cumplimiento o sustitución en relación a la función de cualquier agregado, como medida de solución en una mejora en términos de resistencia (Rodriguez et al., 2017). En la Central Térmica de Ilo21 se produce electricidad utilizando carbón y cuyo residuo es la ceniza volante, material contaminante para el medio ambiente, estas se almacenan al aire libre en depósitos, lo cual representa un grave riesgo ambiental debido a su potencial contaminante al entrar en contacto con el agua, el suelo y el aire. Esto puede tener consecuencias negativas para la salud y las actividades de los seres vivos. (Cifuentes y Ferrer, 2006).

A nivel local, el sector construcción es uno de los que influye negativamente en nuestro entorno; por lo que, es necesario la búsqueda de nuevas formas, enfoques o tecnologías para la disminución del impacto negativo, con los materiales abandonados como en la extracción de agregados inadecuados (Infante y Valderrama, 2019). El rubro de la construcción de Lima genera proporciones importantes de basura plástica, representando el 13,79% del total de residuos plásticos, lo que la convierte en un agente particularmente riesgoso en la contaminación ambiental (Rojales y Centurion, 2018). Empresas en la industria de papel y cartón aún utilizan carbón mineral para sus procesos industriales, eliminando al aire libre

partículas de cenizas volantes, que provoca la contaminación ambiental en puntos de la capital, por falta de concientización lo pueden almacenar para ser reutilizados en el rubro de la construcción como agregados con cemento, concreto y asfalto. (Altamirano,2019)

Por tal motivo esté presente proyecto de estudio plantea evaluar la influencia de la incorporación del plástico reciclado PET y Cenizas Volantes, para luego establecer cuánto disminuye o aumenta las propiedades de un pavimento flexible, y como interviene en el envejecimiento de este.

1.1.2 Formulación del problema

- Problema general:

¿Cómo influye en la mezcla asfáltica PEN 60-70 la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?

- Problemas específicos:

1. ¿De qué manera influye la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?
2. ¿En qué medida la incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejoran la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?
3. ¿Cuál es el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 de la incorporación más óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?

1.2.Antecedentes

1.2.1 Antecedentes nacionales

Altamirano (2020), en su tesis denominado “Evaluación de la mezcla asfáltica 60/70 añadiendo Cenizas Volantes y plástico PET para mejorar el envejecimiento del pavimento flexible, SMP–2019” tuvo por propósito realizar el estudio de añadir cenizas volantes y plástico PET respecto a la optimización del envejecimiento del pavimento flexible. Empleó por metodología de diseño cuasiexperimental, de tipo aplicado y nivel correlacional. Logró por resultados que al emplear cenizas volantes con adición de 0.60%, 0.78% y 0.92% tuvo valores de estabilidad de 1509.50 kg, 1515.960 kg y 1528.7 kg, flujo de 17.440", 17.600" y 15.980", estabilidad-flujo de 348.14 kg/mm, 380.96 kg/mm y 382.64 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 3.91%, 3.60% y 3.30% respectivamente; además al emplear PET con adición de 0.25%, 0.45% y 0.55% tuvo valores de estabilidad de 1093.630 kg, 971.250 kg y 955.920 kg, flujo de 13.0750", 13.388" y 13.563", estabilidad-flujo de 299.825 kg/mm, 290.3625 kg/mm y 319.2875 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 3.22 %, 3.45% y 3.64% respectivamente. Concluyó que la dosificación óptima de ceniza volante fue de 0.92% y PET de 0.55% al cumplir con lo estipulado en el Manual de Carreteras EG-2013, asimismo llegó a disminuirse el envejecimiento del pavimento.

Corbacho (2019), en su tesis denominado “Análisis de la estabilidad Marshall y la alteración permanente mediante ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de mezcla asfáltica modificada en caliente con fibras de Tereftalato de polietileno reciclado en la ciudad del Cusco,2018” tuvo por finalidad realizar un estudio de estabilidad Marshall y la deformación constante de la mezcla asfáltica 60/70 al sustituir parcialmente del A. fino por fibras PET. Empleó por metodología de diseño cuasiexperimental, de tipo aplicado y nivel correlacional. Logró por resultados que al emplear fibras PET con adición de 0.20%, 0.40%, 0.50%, 0.60%, 0.80%, 1%, 1.20%, 1.50%, 1.70%, 2% y 4% tuvo valores de estabilidad de 1016.30 kg, 933.30 kg, 899.10 kg, 891.30 kg, 915.50 kg, 870.20 kg, 856.30 kg, 826 kg, 722.30 kg, 670.30 kg y

613.50 kg, flujo de 13", 13.30", 13.70", 14", 14.30", 14.30", 14.70", 15", 15.70", 16" y 19.30", estabilidad-flujo de 307.8 kg/mm, 275.9 kg/mm, 259.3 kg/mm, 250.6 kg/mm, 251.7 kg/mm, 239.3 kg/mm, 507.3 kg/mm, 216.8 kg/mm, 181.7 kg/mm, 165.4 kg/mm y 125.4 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 3.17%, 3.36%, 3.59%, 3.70%, 3.89%, 4.66%, 4.85%, 5.13%, 4.96%, 4.74% y 4.15% respectivamente. Concluyó que la añadir fibras PET en 1.20% tuvo exitosos resultados y ayudó a reducir el envejecimiento de la mezcla de asfalto.

Tejada (2022), en su proyecto de tesis denominado "Diseño de mezcla asfáltica ecológica empleando PET reciclado y caucho molido" tuvo por propósito hacer el diseño de mezcla asfáltica 60-70 empleando PET reciclado y caucho molido. Empleó por metodología experimental de tipo aplicado. Logró por resultados que al emplear PET con adición de 1.00%, 1.50%, 2.00% y 2.50% tuvo valores de estabilidad de 1117.61 kg, 699.53 kg, 868.8 kg y 663.84 kg, flujo de 16.00 mm, 32.00 mm, 30.330 mm y 25.500 mm, estabilidad-flujo de 179.4 kg/mm, 55.590 kg/mm, 73.077 kg/mm y 66.449 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 5%, 18.240%, 14.430%, y 21.570% respectivamente. Concluyó que la dosificación de PET más óptima fue del 1.0% al cumplir con los establecido en la norma.

Peña (2019), en su tesis denominada "Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente añadiendo cenizas volantes procedente de la termoeléctrica de Ilo" tuvo por propósito conocer la dosificación de ceniza volante óptima para aumentar el desempeño de Mezcla Asfáltica en Caliente. Empleó por metodología de diseño cuasiexperimental, de tipo aplicado y enfoque cuantitativo. Logró por resultados que al emplear ceniza volante con adición de 0.250%, 0.350%, 0.500%, 0.750%, 0.850% y 1% tuvo valores de estabilidad de 1202.20 kg, 1391.80 kg, 1495.310 kg, 1530.90 kg, 1481.10 kg y 15383.90 kg, flujo de 3.80 mm, 4.30 mm, 4.60 mm, 4 mm, 3.930 mm y 4.070 mm, estabilidad-flujo de 316.4 kg/mm, 323.7 kg/mm, 325.1 kg/mm, 382.7 kg/mm, 376.9 kg/mm y 389.2 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 4%, 3.9%, 3.8%, 3.5%, 3.3%, y 3.013% respectivamente. Concluyó que es recomendable el uso por

debajo del 0.750% de ceniza volante para disminuir el envejecimiento del pavimento.

Chochabot (2020), en su tesis denominada “Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada añadiendo residuos PET, Lomas de Carabayllo, Lima ,2020” tuvo como propósito efectuar un pavimento flexible diseñado adecuado para la optimización de la carpeta asfáltica al incorporar PET. Empleó por metodología de diseño cuasiexperimental, de tipo aplicado y enfoque cuantitativo. Logró por resultados que al emplear PET con adición de 1.0%, 3.0%, 5.0% y 7.0% tuvo valores de estabilidad de 1208.00 kg, 1092.00 kg, 1064.00 kg y 1101.00 kg, flujo de 4.180 mm, 4.190 mm, 4.590 mm y 5.010 mm, estabilidad-flujo de 289.9 kg/mm, 248.5 kg/mm, 225.8 kg/mm y 218.7 kg/mm, así como porcentaje de vacío de 1.980%, 6.280%, 10.930%, y 12.010% respectivamente. Concluyó que es recomendable el uso de 1.0% de PET debido a que se tuvieron óptimos valores de estabilidad y menor vacíos de porcentaje a fin de disminuir el envejecimiento del pavimento.

1.2.2 Antecedentes internacionales

Abo y Ragab (2019) en su artículo denominado “Benefits of utilization the recycle polyethylene terephthalate waste plastic materials as a modifier to asphalt mixtures” tuvieron por finalidad investigar el producto del uso de materiales plásticos en la mejora del rendimiento y las propiedades de ligante del asfalto de 60-70. Por medio de las pruebas de laboratorio tuvieron lograron por resultados que al emplear PET con adición de 10%, 11%, 12%, 13% y 14% tuvo valores de estabilidad de 1456.032 kg, 1562.626 kg, 1622.953 kg, 1539.946 kg y 1358.509 kg, flujo de 10.10", 9.30", 8.70", 9.20" y 9.80", además porcentajes de vacíos de 5.10% para las 5 muestras. Concluyeron que incorporar 12% de materiales plásticos por peso de ligante asfáltico como rectificador lograron aumentar la vida necesaria de pavimento en 2.81 veces y ahorraron en torno 20 % del grosor de la carpeta de asfalto.

Syammaun et al. (2020) en su artículo denominado “Effect of coconut-shell ash as filler and plastic bottle as substitution of porous asphalt mixture” tuvieron por finalidad conocer la

influencia de utilizar residuos de PET en mezcla de asfalto porosas 60-70. Realizaron los ensayos correspondientes en las mezclas asfálticas donde por resultados lograron al hacer uso de dosificaciones de 2, 4 y 6 estabilidad de 198.84 kg, 195.79 kg y 224.34 kg y flujo de 5.7 mm, 5.8 mm y 4.8 mm. Concluyeron que la dosificación del 6% de PET influyó de manera irrelevante al aumentar la estabilidad de la mezcla de asfalto en 224.34 kg.

Saeed y Saeed (2020) en su artículo denominado “Mechanical Properties of Polyethylene Terephthalate-Modified Pavement Mixture” tuvieron por objetivo evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla de asfalto modificada con PET. Emplearon las pruebas correspondientes donde por resultados lograron que al hacer uso de PET con adición de 2.50%, 5.00%, 7.50% y 10% tuvo valores de estabilidad de 1376.62 kg, 1442.9 kg, 1488.79 kg y 1325.63 kg, flujo de 3.80 mm, 3.30 mm, 3 mm y 3.50 mm, porcentaje de vacíos de 4.45%, 4.10%, 3.70% y 3.35%, además estabilidad-flujo de 367.1 kg/mm, 433.38 kg/mm, 489.46 kg/mm y 382.39 kg/mm. Concluyeron que al incorporar 7.50 % del ligante asfáltico por PET elevación de la estabilidad de la mezcla en un 10% y reduce el porcentaje de vacíos en aproximadamente un 26%

Movilla et al. (2019), en su artículo denominado “Effects of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) on Stiffness of Hot Asphalt Mixtures” tuvieron por propósito determinar el efecto de incorporar partículas gruesas de PET en mezclas asfálticas caliente. Trabajaron por medio de la prueba de estabilidad donde por resultados logró que al incorporar PET en 6%, 10%, 14%, 18% y 22% tuvo una estabilidad de 1529.57 kg, 1733.52 kg, 1988.45 kg, 1835.49 kg y 1580.56 kg, flujo de 2.85 mm, 3.75 mm, 3.35 mm, 4.20 mm y 4.25 mm, así como porcentaje de vacíos de 4.80%, 5.25%, 5.80%, 5.50% y 6%. Concluyeron que la dosificación más óptima fue del 6% al cumplir con la norma establecida en las tres pruebas que realizó.

Paul et al. (2021), en su artículo denominado “Utilization of fly ash and glass powder as fillers in steel slag asphalt mixtures” tuvieron por finalidad utilizar Cenizas Volantes y Polvo

de Vidrio sobre el desarrollo de las mezclas asfálticas para carreteras. Trabajaron mediante las pruebas de estabilidad y flujo. Lograron por resultados que al emplear ceniza volante en proporciones de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% tuvieron por estabilidad 1521.42 kg, 1615.23 kg, 1845.69 kg, 1759.01 kg y 1571.38 kg, flujo de 2.77 mm, 2.95 mm, 2.55 mm, 3.14 mm y 3.88 mm, con porcentajes de vacíos de 16.04%, 15.79%, 15.35%, 15.7% y 17.26%, por otro lado, al emplear vidrio molido en proporciones de 1%, 2%, 3% y 4% tuvieron por estabilidad 1409.25 kg, 1474.51 kg, 1532.63 kg y 1444.94 kg, flujo de 2.9 mm, 2.8 mm, 2.65 mm y 2.55 mm, con porcentaje vacíos de 16.25%, 16.33%, 16.84% y 17.18%. Concluyeron que la dosificación más óptima de ceniza volantes fue de entre 2% y 4%, además el porcentaje de vidrio molido óptimo fue de 1% y 2%.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la mezcla asfáltica PEN 60-70 con incorporación de cenizas volantes y plástico PET para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.
- Incorporar cenizas volantes y plástico PET para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.
- Determinar el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 de la incorporación más óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

Tomado un punto de vista teórico, esta investigación sirve como guía y punto de partida para futuros estudios o investigaciones que tienen por finalidad reducir el envejecimiento del pavimento flexible, buscando posibles soluciones a la problemática descrita anteriormente.

1.4.2. Justificación Práctica

Tomando la perspectiva de vista práctico, esta tesis se ve justificada debido a que busca dar solución al problema de deterioro que están presentando los pavimentos flexibles, a través de la incorporación de materiales que perjudican el medio ambiente, pero a la vez podrían reutilizarse como son las cenizas volantes y plástico PET en el pavimento de la habilitación urbana San Camilo.

1.4.3. Justificación social

Tomando el punto de vista social, la investigación está enfocada a los habitantes de la habilitación urbana San Camilo con el propósito de brindarles una adecuada infraestructura en sus vías de acceso, garantizando un tiempo de vida duradero.

1.4.4. Justificación económica

Tomando un punto de vista económico, esta investigación se plantea porque va evitar pérdidas económicas ya que cualquier tipo de problemática en una zona de fluencia constante de usuarios que necesita una mejora estructural, peatones y conductores genera aspectos negativos. Una adecuada transitabilidad de la red vial implica la ejecución de inversiones estrictamente necesarias con las tecnologías y costos adecuados lo cual genera ingresos y no pérdidas.

1.5. Limitaciones de la investigación

Los posibles obstáculos para desarrollar este trabajo de investigación son las siguientes:

- No se cuenta con mucha información o antecedentes relacionados al tema de investigación
- Escasos antecedentes relacionados con añadir cenizas volantes y PET, añadidos al mismo tiempo en el diseño de mezcla de asfalto.
- En la **Tabla 1** se indican los ensayos que se realizarán en la presente investigación para demostrar que el diseño de mezclas asfálticas está cumpliendo con los parámetros exigidos en el Manual de Carreteras (EG-2013).

Tabla 1

Ensayos empleados en la investigación

	Ensayo	Normatividad	
Agregado grueso (piedra chancada)	Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	ASTM C 88
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	ASTM C 535
	Adherencia	MTC E 517	AASHTO T - 182
	Índice de Durabilidad	MTC E 214	
	Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	ASTM 4791
	Caras fracturadas	MTC E 210	ASTM D 5821
	Gravedad específica y absorción del agregado grueso	MTC E 206	ASTM C 535
Agregado fino (arena chancada, arena natural)	Equivalente de Arena	MTC E 114	ASTM D 2419
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	AASHTO T - 304
	Índice de Plasticidad (malla N. ^a 40)	MTC E 111	ASTM D 4318
	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C 88
	Índice de Durabilidad	MTC E 214	
	Índice de Plasticidad (malla N. ^a 200)	MTC E 111	ASTM D 4318
	Gravedad específica y absorción del agregado fino	MTC E 205	ASTM C 128
Diseño de mezcla asfáltica	Ensayo Método Marshall	MTC E 504	ASTM D-6927

Nota. Elaboración propia.

1.6.Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

La incorporación de cenizas volantes y plástico PET a la mezcla asfáltica PEN 60/70 provoca una disminución en el envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- La incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejora la rigidez de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.
- La incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.
- La incorporación de PET y cenizas volantes genera un ligero aumento en el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.

II. Marco teórico

2.1. Mezcla asfáltica PEN 60-70

El asfalto es un componente aglomerante con propiedades de sólido a semisólido a temperatura ambiente (20-30°C) que se vuelve blando si se calienta, en otros términos, termoplástico, además el asfalto puede funcionar como aglutinante y relleno de cavidades entre materiales agregados, asimismo cada molécula del asfalto es estable a 25°C, llegan a ablandarse de entre 25 a 60 °C y a congelarse por debajo de los 25 °C, dentro de este tipo de material podemos encontrar al asfalto con grado de penetración de 60-70 (Setiawan, 2019).

La mezcla asfáltica convencional PEN 60-70 llega a ser adecuada para la construcción de carreteras y para pavimentos asfálticos con propiedades superiores, puesto a que este tipo de mezcla se utiliza en la fabricación de mezcla de asfalto en caliente para bases y capas de rodadura y el uso principal de este producto se utiliza en carreteras en regiones templadas (Asfiati et al., 2022).

El grado de penetración de una mezcla de asfalto PEN 60-70 significa que el valor de penetración está dentro de ese rango, con grado de penetración estándar que se usa comúnmente como grado de pavimentación, aplicable para la producción de asfalto en caliente para bases y pavimentos a fin de realizar la construcción de carreteras (Masri et al., 2019).

Figura 1

Mezcla asfáltica PEN 60-70.



Nota. Tomado de Primo SAC (2022).

2.1.1. Características

Las mezclas asfálticas PEN 60-70 llegan a caracterizarse por estar diseñadas para vías de alto tráfico debido a la fuerza adicional que brinda una vez que logra mezclarse con los agregados, además este tipo de mezclas secan de manera rápida permitiendo que las cada una de las carreteras a construirse se terminen rápidamente y se abra paso al público de manera inmediata (Cui et al., 2022).

Por otro lado, llega a caracterizarse por tener una alta ductilidad, mejorando de manera directa la vida útil de las carreteras, asimismo posee una óptima trabajabilidad eliminando de manera directa el empleo de aditivos, además es adecuado para una carretera con grandes volúmenes de tráfico, es apto para las construcciones de carreteras o para reparar pavimentos asfálticos que tengan de por sí propiedades superiores (Tumpu et al., 2020).

2.1.2. Propiedades

La mezcla asfáltica convencional PEN 60-70 tendrá que tener por requerimiento de ductilidad mínima de 100 cm (Syammaun et al., 2020).

Por otro lado, en la siguiente tabla llega a apreciarse las demás propiedades de importancia sobre las mezclas asfálticas convencionales PEN 60-70 según AASHTO.

Tabla 2

Propiedades de la mezcla asfáltica convencional PEN 60-70

N°	Prueba	Designación según AASHTO	Límites de especificaciones para mezcla asfáltica PEN 60-70
01	Viscosidad absoluta, Poises	T-201	≥ 4000
02	Viscosidad cinemática (a 135 °C) - St	T-201	≥ 320
03	Punto de inflación (°C)	T-48	≥ 250
04	Punto de reblandecimiento (°C)	T-53	45 – 55
05	Penetración (a 25°C) – 0.10 mm	T-49	60 – 70

Nota. Tomado de Abo y Ragab (2019).

2.2.Pavimento flexible

Los pavimentos de este tipo son los más empleados abarcando un 80% del total de superficies de las carreteras, estas estructuras llegan a requerir modelos probabilísticos debido a la existencia de una incierta naturaleza respecto a los parámetros que se toma en cuenta para los diseños, al tener en cuenta también las cargas del tráfico, cada propiedad de los materiales que la conforman, su estructura, cada condición de drenajes, compactaciones, factor del clima y el proceso para su respectiva construcción del mismo (Mary y Sivakumar, 2023)

2.2.1. Envejecimiento del pavimento

El deterioro de los pavimentos llega a ser producidos por diversos factores, como las cargas del tráfico, su construcción, los materiales que llegaron a emplearse, su envejecimiento y demás factores externos, afectando la condición y la longevidad del pavimento, siendo uno

de los principales problemas, la carga del tráfico, la cual crea dificultades para sostener la vida del pavimento (Bhandari et al., 2022).

Si bien no hay forma de controlar el envejecimiento de los pavimentos, se deben tomar posibles medidas, como el control de los límites de carga, el uso cuidadoso de los materiales y las nuevas técnicas de construcción, a fin de poder ayudar a preservar un pavimento existente, asimismo se hace mención que el asfalto de fibra puede aumentar el grado de mezcla del asfalto viejo y nuevo, mejorar la actividad y flexibilidad del asfalto envejecido (Xu et al., 2023).

2.2.2. Propiedades

2.2.2.1. Agrietamientos y Resistencia a la deformación

Un problema muy común en pavimentos flexibles es el agrietarse, las cuales son causadas por diversos factores como son las repeticiones de cargas de tránsito, las variaciones de temperatura o un mal proceso constructivo. Al agrietarse por las distintas cargas de tránsito, también está relacionado con variaciones que pueda sufrir una sección de pavimento en su posición inicial, la cual debe ser recuperable; a esto nos referimos a la resistencia a deformaciones.(Bhandari et al., 2022).

Estas dimensiones se pueden medir mediante la relación Estabilidad/Flujo en una mezcla asfáltica en caliente la cual se menciona a continuación:

2.2.2.1.1. Relación Estabilidad-Flujo

Una adecuada relación estabilidad y fluidez, permite la redistribución de esfuerzos, disminuye la posibilidad de falla por deformación, a su vez asegura que el pavimento pueda resistir cargas de tráfico y conservar su forma estructural. Esta propiedad es muy importante ya que está relacionado con la capacidad de la mezcla para resistir deformaciones y fluir convenientemente bajo condiciones de carga y tráfico. Es importante realizar el análisis del comportamiento del flujo del agua por infiltraciones a fin de diseñar el drenaje de las estructuras de los pavimentos, a causa de la filtración de agua de escorrentías que ocurren

frecuentemente en la capa de rodadura, teniendo por propósito impedir que con el transcurrir del tiempo la capa de rodadura llegue a deteriorarse (Ayasrah et al., 2023).

2.2.2.2. Vida útil y periodo de servicio

Tanto la vida útil como el periodo de servicio son los tiempos en el cual en el pavimento es posible su accesibilidad. El primero indica que tanto un pavimento permanece en uso sin reparaciones importantes, mayormente se mide en décadas, en el caso del periodo de servicio suele ser más corto que la vida útil, es posible que dependa de trabajos de mantenimiento o restauración para seguir el buen estado del pavimento.

Estos conceptos son medibles mediante la estabilidad en una mezcla asfáltica para un pavimento flexible, la cual se menciona a continuación:

2.2.2.2.1. Estabilidad

El paso de vehículos puede comprometer potencialmente la estabilidad de las capas de los pavimentos e incurrir en costos imprevistos para el público que viaja, la probabilidad del efecto desestabilizador del tráfico de sobrecarga es más pronunciada con la intrusión de humedad debido a la infiltración o la evapotranspiración, por ello la importancia de proteger la capa base de la intrusión de humedad para garantizar la estabilidad de las capas granulares (Hu et al., 2022).

2.3. Ceniza volante

Este tipo de partículas llegan a ser de composición fina en forma tipo esfera, compactada o hueco, con diámetros máximos de 75 μm y coloraciones negruzcas que llegan a variar de acuerdo a como estas están compuestas, llegan a conformarse químicamente por medio de óxido y de alúmina, calcio, sílice, y de hierro (Amoni et al., 2022).

Las cenizas volantes son una parte primordial de los residuos industriales asociados a los productos de la combustión del carbón, dado ello, pueden causar problemas graves como

problemas en la respiración, infestación del agua y del suelo, así como daños al ciclo ecológico (Ju et al., 2020).

Tabla 3

Composición mineral de la ceniza volante.

Composición mineral	Ceniza Volante (%)
Azufre	0.150
Potasio	0.370
Manganeso	0.250
Calcio	0.460
Aluminio	28.310
Hierro	6.870
Silicio	61.440

Nota. Tomado de Paul et al. (2021).

2.3.1. Características

La utilización cuidadosa de las cenizas volantes puede traer muchos beneficios económicos y ambientales, la gama de aplicaciones que se le da a estos materiales, llega a relacionarse con sus propiedades fisicoquímicas, debido que sus principales componentes químicos de este material son compuestos de aluminosilicatos, algunos óxidos metálicos. (Li et al., 2022).

La composición mineral de las cenizas volantes es importante, por ello se emplea como relleno ecológico en mezclas bituminosas, además, su carácter químico logra optimizar la cohesión entre el asfalto y los agregados, además logra generar un impacto significativo en la viscosidad y las propiedades de las mezclas, lo que afecta directamente las propiedades de resistencia de mezcla de asfalto final. (Ren y Sancaktar, 2019).

Tabla 4

Aplicaciones de las cenizas volantes.

Nº	Gama	Uso
		Debido a su composición química, las cenizas volantes pueden
01	Concreto	desempeñar el papel de un agente puzolánico, mejorando la trabajabilidad del concreto.
02	Acero	Proporciona una cubierta fuerte y protectora al acero contra la corrosión, reduciendo los costos de construcción.
03	Asfalto	La aplicación de estos materiales en mezclas mineral-asfálticas demostraron un mejor desempeño en las propiedades de estas mezclas.

Nota. Tomado de Wozzuk et al. (2019).

2.3.2. Propiedades

Las cenizas volantes tienen por propiedades de gravedad específica en un 2.274 y se realiza la prueba por medio de la norma ASTM D854, asimismo, dentro de las propiedades de las Cenizas Volantes podemos encontrar contenido de agua, superficie seca, densidad y tamaño de sus partículas la cual se nombraba en la tabla siguiente.

Tabla 5

Propiedades de las cenizas volantes.

Propiedades	Ceniza volante (Tipo C)	Ceniza volante (Tipo F)
Contenido de agua (%)	<1	<1
Superficie específica (m ² /kg)	3699	3596
Densidad (kg/m ³)	2230	2160
Tamaño (mm)	0-1	0-0.5

Nota. Tomado de Wozzuk et al. (2019).

2.4. Plástico PET

El Tereftalato de Polietileno (PET) es un tipo de poliéster termoplástico de transparencia con óptimas propiedades mecánicas y excelente estabilidad, podemos encontrar este tipo de material en cintas, ropa o algún envase de bebida, en muchas investigaciones se observa el empleo de este material como aditivo en la mezcla de asfalto debido a sus características de significancia. (Earth, 2021).

Es uno de los tipos de plástico que se ha utilizado bastante en la fabricación de botellas para beber, asimismo a causa del desarrollo de la sociedad económica, grandes cantidades de plástico PET de desecho llegan a producirse y desecharse de manera continua, generando acumulaciones cada vez mayores de estos mismo. (Xu et al., 2022).

Esto se debe a que estos desechos plásticos son muy difíciles de degradar en poco tiempo en el entorno natural y, por lo tanto, generan grandes daños a la tierra, el río y el océano, por ello, el proceso para que estos materiales sean empleados en mezclas asfálticas será por medio del corte que se realiza a las botellas en pequeños trozos, con el propósito de reducir su tamaño en una máquina trituradora y poder darles un nuevo uso. (Saeed y Saeed, 2020)

Figura 2

Partículas PET.



Nota. Tomado de Movilla et al. (2021).

2.4.1. Características

Uno de los usos que se le da a los plásticos de desecho llegan a ser usados en pavimentos asfálticos por medio de los procesos secos o húmedos, por medio del primer proceso que es en estado seco, se incorpora partículas de desechos plásticos en los agregados calentados antes de agregar el ligante asfáltico, mientras que el proceso húmedo integra los desechos plásticos directamente en el ligante asfáltico como modificador antes de mezclarlos con los agregados (Lugeiyamu et al., 2021).

Asimismo una de las características destacables del efecto de refuerzo de la fibra de PET en términos de resistencia al agrietamiento de las mezclas asfálticas depende de las dimensiones de la fibra, incluidos tanto la longitud como el diámetro, aunque según estudios, las fibras de PET más largas con diámetros más grandes tienden a mejorar la resistencia al agrietamiento de la mezcla de asfalto de manera más efectiva, además la fibra de PET con una superficie rugosa puede mejorar la interacción con el asfalto y/o los agregados para mejorar su efecto de refuerzo (Ma y Hesp, 2022)

2.4.2. Propiedades

Las propiedades del plástico PET se caracteriza por composición química de ácido tereftálicos y etilenglicol, donde por fórmula química llega a ser $(C_{10}H_8O_4)_n$, densidad de 1.380 g/cm³, punto de fusión mayor a 250 °C, punto de ebullición mayor a 350°C y conductividad térmica de 0.150-0.240 W m⁻¹ K⁻¹.(Saeed y Saeed, 2020).

Otro de los autores menciona algunas de las propiedades del plástico PET por medio de la siguiente tabla:

Tabla 6

Propiedades del plástico PET.

N°	Prueba	Valores
01	Punto de fusión	250 °C
02	Absorción de agua	0.10%
03	Resistencia a la tracción	11500 psi
04	Densidad	1.350 g/cm ³

Nota. Tomado de Syammaun et al. (2020).

2.4.3. Costo

Cantidades significativas de ceniza volante todavía se descargan en vertederos, lagunas o estanques, dado ello, la perfecta utilización de las cenizas volantes traerá beneficios económicos y ambientales puesto a que logrará reducir el costo adicional en el que incurre la planta de energía para depositar los desechos de cenizas volantes, y en otro de los casos las cenizas volantes pueden sustituir el uso de algunos recursos naturales, como llega a ser la producción de materiales de construcción, estabilización de suelos o construcción de carreteras (Paul et al., 2021).

La aplicación del plástico PET en fibras llega a demostrar ser un éxito puesto a que el pavimento exhibe un ciclo de vida de manera prolongada y una relación costo/beneficio significativo en comparación con las mezclas de asfaltos base, asimismo es un material que se encuentra en abundancia y por ello tiene un bajo costo al reciclar estos componentes (Ma y Hesp, 2022) .

III. Método

3.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de enfoque cuantitativo, porque los datos que se obtendrán son netamente numéricos. Tal como indica Ñaupas et al. (2018), la investigación cuantitativa es un análisis objetivo que emplea métodos de recolección de datos para medir variables que de alguna manera proporcionan datos numéricos.

El alcance de esta investigación es explicativo porque no solo se describió el procedimiento que se ha seguido en el presente proyecto, sino que también de qué manera ha influido la variable independiente en la variable dependiente.

Esta se clasificó como un diseño cuasi experimental, Ñaupas et al. (2018) nos dice que una investigación es cuasi experimental cuando se manipulan las variables, en otras palabras, se interfiere en la variable independiente para determinar la consecuencia que tendrá en la variable dependiente.

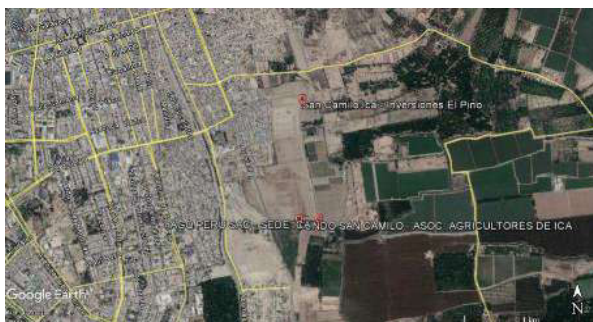
3.2 Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Espacial

Este estudio de investigación se realizó en el proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, el cual se encuentra ubicado en el Centro Poblado del mismo nombre, en el Distrito de Parcona, provincia de Ica, Región de Ica.

Figura 3

Ubicación del proyecto.



Nota. Tomado de Google Earth (2021).

3.2.2. Temporal

Los datos que se toman para realizar el proyecto de investigación se encuentran realizados en el periodo 2023, con un periodo de recolección de datos de 4 meses que inicia el mes de marzo 2023 a julio 2023.

3.3 Variables

3.2.3. Variable independiente

X1: Cenizas Volantes

X2: Plástico PET

3.2.4. Variable dependiente

Y1: Pavimento Flexible

Tabla 7

Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicador	Unidades
Variables Independientes	Dosificación de ceniza volante	1.0%-1.5%-2.0%	%
X1: Cenizas Volantes			
X2: Plásticos PET	Dosificación de plástico PET	0.25%-0.30%-0.35%	%
Variable Dependiente	Agrietamientos y Resistencia a la deformación	Estabilidad /Flujo (MTC 4-504 /AAHTO T-245)	kg/cm
Y: Pavimento Flexible	Vida útil, periodo de servicio	Estabilidad (MTC 4-504 /AAHTO T-245)	kg
	Costo	Análisis de Precios Unitarios	Soles

Nota: Elaboración propia

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de esta investigación está constituida por el pavimento flexible perteneciente a la segunda etapa del Proyecto de habilitación urbana San Camilo.

3.4.2 Muestra

La muestra está conformada por **12** briquetas con la mezcla convencional para pavimento flexible, **9** briquetas de mezcla añadiendo de Polietileno de Tereftalato (PET), **9** briquetas de mezcla añadiendo cenizas volantes (CV) y finalmente 12 briquetas de mezcla añadiendo polietileno de tereftalato (PET) más cenizas volantes (CV) respectivamente.

La muestra es un subconjunto de la población que evidencia determinadas características entre todas sus unidades a analizar. (Taboada, 2017).

Tabla 8

Muestra

Incorporación PET y Ceniza volante	Briquetas
MAC 5.00 %	3
MAC 5.50 %	3
MAC 6.00 %	3
MAC 6.50 %	3
MAC 5.80% + PET 0.25%	3
MAC 5.80% + PET 0 30%	3
MAC 5.80% + PET 0 35%	3
MAC 5.80% + CV 1.00%	3
MAC 5.80% + CV 1.50%	3

MAC 5.80% + CV 2.00%	3
MAC 5.00% + PET 0.25% + CV 2.00%	3
MAC 5.50% + PET 0.25% + CV 2.00%	3
MAC 6.00% + PET 0.25% + CV 2.00%	3
MAC 6.50 + PET 0.25% + CV 2.00%	3
Total:	42

Nota: Elaboración propia

3.4.3 Unidad de análisis

La unidad de análisis está conformada por las briquetas de mezcla de asfalto.

3.5 Instrumentos

Como instrumentos se utilizarán los equipos que se requieran para los ensayos solicitados; entre ellos está la máquina para ensayo de Marshall. Asimismo, a continuación, se describen las técnicas e instrumentos empleados para la obtención de información.

3.5.1 Técnicas e instrumentos y/o fuentes de recolección de datos

Para el desarrollo de esta tesis se emplearán la técnica de observación y análisis documental. La primera técnica sirvió para recolectar datos relacionados con los ensayos de laboratorio que se practiquen a la mezcla de asfalto y también para la verificación de la calidad de la mezcla. Sustentado en Hernández (2018), “Recolectar datos de forma sistemática, válida y confiable porque se pueden observar a simple vista.” (pp.252).

La segunda técnica permitió reunir los datos secundarios se obtuvieron de otros investigadores, con esta técnica se tuvo acceso a información relacionada con el tema. Estos datos se obtuvieron a través de revisar libros, manuales, normativa, entre otros documentos físicos, virtuales que brindan ayuda para alcanzar el objetivo de la investigación.

Los instrumentos de recolección de datos son la guía de observación y la guía de análisis documental. En la guía de información se realizó el registro de los resultados obtenidos para cada unidad a ensayar, de acuerdo a esto se pudo determinar de qué manera influyen las cenizas volantes y PET en el pavimento flexible. Por otro lado, la guía de análisis documental permitirá determinar el costo de la mezcla.

Tabla 9*Técnica e instrumento de recolección de datos*

Técnica	Instrumento
Observación	Fichas de observación
Análisis documental	Guía de análisis documental
Ensayos	Ensayos de laboratorio

Nota: Elaboración propia**Tabla 10**

Guía de observación

FICHAS DE OBSERVACIÓN	NORMATIVA
Análisis granulométrico de los agregados	MTC E 204 - 2016
Método Marshall	ASTM D-6927

Nota: Elaboración propia**3.5.2 Instrumentos de ingeniería**

- Máquina para pruebas de estabilidad Marshall
- Briquetas
- Cabezote de estabilidad
- Martillo compactador
- Equipo manual de compactación

3.5.3 Validación de los instrumentos

En ese sentido, la validación de los instrumentos por juicio de expertos se encuentra en los anexos, las guías de observación son brindadas por personal de laboratorio el cual se basa en los manuales brindados por el MTC. Así mismo los equipos usados para la presente

tesis se encuentran correctamente calibrados, brindando confiabilidad en los resultados que se obtengan.

Mediante el Formato de Validación por Expertos, en la cual se muestran los indicadores para la evaluación de instrumentos se ha considerado el valor numérico de 1 como válido para la aplicación de la presente investigación.

La validación se realizó mediante la hoja de Informe de Opinión de expertos, las cuales fueron respondidas por ingenieros con experiencia en la rama de Pavimentos, Gestión de Proyectos y Gestión Ambiental. Se muestra el cuadro de resumen de resultados de la validación.

Tabla 11

Validación de expertos

Expertos	Valoración Total
Ing. Sánchez Guando, Juan Sergio	1
Ing. Espinoza Reyes, Máximo Fernando	1
Ing. Oscata Medina, Yonatan Mario	1
Ing. Cornejo Pecho, Gissella Joselyn	1
Ing. Andrade Ruiz, Gustavo Adolfo	1

Nota: Elaboración propia

3.6 Procedimientos

Etapa 1: Toma de muestras en cantera

- Se realizó la recolección de materiales (agregados) en la cantera Palomino, Ica. La cual es cercana al proyecto de Habilitación Urbana.
- La obtención de polietileno de tereftalato (plástico reciclado) se obtuvo mediante el proceso de reciclaje de la población del distrito de Parcona, Ica.

- La obtención de cenizas volantes se dio mediante una donación del material por parte de una empresa de papeles y cartones.
- El asfalto se obtuvo de la empresa Repsol.

Etapas 2: Ensayos de laboratorio para calidad de agregados

- De acuerdo a los requerimientos para agregados gruesos y finos del Manual de Carreteras (EG-2013), se realizaron análisis granulométrico (MTC E 204 - NTP 400.012) a los agregados, ensayo de contenido de gravedad específica y absorción (MTC E 205 - NTP 400.022 y MTC E 206- NTP 400.021), el ensayo de abrasión Los ángeles (MTC E 207 - NTP 400.019), ensayos de durabilidad (MTC E 214), ensayo de Equivalente de arena (MTC E114) y ensayos de partículas chatas y alargadas (ASTM 4791).

Etapas 3: Realizar el Diseño de mezcla asfáltica convencional

- Previamente se obtuvo la gradación y combinación de agregados, obteniéndose los porcentajes en peso de la mezcla total. Se distribuyeron en recipientes de acuerdo a la cantidad en porcentaje de asfalto contenido en la mezcla (5%,5.5%,6% y 6.5%).
- Se realizó el proceso de mezclado de agregados con el asfalto a una temperatura en un rango de 145°C-155°C. Se separa la cantidad para el ensayo de peso específico de la mezcla asfáltica.
- Luego se colocó cuidadosamente en los moldes calentados, para la elaboración de las 12 briquetas. A continuación, se hace la compactación mediante 75 golpes por cada cara del molde.
- Los moldes son enfriados a temperatura ambiente en un promedio de dos horas.

Etapa 4: Ensayo Marshall para mezcla convencional

- Previamente al ensayo se deja reposar las briquetas en baño maría a 60°C por 30 minutos, para luego ser secados y llevados a la prensa Marshall (ASTMD 1559).

Etapa 5: Obtención del porcentaje óptimo de asfalto

- Se realizó el análisis de información recolectada por cada ensayo, y se determinó el óptimo contenido de asfalto en la mezcla.

Etapa 6: Realizar el Diseño de mezcla asfáltica Incorporando PET

- Se realizó el mismo procedimiento como para una mezcla convencional, la diferencia es la incorporación de plástico triturado en porcentajes de 0.25%, 0.3% y 0.35% en peso de la mezcla total.

Etapa 7: Realizar el Diseño de mezcla asfáltica Incorporando cenizas volantes

- Se realizó el mismo procedimiento como para una mezcla convencional, la diferencia es la incorporación de cenizas volantes en porcentajes de 1%, 1.5% y 2% en peso de la mezcla total.

Etapa 8: Ensayo Marshall para PET y cenizas volantes

- Previamente al ensayo se deja reposar las briquetas en baño maría a 60°C por 30 minutos, para luego ser secados y llevados a la prensa Marshall (ASTMD 1559).

Etapa 9: Obtención del porcentaje óptimo de PET y cenizas volantes

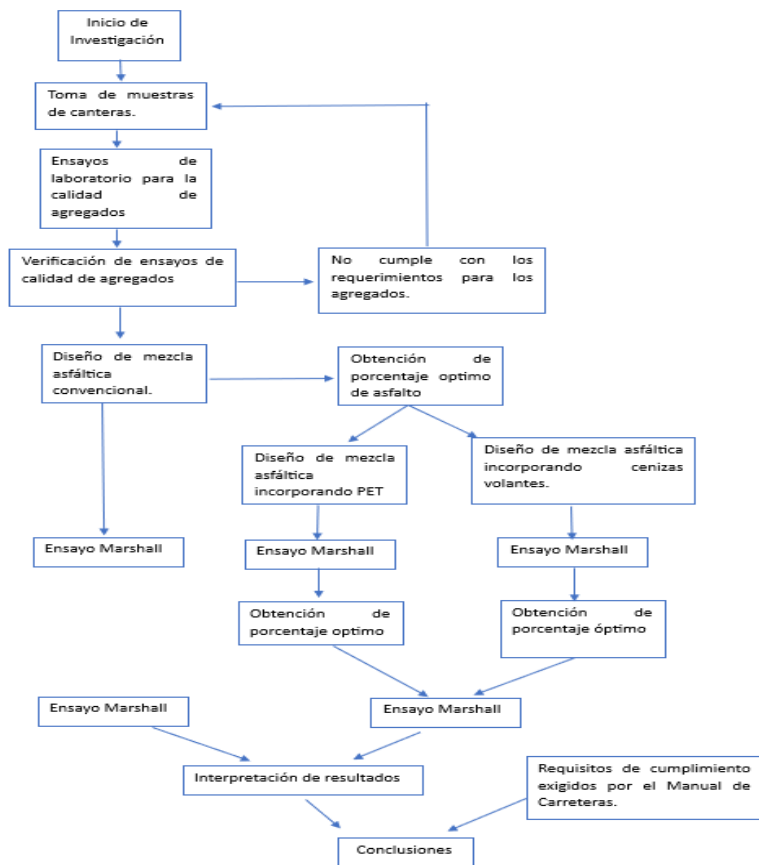
- Se realizó el análisis de información recolectada por cada ensayo, y se determinó el óptimo porcentaje de PET y cenizas por separado. Para determinar el óptimo se tomó en cuenta los resultados de Estabilidad Marshall, relación Estabilidad/Flujo, flujo y porcentaje de vacíos, debiendo cumplir con los requisitos en el Manual de Carreteras.

Etapa 10: Ensayo Marshall de porcentajes óptimos de PET más cenizas volantes

- Se realizó un nuevo diseño de mezcla asfáltica, con la incorporación de los porcentajes óptimos de PET y cenizas volantes. Se trabajó con un nuevo óptimo porcentaje de asfalto para el proceso de mezclado. Previamente al ensayo Marshall se dejó reposar las briquetas en baño maría a 60°C por 30 minutos, para luego ser secados y llevados a la prensa Marshall (ASTMD 1559).

Etapa 11: Interpretación de resultados

- Se procesó la información obtenida de los ensayos, para generar los resultados finales y ser verificados de acuerdo al planteamiento de hipótesis y tener las conclusiones sustentadas a la presente investigación.

Figura 4*Procedimiento de la investigación*

Nota: Elaboración propia

3.7 Análisis de datos

Para llevar a cabo el procesamiento de datos se analizaron datos obtenidos de ensayos realizados en laboratorio, se determinó el flujo, estabilidad y porcentaje de vacíos de las diferentes mezclas asfálticas y mediante un análisis de los resultados conseguidos a través de tablas y gráficas en Excel se determinó el porcentaje más óptimo de incorporación.

IV. Resultados

4.1 Ensayos de calidad de agregados

Para los resultados del **objetivo específico**: Evaluar la influencia de la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de la mezcla asfáltica 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.

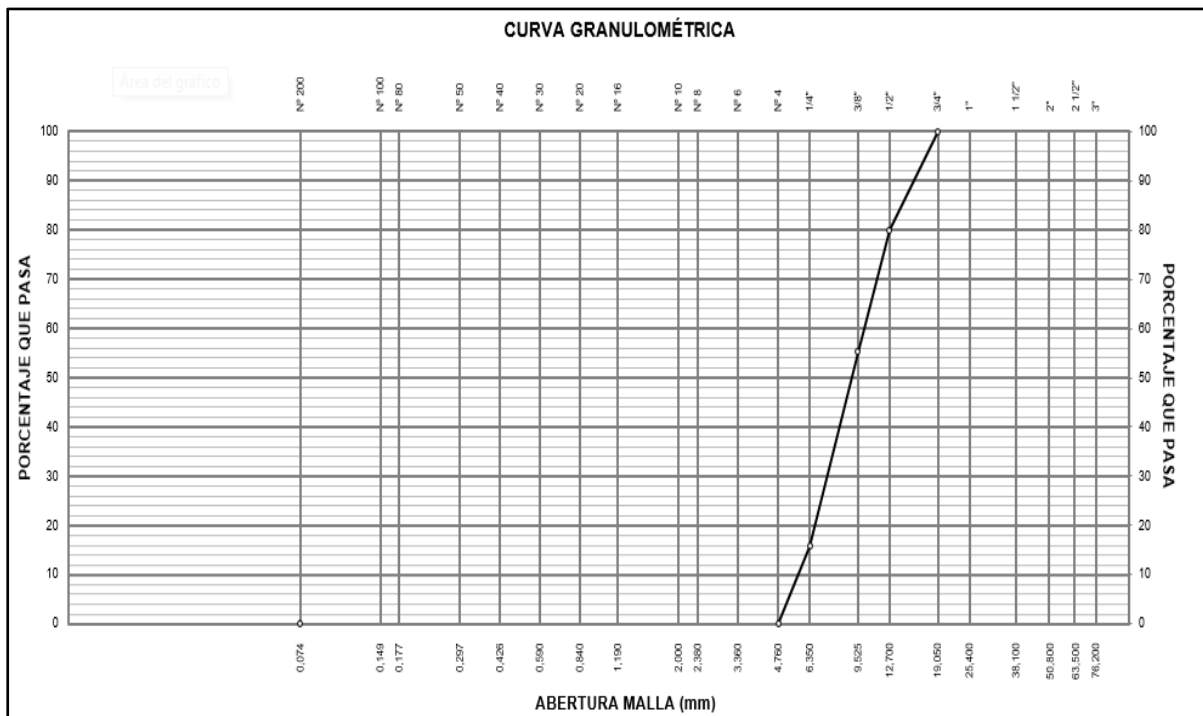
Primeramente, se realizó un control de calidad para los agregados que hemos utilizado, pues de estos depende que la mezcla asfáltica tenga un buen funcionamiento.

Tabla 12

Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de los materiales: Piedra chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS MTC E 204 - 2016					
MALLAS		PESO	RETENIDO	RETENIDO	PASA
SERIE	ABERTURA	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	
AMERICANA	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				100.0
1/2"	12.500	417.1	20.1	20.1	79.9
3/8"	9.500	510.5	24.6	44.7	55.3
1/4"	6.250	819.7	39.5	84.2	15.8
N° 4	4.750	327.9	15.8	100.0	
N° 6	3.350				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N° 16	1.180				
N° 20	0.850				
N° 30	0.600				
N° 40	0.425				
N° 50	0.300				
N° 80	0.177				
N° 100	0.150				
N° 200	0.075				
-200	MTC E 202				-

Nota: Elaboración propia.

Figura 5*Curva Granulométrica de Piedra chancada*

Nota: Elaboración propia

En la **Figura 5**. Se evidencia que luego de realizar la granulometría para el agregado grueso: Piedra chancada, obtenida de la cantera Palomino -Ica, se obtuvo que el mayor porcentaje retenido es 39.5% por el tamiz 1/4", luego es retenido 24.6% en el tamiz 3/8", también es retenido 20.10% en el tamiz 1/2" y en menor porcentaje de 15.8% por el tamiz N°4. Esto quiere decir que la cantidad mayor retenida de agregado grueso en este caso para la piedra chancada es de 1/4". Siendo el Tamaño máximo (TM) de 3/4" y Tamaño Máximo Nominal (TMN) de 1/2".

Tabla 13

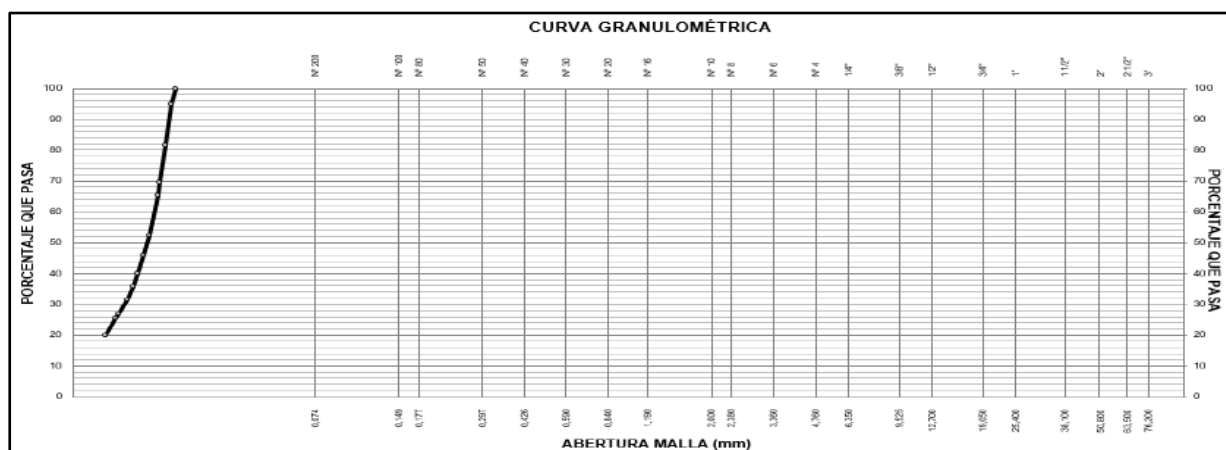
Resultados obtenidos de granulometría de Arena chancada

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS MTC E 204 - 2016					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.250				100.0
N° 4	4.750	272.4	5.0	5.0	95.0
N° 6	3.350	730.1	13.4	18.4	81.6
N° 8	2.360	653.9	12.0	30.4	69.6
N° 10	2.000	234.3	4.3	34.7	65.3
N° 16	1.180	708.3	13.0	47.7	52.3
N° 20	0.850	354.2	6.5	54.2	45.8
N° 30	0.600	321.5	5.9	60.1	39.9
N° 40	0.425	234.3	4.3	64.4	35.6
N° 50	0.300	223.4	4.1	68.5	31.5
N° 80	0.177	256.1	4.7	73.2	26.8
N° 100	0.150	70.8	1.3	74.5	25.5
N° 200	0.075	299.7	5.5	80.0	20.0
-200	MTC E 202	1089.8	20.0	100.0	--

Nota: Elaboración propia

Figura 6

Curva Granulométrica de Arena chancada.



Nota: Elaboración propia

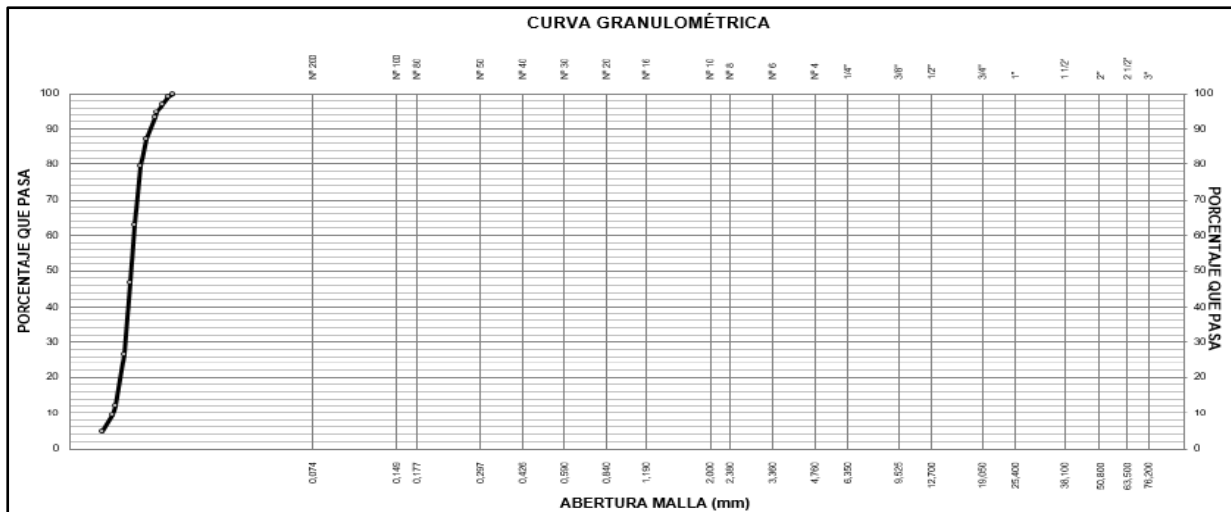
En la **Figura 6**. Se evidencia según el análisis granulométrico realizado para la Arena chancada, abastecida de la cantera Palomino-Ica, se obtuvo que el porcentaje más alto retenido es de 20% en un tamiz inferior a la malla N°200, esto quiere decir que la arena chancada es un agregado que en su mayoría contiene finos. En el Tamaño Máximo Nominal es el tamiz N°4 y el Tamaño Máximo es de 1/4".

Tabla 14

Resultados obtenidos de granulometría del material Arena natural

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS MTC E 204 - 2016					
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.250				100.0
N° 4	4.750	4.2	0.8	0.8	99.2
N° 6	3.350	11.4	2.2	3.0	97.0
N° 8	2.360	12.5	2.4	5.4	94.6
N° 10	2.000	7.3	1.4	6.8	93.2
N° 16	1.180	31.2	6.0	12.8	87.2
N° 20	0.850	40.0	7.7	20.5	79.5
N° 30	0.600	87.3	16.8	37.3	62.7
N° 40	0.425	82.6	15.9	53.2	46.8
N° 50	0.300	105.5	20.3	73.5	26.5
N° 80	0.177	74.3	14.3	87.8	12.2
N° 100	0.150	14.0	2.7	90.5	9.5
N° 200	0.075	25.5	4.9	95.4	4.6
-200	MTC E 202	23.9	4.6	100.0	--

Nota: Elaboración propia

Figura 7*Curva Granulométrica de Arena natural*

Nota: Elaboración propia

En la **Figura 7**. Se evidencia según la evaluación granulométrica realizada para la Arena Natural, conseguida de la cantera Palomino- Ica, se obtuvo que el mayor porcentaje retenido es de 20.3% en el tamiz N°50 y menos porcentaje de 0.8% en el tamiz N°4, esto quiere decir que la arena natural es un agregado de arena mediana. Para el Tamaño Máximo Nominal es el tamiz N°4 y el Tamaño Máximo es de 1/4".

Tabla 15

Resultados obtenidos granulometría de la combinación de materiales: Arena natural (33%) más Arena chancada (27%)

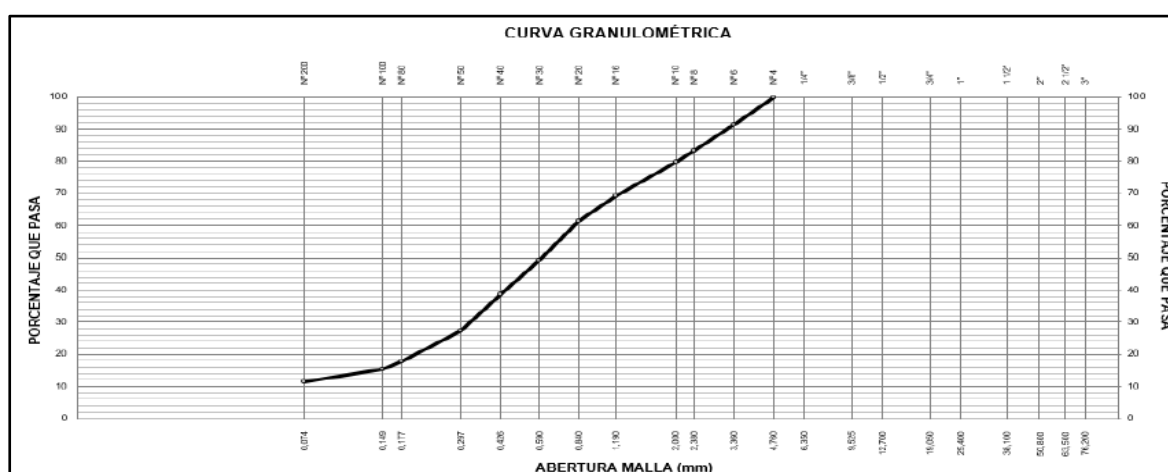
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
MALLAS	PESO	RETENIDO	RETENIDO		
SERIE	ABERTURA	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
AMERICANA	(mm)	(g)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.250				

N° 4	4.750				100.0
N° 6	3.350	44.0	8.8	8.8	91.2
N° 8	2.360	39.0	7.8	16.6	83.4
N° 10	2.000	17.5	3.5	20.1	79.9
N° 16	1.180	53.5	10.7	30.8	69.2
N° 20	0.850	38.0	7.6	38.4	61.6
N° 30	0.600	62.0	12.4	50.8	49.2
N° 40	0.425	54.0	10.8	61.6	38.4
N° 50	0.300	56.0	11.2	72.8	27.2
N° 80	0.177	46.5	9.3	82.1	17.9
N° 100	0.150	13.0	2.6	84.7	15.3
N° 200	0.075	20.0	4.0	88.7	11.3
-200	MTC E 202	56.5	11.3	100.0	--

Nota: Elaboración propia

Figura 8

Curva granulométrica de la combinación de los agregados finos: Arena natural (33%) y Arena chancada (27%).



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 8**. Se evidencia según la evaluación granulométrica realizado para la combinación de agregado fino (arena chancada más arena natural), obtenidas de la cantera Palomino-Ica, se obtuvo que el porcentaje retenido desde el tamiz N° 6 hasta el tamiz N°200 es de 88.7% y el porcentaje retenido pasante el tamiz N°200 es de 11.3%.

Tabla 16

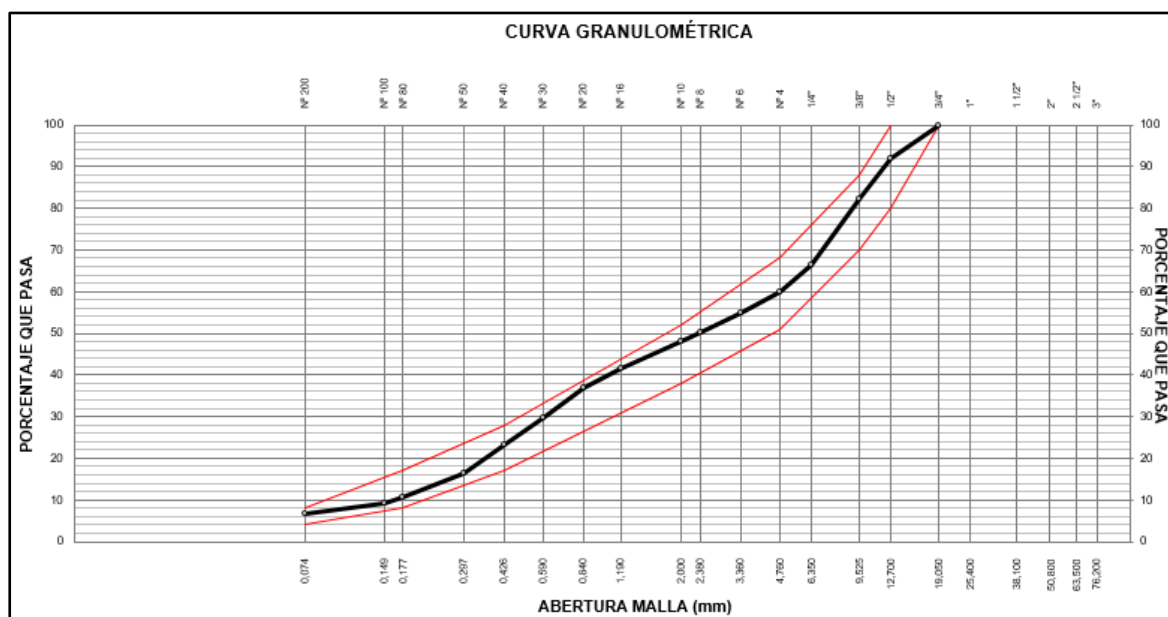
Resultados obtenidos del ensayo de granulometría de la combinación de materiales: Piedra chancada (40%), Arena natural más Arena chancada (60%).

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS MTC E 204 - 2016						
MALLAS SERIE	ABERTURA	PESO RETENIDO	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PASA (%)	HUSO MAC-2 EG-2013 - MTC
AMERICANA	(mm)	(g)	(%)	(%)		
3"	75.000					
2 1/2"	62.500					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	100 - 100
1/2"	12.500	169.1	8.0	8.0	92.0	80 - 100
3/8"	9.500	207.0	9.8	17.9	82.1	70 - 88
1/4"	6.250	332.3	15.8	33.7	66.3	
N° 4	4.750	132.9	6.3	40.0	60.0	51 - 68
N° 6	3.350	111.1	5.3	45.3	54.7	
N° 8	2.360	98.4	4.7	50.0	50.0	
N° 10	2.000	44.2	2.1	52.1	47.9	38 - 52
N°16	1.180	135.0	6.4	58.5	41.5	
N° 20	0.850	95.9	4.6	63.0	37.0	
N° 30	0.600	156.5	7.4	70.5	29.5	
N° 40	0.425	136.3	6.5	77.0	23.0	17 - 28
N° 50	0.300	141.3	6.7	83.7	16.3	
N° 80	0.177	117.4	5.6	89.3	10.7	8 - 17
N° 100	0.150	32.8	1.6	90.8	9.2	
N° 200	0.075	50.5	2.4	93.2	6.8	4 - 8
-200	MTC E 202	142.6	6.8	100.0		

Nota: Elaboración propia

Figura 9

Curva granulométrica de la combinación de los agregados: Piedra chancada (40%), Arena natural más Arena chancada (60%).



Nota: Elaboración propia.

En la **Figura 9**. Se evidencia según la evaluación granulométrico realizado para la Combinación de agregados, obtenida de la cantera Palomino-Ica. En las siguientes proporciones: Piedra chancada (40%), Arena natural con Arena chancada (60%). Se obtuvo que el mayor porcentaje retenido hasta el tamiz 1/4" es de 33.6%, el porcentaje retenido desde el tamiz N°4 hasta el N°200 es de 59.6% y el porcentaje retenido al tamiz inferior de N°200 es de 6.8%. Se observa que cumple con los parámetros de gradación para una mezcla asfáltica en caliente (MAC-2).

Asimismo, se realizaron los ensayos de durabilidad, abrasión Los Ángeles, adherencia, índice de durabilidad, partículas chatas y alargadas, peso específico y absorción para agregados gruesos, en el caso de los agregados finos fueron los ensayos de equivalente de arena, angularidad, índice de durabilidad, peso específico y absorción.

Tabla 17

Resultados obtenidos del ensayo de Abrasión Los Angeles de acuerdo al MTC E 207-2016 para agregados gruesos.

DATOS DEL ENSAYO	PROCESO DEL ENSAYO	RESULTADO (% DE PÉRDIDAS)
Tamaño máximo nominal : 1"	Peso seco inicial lavado (g): 5005	
Gradación : "A"		14
Número de esferas : 12	Peso seco final tamizado (g): 4320	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°17**. Se evidencia que en el ensayo de abrasión dio como resultado un porcentaje de pérdida igual a 14%, lo cual de acuerdo al Manual de Carreteras (EG-2013), se encuentra dentro de sus parámetros requeridos.

Tabla 18

Resultados obtenidos del ensayo de peso específico y absorción para agregados grueso. MTC E 206 -2016

Descripción	Agregado grueso
Peso material saturado y superficie seca (en aire) (g)	5129.1
Peso material saturado y superficie seca (en agua) (g)	3355.1
Volúmenes sólidos + volumen de vacíos (cm3)	1774.0
Peso material seco a 105 °C (g)	5115.8
Volumen de sólidos (cm3)	1760.7
Peso bulk base seca (g/cm3)	2.884
Peso bulk base saturada (g/cm3)	2.891
Peso aparente base seca (g/cm3)	2.906
Absorción (%)	0.26

Nota: Elaboración propia

Tabla 19

Resultados obtenidos del ensayo para partículas chatas y alargadas en agregados gruesos.

MTC E 223 -2016

Abertura malla		Peso de la fracción de ensayo (g)	Número de partículas	Partículas chatas y alargadas (g)	Partículas chatas y alargadas (%)	Gradación original (%)	Promedio de part. Chatas y alargadas
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	0.0	0.0	45.0	0.0
1/2"	3/8"	330.9	151	0.0	0.0	55.0	0.0
				TOTAL	0.0	100.0	0.0
PARTÍCULAS CHATAS Y ALRGADAS (%)							NT

Nota: Elaboración propia

Tabla 20

Resultados obtenidos del ensayo para determinar las partículas fracturadas en agregados gruesos. MTC E 210 -2016

Abertura malla		Peso de la fracción de ensayo (g)	Número de partículas	Partículas fracturadas (g)	Caras fracturadas (%)	Gradación original (%)	Promedio de caras fracturadas
Pasa	Ret.						
3/4"	1/2"	667.0	145	667.0	100.0	45.0	4497.0
1/2"	3/8"	330.9	151	319.4	96.5	55.0	5310.4
				Total	196.5	100.0	9807.4
Partículas con dos a más caras de fractura (%)							98.1 %

Nota: Elaboración propia

Tabla 21

Resultados obtenidos del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio en agregados gruesos. MTC E 209 -2016.

Abertura malla		N° tarro	Peso antes del ensayo (g)	Tamices para determinar las pérdidas	Peso después del ensayo (g)	Pérdidas (g)	Pérdida total (%)	Gradación original (%)	Pérdida corregida (%)
Pasa	Ret.								
3/4"	1/2"	142	667.0	5/16"	926.0	38.1	3.9	44.7	1.74
1/2"	3/8"	358	297.1						
3/8"	N° 4	301	300.2	N° 5	281.3	18.9	6.3	55.3	3.48
Pérdida total (%)									5.2

Nota: Elaboración propia

Tabla 22

Resultados obtenidos del ensayo de equivalente de arena en agregados finos. MTC E 209 - 2016

DESCRIPCIÓN		RESULTADOS		
Hora de entrada de saturación		11:10 a. m.	11:22 a. m.	11:35 a. m.
Salida de saturación		11:20 a. m.	11:32 a. m.	11:45 a. m.
Hora de inicio de decantación		11:48 a. m.	12:11 p. m.	12:34 p. m.
Hora de inicio de saturación		12:08 p. m.	12:31 p. m.	12:54 p. m.
Altura de finos	(pulg)	5.0	4.9	4.9
Altura de arena	(pulg)	3.4	3.3	3.3
Equivalente de Arena		68	68	68
Promedio		(%)	68	

Nota: Elaboración propia

Tabla 23

Resultados obtenidos del ensayo de gravedad específica y absorción en agregados finos.

MTC E 205 -2016

DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	300.0
Peso fiola + H ₂ O	(g)	666.2
Peso fiola + H ₂ O + material	(g)	966.2
Peso fiola + H ₂ O + material saturado y superficie seca	(g)	857.4
Volumen sólidos + volumen de vacíos	(cm ³)	108.8
Peso material seco a 105 °C	(g)	297.2
Volumen de sólidos	(cm ³)	106.0
Peso bulk base seca	(g/cm ³)	2.732
Peso bulk base saturada	(g/cm ³)	2.757
Peso aparente base seca	(g/cm ³)	2.804
Absorción	(%)	0.94

Nota: Elaboración propia

Tabla 24

Resultados obtenidos del ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio en agregados finos.

MTC E 209 -2016

Abertura malla		N° tarro	Peso antes del ensayo (g)	Tamices para determinar las pérdidas	Peso después del ensayo (g)	Pérdidas (g)	Pérdida total (%)	Gradación original (%)	Pérdida corregida (%)
Pasa	Ret.								
3/8"	N° 4			N° 4					
N° 4	N° 8	325	100.0	N° 8	98.3	1.7	1.7	22.8	0.39
N° 8	N° 16	551	100.0	N° 16	98.7	1.3	1.3	19.5	0.25
N° 16	N° 30	584	100.0	N° 30	98.2	1.8	1.8	27.5	0.49
N° 30	N° 50	517	100.0	N° 50	98.5	1.5	1.5	30.2	0.45
							Pérdida total (%)		1.6

Nota: Elaboración propia

Tabla 25

Resultados obtenidos del ensayo estándar para el índice de durabilidad del agregado fino.

MTC E 214 -2016.

Descripción		Resultados		
Hora de entrada de saturación		11:25 a. m.	11:37 a. m.	11:50 a. m.
Salida de saturación		11:35 a. m.	11:47 a. m.	12:00 p. m.
Hora de inicio de decantación		12:03 p. m.	12:26 p. m.	12:49 p. m.
Hora de inicio de saturación		12:23 p. m.	12:46 p. m.	1:09 p. m.
Altura de finos	(pulg)	5.1	5.2	5.2
Altura de arena	(pulg)	3.2	3.2	3.1
Índice de Durabilidad		63	62	60
Promedio			62	

Nota: Elaboración propia

Tabla 26

Resultados obtenidos del ensayo de angularidad del agregado fino. MTC E 222 -2016

N° de ensayo		1	2	3	4
Volumen del Molde	(mL)		103.4		
Peso del Molde	(g)		412.3		
P. Muestra + Molde	(g)	561.7	561.6	561.2	561.6
Peso de la Muestra	(g)	149.4	149.3	148.9	149.3
Vacíos Sin Compactar	(%)	47.1	47.1	47.3	47.1
Promedio	(%)		47.2		

Nota: Elaboración propia

Tabla 27

Resumen de resultados obtenidos del ensayo de control de calidad de los materiales.

Ensayo		Normatividad		Requerimiento altitud <3000(msnm)	Resultados
Agregado grueso (piedra chancada)	Durabilidad (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	ASTM C 88	18% máx.	5.20%
	Abrasión Los Angeles	MTC E 207	ASTM C 535	40% máx.	14%

	Adherencia	MTC E 517	AASHTO T - 182	95	95%
	Índice de Durabilidad	MTC E 214		35% min.	
	Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	ASTM 4791	10% máx.	NT
	Caras fracturadas	MTC E 210	ASTM D 5821	85/50	98.10%
	Gravedad específica y absorción del agregado grueso	MTC E 206	ASTM C 535	1% máx.	0.26%
Agregado fino (arena chancada, arena natural)	Equivalente de Arena	MTC E 114	ASTM D 2419	60	68%
	Angularidad del agregado fino	MTC E 222	AASHTO T - 304	30	47.20%
	Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	ASTM D 4318	NP	NP
	Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C 88	-	1.60%
	Índice de Durabilidad	MTC E 214		35 min.	62%
	Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	ASTM D 4318	4 máx.	NP
	Gravedad específica y absorción del agregado fino	MTC E 205	ASTM C 128	0.5 % máx.	0.94%

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°27**. Se evidencia en el cuadro de resumen los agregados gruesos correspondientes a la cantera Palomino-Ica, cumplen con los parámetros mínimos y máximos del Manual de Carreteras (EG-2013), excepto el ensayo de caras fracturas realizado al agregado grueso presenta un mayor porcentaje a lo establecido. Para los agregados finos cumplen con los parámetros mínimos y máximos del Manual de Carreteras (EG-2013), excepto en el ensayo realizado de gravedad específica y absorción del agregado fino, el cual está por encima del parámetro (0.5% como máximo).

Tabla 28

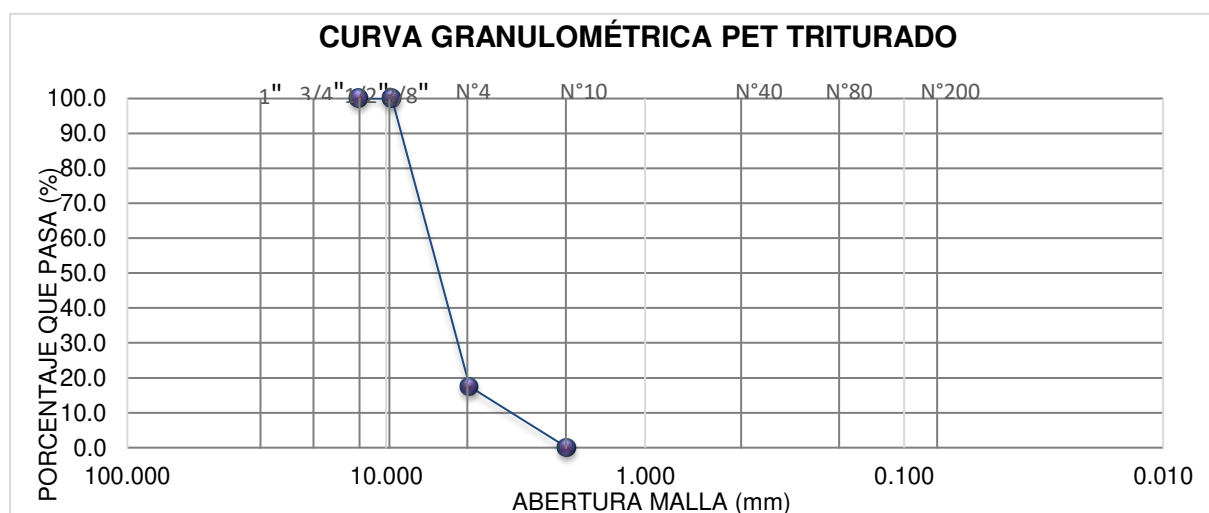
Resultados obtenidos de granulometría del PET

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (PET)				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
1/2"	12.700	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	-	-	-	100.0
1/4"	6.350	254.3	63.6	63.6	36.4
N° 4	4.760	75.9	19.0	82.6	17.5
N° 6	3.360	69.8	17.5	100.0	0.0
N° 8	2.380	-	-	-	0.0
N° 10	2.000	-	-	100.0	0.0
N° 50	0.297	-	-	-	-
N° 80	0.177	-	-	-	-
N° 100	0.149	-	-	-	-
N° 200	0.074	-	-	-	-
-200	-	-	-	100.0	-

Nota: Elaboración propia

Figura 10

Curva granulométrica del Tereftalato de Polietileno (PET) triturado.



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 10**. Se evidencia que el análisis granulométrico realizado para el

Tereftalato de Polietileno (PET). De una muestra de 400 gramos, se obtuvo que el 82.6 % pertenece a partículas gruesas y el 17.5% a partículas finas. La trituración del plástico reciclado mostro tamaños entre 9.5mm a 3.00 mm, lo cual las partículas son pasantes de la malla 3/8”.

Tabla 29

Resultados obtenidos de granulometría de Cenizas volantes

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CENIZAS VOLANTES				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
N° 10	2.000	-	-	-	100.0
N° 16	1.190	-	-	-	100.0
N° 20	0.840	-	-	-	100.0
N° 30	0.590	0.146	0.15	0.15	99.9
N° 40	0.426	0.238	0.24	0.38	99.6
N° 50	0.297	0.632	0.63	1.02	99.0
N° 60	1.297	0.625	0.63	1.64	98.4
N° 70	2.297	0.604	0.60	2.25	97.8
N° 80	0.177	0.550	0.55	2.80	97.2
N° 100	0.149	0.592	0.59	3.39	96.6
N° 120	0.125	0.610	0.61	4.00	96.0
N° 140	0.106	4.633	4.63	8.63	91.4
N° 170	0.090	70.336	70.34	78.97	21.0
Base	-	21.095	21.10	100.06	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°29**. Se evidencia para el análisis granulométrico realizado para las Cenizas Volantes. De una muestra seca de 100.06 gramos, se obtuvo que el TMN es en el tamiz N°30 y TM se da en el tamiz N°20.

4.2 Diseños de mezclas asfálticas en caliente con el método Marshall (ASTM D-6927)

Tabla 30

Diseño de mezcla asfáltica convencional a través del Método Marshall (ASTM D-6927).

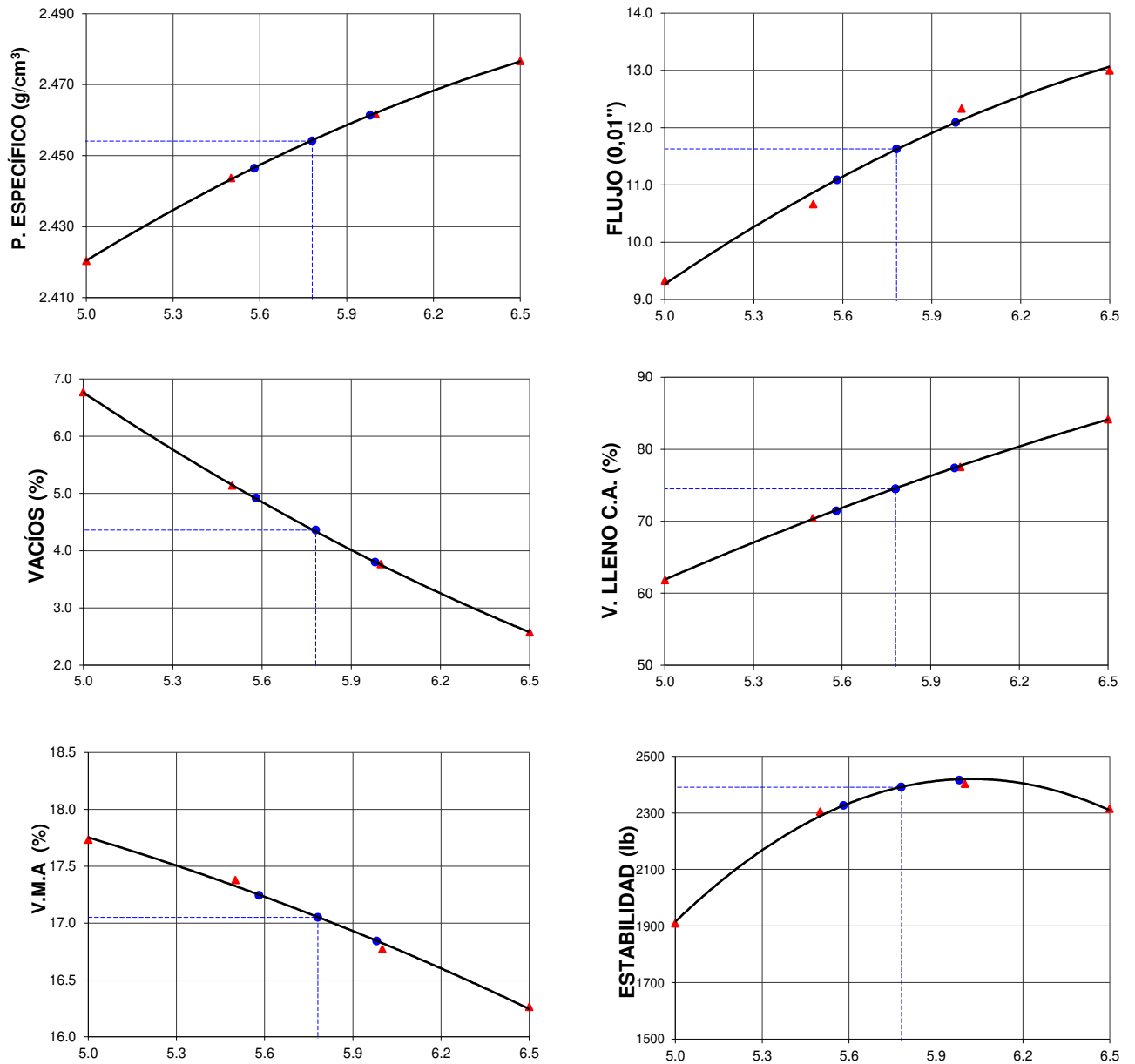
N°	DENOMINACIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)	5.0		5.5		6.0		6.5					
2	AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)	40.76		40.55		40.33		40.12					
3	AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)	54.24		53.95		53.67		53.38					
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE (g/cm ³)	1.000		1.000		1.000		1.000					
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCA (g/cm ³)	2.884		2.884		2.884		2.884					
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - B (g/cm ³)	2.732		2.732		2.732		2.732					
8	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE (g/cm ³)	2.300		2.300		2.300		2.300					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.70	6.60	6.70	6.70	6.80	6.70	6.60	6.70	6.70	6.70	6.60	6.70
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (I) (g)	1257.5	1258.7	1256.7	1262.6	1262.6	1261.9	1270.9	1269.1	1263.1	1270.1	1271.1	1270.1
11	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2) (g)	1260.8	1261.4	1259.6	1266.7	1264.6	1263.7	1271.5	1270.3	1264.5	1276.0	1276.6	1273.9
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)	741.6	741.3	740.1	750.2	747.6	747.4	755.2	755.0	751.1	763.0	763.1	761.5
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	519.2	520.1	519.5	516.5	517.0	516.3	516.3	515.3	513.4	513.0	513.5	512.4
14	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.422	2.420	2.419	2.445	2.442	2.444	2.462	2.463	2.460	2.476	2.475	2.479
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041) (g/cm ³)	2.596		2.576		2.558		2.542					
16	VACÍOS (%)	6.7	6.8	6.8	5.1	5.2	5.1	3.8	3.7	3.8	2.6	2.6	2.5
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.795		2.795		2.795		2.795					
18	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A.) (%)	17.7	17.7	17.8	17.3	17.4	17.4	16.8	16.7	16.8	16.3	16.3	16.2
19	VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)	62.1	61.8	61.6	70.6	70.2	70.5	77.6	77.8	77.2	84.0	83.8	84.7
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	2.834		2.836		2.840		2.847					
21	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.49		0.52		0.57		0.66					
22	ASFALTO EFECTIVO (%)	4.5		5.0		5.5		5.9					
23	FLUJO (0,01 Pulg)	9	9	10	10	11	11	12	12	13	13	13	13
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	867.9	864.5	871.3	1047.4	1043.9	1051.8	1091.4	1088.4	1097.7	1047.9	1053.2	1055.2
25	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
26	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	867.9	864.5	871.3	1047.4	1043.9	1051.8	1091.4	1088.4	1097.7	1047.9	1053.2	1055.2
27	RELACIÓN ESTAB./FLUJO (kg/cm)	3797	3782	3430	4124	3736	3764	3581	3571	3324	3173	3190	3196
28	RELACIÓN POLVO/ASFALTO	1.4		1.3		1.2		1.1					

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°30**. Se evidencia que al realizar el diseño de mezclas asfálticas con el método Marshall para la mezcla asfáltica convencional en caliente a una temperatura máxima de mezclado de 145°C, tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; las proporciones de peso en piedra chancada es de un 40%, arena natural un 33%, arena chancada 27%; se elaboró 3 briquetas con 5%, 5.5%, 6% y 6.5% en peso de mezcla total cumpliendo con los requisitos mínimos y máximos del Manual de Carreteras (EG-2013). Obteniéndose diferentes valores de Estabilidad/Flujo, flujo, porcentaje de vacíos que luego será analizados para obtener el óptimo contenido de asfalto en la mezcla convencional.

Figura 11

Gráficos para determinar el óptimo contenido de asfalto en el diseño de mezcla convencional



Nota: Elaboración propia

Tabla 31

Resumen del optimo contenido de asfalto en la mezcla a través del Método Marshall (ASTM D-6927).

CARACTERÍSTICAS MARSHALL					
N° DE GOLPES				75	
CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO	(%)		5.6	5.8	6.0
PESO ESPECÍFICO	(g/cm ³)	(ASTM D-1188)	2.446	2.454	2.461
ESTABILIDAD	(lb)	(ASTM D-1559)	2326	2391	2415
FLUJO	(0,01")	(ASTM D-1559)	11.1	11.6	12.1
VACÍOS DE AIRE	(%)	(ASTM D-3203)	4.9	4.4	3.8
VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A)	(%)	(ASTM D-1559)	17.2	17.1	16.8
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO	(%)	(ASTM D-1559)	71.4	74.5	77.4
ABSORCIÓN DEL ASFALTO	(%)	(ASTM D-4469)		0.6	
ESTABILIDAD / FLUJO	(Kg/cm)	(ASTM D-1559)	3746	3671	3567
RELACIÓN POLVO - ASFALTO (*)			1.2	1.1	1.1
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT.	(°C)			145.0	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°31**. Se evidencia que, al realizar el análisis de los gráficos, obtuvimos como porcentaje óptimo de asfalto 5.8% en peso de la mezcla total. Se obtuvieron valores de estabilidad igual a 2391 lb (10.6 kN), la relación estabilidad/flujo es de 3671 kg/cm, presenta un porcentaje de vacíos igual a 4.4%, los valores se encuentran dentro de los parámetros del Manual de carreteras (EG-2013).

Tabla 32

Diseño de mezcla asfáltica con Polietileno de Tereftalato (PET). (0.25%, 0.30% y 0.35%).

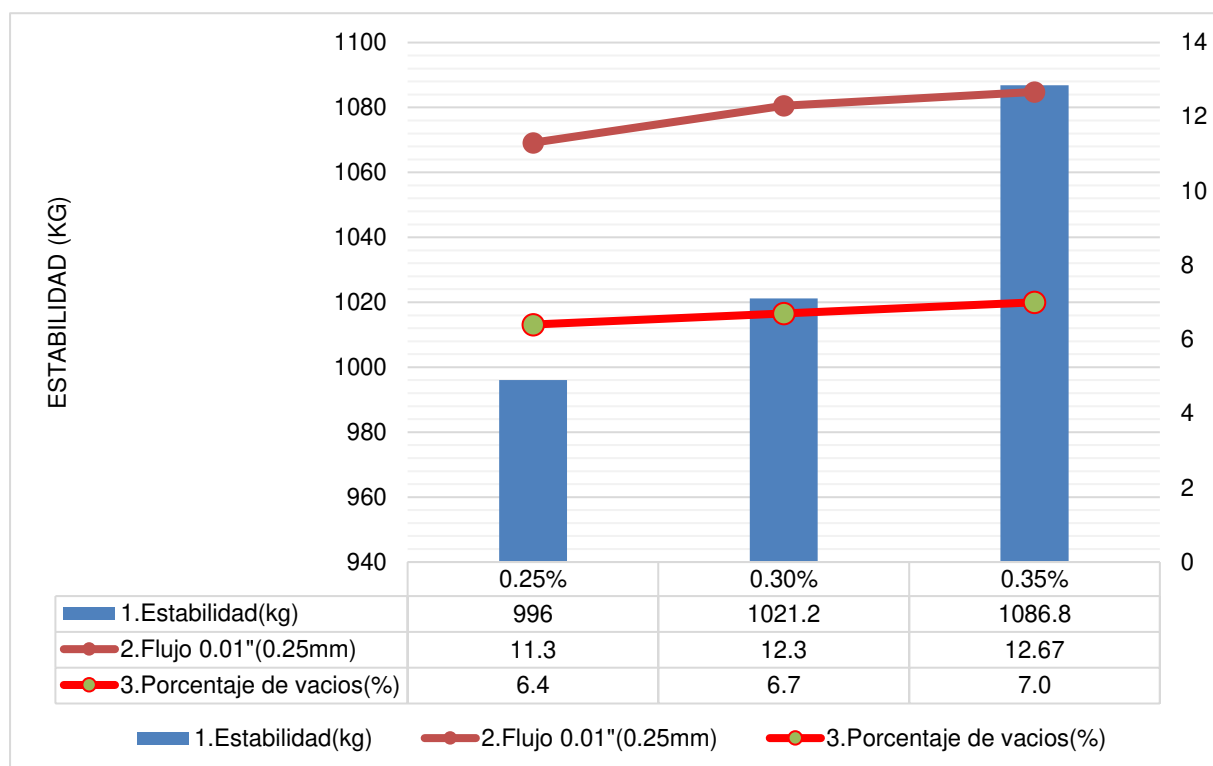
N°	DENOMINACIÓN		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	(%)		5.8			5.8			5.8	
2	AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		40.31			40.29			40.27	
3	AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		53.64			53.61			53.58	
4	PET EN PESO DE LA MEZCLA	(%)		0.25			0.30			0.35	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	(g/cm ³)		1.000			1.000			1.000	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCADO - BULK	(g/cm ³)		2.884			2.884			2.884	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - BULK BASE	(g/cm ³)		2.732			2.732			2.732	
8	PESO ESPECÍFICO DEL PET	(g/cm ³)		1.350			1.350			1.350	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA	(cm)	6.70	6.80	6.70	6.70	6.80	6.70	6.60	6.70	6.70
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (1)	(g)	1270.2	1270.7	1269.4	1272.9	1272.1	1268.4	1267.4	1268.6	1267.3
11	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2)	(g)	1271.7	1272.0	1271.2	1273.3	1273.1	1269.6	1269.0	1270.9	1269.5
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA	(g)	739.4	738.8	739.0	738.3	738.2	735.7	734.1	736.3	734.2
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	(cm ³)	532.3	533.2	532.2	535.0	534.9	533.9	534.9	534.6	535.3
14	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA	(g/cm ³)	2.386	2.383	2.385	2.379	2.378	2.376	2.369	2.373	2.367
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041)	(g/cm ³)		2.548			2.547			2.547	
16	VACÍOS	(%)	6.4	6.5	6.4	6.6	6.6	6.7	7.0	6.8	7.1
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	(g/cm ³)		2.787			2.786			2.784	
18	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A.)	(%)	19.4	19.5	19.4	19.6	19.6	19.7	19.9	19.8	20.0
19	VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	(%)	67.1	66.7	67.0	66.3	66.1	65.9	64.9	65.4	64.6
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(g/cm ³)		2.816			2.815			2.815	
21	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	(%)		0.38			0.37			0.40	
22	ASFALTO EFECTIVO	(%)		5.4			5.5			5.4	
23	FLUJO	(0,01Pul/g)	12	11	11	12	12	13	12	13	13
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	(kg)	1034.0	1039.0	1039.6	1071.1	1063.4	1056.7	1137.2	1133.8	1125.1
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
26	ESTABILIDAD CORREGIDA	(kg)	992.7	997.4	998.0	1028.2	1020.8	1014.4	1091.7	1088.4	1080.1
27	RELACIÓN ESTAB./FLUJO	(k/g/cm)	3257	3570	3572	3373	3349	3072	3582	3296	3271
28	RELACIÓN POLVO/ASFALTO			1.2			1.2			1.2	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°32**. Se evidencia que al realizar el ensayo Marshall incorporando Polietileno de Tereftalato (PET) a la mezcla asfáltica en caliente a una temperatura máxima de 145°C, tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; con un óptimo contenido asfáltico de 5.8%, con las siguientes proporciones: piedra chancada un 40%, arena natural un 32%, arena chancada 27% y con las proporciones variables de PET al 0.25%, 0.30% y 0.35%; se observa que cumple con los requisitos mínimos y máximos del Manual de Carreteras (EG-2013).

Figura 12

Análisis de resultados de Estabilidad, Flujo y Porcentaje de vacíos



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 12**. Se evidencia que al incorporar 0.25% de PET a la mezcla asfáltica presenta una menor estabilidad respecto a los otros porcentajes ensayados, sin embargo, el valor del flujo es el de menor porcentaje, el porcentaje de vacíos en los tres casos están fuera de los parámetros que establece las especificaciones técnicas. Por lo tanto, el óptimo porcentaje de PET es de 0.25%, donde la relación Estabilidad/Flujo es igual a 3466 kg/cm siendo este el de mayor valor obtenido.

Tabla 33

Diseño de mezcla asfáltica con Cenizas volantes (1.0%, 1.5% y 2.0%)

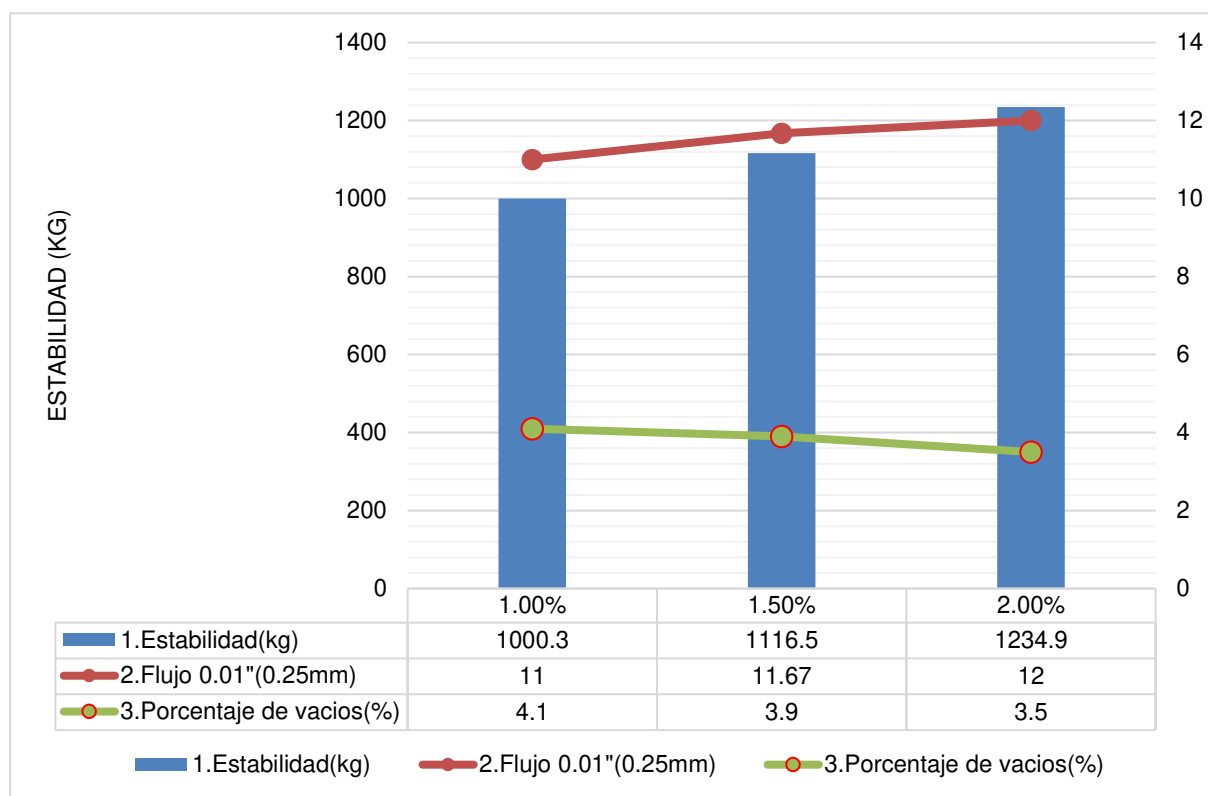
N°	DENOMINACIÓN		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)			5.8			5.8			5.8	
2	AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)			39.99			39.78			39.56	
3	AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)			53.21			52.92			52.64	
4	CENIZA VOLANTE EN PESO DE LA MEZCLA (%)			1.00			1.50			2.00	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE (q/cm ³)			1.000			1.000			1.000	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCADO - BULK (q/cm ³)			2.884			2.884			2.884	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - BULK BASE (q/cm ³)			2.732			2.732			2.732	
8	PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA VOLANTE (q/cm ³)			2.260			2.260			2.260	
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)		6.80	6.70	6.70	6.80	6.80	6.70	6.70	6.80	6.70
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (1) (g)		1268.1	1269.6	1268.2	1268.7	1269.3	1271.5	1270.4	1270.3	1273.9
11	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2) (g)		1269.2	1270.5	1269.2	1269.6	1270.0	1272.4	1271.3	1271.0	1275.1
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)		746.7	747.9	746.9	748.2	748.5	750.3	750.9	751.2	753.2
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)		522.5	522.6	522.3	521.4	521.5	522.1	520.4	519.8	521.9
14	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (q/cm ³)		2.427	2.429	2.428	2.433	2.434	2.435	2.441	2.444	2.441
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041) (q/cm ³)			2.533			2.532			2.530	
16	VACÍOS (%)		4.2	4.1	4.2	3.9	3.9	3.8	3.5	3.4	3.5
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (q/cm ³)			2.788			2.785			2.781	
18	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A.) (%)		18.0	17.9	18.0	17.7	17.7	17.6	17.4	17.3	17.4
19	VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)		76.8	77.1	76.9	77.9	78.1	78.3	79.8	80.4	79.8
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (q/cm ³)			2.797			2.796			2.793	
21	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)			0.12			0.14			0.16	
22	ASFALTO EFECTIVO (%)			5.7			5.7			5.7	
23	FLUJO (0,01 Pulq)		11	11	11	12	12	11	11	13	12
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (ka)		995.3	999.8	1005.7	1111.9	1118.8	1118.8	1230.5	1240.4	1233.9
25	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
26	ESTABILIDAD CORREGIDA (ka)		995.3	999.8	1005.7	1111.9	1118.8	1118.8	1230.5	1240.4	1233.9
27	RELACIÓN ESTAB./FLUJO (k/q/cm)		3562	3578	3600	3648	3671	4004	4404	3756	4048
28	RELACIÓN POLVO/ASFALTO			1.1			1.1			1.1	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°33**. Se evidencia que al realizar el ensayo Marshall incorporando diferentes porcentajes de Cenizas Volantes (CV) a la mezcla asfáltica caliente a una temperatura máxima de 145°C, de tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; con un óptimo contenido asfáltico de 5.8%, con las siguientes proporciones: Piedra chancada un 40%, Arena natural un 32%, Arena chancada 27% y con las proporciones variables de Cenizas Volantes (CV) de 1.00%, 1.50% y 2.00%; cumpliendo con los requisitos mínimos y máximos del Manual de Carreteras (EG-2013).

Figura 13

Análisis de resultados de Estabilidad, Flujo y Porcentaje de vacíos



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 13**. Se evidencia que la incorporación de 1.0% de cenizas volantes a la mezcla asfáltica presenta una menor estabilidad respecto a los otros porcentajes ensayados, un menor flujo y una relación Estabilidad/Flujo de 3580 kg/cm. El añadir 1.5% de cenizas volantes eleva el valor de la estabilidad, flujo, reduce el porcentaje de vacíos y presenta una relación Estabilidad/Flujo igual a 3774 kg/cm. Agregando el 2.0% de cenizas volantes incrementa la estabilidad, reduce el porcentaje de vacíos, aumenta el valor del flujo y presenta una relación Estabilidad/Flujo igual a 4069 kg/cm. Debido a estos resultados el óptimo porcentaje de cenizas volantes es de 2.0% en peso de la mezcla asfáltica total.

Tabla 34

Diseño de mezcla asfáltica con Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%) y Cenizas volantes (2.0%)

N°	DENOMINACIÓN		1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)	(%)		5.0			5.5			6.0			6.5	
2	AGREGADO GRUESO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)	(%)		39.80			39.58			39.37			39.15	
3	AGREGADO FINO (N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)	(%)		52.95			52.67			52.38			52.10	
4	PET EN PESO DE LA MEZCLA (%)	(%)		0.25			0.25			0.25			0.25	
5	CENIZA VOLANTE EN PESO DE LA MEZCLA (%)	(%)		2.00			2.00			2.00			2.00	
6	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APAR (g/cm ³)	(g/cm ³)		1.000			1.000			1.000			1.000	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCA (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.884			2.884			2.884			2.884	
8	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - F (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.732			2.732			2.732			2.732	
9	PESO ESPECÍFICO DEL PET (g/cm ³)	(g/cm ³)		1.350			1.350			1.350			1.350	
10	PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA VOLANTE (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.260			2.260			2.260			2.260	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	(cm)	6.60	6.70	6.70	6.70	6.70	6.80	6.80	6.70	6.70	6.70	6.80	6.80
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (1) (g)	(g)	1249.9	1263.9	1258.6	1263.6	1261.7	1266.2	1268.2	1269.7	1273.5	1281.0	1279.9	1280.9
13	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2) (g)	(g)	1251.8	1265.0	1260.4	1270.2	1262.3	1267.8	1269.0	1270.8	1274.7	1281.6	1280.6	1281.2
14	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)	(g)	726.6	732.8	730.8	741.6	737.5	741.1	746.0	747.1	748.9	758.3	757.3	758.1
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm ³)	(cm ³)	525.2	532.2	529.6	528.6	524.8	526.7	523.0	523.7	525.8	523.3	523.3	523.1
16	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	(g/cm ³)	2.380	2.375	2.376	2.402	2.404	2.404	2.425	2.424	2.422	2.448	2.446	2.449
17	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041) (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.553			2.544			2.536			2.532	
18	VACÍOS (%)	(%)	6.8	7.0	6.9	5.6	5.5	5.5	4.4	4.4	4.5	3.3	3.4	3.3
19	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.774			2.773			2.773			2.773	
20	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A.) (%)	(%)	20.2	20.4	20.3	19.9	19.8	19.8	19.1	19.1	19.2	18.3	18.4	18.3
21	VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)	(%)	66.5	65.8	65.9	71.9	72.2	72.2	77.1	76.9	76.6	81.9	81.5	82.1
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (g/cm ³)	(g/cm ³)		2.780			2.795			2.812			2.834	
23	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	(%)		0.08			0.29			0.50			0.77	
24	ASFALTO EFECTIVO (%)	(%)		4.9			5.2			5.5			5.8	
25	FLUJO (0,01 Pulg)		9	10	9	10	11	11	12	12	11	12	13	13
26	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	(kg)	994.2	990.3	990.8	1152.5	1144.2	1130.1	1156.4	1192.1	1240.0	976.2	998.1	1023.1
27	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
28	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	(kg)	954.5	950.7	951.2	1106.4	1098.5	1084.9	1110.2	1144.4	1190.4	937.1	958.2	982.1
29	RELACIÓN ESTAB./FLUJO (kg/cm)	(kg/cm)	4175	3743	4161	4356	3931	3883	3642	3755	4260	3075	2902	2974
30	RELACIÓN POLVO/ASFALTO			1.3			1.2			1.1			1.1	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°34**. Se observa que al realizar el diseño de mezcla con la siguiente combinación de **Cenizas Volantes (2.0%) más Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%)**, para realizar el método Marshall a la mezcla asfáltica caliente a una temperatura máxima de 145°C, de tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; con un óptimo contenido asfáltico de 5.9%; se usó las siguientes proporciones: Piedra chancada un 40%, Arena natural un 33%, Arena chancada 27%. Con lo que se obtuvo las siguientes tablas de las características de Marshall y características del asfalto.

Tabla 35

Características de las Mezclas asfálticas para obtener un nuevo optimo porcentaje de asfalto.

CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS				
% CA	5.0	5.5	6.0	6.5
P. ESPECIFICO (g/cm³)	2.377	2.403	2.424	2.448
% VACIOS	6.9	5.5	4.4	3.3
V. M. A. (%)	20.3	19.8	19.2	18.4
% VACIO LLENO C.A.	66.1	72.1	76.9	81.8
FLUJO (0.01")	9.3	10.7	11.7	12.7
ESTABILIDAD (lb)	2094.7	2412.5	2526.3	2110.1
ESTABILIDAD/FLUJO (lb/0.01")	4080.5	4112.2	3937.1	3028.9

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°35**. Se evidencia, 3 briquetas para cada porcentaje de asfalto, siendo un total de 12 briquetas con mezclas asfálticas incorporando los óptimos de PET y cenizas volantes. Los valores obtenidos en los ensayos Marshall, son comparados con los requisitos para mezclas asfálticas que exige el Manual de Carreteras (EG-2013) en concordancia con la Tabla 35.

Tabla 36

Requisitos para las Mezclas asfálticas en caliente

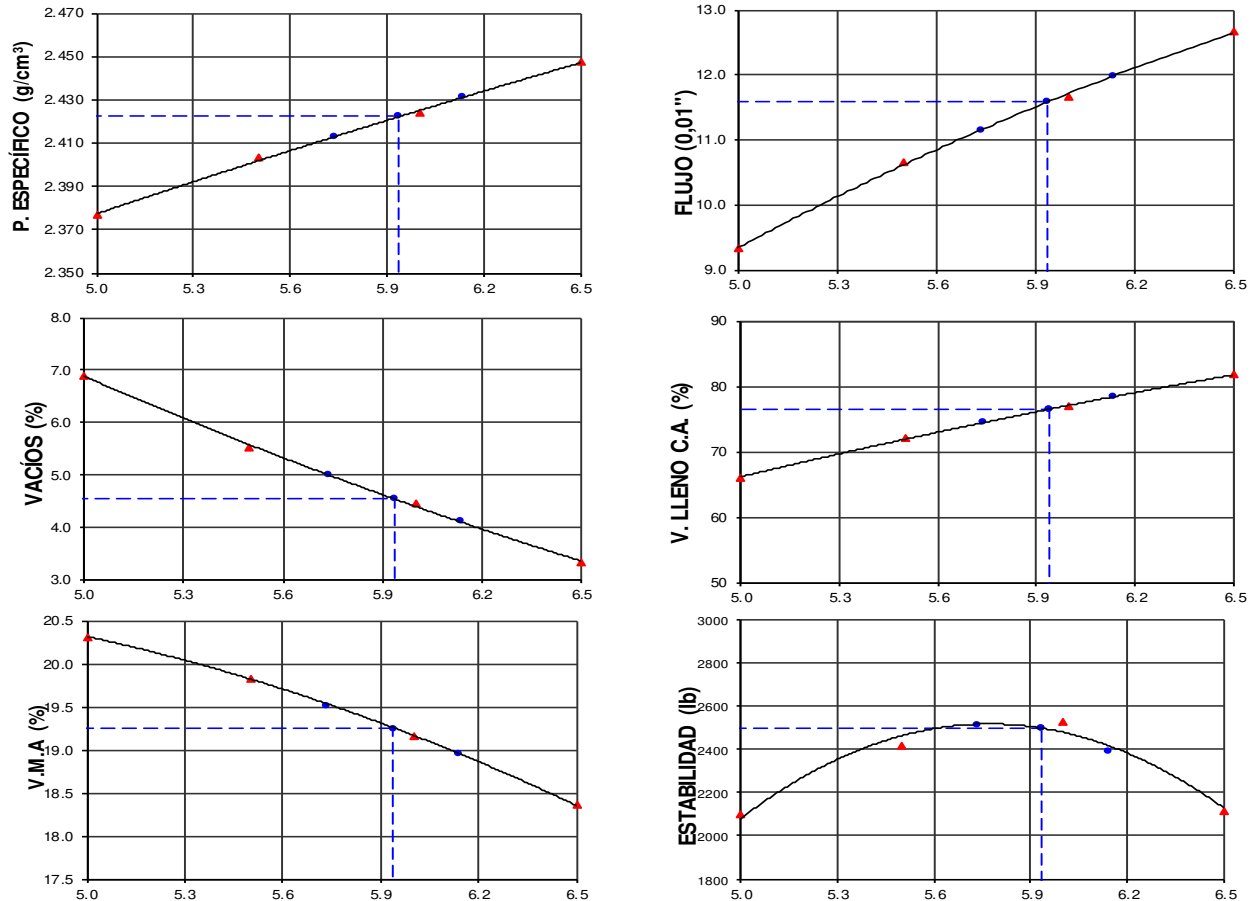
Parámetro de diseño	Clase de Mezcla
Marshall MTC E 504	A
1.Compactacion, numero de golpes por cara	75
2.Estabilidad (mínimo)	8,15kN (831.07 kg)
3.Flujo 0.01"(0.25mm)	8--14
4.Porcentaje de vacíos	3--5
Relación Polvo-Asfalto	0.6--13
Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm)	1700-4000

Nota: Elaboración propia

Figura 14

Gráficos de resultados de ensayo tentativo de mezcla asfáltica en caliente con el método

Marshall: Cenizas Volantes (2.0%) más Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%)



Nota: Elaboración propia

En la **Figura 14**. Se observa que, al realizar el ensayo de Marshall a la mezcla asfáltica caliente a una temperatura máxima de mezclado a 145°C, de tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; se encontró un nuevo óptimo contenido asfáltico de 5.9%; para las siguientes proporciones: Piedra chancada un 40%, Arena natural un 33%, Arena chancada 27%. Se incorporó Ceniza Volante en proporción de 2.00 % y PET en porcentaje de 0.25% donde se obtuvo lo siguiente:

- Peso Específico (g/cm³) = 2.422 (Disminuye en 1.3% respecto a la mezcla asfáltica convencional)

- Porcentaje de vacíos (%) =4.5% (Aumenta en 2.3% respecto a la mezcla asfáltica convencional).
- Porcentaje de Vacíos Agregado Mineral (%) =19.3% (Aumenta en 12.8% respecto al diseño convencional, conforme tiene mayor porcentaje de asfalto en peso de la mezcla.)
- Flujo (0.01") =11.6(se mantiene en comparación con la mezcla asfáltica convencional)
- Vacíos llenos de asfalto (%) =76.5% (Aumentado en 2.7%, conforme tiene mayor porcentaje de asfalto en peso de la mezcla.)
- Estabilidad (Ib.) =2494 Ib. (Aumenta su estabilidad en 4.3%, hasta un punto máximo a un porcentaje de 5.9% de asfalto en peso de mezcla, luego de ese punto empieza a disminuir la estabilidad conformé se agrega mayor proporción de asfalto en peso de la mezcla.)

Tabla 37

Mezcla asfáltica con incorporación Cenizas volantes (2.0%) y Polietileno de Tereftalato (PET) (0.25%).

CARACTERISTICAS MARSHALL			
Nº DE GOLPES		75	
% DE ASFALTO EN PESO DE LA MEZCLA	5.7	5.9	6.1
PESO ESPECIFICO (g/cm ³)	2.413	2.422	2.432
ESTABILIDAD (Ib)	2512	2494	2392
FLUJO (0,01")	11.2	11.6	12.0
VACIOS (%)	5.0	4.5	4.1
V.M.A. (%)	19.5	19.3	19.0
V. LL. C.A. (%)	74.4	76.5	78.4
ABSORCION DEL ASFALTO (%)		0.4	
ESTABILIDAD / FLUJO (Ib/0,01")	4023	3846	3569

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°37**. Se evidencia que al realizar el ensayo Marshall a la mezcla asfáltica caliente en una temperatura máxima de 145°C, de tipo asfáltico sólido y clasificación PEN 60/70; con un óptimo contenido asfáltico de 5.9%%; para las siguientes proporciones: Piedra

chancada un 40%, Arena natural un 33%, Arena chancada 27%. Se incorporó Ceniza Volante en proporción de 2.00 % y Polietileno de Tereftalato (PET) en porcentaje de 0.25%. Se obtuvo que la relación más óptima Estabilidad/Flujo en las proporciones anteriormente mencionadas es de 3846 kg/cm.

Tabla 38

Resumen de Resultados (Estabilidad/Flujo)

	MEZCLA CONVENCIONAL	MEZCLA ASF. + 0.25 %PET	MEZCLA ASF. + 2 %CV	MEZCLA ASF. +0.25 %PET+2 % CV
% CA	5.8	5.8	5.8	5.9
P. ESPECIFICO	2.454	2.385	2.442	2.422
% VACIOS	4.4	6.4	3.5	4.5
V. M. A. (%)	17.1	19.4	17.4	19.3
% VACIO LLENO C.A.	74.5	66.9	80.0	76.5
FLUJO (0.01")	11.6	11.3	12.0	11.6
ESTABILIDAD (Kg)	1084.5	996.0	1234.9	1131.3
ESTABILIDAD/FLUJO	3671.0	3466.0	4069.0	3846.0
REL. POLVO/ASFALTO	1.1	1.2	1.1	1.1

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°38**. Se elaboraron, 42 briquetas para las muestras asfálticas correspondientes: 12 briquetas para muestra asfáltica convencional de la cual el mejor óptimo de asfalto es 5.8% que nos dio como resultado una estabilidad de 1084.5 kg con una relación Estabilidad/Flujo de 3671 kg/cm, 9 briquetas para muestra asfáltica con incorporación de PET siendo la más óptima para la mezcla asfáltica 0.25% ,arrojando una estabilidad de 996 kg con una relación de Estabilidad/Flujo de 3466 kg/cm, 9 briquetas para la muestra asfáltica con incorporación de cenizas volantes obtenido como la más óptima 2.00% de cenizas, que nos resultó una estabilidad de 1234.9 kg, con una relación de Estabilidad/Flujo de 4069 kg/cm, y por último se realizó 12 briquetas para la mezcla asfáltica combinando el mejor óptimo de

polietileno de tereftalato (PET) y el mejor óptimo de cenizas volantes (CV) , obteniéndose como el más óptimo para una mezcla asfáltica en caliente un 5.9% de contenido óptimo de asfalto 0.25% de PET más 2.00% de cenizas volantes obteniendo una estabilidad de 1131.3 kg con una relación de Estabilidad/Flujo de 3846 kg/cm.

4.3 Relación Estabilidad-Flujo

Para responder el primer objetivo específico de esta investigación, analizamos la influencia al añadir plástico PET y cenizas volantes en la relación de Estabilidad/Flujo de la mezcla asfáltica 60 -70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica. Nos dio como resultado:

- ❖ Al incorporar Polietileno de Tereftalato (PET) cada vez en mayor porcentaje a la mezcla asfáltica convencional, la relación de Estabilidad / Flujo tiene una tendencia a ir disminuyendo.
- ❖ En cambio, al incorporar Cenizas Volantes (CV) cada vez en mayor porcentaje a la mezcla asfáltica tradicional, ocurre lo contrario, la relación de Estabilidad / Flujo va aumentando.
- ❖ También se realizó la incorporación de los materiales Cenizas Volantes (CV) y Polietileno de Tereftalato (PET) en combinación, para ambos se obtuvo porcentajes óptimos de 2% y 0.25% respectivamente. Luego al realizar una comparación con la mezcla asfáltica convencional se ha notado que la relación Estabilidad / Flujo aumento en 4.76 %, alcanzando una estabilidad máxima con el óptimo porcentaje de 5.9% de óptimo de asfalto en peso de la mezcla; por lo tanto, la mezcla asfáltica presenta una rigidez adecuada haciendo que el pavimento flexible sea capaz de resistir cargas de tráfico con un mejor comportamiento en su estructura.
- ❖ De las 42 muestras analizadas en sus diferentes porcentajes se encontró que sus óptimos porcentajes para una mejor relación de estabilidad/flujo, de los cuales estos fueron los

resultados: Para mezcla convencional y un óptimo de asfalto de 5.8% se obtuvo 3671 kg/cm; para una mezcla asfáltica en caliente considerando 5.8% de asfalto óptimo e incorporando 0.25% PET se obtuvo 3466 kg/cm; para la mezcla asfáltica en caliente con 5.8% de asfalto óptimo incluyendo 2.00% de cenizas volantes se obtuvo 4069 kg/cm y para una mezcla asfáltica en caliente con 5.9% de contenido óptimo de asfalto incluyendo porcentajes óptimos de 0.25%PET y 2.00%CV se obtuvo 3846 kg/cm. De estas 4 muestras óptimas se concluye que la mejor relación estabilidad / flujo se ha logrado con la *incorporación de 0.25% de PET más 2% de Cenizas volantes a la mezcla asfáltica en caliente.*

4.4 Estabilidad

Para los resultados del segundo objetivo específico: Incorporar cenizas volantes y plástico PET para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica. Se obtuvo lo siguiente:

Tabla 39

Resumen de Resultados (Estabilidad)

	MEZCLA CONVENCIONAL	MEZCLA ASF. + 0.25 %PET	MEZCLA ASF. + 2 %CV	MEZCLA ASF. +0.25 %PET+2% CV
% CA	5.8	5.8	5.8	5.9
P. ESPECIFICO	2.454	2.385	2.442	2.422
% VACIOS	4.4	6.4	3.5	4.5
V. M. A. (%)	17.1	19.4	17.4	19.3
% VACIO LLENO C.A.	74.5	66.9	80.0	76.5
FLUJO (0.01")	11.6	11.3	12.0	11.6
ESTABILIDAD (Kg)	1084.5	996.0	1234.9	1131.3
ESTABILIDAD/FLUJO REL.	3671.0	3466.0	4069.0	3846.0
POLVO/ASFALTO	1.1	1.2	1.1	1.1

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°39**. Se hicieron el diseño de 42 briquetas para las muestras asfálticas correspondientes: 12 briquetas para muestra asfáltica convencional de la cual se trabajó con un óptimo contenido asfáltico de 5.80% que nos dio como resultado un 4.40% de vacíos y una estabilidad de 1084.5 kg ; 9 briquetas para la mezcla asfáltica con incorporación de PET , se mantuvo el mismo óptimo contenido de asfalto 5.8% .Realizando el análisis de los porcentajes de PET incorporado , 0.25%PET es el más óptimo dando como resultado 6.40% de vacíos y una estabilidad de 996 kg ; 9 briquetas para muestra asfáltica con incorporación de cenizas volantes donde se mantuvo el contenido óptimo de asfalto de 5.8% y evaluando diferentes porcentajes de cenizas volantes , resulto que al añadir 2% es el más óptimo dando como resultado 3.50% de vacíos y una estabilidad de 1234.9 kg ; por último se realizó 12 briquetas para las muestras asfálticas combinando el mejor óptimo PET más el mejor óptimo de cenizas volantes , obteniéndose como nuevo contenido óptimo de asfalto 5.9 % y resultando 4.50% de vacíos y una estabilidad de 1131.3 kg.

Incorporar cenizas volantes y plástico PET para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica. De las 42 muestras analizadas en sus diferentes contenidos se encontró que sus óptimos porcentajes para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltica, dieron como resultado lo siguiente:

Tabla 40

Resumen de Resultados

	MEZCLA CONVENCIONAL	MEZCLA ASF. + 0.25 %PET	MEZCLA ASF. + 2 %CV	MEZCLA ASF. +0.25%PET+2%CV
% CEMENTO ASFALTICO	5.8	5.8	5.8	5.9
ESTABILIDAD (Kg)	1084.5	996.0	1234.9	1131.3

Nota: Elaboración propia

4.5 Estimación de costo de la incorporación más óptima

Para los resultados del objetivo específico en el cual indica: Determinar el costo de la incorporación más óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica. Se obtuvo lo siguiente:

4.5.1 Evaluación económica

Tabla 41

Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica convencional PEN60/70.

01.01.01		PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70						
Rendimiento	m ² /DIA	MO.	11,400.0000	EQ.	11,400.0000	Costo unitario directo por : m ²	25.41	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010005	CAPATAZ			hh	1.0000	0.0007	27.49	0.02
0101010005	PEON			hh	3.0000	0.0021	18.61	0.04
01010300000005	OPERARIO			hh	2.0000	0.0014	26.14	0.04
								0.10
	Materiales							
02130300010003	PETROLEO DIESEL #2			gln		0.2222	18.50	4.11
02130300010005	ARENA NATURAL ZARANDEADA (P/ASFALTO)			m ³		0.0170	50.00	0.85
02130300010006	PIEDRA CHANCADA			m ³		0.0230	45.50	1.05
02130300010007	ARENA CHANCADA			m ³		0.0140	61.97	0.87
02130300010009	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70			gln		0.7400	14.13	10.46
02130300010010	MEJORADOR DE ADHERENCIA			kg		0.0037	9.48	0.04
02130300010010	FILLER (CAL HIDRATADA)			kg		1.3319	5.35	7.13
								24.49
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			% mo		3%	0.10	0.00
0301000009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd ³			hm	1.0000	0.0007	165.08	0.12
0301000007	CALENTADOR DE ACEITE 5HP 468P3			hm	1.0000	0.0007	15.55	0.01
0301000008	SECADOR DE ARIDOS 2 MOTOR 70HP 60-115T/h			hm	1.0000	0.0007	40.65	0.03
0301000010	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW			hm	1.0000	0.0007	152.8300	0.11
0301000011	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW			hm	2.0000	0.0014	129.3800	0.18
0301000012	PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 150 Ton/hr			hm	1.0000	0.0007	530.0000	0.37
								0.82

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°41**. Se evidencia que el costo unitario directo por metro cuadrado (m²) para la producción de mezcla asfáltica convencional de PEN 60/70 y contenido óptimo de asfalto de 5.8% es de S/. 25.41.

Tabla 42

Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con PET 0.25%.

Partida	01.01.02 PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON PET						
Rendimiento	m2/DIA	MO.	11,400.0000	EQ.	11,400.0000	Costo unitario directo por : m2	20.68
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
0101010005	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0007	27.49	0.02
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0021	18.61	0.04
01010300000005	OPERARIO		hh	2.0000	0.0014	26.14	0.04
							0.10
	Materiales						
02130300010003	PETROLEO DIESEL #2		gln		0.2222	18.50	4.11
02130300010005	ARENA NATURAL ZARANDEADA (P/ASFALTO)		m3		0.0164	50.00	0.82
02130300010006	PIEDRA CHANCADA		m3		0.0220	45.50	1.00
02130300010007	ARENA CHANCADA		m3		0.0134	61.97	0.83
02130300010009	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70		gln		0.8500	14.13	12.01
02130300010010	MEJORADOR DE ADHERENCIA		kg		0.0037	9.48	0.04
02130300010011	PLASTICO TRITURADO (PET) (0.25%) incl. Transporte		kg		0.1875	5.10	0.96
							19.76
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3%	0.10	0.00
0301000009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0007	165.08	0.12
0301000007	CALENTADOR DE ACEITE 5HP 468P3		hm	1.0000	0.0007	15.55	0.01
0301000008	SECADOR DE ARIDOS 2 MOTOR 70HP 60-115T/h		hm	1.0000	0.0007	40.65	0.03
0301000010	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW		hm	1.0000	0.0007	152.8300	0.11
0301000011	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW		hm	2.0000	0.0014	129.3800	0.18
0301000012	PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 150 Ton/hr		hm	1.0000	0.0007	530.0000	0.37
							0.82

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°42**. Se evidencia que el costo unitario directo por metro cuadrado (m2) para una producción de mezcla asfáltica PEN 60/70, usando 5.8% como contenido óptimo de asfalto y añadiendo 0.25% de PET es de S/. 20.68.

Tabla 43

Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con Cenizas volantes al 2.00%.

Partida	01.01.02 PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON CV						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 11,400.0000		EQ. 11,400.0000		Costo unitario directo por : m2	19.69
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/
	Mano de Obra						
0101010005	CAPATAZ		hh	1.0000	0.0007	27.49	0.02
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0021	18.61	0.04
01010300000005	OPERARIO		hh	2.0000	0.0014	26.14	0.04
							0.10
	Materiales						
02130300010003	PETROLEO DIESEL #2		gln		0.2222	18.50	4.11
02130300010005	ARENA NATURAL ZARANDEADA (P/ASFALTO)		m3		0.0160	50.00	0.80
02130300010006	PIEDRA CHANCADA		m3		0.0219	45.50	1.00
02130300010007	ARENA CHANCADA		m3		0.0132	61.97	0.82
02130300010009	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70		gln		0.8500	14.13	12.01
02130300010010	MEJORADOR DE ADHERENCIA		kg		0.0037	9.48	0.04
02130300010011	CENIZAS VOLANTES (2%)incl. Transporte		m3		0.0011	5.55	0.01
							18.77
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		% mo		3%	0.10	0.00
0301000009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3		hm	1.0000	0.0007	165.08	0.12
0301000007	CALENTADOR DE ACEITE 5HP 468P3		hm	1.0000	0.0007	15.55	0.01
0301000008	SECADOR DE ARIDOS 2 MOTOR 70HP 60-115T/h		hm	1.0000	0.0007	40.65	0.03
0301000010	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW		hm	1.0000	0.0007	152.83	0.11
0301000011	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW		hm	2.0000	0.0014	129.38	0.18
0301000012	PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 150 Ton/hr		hm	1.0000	0.0007	530.00	0.37
							0.82

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°43**. Se evidencia que el costo unitario directo por metro cuadrado (m2) para una producción de mezcla asfáltica PEN 60/70, usando 5.8% como contenido óptimo de asfalto y añadiendo 2.00% de cenizas volantes es de S/. 19.69.

Tabla 44

Análisis de Costos Unitarios para Mezcla asfáltica con PET 0.25% y Cenizas volantes 2.00%.

Partida	01.01.02 PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON CV +PET							
Rendimiento	m2/DIA	MO.	11,400.0000	EQ.	11,400.0000	Costo unitario directo por : m2	26.02	
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra							
0101010005	CAPATAZ			hh	1.0000	0.0007	27.49	0.02
0101010005	PEON			hh	3.0000	0.0021	18.61	0.04
01010300000005	OPERARIO			hh	2.0000	0.0014	26.14	0.04
								0.10
	Materiales							
02130300010003	PETROLEO DIESEL #2			gln		0.2222	18.50	4.11
02130300010005	ARENA NATURAL ZARANDEADA (P/ASFALTO)			m3		0.0160	50.00	0.80
02130300010006	PIEDRA CHANCADA			m3		0.0220	45.50	1.00
02130300010007	ARENA CHANCADA			m3		0.0131	61.97	0.81
02130300010009	CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70			gln		0.8700	14.13	12.29
02130300010010	MEJORADOR DE ADHERENCIA			kg		0.6314	9.48	5.99
02130300010011	PLASTICO TRITURADO (0.25% PET)incl. Transporte			kg		0.0188	5.10	0.10
02130300010011	CENIZAS VOLANTES (2%)incl. Transporte			m3		0.0011	5.55	0.01
								25.10
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES			% mo		3%	0.10	0.00
0301000009	CARGADOR SOBRE LLANTAS 125-155 HP 3 yd3			hm	1.0000	0.0007	165.08	0.12
0301000007	CALENTADOR DE ACEITE 5HP 468P3			hm	1.0000	0.0007	15.55	0.01
0301000008	SECADOR DE ARIDOS 2 MOTOR 70HP 60-115T/h			hm	1.0000	0.0007	40.65	0.03
0301000010	GRUPO ELECTROGENO 230 HP 150 KW			hm	1.0000	0.0007	152.83	0.11
0301000011	GRUPO ELECTROGENO 116 HP 75 KW			hm	2.0000	0.0014	129.38	0.18
0301000012	PLANTA DE ASFALTO DE 60 - 150 Ton/hr			hm	1.0000	0.0007	530.00	0.37
								0.82

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°44**. Se evidencia que el costo unitario directo por metro cuadrado (m2) para una producción de mezcla asfáltica PEN 60/70 incorporando 2% de cenizas más 0.25% de PET, es de S/. 26.02. Para ello se calculó un nuevo óptimo contenido de asfalto siendo 5.9%.

4.5.2 Análisis de costos

Tabla 45

Metrado de las calles de la Urb. San Camilo-Parcona-Ica.

DESCRIPCION	LONGITUD (m)	ANCHO DE VIA(m)	AREA(m2)	ESPEJOR
calle F	193.82	5.4	1046.628	2"
calle E	138.67	5.4	748.818	2"
calle D	145.41	5.4	785.214	2"
calle C	143.28	5.4	773.712	2"
calle 1	187.5	5.4	1012.5	2"
calle 2	188.38	5.4	1017.252	2"
Av. Vista Alegre	197.1	9.2	1813.32	2"
Total	1194.16		7197.444	

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°45**. Se evidencia que al realizar el metrado de las calles y avenidas del

área estudiada, se obtuvo una longitud total de 1194.16 metros (m) y un área total de 7197.444 metros cuadrados (m²), con una carpeta asfáltica de 2 pulgadas.

Tabla 46

Presupuesto estimado de las 4 mezclas asfálticas ensayas.

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
01	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70				182,859.23
01.01	Mezcla asfáltica en caliente (e=2")	m2	7,197.44	25.41	182,859.23
02	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON 0.25% PET				148,831.60
02.01	Mezcla asfáltica en caliente adic. 0.25% PET (e=2")	m2	7,197.44	20.68	148,831.60
03	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON 2.0% CV				141,709.69
03.01	Mezcla asfáltica en caliente adic. 2% CV (e=2")	m2	7,197.44	19.69	141,709.69
04	PRODUCCIÓN DE MEZCLA ASFALT. EN CALIENTE PEN 60/70 CON 0.25% PET Y 2% CV				187,267.01
04.01	Mezcla asfáltica en caliente adic. 0.25% PET y 2% CV (e=2")	m2	7,197.44	26.02	187,267.01

Nota: Elaboración propia

En la **Tabla N°46**. Se evidencia que el presupuesto para la mezcla asfáltica convencional asciende al monto de S/182,859.23; para la mezcla con la incorporación de PET al 0.25% el monto asciende a S/.148,831.60; para la mezcla con incorporación de cenizas volantes con 2.00% el monto asciende a S/.141,709.69 y para la mezcla con la combinación 0.25% de PET más 2.00% de cenizas volantes el monto asciende a S/.187,267.01.

4.5.3 Análisis Comparativo

Respondiendo el tercer objetivo específico el cual es: Determinar el costo de producción de la incorporación más óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica. Lo cual la más óptima de las mezclas asfálticas es la realizada con la incorporación de Cenizas Volantes (2.00% CV) y Tereftalato de Polietileno (PET), puesto que presenta una mejora en sus propiedades de Estabilidad y Flujo dando una mayor durabilidad al pavimento flexible. Por lo tanto, el presupuesto es de S/.187,267.01 con la incorporación más óptima para disminuir el deterioro del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo. El costo por metro cuadrado (m²) varia en S/.0.61 representando un 2.4% respecto a una mezcla convencional. Además, se realizó el cálculo de la cantidad de materiales a utilizar para la producción de mezcla asfáltica será de 8m³ de cenizas volantes y 1.3 toneladas de plástico PET, con un metrado de 7197.44 m².

V. Discusión de resultados

Para el primer objetivo específico, el cual es: *Evaluar la influencia de la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.* Se obtuvo como resultado favorable que al añadir el porcentaje adecuado de 0.25% de Tereftalato de Polietileno (PET) mas 2.00% de ceniza volante (CV) mediante el método Marshall , aumenta la relación Estabilidad / Flujo con respecto al convencional de 3671 kg/cm al modificado 3846 kg/cm con un aumento de 175 kg/cm lo cual disminuye de manera indirectamente al envejecimiento del pavimento flexible haciendo que su comportamiento sea lo suficientemente flexible y a su vez una adecuada rigidez ,para que sea capaz de soportar cargas de tránsito, sin llegar al agrietamiento y teniendo cierta resistencia a las deformaciones. Como antecedente, **Altamirano (2019)** en su proyecto de tesis demostró que al incorporar ceniza volante con el porcentaje adecuado de 0.78% de cenizas volantes, realizando el ensayo Marshall incrementa la relación estabilidad /flujo tradicional de 3439.34 kg/cm al modificado 3809.60 kg/cm con el aumento de 370.26 kg/cm (9.26%) por lo que acorta de forma indirecto al deterioro del asfalto. Realizando una comparación entre el proyecto de tesis que se está investigando y el antecedente, se obtuvieron resultados parecidos al elevar los valores de estabilidad / flujo de la mezcla asfáltica al incorporar cenizas volantes en ambas investigaciones.

También se obtuvo el resultado que al añadir un porcentaje óptimo de 0.25% de PET, mediante el método Marshal disminuyó la relación Estabilidad/Flujo con respecto a la mezcla asfáltico tradicional de 3671 kg/cm e incorporado 0.25% de PET nos resultó 3466 kg/cm, lo cual disminuyó en 101 kg/cm de manera desfavorable. Como antecedente, **Silvestre (2017)** en su investigación agregó el porcentaje de 1.00% de Plástico PET triturado directamente a la mezcla asfáltica, dando como resultado bueno en lo que respecta a estabilidad / flujo de la

mezcla. Realizando una comparación entre el proyecto de tesis desarrollando y el antecedente, se obtuvo resultados diferentes ya que en esta investigación disminuyó la relación Estabilidad / Flujo a comparación que en el antecedente aumentó la relación Estabilidad / Flujo de la mezcla asfáltica al incorporar plástico PET en ambas investigaciones, lo cual se tiene que mejorarse los criterios de la relación estabilidad / flujo con otros porcentajes de PET y considerar fibras más pequeñas de plástico menores a 3.5 mm.

Otro Antecedente, **Suriano (2018)** en su investigación logró demostrar que al incorporar Cenizas volantes hasta en un 1.5% y PET hasta 0.65% en la mezcla asfáltica en caliente mejora la relación Estabilidad / Flujo en comparación a una mezcla asfáltica tradicional en 60,4%. Los resultados son favorables y están dentro del rango exigido en la norma AASHTO (1,700-4,000 kg/cm) y se obtuvo valores en un rango de 1800-3700 kg/cm, el cual aporta una estabilidad adecuada de la mezcla asfáltica. Realizando una comparación entre el proyecto de tesis que se está investigando y el antecedente, se obtuvo resultados muy cercanos y parecidos al elevar los valores de estabilidad/flujo de la mezcla asfáltica al incorporar Cenizas volantes y Tereftalato de polietileno en ambas investigaciones.

Para el segundo objetivo específico, el cual es: *Incorporar cenizas volantes y plástico PET para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltico PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.* Se obtuvo los valores de estabilidad mediante el método Marshall, para la mezcla asfáltica convencional, se trabajó con un óptimo contenido de asfalto de 5.8%, el cual nos dio como resultado 1084.5 kg, luego de añadir el óptimo contenido de cenizas volantes de 2.00%, la estabilidad nos dio 1234.9 kg, aumentando un 13.87% con respecto a la mezcla convencional. Para la estabilidad al incorporar el óptimo de Polietileno de Tereftalato el cual es 0.25% nos resultó 996 kg, lo cual disminuye en 8.16% con respecto a la mezcla patrón. Finalmente, al combinar los porcentajes óptimos de cenizas volantes (2.00%) y polietileno de tereftalato (0.25%) se elevó la estabilidad a 1131.3 kg, lo

cual aumentó en 4.3% respecto a la mezcla convencional. Como antecedente, **Altamirano (2019)** en su proyecto de tesis al incorporar cenizas volantes obtuvo resultados de estabilidad, en la cual colocando el adecuado contenido de asfalto de 6.7% le resultó 1325.98 kg, y cuando añadió cenizas volantes considerando un óptimo porcentaje de 0.92% resultó 1528.7 kg de estabilidad aumentando un 15.3% en comparación con la mezcla asfáltica tradicional. En cuanto al añadir PET, encontró que para un óptimo contenido de asfalto de 6.15% le dio un resultado en estabilidad de 938 kg y cuando se añadió el adecuado contenido de PET de 0.55% nos resultó 955.92 kg aumentando 1.9% la estabilidad de la mezcla modificada. Realizando una comparación entre el proyecto de tesis y el antecedente, se obtuvieron resultados muy cercanos. En la presente investigación analizando la estabilidad al añadir 0.25%, 0.30% y 0.35% de PET vemos que la estabilidad de la mezcla asfáltica tiende a crecer, mientras más aumentamos el porcentaje de plástico triturado. Sin embargo, obtuvimos el 0.25% como óptimo debido al alto porcentaje de vacíos que se producía en comparación con la mezcla convencional. En el caso de añadir cenizas volantes en porcentajes de 1%, 1.5% y 2%, los valores de estabilidad aumentaban y sus porcentajes de vacíos disminuían. En la incorporación óptima de ambos materiales de cenizas volantes y polietileno de tereftalato (2% y 0.25% respectivamente), se obtuvo un aumento en la estabilidad y una mejora en los porcentajes de vacíos, por lo cual la combinación de ambos materiales nos indica que mejora la durabilidad y esto se ve reflejado en un mayor tiempo de vida útil para un pavimento flexible.

Para el tercer objetivo específico, el cual indica: *Determinar el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 con la incorporación más óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.* Si bien se observa que el costo de producción de una mezcla asfáltica incorporando 2% de cenizas volantes es la más económica con S/.19.69 por metro cuadrado (m²), vemos que su relación estabilidad/flujo es elevado y con respecto al Manual de carreteras no estaría

cumpliendo con las especificaciones técnicas para una mezcla asfáltica en caliente, lo cual el pavimento resultaría muy rígido y con riesgo a sufrir agrietamientos en un corto periodo de vida útil, por lo que la opción más óptima es la combinación de ambos agregados (cenizas volantes con 2% y plástico PET con 0.25%) , cumpliendo con los requisitos que exige el Manual de Carretera (EG-2013) . Para esto se obtuvo un costo unitario de S/.26.02 por metro cuadrado (m²), teniendo una variación de S/.0.61 respecto a una mezcla convencional, pero con mejores propiedades haciendo que su tiempo de vida útil sea mayor.

Como antecedente, en el caso de usar plástico PET **Corbacho (2019)**, en su investigación demostró que el costo unitario de la mezcla asfáltica convencional es de S/.248.58 por m³ y para mezcla asfáltica con incorporación de PET de 1.20% por m³. tiene un costo unitario de S/.247.49 por m³. Realizando una comparación entre el proyecto de tesis que se está desarrollando y el antecedente, se obtuvo resultados parecidos en el precio de costos unitarios de PET para incorporar a la mezcla asfáltica.

VI. Conclusiones

6.1 Conclusión 01:

Se evaluó la influencia de la dosificación de cenizas volantes y el plástico PET en la relación de Estabilidad/Flujo aplicando el método Marshall en mezcla asfáltica en caliente, para el diseño de mezcla convencional, se dio la siguiente proporción de agregados como son piedra chancada un 40%, arena natural un 33%, arena chancada 27% con un contenido óptimo de asfalto de 5.8%; concluyendo lo siguiente:

- ✓ Para la mezcla asfáltica convencional óptima se obtuvo Estabilidad / Flujo de 3671 kg/cm.
- ✓ En los ensayos por el método Marshall, la incorporación de cenizas volantes en la mezcla asfáltica con porcentajes de 1.00%, 1.50% y 2.00% aumenta su relación Estabilidad/Flujo conforme aumenta el porcentaje en cenizas.
- ✓ En los ensayos por el método Marshall, la incorporación de plástico PET triturado en la mezcla asfáltica con porcentajes de 0.25%, 0.30% y 0.35% disminuye la relación Estabilidad/Flujo conforme aumenta el porcentaje de plástico PET.
- ✓ Para la mezcla con incorporación de cenizas volantes con su óptimo porcentaje de 2.00% se obtuvo que la relación Estabilidad/Flujo es 4069 kg/cm. Con respecto a la mezcla asfáltica convencional incremento 398 kg/cm en su relación Estabilidad/Flujo.
- ✓ Para la mezcla asfáltica con un 2.00% de cenizas volantes, la relación Estabilidad/Flujo no cumple los requisitos para puesto que presenta una estabilidad por encima de los 4000 kg/cm, de acuerdo al parámetro de diseño del MTC E 504.
- ✓ Para la mezcla con incorporación de plástico PET con su óptimo porcentaje de 0.25% se obtuvo que la relación Estabilidad/Flujo es 3466 kg/cm. Con respecto al diseño de mezcla convencional disminuye 205 kg/cm en su relación Estabilidad/Flujo.
- ✓ Para la combinación de los óptimos de polietileno de tereftalato (PET) más Cenizas

volantes es de 2.00% y 0.25% respectivamente, con un óptimo contenido asfáltico de 5.9% se obtuvo que la relación Estabilidad / Flujo de 3846 kg/cm. Con respecto al diseño de mezcla convencional incremento 175 kg/cm en su relación Estabilidad/Flujo.

6.2 Conclusión 02:

La estabilidad de las mezclas asfálticas se obtuvo mediante el método Marshall, con lo cual se concluye: Para la mezcla asfáltica convencional, se determinó como óptimo contenido de asfalto 5.8%, el cual dio como resultado una estabilidad de 1084.5 kg, según las especificaciones técnicas del MTC E 504 se encuentra aceptable ya que el mínimo es 831.07 kg para mezclas asfálticas en caliente.

Al añadir 2% de cenizas volantes a la mezcla asfáltica, la estabilidad dio como resultado 1234.9 kg, aumentando la estabilidad en 13.9% con respecto a la mezcla convencional. De igual manera se verifica con las especificaciones del MTC E 504 y se encuentra dentro del parámetro.

Al incorporar 0.25 % de polietileno de tereftalato (PET), la estabilidad en la mezcla asfáltica dio como resultado 996 kg, disminuyendo en 8.16% comparándolo con la mezcla convencional.

Y finalmente en la combinación de los óptimos porcentajes de 2.00% de cenizas volantes más 0.25% de plástico PET con un óptimo contenido de asfalto de 5.9% se obtuvo 1131.3 kg en la estabilidad, lo cual aumentó 4.3% respecto a la mezcla patrón tradicional. En conclusión, el incorporar las cenizas volantes y el polietileno de tereftalato (PET) mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica con lo que asegura una mayor durabilidad en el pavimento flexible.

6.3 Conclusión 03:

El diseño de mezcla asfáltica más óptima se encontró al incorporar la combinación de porcentajes de 2.00% de Cenizas Volantes más 0.25% de plástico PET. Por lo tanto, el precio unitario por metro cuadrado (m²) es de S/.26.02, dando como presupuesto para la cantidad total de producción de mezcla asfáltica requerida será de S/.187,267.01. Lo cual mediante ensayos se evidencia la mejora de propiedades en la mezcla asfáltica, dando un adecuado comportamiento del pavimento, aumentando su tiempo de vida útil y logrando disminuir el envejecimiento del pavimento flexible en la habilitación urbana San Camilo.

VII. Recomendaciones

7.1 Recomendación 1

Hacer los ensayos correspondientes de calidad antes de emplearse en la mezcla asfáltica, para tener confiabilidad de los materiales que vamos a utilizar.

7.2 Recomendación 2

Implementar industria en diferentes puntos del país, para el triturado con tamaños menores a 3.5 mm de plásticos reciclados con el fin de utilizarse en mezclas asfálticas con estándares de calidad y así obtener una mejor relación Estabilidad/Flujo con la incorporación de plásticos PET a mezclas asfálticas tradicionales.

7.3 Recomendación 3

Utilizar Cenizas Volantes en un rango de porcentajes de 1.50% - 2.50%, ya que dentro de este rango se ha logrado obtener una mayor estabilidad, menor porcentaje de vacíos y un mayor porcentaje de llenado de vacíos de dicha mezcla asfáltica; en comparación al de la mezcla asfáltica convencional.

7.4 Recomendación 4

Usar Polietileno de Tereftalato y Cenizas Volantes en mezclas asfálticas ya que mejora la estabilidad y reduce el porcentaje de vacíos a comparación de las mezclas asfálticas convencionales y el costo con esta adición no es muy elevado en comparación del convencional.

7.5 Recomendación 5

Se debe priorizar la reutilización de materiales que se desechan, y que posiblemente ocasionen contaminación ambiental como son en este caso el Polietileno de Tereftalato y Cenizas Volantes, su posible reutilización en la industria de la construcción genera un gran beneficio ambiental.

VIII. Referencias

- Abo, I., & Ragab, M. (2019). Benefits of utilization the recycle polyethylene terephthalate waste plastic materials as a modifier to asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 219, 81-90. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.172>
- Altamirano, E. (2020). *Evaluación de la mezcla asfáltica 60 -70 incorporando cenizas volcánicas y plástico PET para disminuir el envejecimiento pavimento flexible San Martin de Porres - 2019*. Repositorio Institucional UCV.
- Amoni, B., Freitas, A., Bessa, R., Oliveira, C., Bastos, M., Azevedo, D., . . . Loiola, A. (2022). Effect of coal fly ash treatments on synthesis of high-quality zeolite A as a potential additive for warm mix asphalt. *Materials Chemistry and Physics*, 275, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.125197>
- Arkin, C., Azoulay, D., Caterbow, A., Chemnitz, C., Duran, C., Eriksen, M., . . . Hernandez, V. (2019). *Atlas del plástico, datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos*. San Salvador: Heintich Boll Stiftung. <https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic%20Atlas%202019%20cambio.pdf>
- Asfiati, S., Zurkiyah, Yani, M., Indrayani, & Prafanti, S. (2022). Analysis of mixed stiffness modulus of different asphalt levels for AC-BC pavement layer with pertamina 60/70 asphalt and 60/70 esso asphalt material. *Conference Series*(2193), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012017>
- Ayasrah, U., Tashman, L., AlOmari, A., & Asi, I. (2023). Development of a temperature prediction model for flexible pavement structures. *Case Studies in Construction Materials*, 18, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01697>
- Bhandari, S., Luo, X., & Wang, F. (2022). Understanding the effects of structural factors and traffic loading on flexible pavement performance. *International Journal of*

Transportation Science and Technology, 1-15.

<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2022.02.004>

Chochabot, J. (2020). *Diseño de pavimento flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en Lomas de Carabayllo – Lima - 2020*. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58111>

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*. Repositorio Institucional UNSAAC. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3571>

Cui, N., Putra, R., Awang, H., Siaw, N., Mohd, M., & Al-Saffar, Z. (2022). Performance of glass powder as bitumen modifier in hot mix asphalt. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 128, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2022.103263>

Earth, G. (2021). *Google Earth*. <https://earth.google.com/web/>

Hernández, R. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: Mc Granw Hill.

Hu, C., Zhou, Z., & Chen, G. (2022). Effects of different types of acid rain on water stability of asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 322, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126308>

Infante, J., y Valderrama, C. (2019). Análisis técnico, económico y medioambiental de la fabricación de bloques de hormigon con polietileno tereftalato reciclado (PET). *Scielo*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025>

Ju, M., Joo, Y., Jung, H., & Jun, J. (2020). Performance evaluation of the use of tire-derived fuel fly ash as mineral filler in hot mix asphalt concrete. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(2), 249-258. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2019.05.004>

- Li, Q., Zhu, C., Zhang, H., & Zhang, S. (2022). Evaluation on long-term performance of emulsified asphalt cold recycled mixture incorporating fly ash by mechanistic and microscopic characterization. *Construction and Building Materials*, 319, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126120>
- Lugeiyamu, L., Kunlin, M., Mensahn, E., & Faraz, A. (2021). Utilization of waste polyethylene terephthalate (PET) as partial replacement of bitumen in stone mastic asphalt. *Construction and Building Materials*, 309, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125176>
- Ma, J., & Hesp, S. (2022). Effect of recycled polyethylene terephthalate (PET) fiber on the fracture resistance of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 342, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127944>
- Mary, D., & Sivakumar, G. (2023). System reliability-based design optimization of flexible pavements using adaptive meta-modelling techniques. *Construction and Building Materials*, 367, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130351>
- Masri, K., Awang, H., Putra, R., Ali, M., Ramli, N., & Arshad, A. (2019). Moisture susceptibility of porous asphalt mixture with Nano silica modified asphalt binder. *Earth and Environmental Science*(244), 1-6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/244/1/012028>
- Ministerio del Ambiente. (2021). *Menos plastico mas vida, cifras del mundo y el Perú*. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Movilla, D., Raposeiras, A., & Olavarría, J. (2019). Effects of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) on Stiffness of Hot Asphalt Mixtures. *Advances in Civil Engineering*, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/6969826>
- Ñaupas et al. (2018). *Metodología de la investigación* (5 ed.). Bogotá: Ediciones de la U. <https://bit.ly/39Econ7>

- Paul, D., Suresh, M., & Pal, M. (2021). Utilization of fly ash and glass powder as fillers in steel slag asphalt mixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 15, 1-16.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00672>
- Peña, J. (2019). *Desempeño mecánico de la mezcla asfáltica en caliente incorporando cenizas volantes provenientes de la termoeléctrica de Ilo*. Repositorio Institucional URP.
<https://hdl.handle.net/20.500.14138/2490>
- Primo SAC. (2022). *Venta de Asfalto PEN 60/70*. <https://bit.ly/3DYNzOH>
- Ren, X., & Sancaktar, E. (2019). Use of fly ash as eco-friendly filler in synthetic rubber for tire applications. *Journal of Cleaner Production*, 206, 374-382.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.202>
- Rodríguez, H. (2018). Carreteras fabricadas con plástico. *National Geographic*.
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/carreteras-fabricadas-plastico_13133
- Rodriguez, L., Chavez, M., Lartategui, F., & Letona, A. (2017). Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envoltentes. *Ingeniería*, 1-16.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/27076/30105>
- Rojales, A., & Centurion, A. (2018). Concepciones actuales sobre la principal medida de prevención de la contaminación del suelo en obras civiles según especialistas. *Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación*.
<http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1539/2228>
- Saeed, I., & Saeed, H. (2020). Mechanical Properties of Polyethylene Terephthalate-Modified Pavement Mixture. *IOP SCIENCE*, 1-9.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/870/1/012073>
- Setiawan, D. (2019). Utilization of 60/70 penetration grade asphalt on ballast structures with the variation of percentage and the number of pouring layers. *Journal of the Mechanical*

- Behavior of Materials*, 28, 107-118. <https://doi.org/10.1515/jmbm-2019-0013>
- Syammaun, T., Meillyta, & Yati, R. (2020). Effect of coconut-shell ash as filler and plastic bottle as substitution of porous asphalt mixture. *IOP SCIENCE*, 1-6. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/821/1/012015>
- Taboada, M. (2017). *Metodología de la Investigación Científica* (1era Edición ed.). Trujillo: Editorial Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo (EDUNT). <https://isbn.cloud/9789972213328/metodologia-de-la-investigacion-cientifica/>
- Tejada, N. (2022). *Diseño de una mezcla asfáltica ecológica usando polietileno de tereftalato (PET) reciclado y caucho molido*. Repositorio USS. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/10270>
- Tumpu, M., Tjaronge, M., Djamaluddin, A., Amiruddin, A., & One, L. (2020). Effect of limestone and buton granular asphalt (BGA) on density of asphalt concrete wearing course (AC-WC) mixture. *Earth an Environmental Science*(419), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/419/1/012029>
- Wozuk, A., Bandura, L., & Franus, W. (2019). Fly ash as low cost and environmentally friendly filler and its effect on the properties of mix asphalt. *Journal of Cleaner Production*, 235, 493-502. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.353>
- Xu, B., Ding, R., Yang, Z., Sun, Y., Zhang, J., Lu, K., . . . Gao, A. (2023). Investigation on performance of mineral-oil-based rejuvenating agent for aged high viscosity modified asphalt of porous asphalt pavement. *Journal of Cleaner Production*, 1-24. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136285>
- Xu, X., Chen, G., Wu, Q., Leng, Z., Chen, X., Zhai, Y., . . . Peng, C. (2022). Chemical upcycling of waste PET into sustainable asphalt pavement containing recycled concrete aggregates: Insight into moisture-induced damage. *Construction and Building Materials*, 360, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129632>

You, L., Long, Z., You, Z., Ge, D., Yang, X., Xu, F., . . . Diab, A. (2022). Review of recycling waste plastics in asphalt paving materials. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9, 742-764. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.07.002>

IX. Anexos

ANEXO A

MATRIZ DE CONSISTENCIA Y MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

a) MATRIZ DE CONSISTENCIA

“EVALUACION DE MEZCLA ASFALTICA 60-70 INCORPORANDO CENIZAS VOLANTES Y PLASTICO PET PARA DISMINUIR EL ENVEJECIMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN EL PROYECTO DE HABILITACION URBANA SAN CAMILO, ICA”						
Elaborado por:						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variabes	Dimensión	Indicador	Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variabes Independientes			Diseño
¿Cómo influye en la mezcla asfáltica PEN 60-70 la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?	Evaluar la mezcla asfáltica PEN 60-70 con incorporación de cenizas volantes y plástico PET para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	La incorporación de cenizas volantes y plástico PET a la mezcla asfáltica PEN 60-70, provoca una disminución en el envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	X1: Cenizas Volantes	Dosificación de ceniza volante	1%-1.5%-2%	Tipo de Investigación Aplicada
			X2: Plásticos PET	Dosificación de plástico PET	0.25%-0.30%-0.35%	Nivel de la Investigación Explicativo Diseño de la Investigación Cuasi experimental Técnica Observación, ensayos y Análisis documental Instrumentos Ficha de observación, Guía de Análisis documental, Ensayos de laboratorio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente			
¿De qué manera influye la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica??	Evaluar la influencia de la incorporación de cenizas volantes y plástico PET en la rigidez de mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	La incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejora la rigidez de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	Y: Envejecimiento de Pavimento Flexible	Agrietamientos y Resistencia a la deformación.	Estabilidad/Flujo (ASTM D-1559) (kg/cm)	

					Población y muestra
¿En qué medida la incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejoran la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?	Incorporar cenizas volantes y plástico PET para aumentar la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	La incorporación de cenizas volantes y plástico PET mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica PEN 60-70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	Vida útil, Periodo de servicio	Estabilidad (ASTM D-1559) (KN)	La población de esta investigación está conformada por el pavimento flexible(1.2km) perteneciente al Proyecto de habilitación urbana San Camilo.
¿Cuál es el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 de la incorporación óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica?	Determinar el costo de producción de mezcla asfáltica PEN60/70 de la incorporación óptima para la disminución del envejecimiento del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica	La incorporación de PET y cenizas volantes genera un ligero aumento del costo de producción para la mezcla asfáltica PEN60/70 del pavimento flexible en el proyecto de habilitación urbana San Camilo, Ica.	Costo	Análisis de Precios Unitarios	

Nota. Elaboración propia.

b) MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Unidades
Variables Independientes					
X1: Cenizas Volantes	Residuo sólido que se obtienen de la combustión de carbón de plantas generadoras de electricidad (Gupta y Bellary, 2018)	Se medirá con la elaboración de briquetas de mezclas asfálticas, añadido como agregado.	Dosificación de ceniza volante	1%-1.5%-2%	%
X2: Plásticos PET	Polímero el cual ha sido resultando de una composición de policondensación concebida entre el etilenglicol (EG) y el tereftálico (PTA) (Jay y Masoud, 2021)	Se medirá con la elaboración de briquetas de mezclas asfálticas, añadido como agregado.	Dosificación de plástico PET	0.25%-0.30%-0.35%	%
Variable Dependiente	Cimiento horizontal de una estructura específica que sirve de soporte para personas, animales o cualquier mueble y puede estar recubierto de diferentes materiales (Cardoza et al. 2019)	Determina las propiedades del pavimento respecto a su resistencia a la deformación, agrietamiento y periodo de servicio. Así mismo se evaluará el costo más óptimo entre las dos alternativas de incorporación	Agrietamientos y Resistencia a la deformación.	Estabilidad/Flujo	kg/cm
Y: Pavimento Flexible			Periodo de servicio, vida útil	Estabilidad	kN
			Costo	Análisis de Precios Unitarios	Soles

Nota. Elaboración propia

ANEXO B


FICHAS TÉCNICAS DEL CEMENTO ASFÁLTICO 60/70



REPSOL

REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70

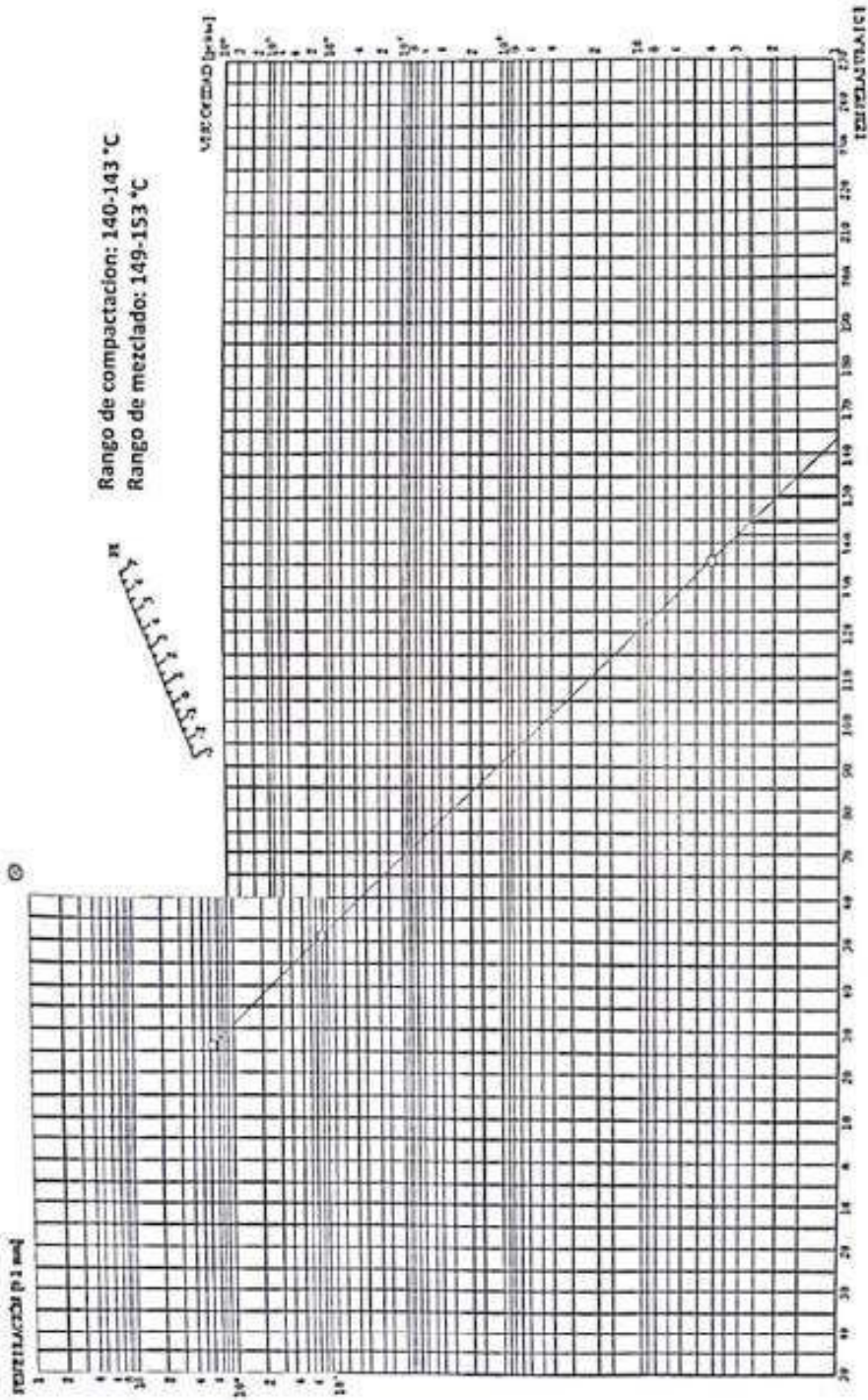
LOTE No. 60/70-003-05-2023

REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A Cementería a Ventanilla en 25 S/N Ventanilla	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 28/05/2023 03:28:08	FECHA DE CERTIFICACIÓN 28/05/2023 02:07:28
PRODUCTO Cemento Asfáltico 60/70	TANQUE 331B	DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDECIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m ³ 2325	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODO ASTM / OTROS	RESULTADO
PENETRACIÓN		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	64
DUCTILIDAD		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
VOLATILIDAD		
Densidad Específica a 15.6 °C/15.6 °C	D 70 / AASHTO T 229	1.0330
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	258.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	0.5
FLUIDEZ		
Punto de Ablandamiento, °C	D 38	50.1
Viscosidad cinemática a 100 °C, cSt	D 445	3717
Viscosidad cinemática a 135 °C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	359
ENSAYOS DE PELÍCULA FINA		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.22
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/12 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	56.3
Ductilidad del residuo a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
SOLUBILIDAD		
Solubilidad en tricloroetano, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.98
OTROS		
Índice de Penetración	UNE-EN 12591	-0.6
Ensayo de la Mancha (Puffa-Rlene)	AASHTO T102	20% blanco, negativo.
OBSERVACIONES: PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D946, AASHTO M 20-70 Y NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 321.061		
DISTRIBUCIÓN - Operaciones de Despacho - Tyl - Laboratorio	FECHA DE EMISIÓN 28/05/2023	LABORATORIO  Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL



Cemento Asfáltico 60/70
60/70-003-05-2023



Andrés Barrón M.
Gerente de Laboratorio

ANEXO C

CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Lima, 22 de marzo del 2023

CARTA N° 098 - 2023 - JBO.gt. -

Atención:

Diego Martín Zamudio Espiritu.

Asunto : Entrega de Informe de Ensayos
"TESIS: Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica."

Referencia : Solicitud de Servicio N° 063 - 2023-JBO

De nuestra consideración:

Adjunto el presente Informe de ensayos cuyo expediente corresponde al N° 063-2023-JBO (23 folios), efectuados a las muestras identificadas como procedente del proyecto: "TESIS: Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica."

Sin otro particular quedo de Ud.,

Atentamente

JBO INGENIEROS S.A.C.
Asesoramiento y Control de Ejecución

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
Gerente Técnico

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: Diego Martín Zamudio Espirito
 DIRECCIÓN: Jr. Fiadalla #1821 SMP
 REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
 FECHA DE RECEPCIÓN: Lima, 06 de marzo del 2023
 PROYECTO: TESIS: Evaluación de Mezcla Asfáltica 80-70 incorporando Canchales Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
 UBICACIÓN: Urb. San Camilo, Ica.
 FECHA DE INICIO: Lima, 06 de marzo del 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 MTC E 204 - 2016**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Centro Ica
 Piedra chancada

PRESENTACIÓN: 02 Sacos de polipropileno
 CANTIDAD: 80 kg aprox

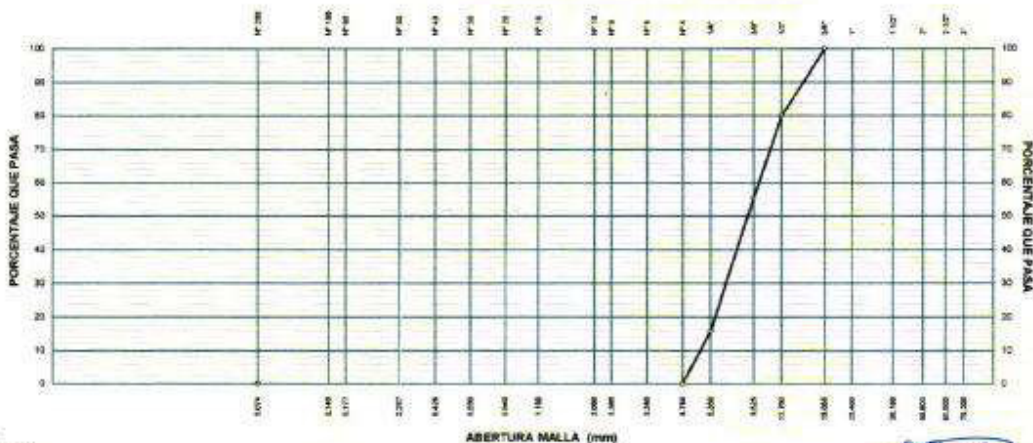
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					
MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				100.00
1/2"	12.500	417.1	20.1	20.1	79.9
3/8"	9.500	510.6	24.6	44.7	55.3
1/4"	6.250	819.7	39.5	84.2	15.8
N° 4	4.750	327.9	15.8	100.0	
N° 6	3.350				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N° 16	1.180				
N° 20	0.850				
N° 30	0.600				
N° 40	0.425				
N° 50	0.300				
N° 60	0.250				
N° 100	0.150				
N° 200	0.075				
-200	MTC E 202				

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
Límite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	:	---
Límite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	---
Índice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	:	---
Clasificación SUCE	(ASTM D 2487-11)	:	---
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3082-08)	:	---

Descripción de la muestra: Agregado grueso

OBSERVACIONES:
 Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



100.012 / ASTM C 136 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

JUAN SÉRGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espiritu
DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023

PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 MM (1 1/2") MTC E 207 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica.
DESCRIPCIÓN : Agregado grueso
Piedra chancada
PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
CANTIDAD : 80 kg aprox.

REFERENCIAS DEL ENSAYO

DATOS DEL ENSAYO		PROCESO DEL ENSAYO		RESULTADO (% DE PÉRDIDAS)
Tamaño máximo nominal	: 1"	Peso seco inicial lavado (g):	5005	14
Gradación	: "A"	Peso seco final tamizado (g):	4320	
Número de esferas	: 12			

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 400 019 / ASTM C 131: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles

Personal:
Téc.: E.E.A.
Rev.: P.C.C.



Fecha de emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espiritu
 DIRECCIÓN : Jr. Fladellis # 1821 SMP
 PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 80-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
 UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023
 FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica.
 DESCRIPCIÓN : Agregado grueso
 Piedra chancada
 PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
 CANTIDAD : 80 kg aprox.

PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
MTC E 206 - 2016

DESCRIPCIÓN		AGREGADO GRUESO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	5129.1
Peso material saturado y superficie seca (en agua)	(g)	3355.1
Volumen sólidos + volumen de vacíos	(cm ³)	1774.0
Peso material seco a 105 °C	(g)	5115.8
Volumen de sólidos	(cm ³)	1760.7
Peso bulk base seca	(g/cm ³)	2.884
Peso bulk base saturada	(g/cm ³)	2.891
Peso aparente base seca	(g/cm ³)	2.906
Absorción	(%)	0.26

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 400.021 / ASTM C 127: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

Personal:
 Tec.: E.E.A.
 Rev.: P.C.C.

VF-002 (01-02-18)



Fecha de emisión: Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espino
DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023
FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS MTC E 223 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantero Ica, PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 80 kg aprox.
Piedra chancada

A) PARTÍCULAS CHATAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS CHATAS (g)	PARTÍCULAS CHATAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE PART. CHATAS
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	39.5	5.9	45.0	265.3
1/2"	3/8"	330.9	151	22.2	6.7	55.0	368.7
TOTAL					12.6	100.0	634.0

PARTÍCULAS CHATAS (%) 6.3 %

B) PARTÍCULAS ALARGADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS ALARGADAS (g)	PARTÍCULAS ALARGADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE PART. ALARGADAS
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	0.0	0.0	45.0	0.0
1/2"	3/8"	330.9	151	0.0	0.0	55.0	0.0
TOTAL					0.0	100.0	0.0

PARTÍCULAS ALARGADAS (%) NT

C) PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (g)	PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE PART. CHATAS Y ALARGADAS
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	0.0	0.0	45.0	0.0
1/2"	3/8"	330.9	151	0.0	0.0	55.0	0.0
TOTAL					0.0	100.0	0.0

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) NT

OBSERVACIONES:

- NT: No tiene partículas chatas o alargadas
- Relación dimensional: 1/3
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 4751 Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate




JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

Personal:
Téc.: E.E.A.
Rev.: P.C.C.

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espirito PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70
 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para
 disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el
 Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
 DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023 FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

**METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN
 EL AGREGADO GRUESO
 MTC E 210 - 2016**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica. PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno
 DESCRIPCIÓN : Agregado grueso CANTIDAD : 80 kg aprox.
 Piedra chancada

A) UNA A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	667.0	100.0	45.0	4497.0
1/2"	3/8"	330.9	151	319.4	96.5	55.0	5310.4
TOTAL				986.4	96.5	100.0	9807.4

PARTÍCULAS CON UNA A MÁS CARAS DE FRACTURA (%)	98.1 %
--	--------

B) DOS A MÁS CARAS FRACTURADAS

ABERTURA MALLA		PESO DE LA FRACCIÓN DE ENSAYO (g)	NÚMERO DE PARTÍCULAS	PARTÍCULAS FRACTURADAS (g)	CARAS FRACTURADAS (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS
PASA	RET.						
3/4"	1/2"	667.0	145	667.0	100.0	45.0	4497.0
1/2"	3/8"	330.9	151	319.4	96.5	55.0	5310.4
TOTAL				986.4	96.5	100.0	9807.4

PARTÍCULAS CON DOS A MÁS CARAS DE FRACTURA (%)	98.1 %
--	--------

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- ASTM D 5821: Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate


JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781



Personal:
 Téc.: E.E.A.
 Rev.: P.C.C.



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Elapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martin Zamudio Espinú
DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023
FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica
PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
DESCRIPCIÓN : Agregado grueso
CANTIDAD : 80 kg aprox.
Pedra chancada

AGREGADO GRUESO

ABERTURA MALLA		N° TAPRO	PESO ANTES DEL ENSAYO (g)	TAMICES PARA DETERMINAR LAS PERDIDAS	PESO DESPUÉS DEL ENSAYO (g)	PÉRDIDAS (g)	PERDIDA TOTAL (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PERDIDA CORREGIDA (%)
PASA	RET.								
3/4"	1/2"	142	957.0	5/16"	926.0	36.1	3.9	44.7	1.74
1/2"	3/8"	358	297.1						
3/8"	N° 4	301	300.2	N° 5	281.3	18.9	6.3	55.3	3.48

PERDIDA TOTAL (%) : 5.2

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 400.016 / ASTM C 88. AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

Personal:
Téc.: E.E.A.
Rev.: P.C.C.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	Diego Martín Zamudio Espinoza	PROYECTO	TESIS Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cerizas Volcánicas y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	Jr. Flacoffa # 1821 SMP	UBICACIÓN	Urb. San Camilo, Ica.
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA DE INICIO	Lima, 05 de marzo del 2023
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 06 de marzo del 2023		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 MTC E 204 - 2016**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	Cantera Ica Arena Natural (33%) + Arena Chancada (27%)	PRESENTACIÓN	02 Sacos de polipropileno
		CANTIDAD	50 kg aprox.

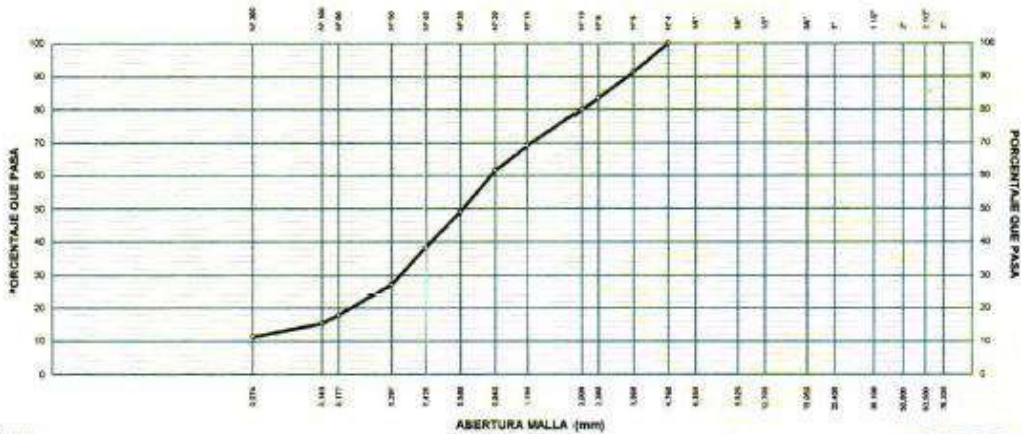
SERIE AMERICANA	MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
		3"				
		2 1/2"				
		2"				
		1 1/2"				
		1"				
		3/4"				
		1/2"				
		3/8"				
		1/4"				
		N° 4				100.0
		N° 6	3.350	44.0	6.8	91.2
		N° 8	2.360	36.0	7.8	83.4
		N° 10	2.000	17.5	3.5	79.9
		N° 16	1.180	53.5	10.7	69.2
		N° 20	0.850	38.0	7.6	61.6
		N° 30	0.600	62.0	12.4	49.2
		N° 40	0.425	54.0	10.8	38.4
		N° 50	0.300	56.0	11.2	27.2
		N° 60	0.250	46.5	9.3	17.9
		N° 100	0.150	13.0	2.6	15.3
		N° 200	0.075	20.0	4.0	11.3
		-200	MTC E 202	56.5	11.3	100.0

Limite líquido (%)	(MTC E 110 - 2016)	NP
Limite plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	NP
Indice plástico (%)	(MTC E 111 - 2016)	NP
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487-11)	..
Clasif. para el uso en vías transporte	(ASTM D 3282-09)	..

Descripción de la muestra: Agregado fino.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:
 - NTP 400.012 / ASTM C 136 AGREGADOS. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y goli.
 - NTP 330.129 / ASTM D 4318 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, o índice de plasticidad de suelos.
 - NTP 400.018 / ASTM C 117 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 µm (N° 200) por peso de agregados.



Juan Sergio Sánchez Guando
JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 59761

Período:
 - Tec. E.E.A.
 - Rev. P.C.C.

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espiritu PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.

DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023 FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO MTC E 114 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ice PRESENTACIÓN : 03 Sacos de polipropileno.

DESCRIPCIÓN : Agregado fino CANTIDAD : 100 kg aprox.

Arena Natural (33%) + Arena Chancada (27%)

REFERENCIAS DEL ENSAYO

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS		
Hora de entrada de saturación	11:10 a.m.	11:22 a.m.	11:35 a.m.
Salida de saturación	11:20 a.m.	11:32 a.m.	11:45 a.m.
Hora de inicio de decantación	11:48 a.m.	12:11 p.m.	12:34 p.m.
Hora de inicio de saturación	12:08 p.m.	12:31 p.m.	12:54 p.m.
Altura de finos (pulg)	5.0	4.9	4.9
Altura de arena (pulg)	3.4	3.3	3.3
Equivalente de Arena	68	68	68
Promedio (%)	68		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 339 146 / ASTM D 2419; SUELOS. Método de prueba estándar para el valor Equivalente de Arena de suelos y agregado fino

Personal:

Téc.: E.E.A.

Rev.: P.C.C.

VF-002 (01-02-18)



Fecha de emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espirtu
DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023
PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica
DESCRIPCIÓN : Agregado fino
Arena Natural (33%) + Arena Chancado (27%)
PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
CANTIDAD : 50 kg aprox.

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS MTC E 205 - 2016

DESCRIPCIÓN		AGREGADO FINO
Peso material saturado y superficie seca (en aire)	(g)	306.0
Peso fiola + H ₂ O	(g)	666.2
Peso fiola + H ₂ O + material	(g)	966.2
Peso fiola + H ₂ O + material saturado y superficie seca	(g)	857.4
Volumen sólidos + volumen de vacíos	(cm ³)	108.8
Peso material seco a 105 °C	(g)	297.2
Volumen de sólidos	(cm ³)	106.0
Peso bulk base seca	(g/cm ³)	2.732
Peso bulk base saturada	(g/cm ³)	2.757
Peso aparente base seca	(g/cm ³)	2.804
Absorción	(%)	0.94

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 400.022 / ASTM C 128: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

Personal:
Téc.: E.E.A.
Rev.: P.C.C.



Fecha de emisión: Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espirito
DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023

PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 80-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
FECHA DE INICIO : Lima, 08 de marzo del 2023

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y SULFATO DE MAGNESIO MTC E 209 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica
DESCRIPCIÓN : Agregado fino
Agregado fino
Arena Natural (33%) + Arena Chancada (27%)

PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
CANTIDAD : 50 kg aprox.

AGREGADO FINO

ABERTURA MALLA		N° TARRO	PESO ANTES DEL ENSAYO (g)	TAMICES PARA DETERMINAR LAS PÉRDIDAS	PESO DESPUES DEL ENSAYO (g)	PÉRDIDAS (g)	PÉRDIDA TOTAL (%)	GRADACIÓN ORIGINAL (%)	PÉRDIDA CORREGIDA (%)
PASA	RET.								
3/8"	N° 4			N° 4					
N° 4	N° 8	305	100.0	N° 8	98.3	1.7	1.7	22.8	0.39
N° 8	N° 16	551	100.0	N° 16	96.7	1.3	1.3	19.5	0.25
N° 16	N° 30	584	100.0	N° 30	98.2	1.8	1.8	27.5	0.49
N° 30	N° 50	517	100.0	N° 50	98.5	1.5	1.5	30.2	0.45


PÉRDIDA TOTAL (%) 1.6

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con Sulfato de Magnesio
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- NTP 400.016 / ASTM C 88: AGREGADOS. Determinación de la inestabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.


JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

Personal
Téc.: E.E.A.
Rev.: P.C.C.



VF-002 (01-02-16)

Fecha de emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	Diego Martín Zamudio Espinlu	PROYECTO	TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cerizas Volantes y Pielito PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	J. Filadelfa # 1821 SMP	UBICACIÓN	Urb. San Camilo, Ica
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA DE INICIO	Lima, 06 de marzo del 2023.
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 06 de marzo del 2023.		

**PRUEBA DE ENSAYO ESTANDAR PARA INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO
 MTC E 214 - 2016**

Procedimiento para agregado fino

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN	Cantera Ica	PRESENTACIÓN	02 Sacos de polipropileno.
DESCRIPCIÓN	Agregado fino Arena Natural (33%) + Arena Chancada (27%)	CANTIDAD	50 kg aprox.

PROCEDIMIENTO "B"

AGREGADO FINO

GRADACIÓN ORIGINAL		
ABERTURA MALLA		GRADACIÓN (%)
PASA	RET.	
N° 4	N° 5	16.6
N° 8	N° 16	14.2
N° 16	N° 30	20
N° 30	N° 50	22
N° 50	N° 100	11.9
N° 100	N° 200	4
N° 200	- 200	11.3

AGREGADO FINO PREPARADO		
ABERTURA MALLA		GRADACIÓN PARA ENSAYO (%)
PASA	RET.	
N° 4	N° 8	17.4
N° 8	N° 16	13.9
N° 16	N° 30	21.3
N° 30	N° 50	19.3
N° 50	N° 100	12.4
N° 100	N° 200	3.6
N° 200	- 200	11.9

PROCESO DEL ENSAYO

DESCRIPCIÓN	RESULTADOS		
Hora de entrada de saturación	11:25 a.m.	11:37 a.m.	11:50 a.m.
Salida de saturación	11:35 a.m.	11:47 a.m.	12:00 p.m.
Hora de inicio de decantación	12:03 p.m.	12:26 p.m.	12:49 p.m.
Hora de inicio de saturación	12:23 p.m.	12:46 p.m.	01:09 p.m.
Altura de lixos (pulg)	5.1	5.2	5.2
Altura de arena (pulg)	3.2	3.2	3.1
Índice de Durabilidad	63	62	60
Promedio (%)	62		

INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO

MUESTRA	RESULTADO (%)
Cantera Ica	62.0

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado con agua destilada y solución stock (cloruro de calcio)
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

D 3744. Standard Test Method for Aggregate Durability Index.




JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

Personal
 Téc.: E.E.A.
 Rev.: P.C.C.

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espírita PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70
 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para
 disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible
 en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo,
 Ica.
 DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023 FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO MTC E 222 - 2016

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Cantera Ica PRESENTACIÓN : 02 Sacos de polipropileno.
 DESCRIPCIÓN : Agregado fino CANTIDAD : 50 kg aprox.
 Arena Natural (33%) + Arena Chancada (27%)

REFERENCIAS DEL ENSAYO

Peso específico bulk base seca : 2.732 g/cm³

N° de ensayo	1	2	3	4
Volumen del Molde (mL)	103.4			
Peso del Molde (g)	412.3			
P. Muestra + Molde (g)	561.7	561.6	561.2	561.6
Peso de la Muestra (g)	149.4	149.3	148.9	149.3
Vacios Sin Compactar (%)	47.1	47.1	47.3	47.1
Promedio (%)	47.2			

ANGULARIDAD (%)
47.2

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Referencia:

- National Stone, Sand & Gravel Association (ex-National Aggregates Association)


JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

Personal:
 Téc.: E.E.A.
 Rev.: P.C.C.

VF-002 (01-02-18)

Fecha de emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del solicitante.



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	Diego Martín Zamudio Espíntu	PROYECTO	TESIS Evaluación de Mezcla Asfáltica 60/70 incorporando Cenizas Volcánicas y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	Jr. Filadelfia # 1821 SMP	UBICACION	Urb. San Camilo, Ica
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA DE INICIO	Lima, 06 de marzo del 2023
FECHA DE RECEPCIÓN	Lima, 06 de marzo del 2023		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 MTC E 204 - 2016**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN: Combinación de agregados _ Cartera Ica

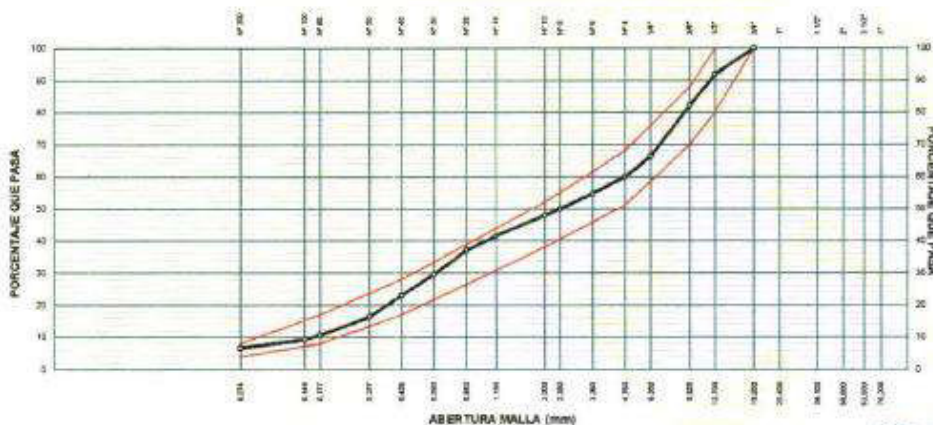
PRESENTACIÓN: 02 Sacos de polipropileno
 CANTIDAD: 80 kg aprox.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS						
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	HUSO MAC-2 EG-2013-MTC
3"	75.000					
2 1/2"	62.500					
2"	50.000					
1 1/2"	37.500					
1"	25.000					
3/4"	19.000				100.0	100 - 100
1/2"	12.500	169.1	8.0	8.0	92.0	80 - 100
3/8"	9.500	207.0	9.8	17.8	82.1	70 - 88
1/4"	6.250	332.3	15.8	33.7	66.3	
N° 4	4.750	132.9	6.3	40.0	60.0	51 - 68
N° 8	3.350	111.1	5.3	45.3	54.7	
N° 15	2.360	88.4	4.7	50.0	50.0	
N° 30	1.180	44.2	2.1	52.1	47.9	38 - 52
N° 60	0.850	35.9	1.6	53.7	46.3	
N° 100	0.600	26.5	1.3	55.0	45.0	
N° 200	0.425	19.6	0.9	55.9	44.1	17 - 28
N° 400	0.300	14.3	0.7	56.6	43.4	
N° 800	0.177	11.4	0.6	57.2	42.8	8 - 17
N° 1500	0.106	7.8	0.4	57.6	42.4	
N° 3000	0.075	5.5	0.3	57.9	42.1	4 - 8
-200	MTC E 202	142.6	6.8	100.0		

RESUMEN DE ENSAYO		
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS		
(1) Piedra Chancado	(Cartera Ica)	80 %
(2) Arena Natural + Arena Chancada	(Cartera Ica)	80 %

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia:
 - MTP 400 012 / ASTM C 136: AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.
 - MTP 400 016 / ASTM C 117: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pesan por sí mismo normalizado 75 µm (N° 200) por lavado de agregados.



Juan Sergio Sánchez Guando
JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

Personal:
 - Tlc.: E.E.A.



Ingenieros S.A.C.
Calle Vialcoid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Alta
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espinoza
DIRECCIÓN : J. F. Leblanca # 1821 SMP
REFERENCIA : Sociedad de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 05 de marzo del 2023

PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezclas Asfálticas 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el ensuciamiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Rehabilitación Urbana San Martín, Ica.
UBICACIÓN : Urb. San Martín, Ica
FECHA ENSAYO : Lima, 05 de marzo del 2023

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

REFERENCIA DE LA PRUEBA :
TIPO DE MEZCLA : Mezcla Asfáltica en Caliente
MUESTRA : Mezcla de agregados Piedra chancada 40%, Arena natural 33%, Arena chancada 27%
Agregados de la Carretera Ica

TIPO DE ASFALTO : Sólido
TEMP. COMPACT. (°C) : 145.0

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DENOMINACIÓN	14	18	1C	3A	3B	3C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	CEMENTO ASFÁLTICO (PORCENTAJE DE LA MEZCLA TOTAL)	5.0	5.0	5.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5
2	AGREGADO (PORCENTAJE EN EL VOLUMEN DE LA MEZCLA)	40.76	40.76	40.85	40.33	40.33	40.12	40.33	40.33	40.12	40.12	40.12	40.12
3	AGREGADO FINO (EN EL VOLUMEN DE LA MEZCLA)	54.24	54.24	53.95	53.07	53.07	53.38	53.07	53.07	53.38	53.38	53.38	53.38
4	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO (g/cm³)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
5	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO (PESO EN VOLUMEN - MÉTODO B)	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO (PESO EN VOLUMEN - MÉTODO B)	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO (PESO EN VOLUMEN - MÉTODO B)	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300	2.300
8	ACTIVA PROMEDIO DE LA MEZCLA	5.70	6.80	6.70	6.70	6.80	6.70	6.80	6.70	6.80	6.70	6.80	6.70
9	PESO DE LA MEZCLA (AL 100%)	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7
10	PESO DE LA MEZCLA AL 95%	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7
11	PESO DE LA MEZCLA AL 90%	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7
12	PESO DE LA MEZCLA AL 85%	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7	1263.7
13	VOLUMEN DE LA MEZCLA	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3	519.3
14	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	2.422	2.422	2.419	2.445	2.442	2.444	2.462	2.463	2.460	2.476	2.475	2.470
15	PESO ESPECÍFICO MEDIO (ASTM D-6927)	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596	2.596
16	MEZCLA	6.7	6.8	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7	6.8	6.7
17	PESO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA (ASTM D-6927)	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795	2.795
18	MEZCLA (LIMADO CON CEMENTO ASFÁLTICO)	17.7	17.7	17.8	17.3	17.4	17.4	16.3	16.7	16.8	16.3	16.3	16.2
19	MEZCLA (LIMADO CON CEMENTO ASFÁLTICO)	62.1	61.8	61.5	70.6	70.2	70.5	77.6	77.6	77.2	84.0	83.4	84.7
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.654	2.654	2.656	2.656	2.656	2.656	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640	2.640
21	ASFALTO MEDIO PARA EL AGREGADO TOTAL	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
22	ASFALTO EFECTIVO	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
23	FLUIDO	9	9	10	10	11	11	12	12	12	13	13	13
24	COEFICIENTE DE COMPRESIÓN	807.9	804.5	801.9	1007.4	993.5	1051.8	1051.4	1051.4	1051.7	1047.9	1053.2	1053.2
25	FACTOR DE ENTRENAMIENTO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
26	FORMACIÓN DE CORONA	897.9	884.5	881.3	1087.4	1063.8	1121.8	1081.4	1081.4	1081.7	1047.9	1053.2	1053.2
27	RELACION ENTRE FLUIDO	397	372	368	4124	3736	3764	3861	3871	3854	3173	3190	3186
28	RELACION ENTRE FLUIDO	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781



OBSERVACIONES :
- Muestras de agregados lavados e identificados por el solicitante.
- Se ha empleado un equipo medidor de adherencia tipo Arena (0.5% en peso de arena), proporcionado por el solicitante.
- Cemento asfáltico (PB) (90/70) proporcionado por el solicitante.

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023.



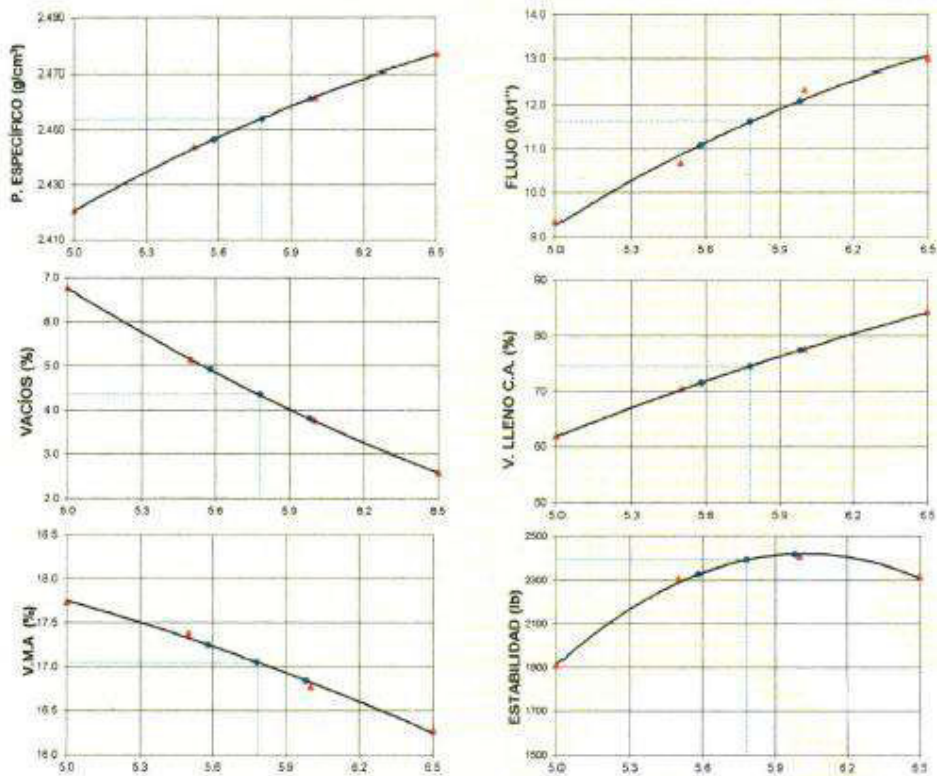
Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martin Zamudio Espinosa PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70
 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET
 para disminuir el envejecimiento del Pavimento
 Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San
 Camilo, Ica.
 DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP.
 REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023 FECHA ENSAYO : Lima, 06 de marzo del 2023

**ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)**



MATERIALES :
 Agregado de la Cantera Ica
 - Piedra chancada 40 %
 - Arena natural 33 %
 - Arena chancada 27 %
 - T. Máximo 3/4 pulg

ASFALTO EN LA MEZCLA (%)
 OBSERVACIONES :
 - Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
 - Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
 - Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por el solicitante.

Referencias :
 ASTM D6927 -06 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
 ASTM D 2726-(11) Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
 ASTM D 3203-05 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
 ASTM D 4469-92(1997) Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781



Rev. EEA
 Rev. P.C.C



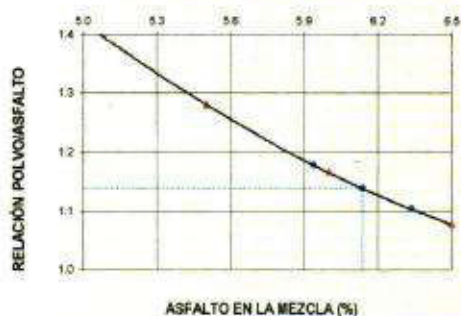
Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	Diego Martín Zamudio Espiritu	PROYECTO	TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	Jr. Filadelfia # 1821 SMP.	UBICACIÓN	Urb. San Camilo, Ica.
REFERENCIA	Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA ENSAYO	Lima, 06 de marzo del 2023
FECHA RECEPCIÓN	Lima, 06 de marzo del 2023		

ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)



MATERIALES :

Agregado de la Cantera Ica	
- Piedra chancada	40 %
- Arena natural	33 %
- Arena chancada	27 %
- T. Máximo	3/4 pulg

OBSERVACIONES :

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por el solicitante.


Referencias :

ASTM D6927 - 05	Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726-(11)	Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4469-02(1997)	Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Téc. E.E.A.
Rev. P.C.C.

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espinosa PROYECTO : TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 Incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.

DIRECCIÓN : Jr. Filadelfia # 1821 SMP

REFERENCIA : Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica.

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023 FECHA DE INICIO : Lima, 06 de marzo del 2023

**ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE
MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)**

MEZCLA DE AGREGADOS (PROPORCIÓN EN PESO)

Cantera : Ica
Piedra chancada : 40 %
Arena natural : 33 %
Arena chancada : 27 %

T. Máximo : 3/4 pulg

ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA

IDENTIFICACIÓN : Aditivo tipo líquido
DOSIFICACIÓN : 0.5 % en peso del Asfalto

LIGANTE BITUMINOSO

TIPO DE ASFALTO : Sólido
CLASIFICACIÓN : PEN 60/70
ORIGEN : --
ÓPTIMO CONT. ASFALTO : 5.8 %
TEMP. DE MEZCLA (°C) : 145.0
ADITIVO : Tipo Amina (0.5% en peso del asfalto)

CARACTERÍSTICAS MARSHALL

		75		
N° DE GOLPES		75		
CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)		5.6	5.8	6.0
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³) (ASTM D-1188)		2.446	2.454	2.461
ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)		2326	2391	2415
FLUJO (0,01") (ASTM D-1559)		11.1	11.6	12.1
VACÍOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)		4.9	4.4	3.8
VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559)		17.2	17.1	16.8
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)		71.4	74.5	77.4
ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4469)			0.6	
ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)		3746	3671	3567
RELACIÓN POLVO - ASFALTO (°)		1.2	1.1	1.1
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)		145.0		

OBSERVACIONES:


- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- El aditivo mejorador de adherencia fue proporcionado por el solicitante.
- La arena chancada y piedra chancada fue proporcionada por el solicitante.

Referencias :

- ASTM D6927 - 06 Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726-(11) Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorbent compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05 Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4469-92(1997) Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture



Téc: E.E.A
Rev: P.C.G


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valledad 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@i30ingenieros.com

EXPEDIENTE N° 083-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : YESS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 90/70 incorporando Cantos Volcánicos y Plástico PET para disminuir el empicamiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urcosa San Camilo Ica.

SUBCONTRANTE : Diego Martín Zamudio Espinoza

DIRECCIÓN : J. Fidalgo # 1821 SMP

REFERENCIA : Sociedad de Servicio N° 083-2023-JBO

UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023.

FECHA EMISIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023.

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

REFERENCIA DE LA PRUEBA : Mezcla Asfáltica en Caliente

TIPO DE MEZCLA : Mezcla de agregados, Piedra chancada 45%, Arena natural 30%, Arena chancada 27%, con porcentajes variables de Polímero de Styroleno (PET) 0.25%, 0.30% y 0.35%.

MUESTRA : Mezcla de agregados, Piedra chancada 45%, Arena natural 30%, Arena chancada 27%, con porcentajes variables de Polímero de Styroleno (PET) 0.25%, 0.30% y 0.35%.

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DESCRIPCIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1	SUMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
2	AGREGADO MINERAL EN PESO DE LA MEZCLA	48.51	48.51	48.51	48.78	48.78	48.78	48.77	48.77	48.77
3	AGREGADO MINERAL EN PESO DE LA MEZCLA	53.94	53.94	53.94	53.41	53.41	53.41	53.48	53.48	53.48
4	PET EN PESO DE LA MEZCLA	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30	0.35	0.35	0.35
5	PESO ESPESOR DEL CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO	1.050	1.050	1.050	1.085	1.085	1.085	1.100	1.100	1.100
6	PESO ESPESOR DEL AGREGADO MINERAL DIVIDIDO POR EL PESO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884	2.884
7	PESO ESPESOR DEL AGREGADO MINERAL DIVIDIDO POR EL PESO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732	2.732
8	PESO ESPESOR DEL PET	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850	1.850
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BLOQUETA	6.70	6.60	6.70	6.70	6.60	6.70	6.60	6.70	6.70
10	PESO DE LA BLOQUETA AL 105 °C	1270.2	1270.2	1289.4	1275.9	1275.1	1288.4	1287.4	1288.8	1287.3
11	PESO DE LA BLOQUETA AL 105 °C	1271.7	1272.0	1271.2	1273.3	1273.1	1269.6	1269.0	1270.9	1269.5
12	PESO DE LA BLOQUETA EN EL AGUA	758.4	758.6	760.0	758.3	758.2	757.7	754.1	756.3	754.2
13	VOLUMEN DE LA BLOQUETA	532.3	532.3	532.2	533.0	533.0	533.9	534.6	534.6	533.3
14	PESO ESPESOR MINERAL DIVIDIDO POR EL VOLUMEN DE LA BLOQUETA	2.586	2.586	2.585	2.579	2.578	2.576	2.568	2.573	2.567
15	PESO ESPESOR MINERAL DIVIDIDO POR EL VOLUMEN DE LA BLOQUETA	2.548	2.548	2.548	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547	2.547
16	VANOS	6.4	6.5	6.4	6.6	6.6	6.7	7.9	6.8	7.1
17	PESO ESPESOR MINERAL DIVIDIDO POR EL VOLUMEN DE LA BLOQUETA	2.787	2.787	2.787	2.786	2.786	2.786	2.784	2.784	2.784
18	VANOS DE AGREGADO MINERAL (VANOS)	19.4	19.5	19.4	19.5	19.5	19.7	19.9	19.8	20.0
19	VANOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	67.1	66.7	67.0	66.3	66.1	65.9	64.9	65.4	64.6
20	PESO ESPESOR EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.818	2.818	2.818	2.815	2.815	2.815	2.815	2.815	2.815
21	AGREGADO EFECTIVO POR EL AGREGADO TOTAL	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.37	0.40	0.40	0.40
22	AGREGADO EFECTIVO	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.4
23	PUNTO	12	11	11	12	12	13	12	13	13
24	ESTIMULADO DE COMPRESIÓN	1039.0	1039.0	1039.6	1071.1	1071.1	1056.7	1072.2	1053.8	1025.1
25	FACTO DE ESTIMULADO	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
26	ESTIMULADO CORREGIDO	997.4	997.4	998.0	1038.2	1038.2	1014.4	1017.7	1008.4	1003.1
27	RELACION ESTIMULADO	3357	3370	3371	3373	3362	3372	3362	3366	3271
28	RELACION ESTIMULADO	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

OBSERVACIONES :

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Se ha empleado un agua receptor de estandarización (0.5% en peso de agua) para compactar por el volante.
- Cemento volcánico PEN 90/70 grupo conato por el solicitante.



JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781

Fecha de Emisión : Lima, 06 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del volante.



Ingenieros S.A.C.
Calle Vialcabad 149
Urb. Mayorazgo J. Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0475
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE: Diego Marín Zamudio Espinoza
DIRECCIÓN: J. Fladellal 1571 SMP

PROYECTO: TESIS: Evaluación de Mezcla Asfáltica 80/70 Incorporando Cenizas Volcánicas y Piedras PEI para Optimar el Empacamiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Rehabilitación Urbana San Cayetano, Ica

UBICACIÓN: Urb. San Cayetano, Ica
FECHA ENSAYO: Lima, 08 de marzo del 2023

REFERENCIA: Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA RECEPCIÓN: Lima, 05 de marzo del 2023

REFERENCIA DE LA PRUEBA: Mezcla Asfáltica en Cliente
TIPO DE MEZCLA: Mezcla de agregados: Piedra chancada 40%, Arena reducida 30%, Arena chancada 27%, con porcentaje Variable de Cenizas Volcánicas 0.25% a 1.5% y 2.0%

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DENOMINACIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1	CANTIDAD TOTAL DEL PESO DE LA MEZCLA TOTAL	(N)	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
2	APORTEADO GRANUDO (P) EL PESO DE LA MEZCLA	(N)	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50	38.50
3	APORTEADO FINO (F) EL PESO DE LA MEZCLA	(N)	53.31	53.31	53.31	53.31	53.31	53.31	53.31	53.31
4	PESO POR CADA UNO DE LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA	(N)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	PESO (PROMEDIO) DEL COMBUSTIBLE UTILIZADO - WASTE	(PROM)	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006	1.006
6	PESO (PROMEDIO) DEL APORTEADO GRANUDO CHANCADO A MÁS DE 75 MICRAS	(PROM)	2.864	2.864	2.864	2.864	2.864	2.864	2.864	2.864
7	PESO (PROMEDIO) DEL APORTEADO FINO ENTRE 75 MICRAS Y 150 MICRAS	(PROM)	2.722	2.722	2.722	2.722	2.722	2.722	2.722	2.722
8	PESO (PROMEDIO) DE LA LIGERA VOLCANICA	(PROM)	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240
9	ALTIMA PROMEDIO DE LA BROMATA	(PROM)	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80	6.80
10	PESO DE LA BROMATA AL AIRE SECO	(M)	1288.1	1288.6	1288.2	1288.7	1288.3	1288.4	1288.5	1288.4
11	PESO DE LA BROMATA EN EL AGUA	(M)	1289.2	1270.5	1289.7	1289.6	1270.0	1272.4	1271.3	1275.1
12	VOLUMEN DE LA BROMATA	(M)	748.7	747.3	749.3	748.2	748.5	748.3	751.2	752.2
13	PESO (PROMEDIO) DE LA BROMATA	(PROM)	522.0	522.0	522.3	521.4	521.5	522.1	521.4	519.6
14	PESO (PROMEDIO) DE LA BROMATA	(PROM)	2.427	2.428	2.428	2.435	2.434	2.441	2.441	2.444
15	AVANCE	(N)	4.2	4.1	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	3.4
16	PESO (PROMEDIO) DE LA MEZCLA TOTAL	(PROM)	2.338	2.338	2.338	2.338	2.338	2.338	2.338	2.338
17	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	18.0	17.8	18.0	17.7	17.7	17.8	17.4	17.3
18	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	75.0	75.1	75.9	77.5	78.1	78.3	78.8	79.8
19	PESO (PROMEDIO) DE LA BROMATA	(PROM)	2.337	2.337	2.337	2.336	2.336	2.336	2.336	2.336
20	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	0.12	0.12	0.12	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
21	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
22	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1
23	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	99.5	99.5	100.7	111.9	118.8	118.8	120.5	123.9
24	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
25	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	99.5	99.5	100.7	111.9	118.8	118.8	120.5	123.9
26	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	3662	3671	3666	3648	3671	4504	4404	4646
27	AVANCE DE APORTEADO ASFALTICO (VMA)	(N)	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1



JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

- Muestras de agregados tomadas e distribuidas por el subastador.
- Se le entregará un sello: registrador de antecedentes (p. 56 en pie de sello); anexo con el subastador.
- Conecto asfáltico (P) (80/70) proporcionado por el subastador.

Fecha de Emisión: Lima, 22 de marzo del 2023.
El uso de la información contenida en este documento es de exclusiva responsabilidad del subastador.



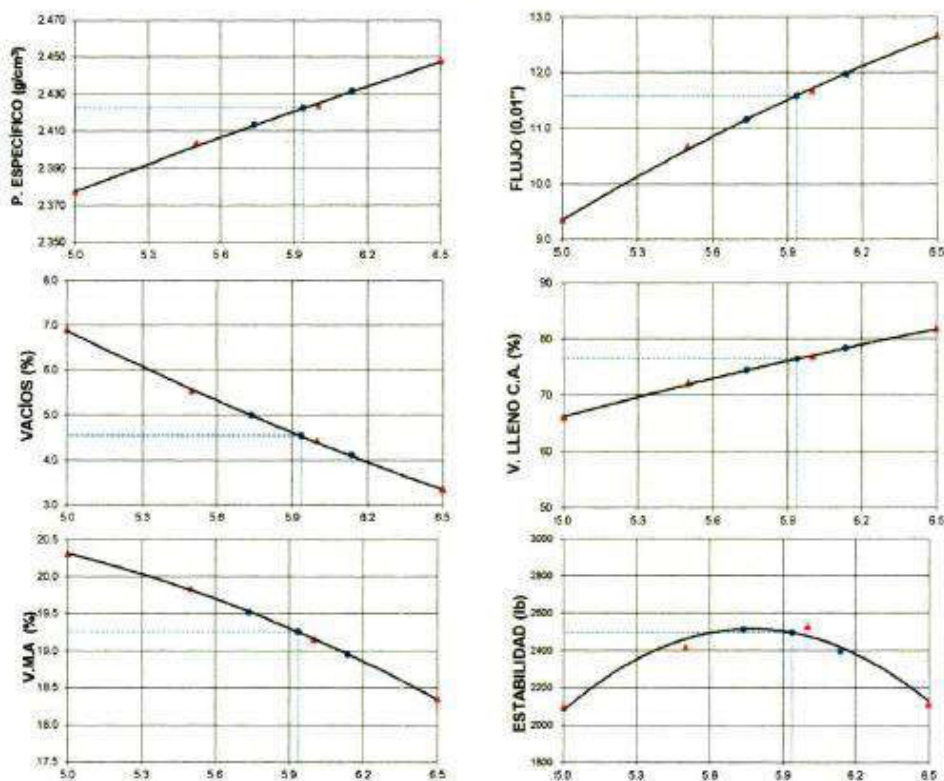
Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayocrazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Diego Martín Zamudio Espinosa	PROYECTO	: TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica
DIRECCIÓN	: Jr. Filadelfia # 1821 SMP.	UBICACIÓN	: Urb. San Camilo, Ica.
REFERENCIA	: Saludub de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA ENSAYO	: Lima, 06 de marzo del 2023.
FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 06 de marzo del 2023		

ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)



MATERIALES :	ASFALTO EN LA MEZCLA (%)	OBSERVACIONES :
- Agregado de la Cantera Ica		- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Piedra chancada	40 %	- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- Arena natural	33 %	- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por el solicitante.
- Arena chancada	27 %	
- T. Máximo	34 puig	



Referencias :

ASTM D6927 - 06	Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726 (11)	Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4459-92(1997)	Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Tec. E.E.A.
Rev. P.C.C.

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

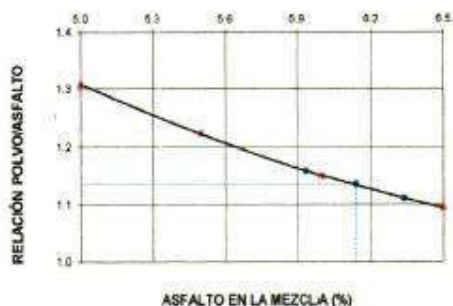
JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Diego Martín Zamudio Espiritu	PROYECTO	: TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	: Jr. Fiadelfa # 1821 SMP	UBICACIÓN	: Urb. San Camilo, Ica.
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	FECHA ENSAYO	: Lima, 06 de marzo del 2023
FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 06 de marzo del 2023		

ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)




MATERIALES :	OBSERVACIONES :
Agregado de la Cantera Ica	- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Piedra chancada	40 %
- Arena natural	33 %
- Arena chancada	27 %
- T. Máximo	3/4 pulg
	- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
	- Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo Amina (0.5% en peso del asfalto), proporcionado por el solicitante.
Referencias :	
ASTM D6927 - 06	Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures
ASTM D 2726-(11)	Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures
ASTM D 3203-05	Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures
ASTM D 4469-02(1997)	Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture

Téc. E.E.A.
Rev. P.C.C.

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.


JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 59781





Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Perú
Teléfono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE	: Diego Martín Zamudio Espinoza	PROYECTO	: TESIS : Evaluación de Mezcla Asfáltica 60-70 incorporando Cenizas Volantes y Plástico PET para disminuir el envejecimiento del Pavimento Flexible en el Proyecto de Habilitación Urbana San Camilo, Ica.
DIRECCIÓN	: Jr. Filadelfia # 1821 SMP.		
REFERENCIA	: Solicitud de Servicio N° 063-2023-JBO	UBICACIÓN	: Urb. San Camilo, Ica.
FECHA RECEPCIÓN	: Lima, 06 de marzo del 2023	FECHA DE INICIO	: Lima, 06 de marzo del 2023

ENSAYO TENTATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

MEZCLA DE AGREGADOS (PROPORCIÓN EN PESO)		LIGANTE BITUMINOSO	
Cantera	: Ica	TIPO DE ASFALTO	: Sólido
Piedra chancada	: 40 %	CLASIFICACIÓN	: PEN 60/70
Arena natural	: 33 %	ORIGEN	: Ica
Arena chancada	: 27 %	ÓPTIMO CONT. ASFALTO	: 5.9 %
T. Máximo	: 3/4 pulg	TEMP. DE MEZCLA (°C)	: 145.0
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA		ADITIVO	: Tipo Amina (0.5% en peso del asfalto)
IDENTIFICACIÓN	: Aditivo tipo líquido		
DOSIFICACIÓN	: 0.5 % en peso del Asfalto		

CARACTERÍSTICAS MARSHALL

		75		
N° DE GOLPES				
CONTENIDO DE ASFALTO EN PESO (%)		5.7	5.9	6.1
PESO ESPECÍFICO (g/cm ³) (ASTM D-1188)		2.413	2.422	2.432
ESTABILIDAD (lb) (ASTM D-1559)		2512	2494	2392
FLUJO (0.01") (ASTM D-1559)		11.2	11.6	12.0
VACÍOS DE AIRE (%) (ASTM D-3203)		5.0	4.5	4.1
VACÍOS AG. MINERAL (V.M.A) (%) (ASTM D-1559)		19.5	19.3	19.0
VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (%) (ASTM D-1559)		74.4	76.5	78.4
ABSORCIÓN DEL ASFALTO (%) (ASTM D-4489)			0.4	
ESTABILIDAD / FLUJO (Kg/cm) (ASTM D-1559)		4023	3846	3569
RELACIÓN POLVO - ASFALTO (*)		1.2	1.1	1.1
TEM. MÁX. MEZCLA DE LABORAT. (°C)			145.0	

OBSERVACIONES:

- Muestras de agregados tomadas e identificadas por el solicitante.
- Cemento asfáltico PEN 60/70 proporcionado por el solicitante.
- El aditivo mejorador de adherencia fue proporcionado por el solicitante.
- La arena chancada y piedra chancada fue proporcionada por el solicitante.

Referencias:

- | | |
|----------------------|---|
| ASTM D6927 - 06 | Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures |
| ASTM D 2726-(11) | Standard test method for bulk specific gravity and density of non absorptive compacted bituminous mixtures |
| ASTM D 3203-05 | Standard test method for percent air voids in compacted dense and open bituminous paving mixtures |
| ASTM D 4489-92(1997) | Standard test method for calculating percent asphalt absorption by the aggregate in an asphalt pavement mixture |



JUAN SERGIO SÁNCHEZ GUANDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 59781



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valledorado 119
 Urb. Mayorazgo 11 Esapa, Ato
 Lima, Perú
 Teléfono: 01-683-0473 / 683-0478
 E-mail: informes@jboingenieros.com

SOLICITANTE : Diego Martín Zamudio Espinoza
DIRECCIÓN : J. Fracalva # 1821, SMP
REFERENCIA : Solicitudes de Servicio N° 063-2023-JBO
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 06 de marzo del 2023

EXPEDIENTE N° 063-2023-JBO

INFORME DE ENSAYO

PROYECTO : TESIS: Evaluación de Mezclas Asfálticas (B-70) Incorporando Cerveza Volante y Pilasón (PEI) para disminuir el empolvamiento del Pavimento Durable en el Proyecto de Rehabilitación Urbana San Camilo, Ica

UBICACIÓN : Urb. San Camilo, Ica
FECHA ENSAYO : Lima, 06 de marzo del 2023

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

REFERENCIA DE LA PRUEBA : Mezcla Asfáltica en Caliente
TIPO DE MEZCLA : Mezcla de agregados: Piedra chancada 40%, Arena natural 33%, Arena chancada 27% + 2.00 % de Cerveza Volante + 0.25 % de Pilasón en Tarellado

TIPO DE ASFALTO : S1865
FEH-90/70 : 145.0

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DESIGNACIÓN	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	GRANDEO ALFALTO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	(%)	5.0		5.5			6.0			6.5		
2	APROXIMADO GRANDEO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	(%)	38.82		38.98			39.17			39.35		
3	APROXIMADO (% EN PESO DE LA MEZCLA)	(%)	53.28		52.87			52.38			51.90		
4	PELLEJO EN PESO DE LA MEZCLA	(%)	0.20		0.20			0.25			0.25		
5	SUMINISTRADO EN PESO DE LA MEZCLA	(%)	2.00		2.00			2.00			2.00		
6	PELLEJO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - MARSHALL	(g/m²)	1.000		1.000			1.000			1.000		
7	PELLEJO ESPECÍFICO DEL ASFALTO EN PASTA (PREMIO MÁS BASTA)	(g/m²)	2.684		2.684			2.684			2.684		
8	PELLEJO ESPECÍFICO DEL ASFALTO EN PASTA (MÁS BASTA)	(g/m²)	2.732		2.732			2.732			2.732		
9	PELLEJO ESPECÍFICO DEL PEI	(g/m²)	1.350		1.350			1.350			1.350		
10	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA CERVEZA VOLANTE	(g/m²)	2.280		2.280			2.280			2.280		
11	ALTAIR (PREMIO DE LA MEZCLA)	(mm)	8.60		8.70			8.80			8.90		
12	PESO DE LA MEZCLA AL MARSHALL	(kg)	1249.9		1261.9			1269.2			1273.9		
13	PESO DE LA MEZCLA AL MARSHALL	(kg)	1251.8		1260.4			1269.0			1274.1		
14	PESO DE LA MEZCLA EN EL TARELLADO	(kg)	735.6		737.5			740.0			743.3		
15	VOLUMEN DE LA MEZCLA	(m³)	529.2		529.6			529.3			529.3		
16	VOLUMEN DE LA MEZCLA	(m³)	2.385		2.376			2.402			2.422		
17	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	2.553		2.544			2.536			2.532		
18	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	2.774		2.774			2.774			2.774		
19	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	20.4		20.3			19.1			18.4		
20	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	65.8		65.9			72.1			81.5		
21	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	2.780		2.796			2.812			2.834		
22	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	0.08		0.28			0.50			0.77		
23	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	4.9		5.2			5.5			5.6		
24	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	0		9			12			15		
25	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	983.3		983.3			1125.4			1240.0		
26	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	0.08		0.08			0.08			0.08		
27	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	564.5		563.7			564.9			563.1		
28	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	4175		3745			4056			3642		
29	PELLEJO ESPECÍFICO DE LA MEZCLA	(g/m²)	1.3		1.3			1.1			1.1		



OBSERVACIONES
 - Muestras de agregados triturados e identificadas por el suscrito.
 - Se ha empleado un aditivo mejorador de adherencia tipo (PEI) en peso del asfalto, proporcionado por el solicitante.
 - Cemento asfáltico (PEI) (B-70) proporcionado por el solicitante.

JUAN SERGIO SANCHEZ GUANDO
 INGENIERO CIVIL
 R.C. CIP N° 22721

Fecha de Emisión : Lima, 22 de marzo del 2023

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración

LM - C - 136 - 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 1 de 4

Expediente	1046541	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Este certificado es consistente con las capacidades que se incluyen en el Apéndice C del MRA elaborado por el CIPM. En el marco del MRA, todos los institutos participantes reconocen entre sí la validez de sus certificados de calibración y medición para las magnitudes, alcances e incertidumbres de medición especificados en el Apéndice C (para más detalles ver http://www.bipm.org).</p> <p><i>This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the CIPM. Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see http://www.bipm.org).</i></p>
Solicitante	SERVICIOS INDUSTRIALES Y METROLOGICOS S.A.C. - SIMSAC	
Dirección	Jr. Santa María Nro. 339, Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima, Lima	
Instrumento de Medición	JUEGO DE PESAS	
Valor Nominal	1 mg a 2 kg (**)	
Clase de Exactitud	E2 (**)	
Material	ACERO INOXIDABLE	
Marca	NO INDICA	
Procedencia	NO INDICA	
Número de Serie	JPE2-01 (****)	
Cantidad	27	
Fecha de Calibración	2022-04-13 al 2022-04-19	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.

	 Firmado digitalmente por LA CRUZ GARCIA Legajo: FAU 2090002015 soft Fecha: 2022-04-20 13:11:54	 Firmado digitalmente por ALMENDRE Luz Marina FAU Legajo: FAU 2090002015 soft Fecha: 2022-04-19 17:42:29
Responsable del área	Responsable del laboratorio	
Dirección de Metrología	Dirección de Metrología	

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima – Perú
Tel: (01) 640-8820 Anexo 1501
email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración LM - C – 136 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 2 de 4

Método de Calibración

La calibración fue ejecutada mediante comparación con los patrones de referencia del laboratorio de calibración según el método de sustitución con corrección del empuje del aire.

Lugar de Calibración

Laboratorio de Masas
Calle De la Prosa N° 150, San Borja - Lima

Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura	22,24 °C	21,98 °C
Humedad Relativa	54,7 %	54,1 %
Presión Atmosférica	997 mbar	997 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad Metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología (INACAL-PERÚ)	Pesas LM 01 015 Clase de exactitud: E1	INACAL DM/ LM-075-2020 del: 2020-08-26 al 2020-09-08
Patrones de Referencia de la Dirección de Metrología (INACAL-PERÚ)	Pesa LM 01 018 Clase de exactitud: E1	INACAL DM/ LM-C-029-2021 de: 2021-01-27

Observaciones

Manipular las pesas con cuidado y mantenerlas limpias para evitar la alteración de su masa.

Se ha considerado para la determinación de la masa una densidad : 7 950 kg/m³.

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM a la caja que contiene a las pesas.

(***) No tiene número de serie. La identificación es del usuario.

(**) Datos dados en la caja que contiene al juego de pesas.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración LM - C – 136 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Masa convencional y error máximo permitido de conformidad con OIML R 111 - 2004 y NMP-004-2007

VALOR NOMINAL	IDENTIF.	MASA CONVENCIONAL	INCERTIDUMBRE	FORMA	MATERIAL	ERROR MÁXIMO PERMITIDO E2
1 mg	-	1 mg + 0,003 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	-	2 mg + 0,001 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
2 mg	(.)	2 mg + 0,002 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
5 mg	-	5 mg + 0,001 mg	0,002 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
10 mg	-	10 mg + 0,004 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,006 mg
20 mg	-	20 mg + 0,002 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
20 mg	(.)	20 mg + 0,005 mg	0,003 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,010 mg
50 mg	-	50 mg + 0,003 mg	0,004 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,012 mg
100 mg	-	100 mg + 0,003 mg	0,005 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,016 mg
200 mg	-	200 mg + 0,008 mg	0,006 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
200 mg	(.)	200 mg + 0,006 mg	0,006 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,020 mg
500 mg	-	500 mg + 0,011 mg	0,008 mg	LAMINAR	ACERO INOXIDABLE	0,025 mg
1 g	-	1 g + 0,013 mg	0,010 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,03 mg
2 g	-	2 g + 0,017 mg	0,012 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
2 g	(*)	2 g + 0,023 mg	0,012 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,04 mg
5 g	-	5 g + 0,021 mg	0,016 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,05 mg
10 g	-	10 g + 0,015 mg	0,020 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,06 mg
20 g	-	20 g + 0,031 mg	0,025 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
20 g	(*)	20 g + 0,039 mg	0,025 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,08 mg
50 g	-	50 g + 0,05 mg	0,03 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,10 mg
100 g	-	100 g + 0,08 mg	0,05 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,16 mg
200 g	-	200 g + 0,17 mg	0,10 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
200 g	(*)	200 g + 0,20 mg	0,10 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,3 mg
500 g	-	500 g + 0,39 mg	0,25 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	0,8 mg
1 kg	-	1 kg + 0,4 mg	0,5 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	1,6 mg
2 kg	-	2 kg + 0,6 mg	1,0 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	3,0 mg
2 kg	(*)	2 kg + 0,0 mg	1,0 mg	CLINDRICA CON BOTON	ACERO INOXIDABLE	3,0 mg

NOTA: La caja que contiene al juego de pesas está identificada con el código JPE2-01



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Masas

Certificado de Calibración

LM - C – 136 – 2022

Consistente con las capacidades de medida y
Calibración (CMC – MRA)

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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

Puesto que en general no se indica covariancias, hay que sumar para combinaciones de pesas las incertidumbres según la fórmula:

$$u_g = \sum u_i$$

siendo u_g la incertidumbre total y u_i las incertidumbres de las pesas empleadas.

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metroológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metroológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metroológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

LABORATORIO DE MASAS - LM

Diversos servicios del Laboratorio de Masas cuentan con el reconocimiento internacional ya que están incluidos en el Apéndice C, dentro del marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo internacional (MRA) del Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) conforme puede verse en la base de datos internacional del Bureau International des Poids et Mesures BIPM en el siguiente link

[http://www.bipm.org/exalead_kodh/exa_kodh.jsp?](http://www.bipm.org/exalead_kodh/exa_kodh.jsp?c=+12386644022181527139&_C=eJyLz2FjzWQIL8tj8H72cYp3LChzUyIrHBmiM8yKMnMzymMIQzg1MTf5izQAKJRCwGDP_E5uSB2AZqsZChILSplIM*ILHErzcIhMDJgAAAuGRu&&_p=AppC)

[c=+12386644022181527139&_C=eJyLz2FjzWQIL8tj8H72cYp3LChzUyIrHBmiM8yKMnMzymMIQzg1MTf5izQAKJRCwGDP_E5uSB2AZqsZChILSplIM*ILHErzcIhMDJgAAAuGRu&&_p=AppC](http://www.bipm.org/exalead_kodh/exa_kodh.jsp?c=+12386644022181527139&_C=eJyLz2FjzWQIL8tj8H72cYp3LChzUyIrHBmiM8yKMnMzymMIQzg1MTf5izQAKJRCwGDP_E5uSB2AZqsZChILSplIM*ILHErzcIhMDJgAAAuGRu&&_p=AppC) Concordantemente todos estos servicios tienen su Sistema de Calidad aprobado por el Quality System Task Force (QSTF) que es el grupo encargado de evaluar los Sistemas de Calidad de los Institutos Nacionales de Metrología INMs del Sistema Interamericano de Metrología (SIM).

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M23-178-3

Fecha de Emisión: 2023-03-30

Orden de Servicio: 0178-00

Expediente: 0218

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante : JBO INGENIEROS S.A.C.
 Dirección : Cal. Valladolid N° 149 Mayorazgo 2da Etapa Ate

Los resultados presentados en este certificado de calibración son válidos solamente para este instrumento en las condiciones que es realizada la calibración.

2. INSTRUMENTO : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA

Marca : T-SCALE

Modelo : NHB-6000

Serie : 105014004009

Capacidad Máxima : 6000 g

División de Escala : 0,1 g

División de Verificación (e) : 0,1 g

Clase : II

Procedencia : CHINA

Identificación : JBO-102-BAL-06

Servicios Industriales y Metrológicos S.A.C. (SIMSAC) no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento.

SIMSAC no es responsable de la inadecuada interpretación de los resultados presentados en este certificado de calibración.

El presente certificado de calibración carece de validez sin las firmas digitales.

Los resultados presentados en este certificado de calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales de acuerdo al sistema internacional de medida (SI).

Esta prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la aprobación de SIMSAC.

3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2023-03-28

Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

Dirección : Cal. Valladolid N° 149 Mayorazgo 2da Etapa Ate



Firmado digitalmente por:
 ARALJO CAMPOS ALAN WIL
 FIR 44431478 hard
 Motivo: Doy V° B°
 Fecha: 30.03.2023 18:13:03-0500

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M23-178-3

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó con método de comparación directa según el PC-011 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase I y II", Cuarta edición, Abril 2010, Indecopi.

5. TRAZABILIDAD DE LA CALIBRACIÓN

INSTRUMENTO	CERTIFICADO	IDENTIFICACIÓN
Juego de Pesas 1 mg a 2 kg	LM-C-136-2022	JPE2-01
Pesa de 5 kg	LM-C-121-2022	PF1-01

6. OBSERVACIONES

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en la balanza.

Según la NMP 003-2009 la capacidad mínima para esta balanza es 5 g.

De acuerdo a los registros del cliente, la temperatura del lugar de calibración varía entre 18 °C a 27 °C.

Se realizó ajuste a la balanza con una carga de 5000 g obteniendo un valor de 4998,9 g

El cliente realizó el ajuste de la balanza con las pesas de SIMSAC.

Se ha considerado el valor $1,0 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ para el coeficiente de deriva de la indicación con respecto a la temperatura.

7. INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre de medición", Primera edición, Setiembre 2008.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M23-178-3

8. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

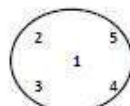
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	Tiene	ESCALA	No tiene
OSCILACIÓN LIBRE	Tiene	CURSOR	No tiene
PLATAFORMA	Tiene	NIVELACIÓN	Tiene
SISTEMA DE TRABA	No tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1 = 3000 g			Carga L2 = 6000 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3 000,0	0,06	-0,01	6 000,0	0,05	0,00
2	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	0,00
3	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,06	-0,01
4	3 000,0	0,06	-0,01	6 000,1	0,05	0,10
5	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	0,00
6	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	0,00
7	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	0,00
8	3 000,0	0,05	0,00	6 000,1	0,06	0,09
9	3 000,0	0,06	-0,01	6 000,1	0,06	0,09
10	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,05	0,00

Carga	Diferencia Máxima (g)	\pm e.m.p. (g)
3000 g	0,01	0,3
6000 g	0,11	0,3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



	Inicial	Final
	Temperatura (°C)	20,0
Humedad Relativa (%HR)	65,2	64,1

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E0				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E0 (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,0	1,0	0,05	0,00	2 000,0	2 000,0	0,05	0,00	0,00
2		1,0	0,05	0,00		1 999,9	0,06	-0,11	-0,11
3		1,0	0,06	-0,01		1 999,9	0,06	-0,11	-0,10
4		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,05	0,00	0,00
5		1,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,05	0,00	0,01
		\pm e.m.p. (g)	0,1			\pm e.m.p. (g)	0,2		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M23-178-3

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,0	20,1
Humedad Relativa (%HR)	65,2	64,1

Carga	CRECIENTES					DECRECIENTES				± e.m.p. (g)
	L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	Δl (g)	E (g)	Ec (g)	
E _s 1,00	1,0	1,0	0,05	0,00						
5,00	5,0	5,0	0,05	0,00	0,00	5,0	0,06	-0,01	-0,01	0,1
20,00	20,0	20,0	0,06	-0,01	-0,01	20,0	0,05	0,00	0,00	0,1
100,00	100,0	100,0	0,04	0,01	0,01	100,0	0,05	0,00	0,00	0,1
500,00	500,0	500,0	0,05	0,00	0,00	500,0	0,05	0,00	0,00	0,1
1200,00	1200,0	1200,0	0,04	0,01	0,01	1200,0	0,05	0,00	0,00	0,2
2000,00	1999,9	1999,9	0,06	-0,11	-0,11	2000,0	0,05	0,00	0,00	0,2
3000,00	3000,0	3000,0	0,05	0,00	0,00	3000,0	0,05	0,00	0,00	0,3
4000,00	4000,0	4000,0	0,04	0,01	0,01	4000,0	0,04	0,01	0,01	0,3
5000,00	4999,9	4999,9	0,05	-0,10	-0,10	4999,9	0,05	-0,10	-0,10	0,3
6000,00	6000,0	6000,0	0,05	0,00	0,00	6000,0	0,05	0,00	0,00	0,3

Lectura Corregida : $R_{\text{corregida}} = (R + 1,16 \times 10^{-3} \times R) \text{ g}$

Incertidumbre de Medición : $U = 2 \times (1,22 \times 10^{-3} \times R^2 + 4,79 \times 10^{-5})^{1/2} \text{ g}$

Para cargas hasta 6000 g

L : Carga aplicada a la balanza. E : Error encontrado. U : Incertidumbre expandida de la lectura corregida.
 l : Indicación de la balanza. E0 : Error en cero.
 ΔL : Carga adicional. Ec : Error corregido. R : Lectura de la balanza posterior a la calibración expresada en (g).

Fin del Documento

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LT-0523-2022

Requerimiento
5126-2022

Fecha de Emisión
2022-03-28

1. SOLICITANTE : SERVICIOS INDUSTRIALES Y METROLOGICOS S.A.C.
Dirección : Jr. Santa María Nº 339 Urb. Palao Et. Dos San Martín de Porres, Lima, Lima

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL

Marca : APPLENT
Modelo : AT4532
Número de Serie : 453201805373
Identificación : LT-01
Procedencia : CHINA
Elemento Sensor : 12 TERMOPARES TIPO T
Intervalo de Indicación : De -30 °C a 1300 °C
Resolución : 0,1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Calibrado del 2022-03-24 al 2022-03-25 en el Laboratorio de Temperatura y Humedad

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-017 2da Edición, 2012: "Procedimiento de Calibración de Termómetros Digitales" del SNM/INDECOPI.

5. TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a patrones nacionales e internacionales.

Patrones Utilizados	Certificado
2 Termómetros de indicación digital	LT-194-2021 LT-284-2021

6. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

Temperatura Ambiental : De 21,3 °C a 21,8 °C
Humedad Relativa : De 61% H.R. a 65% H.R.

Los resultados del presente certificado sólo son válidos para el instrumento calibrado, no pudiendo extenderse a ningún otro instrumento que no haya sido calibrado, así mismo, estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Total Weight & Systems S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que pueda provocar cualquier interpretación errónea de los resultados del presente certificado.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de Total Weight & Systems S.A.C.

Los certificados carecen de validez sin la firma y sellos de Total Weight & Systems S.A.C.




José Luis Panta Abad
Jefe del Dpto. de Metrología



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LC - 010



Registron N° LC - 010

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT-0523-2022

7. RESULTADOS

RESULTADOS ANTES DEL AJUSTE

TCV (°C)	CORRECCIÓN (°C)												INCER- TIDUM- BRE (°C)
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10	CH11	CH12	
-30,00	0,37	0,40	0,41	0,39	0,36	0,37	0,36	0,40	0,35	0,36	0,39	0,37	0,08
0,00	0,39	0,36	0,36	0,36	0,40	0,43	0,37	0,42	0,35	0,38	0,42	0,35	0,08
50,00	0,18	0,14	0,22	0,16	0,17	0,15	0,17	0,20	0,16	0,15	0,19	0,21	0,08
100,00	0,01	-0,01	0,04	0,02	-0,02	0,04	0,00	0,04	0,02	0,04	0,04	-0,01	0,11
150,00	-0,12	-0,14	-0,11	-0,12	-0,16	-0,15	-0,14	-0,16	-0,16	-0,10	-0,08	-0,15	0,15
200,00	-0,27	-0,24	-0,23	-0,23	-0,24	-0,24	-0,31	-0,29	-0,23	-0,26	-0,28	-0,24	0,19

La temperatura convencionalmente verdadera (TCV) resulta de la relación:

$$TCV = \text{Indicación del termómetro} + \text{corrección}$$

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

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

8. OBSERVACIONES

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

No se realizó ajuste al instrumento antes de su calibración.

La profundidad de inmersión del sensor fue de 30 cm.

El tiempo de estabilización fue mayor a 10 minutos.

Fin del Documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

Fecha de Emisión: 2023-03-30

Orden de Servicio: 0178-00

Expediente: 0218

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante : JBO INGENIEROS S.A.C.
 Dirección : Cal. Valladolid N° 149 Mayorazgo 2da Etapa Ate

2. EQUIPO : HORNO
 Marca : FAEL
 Modelo : ER-120LT
 Número de Serie : 250320112
 Identificación : JBO-102-HOR-01
 Procedencia : NACIONAL
 Ventilación : NATURAL
 Temperatura de Trabajo : 130 °C ± 5 °C
 Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	De 30 °C a 200 °C	0.1 °C
Controlador	DIGITAL	De 30 °C a 200 °C	0.1 °C

3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

Fecha : 2023-03-28
 Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS
 Dirección : Cal. Valladolid N° 149 Mayorazgo 2da Etapa Ate

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibrado por el método de comparación según el PC-018 "Procedimiento para la Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con Aire como Medio Termostático" 2da edición, 2009.

Los resultados presentados en este certificado de calibración son válidos solamente para este instrumento en las condiciones que es realizada la calibración. Servicios Industriales y Metrologicos S.A.C. (SIMSAC) no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento.

SIMSAC no es responsable de la inadecuada interpretación de los resultados presentados en este certificado de calibración.

El presente certificado de calibración carece de validez sin las firmas digitales.

Los resultados presentados en este certificado de calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales de acuerdo al sistema internacional de medida (SI).



Firmado digitalmente por:
 ARAUJO CAMPOS ALAN WIL
 FIR 44431478 hard
 Mktivo: Dey V° 8°
 Fecha: 31.03.2023 10:07:14-0500

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

5. TRAZABILIDAD:

Los resultados de la calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales de INACAL - DM.

Patrones utilizados	Certificado
Termómetro digital con 10 termopares como sensores	LT-0523-2022

6. OBSERVACIONES

- Para fines de identificación se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO.
- La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de la medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. Generalmente, el valor de la magnitud de medición está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de $\pm 95\%$.
- Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva calibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

7. RESULTADOS

Condiciones de Calibración

Posición del Controlador	: 130 °C
Posición de la Ventilación	: NO INDICA
Presión de Vacío	: NO APLICA
Carga	: CARGA APROXIMADA AL 50 % DE CARGA



"Midiendo el Mundo"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

Para la Temperatura de Trabajo de 130 °C ± 5 °C

Condiciones Ambientales Temperatura : De 23,9 °C a 23,9 °C
 Humedad : De 66,1 %hr a 67,2 %hr

Tiempo (hh:mm:ss)	t (°C)	Temperaturas en las posiciones de medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Plano Superior					Plano Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:00:00	130.0	120.6	120.0	120.1	120.5	119.7	122.9	119.9	122.1	122.8	120.6	120.9	3.2
0:01:00	130.0	120.4	120.2	120.4	120.7	119.7	122.5	119.8	121.7	122.8	120.9	120.9	3.1
0:02:00	130.0	120.0	120.5	120.7	120.0	119.9	123.3	120.2	121.9	122.9	120.9	121.0	3.4
0:03:00	130.0	120.6	120.9	121.2	120.3	120.2	122.6	119.5	122.3	123.1	120.6	121.0	3.6
0:04:00	130.0	120.6	120.8	121.2	120.3	119.8	122.8	119.9	122.4	123.4	120.5	121.1	3.6
0:05:00	130.0	119.8	120.1	120.9	120.6	120.3	123.3	120.1	122.4	123.2	120.2	121.1	3.5
0:06:00	130.0	120.0	120.3	120.8	120.7	120.3	123.2	120.3	122.0	123.2	120.6	121.1	3.2
0:07:00	130.0	120.3	120.5	121.3	121.0	120.4	123.3	120.4	122.4	123.2	120.8	121.3	3.0
0:08:00	130.0	120.3	120.5	121.2	121.0	120.3	123.5	120.3	122.5	123.4	121.0	121.4	3.2
0:09:00	130.0	120.5	120.8	121.5	120.7	120.5	123.6	119.8	122.4	123.6	120.5	121.3	3.8
0:10:00	130.0	120.4	120.7	121.6	120.5	120.5	124.0	120.1	122.4	123.3	120.5	121.4	3.9
0:11:00	130.0	120.3	120.1	122.1	120.7	120.9	123.5	120.5	122.4	123.3	120.6	121.4	3.4
0:12:00	130.0	120.0	120.1	122.1	120.6	120.5	123.5	120.1	122.3	123.8	120.8	121.4	3.8
0:13:00	130.0	119.9	120.3	122.6	120.9	121.0	123.8	120.4	122.9	123.5	120.7	121.5	3.9
0:14:00	130.0	120.2	120.5	122.8	121.0	120.8	123.3	119.9	122.7	123.6	120.3	121.4	3.7
0:15:00	130.0	120.0	120.5	122.0	121.0	120.7	123.3	120.0	122.5	123.7	120.3	121.3	3.7
0:16:00	130.0	119.8	120.6	122.2	120.7	120.7	124.0	120.5	122.7	124.0	120.4	121.5	4.2
0:17:00	130.0	120.0	120.7	122.3	120.3	120.6	122.9	119.9	122.9	123.6	120.5	121.3	3.7
0:18:00	130.0	119.8	120.7	122.4	120.4	120.9	123.7	120.3	123.1	123.7	120.4	121.5	3.9
0:19:00	130.0	120.2	120.4	122.5	120.5	121.0	123.7	120.0	123.1	123.6	120.6	121.5	3.7
0:20:00	130.0	120.5	120.3	122.2	120.7	121.0	123.6	120.4	122.1	123.7	120.7	121.5	3.4
0:21:00	130.0	120.0	120.0	121.6	120.5	120.9	123.6	120.1	122.7	123.9	120.7	121.4	3.9
0:22:00	130.0	120.4	120.4	122.1	120.0	121.2	123.9	120.2	123.0	123.5	120.7	121.6	3.9
0:23:00	130.0	120.3	120.4	122.0	120.0	121.1	123.6	120.1	122.8	123.7	121.0	121.5	3.7
0:24:00	130.0	121.1	120.5	122.2	120.1	121.1	124.0	120.1	123.0	123.9	120.9	121.7	3.9
0:25:00	130.0	120.7	120.4	122.0	120.0	121.2	123.9	120.1	123.0	124.1	121.1	121.7	4.1
0:26:00	130.0	120.6	120.6	122.3	120.7	121.2	123.7	120.3	122.6	123.7	121.1	121.7	3.4
0:27:00	130.0	120.5	120.5	122.1	120.5	121.1	123.5	120.1	123.1	124.0	121.3	121.7	3.9
0:28:00	130.0	120.7	120.8	122.5	120.8	121.4	123.9	120.5	123.2	123.9	121.2	121.9	3.4
0:29:00	130.0	120.4	120.7	122.4	120.9	121.4	124.0	120.6	123.1	124.0	121.2	121.9	3.6
0:30:00	130.0	120.7	120.8	122.3	120.9	121.4	124.2	120.5	123.1	123.6	121.2	121.9	3.7
0:31:00	130.0	120.3	120.6	120.9	119.5	120.9	123.4	120.0	122.8	123.7	120.4	121.2	4.2
0:32:00	130.0	120.1	120.6	121.1	119.5	120.8	123.4	120.1	122.6	123.8	120.4	121.2	4.3
0:33:00	130.0	119.9	120.7	121.3	119.7	120.8	124.1	120.6	122.8	124.1	120.5	121.5	4.4
0:34:00	130.0	120.1	120.8	121.4	119.8	120.7	123.0	120.0	123.0	123.7	120.6	121.3	3.9
0:35:00	130.0	119.9	120.5	121.5	119.9	121.0	123.8	120.4	123.2	123.8	120.5	121.5	3.9
0:36:00	130.0	120.3	120.0	121.6	120.0	121.1	123.8	120.1	123.2	123.7	120.7	121.5	3.8
0:37:00	130.0	120.6	120.4	122.0	120.2	121.1	123.7	120.5	122.2	123.8	120.8	121.5	3.6
0:38:00	130.0	120.1	120.1	121.7	120.0	121.0	123.7	120.2	122.8	124.0	120.8	121.5	4.0
0:39:00	130.0	120.5	120.5	122.2	120.5	121.3	124.0	120.3	123.1	123.6	120.8	121.7	3.7
0:40:00	130.0	120.4	120.5	122.1	120.5	121.2	123.7	120.2	122.9	123.8	121.1	121.7	3.6
0:41:00	130.0	121.2	120.8	122.3	120.6	121.2	124.1	120.2	123.1	124.0	121.0	121.9	3.9
0:42:00	130.0	120.8	120.5	122.1	120.5	121.3	124.0	120.2	123.1	124.2	121.2	121.8	4.0
0:43:00	130.0	120.7	120.7	122.4	120.8	121.3	123.8	120.4	122.7	123.8	121.2	121.8	3.4
0:44:00	130.0	120.6	120.6	122.2	120.6	121.2	123.6	120.2	123.2	124.1	121.4	121.8	3.9
0:45:00	130.0	120.6	120.6	122.3	120.6	121.4	124.1	120.4	123.2	123.7	120.9	121.8	3.7
0:46:00	130.0	120.5	120.6	122.2	120.6	121.3	123.8	120.3	123.0	123.9	121.2	121.8	3.6
0:47:00	130.0	121.3	120.7	122.4	120.7	121.3	124.2	120.3	123.2	124.1	121.1	122.0	3.9
0:48:00	130.0	120.9	120.6	122.2	120.6	121.4	124.1	120.3	123.2	124.3	121.3	121.9	4.0
0:49:00	130.0	120.8	120.8	122.5	120.9	121.4	123.9	120.5	122.8	123.9	121.3	121.9	3.4
0:50:00	130.0	120.7	120.7	122.3	120.7	121.3	123.7	120.3	123.3	124.2	121.5	121.9	3.9
0:51:00	130.0	120.9	121.0	122.7	121.0	121.6	124.1	120.7	123.4	124.1	121.4	122.1	3.4

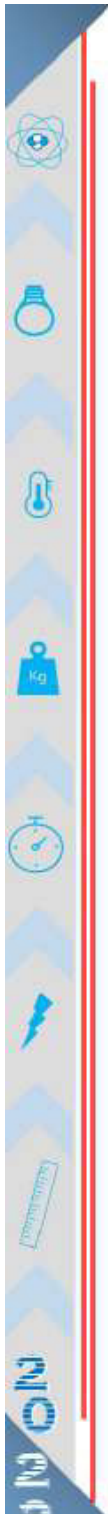
Continúa en la siguiente página

Para la Temperatura de Trabajo de 130 °C ± 5 °C

Tiempo (hh:mm:ss)	t (°C)	Temperaturas en las posiciones de medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Plano Superior					Plano Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:52:00	130.0	120.6	120.9	122.6	121.1	121.6	124.2	120.8	123.3	124.2	121.4	122.1	3.6
0:53:00	130.0	120.9	121.0	122.5	121.1	121.6	124.4	120.7	123.3	123.8	121.4	122.1	3.7
0:54:00	130.0	120.3	120.3	121.9	119.7	121.0	123.6	120.3	122.8	124.0	120.6	121.4	4.2
0:55:00	130.0	120.3	119.8	121.3	119.7	121.0	123.6	120.3	122.8	124.0	120.6	121.4	4.3

Versión 03
Marzo 2023

ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

0:36:00	130,0	120,1	119,9	121,5	119,9	121,0	124,3	120,8	123,0	124,3	120,7	121,6	4,4
0:57:00	130,0	120,3	120,0	121,6	120,0	120,9	123,2	120,2	123,2	123,9	120,8	121,4	3,9
0:58:00	130,0	120,1	120,0	121,7	120,1	121,2	124,0	120,6	123,4	124,0	120,7	121,6	4,0
0:59:00	130,0	120,5	120,2	121,8	120,2	121,3	124,0	120,3	123,4	123,9	120,9	121,7	3,8
1:00:00	130,0	120,0	120,5	122,0	121,0	120,7	123,3	120,0	122,5	123,7	120,3	121,4	3,7
T.PROM	130,0	120,4	120,5	121,8	120,4	120,9	123,7	120,2	122,8	123,7	120,8	121,5	
T.MAX	130,0	121,3	121,0	122,8	121,1	121,6	124,4	120,8	123,4	124,3	121,5		
T.MIN	130,0	119,8	119,9	120,1	119,5	119,7	122,5	119,5	121,7	122,8	120,2		
DTT	0,0	1,5	1,1	2,7	1,6	1,9	1,9	1,3	1,7	1,5	1,3		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	124,4	0,46
Temperatura Mínima Medida	119,5	0,75
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,7	0,08
Desviación de Temperatura en el Espacio	3,5	0,7
Estabilidad Medida (\pm)	1,4	0,04
Uniformidad Medida	4,4	0,8

La incertidumbre del termómetro del equipo es: 0,06 °C

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de caracterización.
I	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MÁX	: Temperatura máxima.		
T.MÍN	: Temperatura mínima.		
DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.		

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

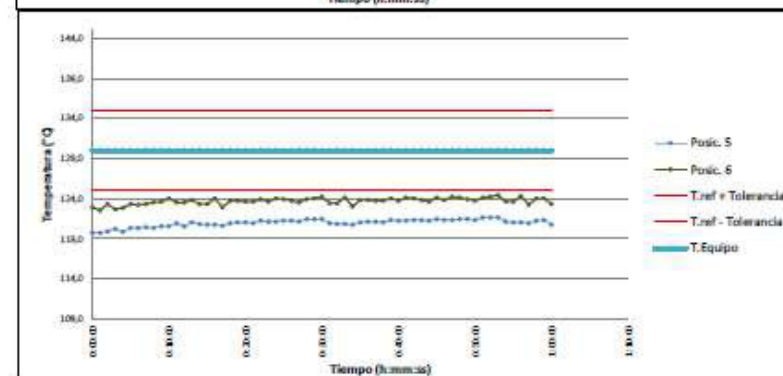
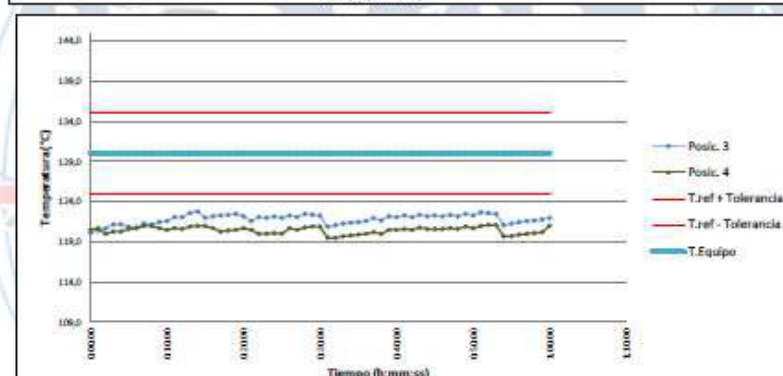
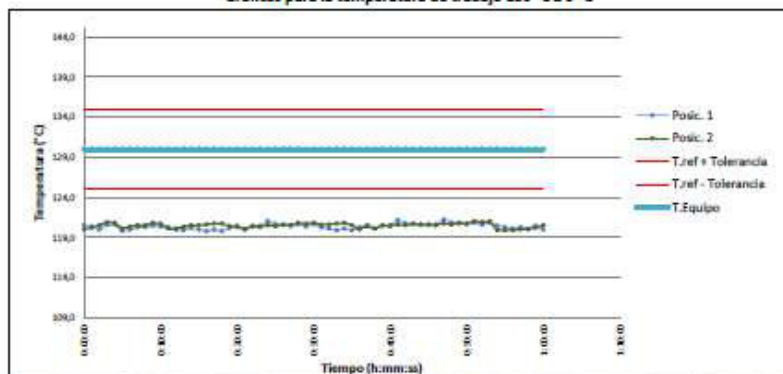
La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

Gráficas para la temperatura de trabajo 130 °C ± 5 °C



Versión 03
 Marzo 2023

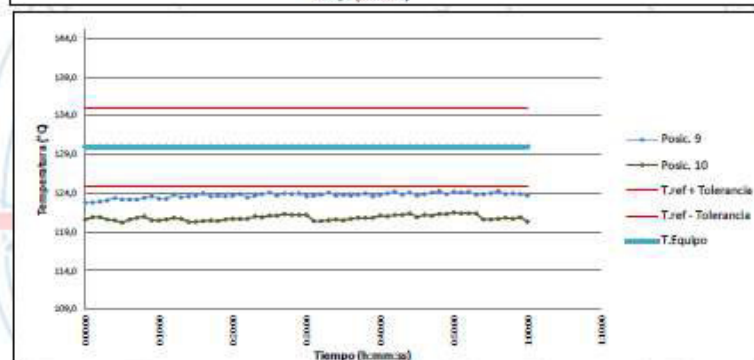
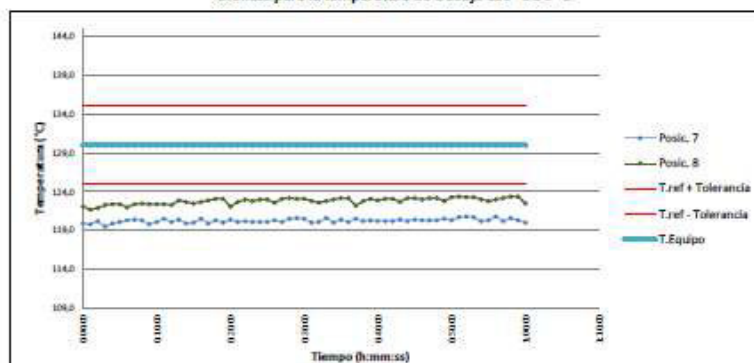
Dirección: Jr. Santa María N° 339, Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima
 ☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177
 ✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

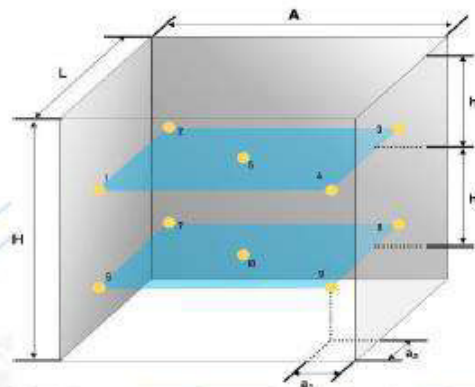
Gráficas para la temperatura de trabajo $130\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ 

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Temperatura

T23-178-6

Distribución de los sensores dentro del medio isoterma



H = 60,0 cm
 L = 40,0 cm
 A = 50,0 cm

h₁ = 7,0 cm
 h₂ = 7,0 cm

a₁ = 7,0 cm
 a₂ = 7,0 cm

Imagen del medio isoterma



DECLARACIÓN DE LA CONFORMIDAD

Primer punto de calibración:

El medio isoterma no cumple con las desviaciones máximas permisibles de temperatura.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

L23-178-5

Orden de Trabajo: 0178-00

Expediente: 0218

Fecha de Emisión: 2023-03-30

1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Razón Social : JBO INGENIEROS S.A.C.

Dirección: : Cal. Valladolid N° 149 Mayorazgo 2da Etapa
 Ate

Los resultados presentados en este certificado de calibración son válidos solamente para este instrumento en las condiciones que es realizada la calibración, Servicios Industriales y Metrologicos S.A.C. (SIMSAC) no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento.

2. INSTRUMENTO

: COPA CASA GRANDE

Tipo : ANALÓGICO

Marca : FOTNEY

Serie : 794/855

Modelo : LA-3700

Identificación : JBO-102-CC6-01

Procedencia : NO INDICA

SIMSAC no es responsable de la inadecuada interpretación de los resultados presentados en este certificado de calibración.

Este certificado sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de SIMSAC.

3. LUGAR DE Y FECHA DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2023-03-30 en : en el laboratorio de longitud y ángulo de SIMSAC

El presente certificado de calibración carece de validez sin las firmas y sellos de SIMSAC.

4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Se calibró tomando como referencia la Norma I.N.V. E - 125 - 07, y las especificaciones del fabricante.

Los resultados presentados en este certificado de calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales de acuerdo al sistema internacional de medida (SI).

5. TRAZABILIDAD

Los patrones utilizados en la calibración son trazables a los patrones del INACAL-DM

Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
PIE DE REY	1AD-0004-2023
TERMOHIGROMETRO	LH-076-2022



Firmado digitalmente por:
 ARAUJO CAMPOS ALAN WIL
 FIR 49431478 hard
 Motivo: Dey V° B°
 Fecha: 31.03.2023 17:20:48.050C

CERTIFICADO DE CALIBRACION

L23-178-5

	Inicial	Final
Temperatura °C	25,5	25,4
Humedad Relativa %	64,3	64,2

6. RESULTADOS DE MEDICIÓN

APARATO DEL LÍMITE LÍQUIDO

DIMENSIONES	Conjunto de la Cazuela				Base		
	A	B	C	N	K	L	M
Descripción	Radio de la Copa	Espesor de la Copa	Profundidad de la Copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho
Valor Obtenido (mm)	48,3	2,03	26,68	21,62	50,67	150,61	125,44
Desviación	-5,7	-0,03	-0,32	-2,38	0,67	-0,61	-0,44
Valor Nominal (mm)	54	2	27	24	50	150	125
Tolerancia (mm)	± 2	± 0,1	± 1	± 1,5	± 5	± 5	± 5

Huella de la base mide 15,52 mm para un valor de 10 mm

Masa de la cazuela pesa 194,23g para un valor nominal entre 185 a 215 g

7. OBSERVACIONES

Se tomó como referencia la Norma I.N.V. E – 125 – 07 del Instituto Nacional de Vías.

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en la caja del Instrumento.

Fin del Documento



Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.C.

Página: 1 de 3

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SCM LF-23031601

N° DE COTIZACIÓN : 913-SCM-3923
N° DE O.T. : OT-003-2023
1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
2. DIRECCIÓN : Calle Valladolid N° 149 Urb. Meyorazgo II Etapa, Ate.
3. EQUIPO CALIBRADO : PRENSA MARSHALL

EQUIPO		INDICADOR		CELDA	
MARCA	: Humbolt	MARCA	: No indica	MARCA	: Mavin
MODELO	: H1339B.2F	MODELO	: No indica	MODELO	: NS4-5t
N° SERIE	: 2620	SERIE	: No indica	SERIE	: E6701288
ALCANCE	: 10 000 Lb.	RESOLUCIÓN	: 1 kg	CAPACIDAD	: 5 tn
CÓDIGO	: JBO-003-PMR-01	CÓDIGO	: No indica	CÓDIGO	: No indica

4. EQUIPO EMPLEADO

CELDA DE CARGA		INDICADOR	
Marca	: OAP	Marca	: MCC
Serie	: 55P4336	Modelo	: SAFIR
Modelo	: ZSF-A	Carga nominal	: 100 000 kg
Capacidad	: 100 000 kg		

Certificado de Calibración INF-LE 193-14B

5. PROCEDIMIENTO :

La verificación se realizó según el Método C de la norma ASTM E4-10.

El procedimiento consistió en la aplicación de tres series de cargas referenciales. En cada serie, para los diferentes valores leídos, se registraron las lecturas del patrón utilizado para la verificación.

6. RESULTADOS :

En la tabla N° 1 se presentan las tres series de verificación obtenidas, la serie promedio, el error absoluto y la repetitividad.

La calibración está referida a las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura : 19.9 °C Humedad : 85.1 % Presión : 984.5 mbar

7. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACION :

Laboratorio de Asfalto - JBO INGENIEROS S.A.C.

Lima, 16 de marzo de 2023

8. FECHA DE EMISIÓN :

Lima, 20 de julio de 2023




JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. CIP N° 142408



Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.C.

Página: 2 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SCM LF-23031601

Tabla N 1: Prensa Marshall

Lectura de la máquina (kg)	Lectura del patrón (kg)			Fuerza Patrón PROMEDIO (kg)	Fuerza Curva de ajuste (kg)	Errores			U (kg)
	Serie 1	Serie 2	Serie 3			Ea (%)	b' (%)	b (%)	
	543	574.7	573.1			575.1	574	545	
298	294.5	300.6	298.8	298	301	0.9	2.0	109.2	13.22
1250	1230.5	1245.8	1255.6	1244	1251	0.5	2.0	48.6	13.21
2020	2018.5	2019.7	2020.6	2020	2019	0.0	0.1	21.2	13.21
2560	2530.8	2575.8	2588.4	2565	2558	0.2	2.2	32.1	13.21
3200	3199.8	3201.5	3201.5	3201	3197	0.0	0.1	12.2	13.21
3510	3528.4	3504.8	3495.4	3510	3506	0.0	0.9	27.0	13.33
4570	4580.4	4550.4	4570.6	4570	4564	0.0	0.5	301.9	13.24

Donde:

Valor medio: Promedio de las lecturas del patrón en cada valor de verificación.

Ea: Error absoluto de acuerdo a la norma ASTM E4-10

b': Error de repetibilidad de acuerdo a la norma ASTM E4-10

b: Error de reproducibilidad de acuerdo a la norma ASTM E4-10

U: Incertidumbre con un factor de cobertura de $k = 2$.

JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. CIP N° 142408

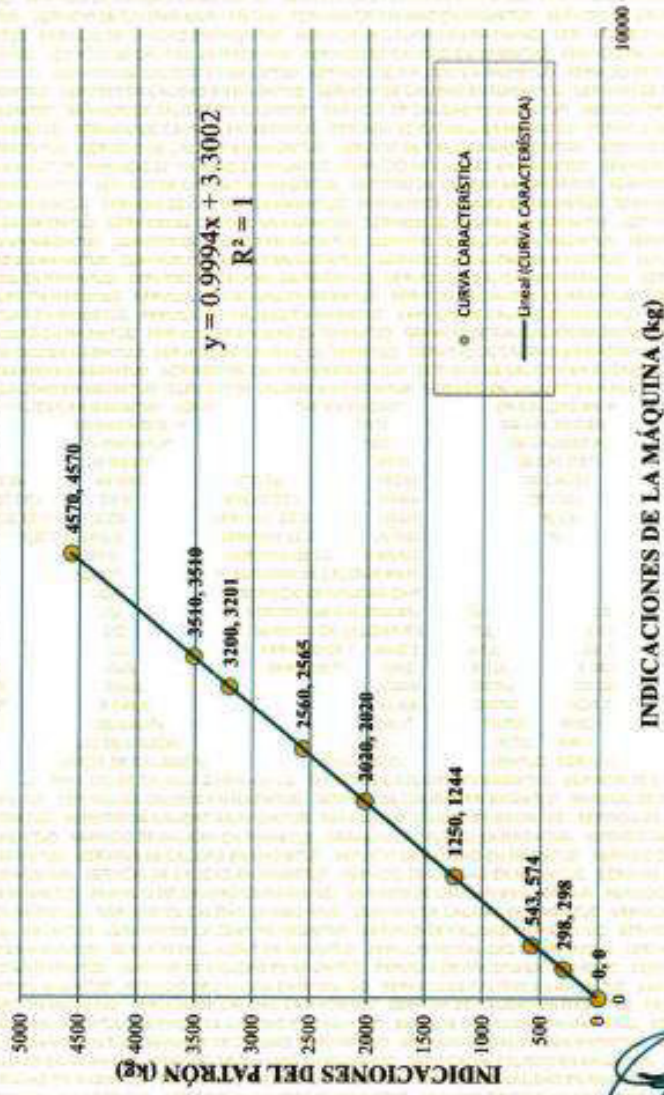


Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.C.

Página No 3 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN SCM LF-23031601
CURVA CARACTERÍSTICA



[Signature]
JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. CIP N° 142408

Fin de certificado

PANEL FOTOGRÁFICO

1. FOTOGRAFÍAS ESTADO ACTUAL DE LAS CALLES CERCANAS AL PROYECTO DE HABILITACION URB. SAN CAMILO, ICA



Vistas Fotográficas del mal estado del pavimento flexible en la Av. Prolongación Cutervo, Ica.

2. FOTOGRAFÍAS DE ENSAYOS DE CALIDAD DE AGREGADOS

AGREGADO GRUESO



Vista: Análisis Granulométrico De Agregados Gruesos Y Finos MTC E 204 – 2016.



Vista: Inalterabilidad de los agregados por medio del sulfato de sodio o magnesio (Durabilidad), con reactivo químico Sulfato de Magnesio (Grueso). NTP 400.016 /ASTM C 88 /AASHTO T -104 /MTC E 209



Vista: Ensayo de resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por abrasión e impacto en la Máquina de los Ángeles. NTP 400.020 / ASTM C 535 / AASHTO T -96 / MTC E 207



Vista: Ensayo de adherencia agregado grueso - asfalto (Strippin). MTC E 517



Vista: Partículas chatas y alargadas del agregado grueso. NTP 400.040/ ASTM D 4791/ MTC E 221

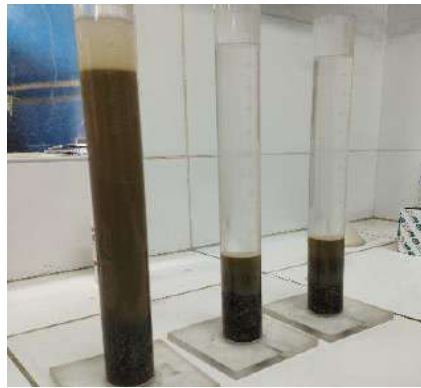


Vista: Gravedad específica y absorción del agregado grueso. NTP 400.021 /ASTM C 535 /AASHTO T -96 /MTC E 206.

AGREGADO FINO



Vista: Equivalente de arena de suelos y agregados finos. NTP 339.146 /ASTM D 2419 /AASHTO T - 104/ MTC E 114



Vista: Equivalente de arena de suelos y agregados finos.



Vista: Angularidad del agregado fino.



Vista: Ensayo para determinar el índice de plasticidad de suelos - Límite Plástico al material pasante malla N° 200.



Vista: Verificación con el método del cono para la muestra de agregado fino saturada superficialmente seca.



Vista: Gravedad específica y absorción del agregado fino.

3. FOTOS DE LABORATORIO ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

CONVENCIONALES

Vista: Adición del asfalto de acuerdo a la proporción correcta.



Vista: Verificación de peso en los materiales



Vista: Proceso de mezcla uniforme de los agregados con el asfalto.



Vista: Horno para el proceso de mezclado



Vista: Verificación de pesos de los agregados y asfalto para la mezcla.



Vista: Preparación de muestra para obtener el Peso Específico Máximo - Rice (ASTM D 2041)



Vista: Compactación de mezcla asfáltica.

4. FOTOGRAFIAS DE LABORATORIO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS + PET (0.25 ,0.3 ,0.35%)



Vista: Acumulación de desperdicios plásticos en el río Ica



Vista: Depósito de reciclaje de plásticos en la Urb. San Camilo, distrito de Parcona, Ica



Vista: Muestra de PET triturado pasante la malla 3/8" (9.52 mm – 3.6 mm)



Vista: Muestra de PET triturado (tamaño variable 9.52 mm – 3.6 mm)



Vista: Análisis granulométrico del PET por tamices



Vista: Briquetas asfálticas con TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) a diferentes porcentajes.



Vista: Colocación en Baño maría a 60°C por 30 minutos antes del ensayo de estabilidad Marshall



Vista: Ensayo de estabilidad Marshall con PET. Obtenándose el porcentaje óptimo de PET añadido a la mezcla asfáltica es de 0.25%

5. FOTOGRAFÍAS DE LABORATORIO EN LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS + CV (1, 1.5 Y 2%)



Vista: Muestra de cenizas volantes proporcionada por la empresa Trupal SAC.



Vista: Ensayo granulométrico a las cenizas volantes por tamices



Vista: Elaboración de briquetas de asfalto con cenizas volantes al 1%,1.5% y 2%



Vista: Baño maría a 60°C durante 30 minutos.



Vista: Baño maría a 60°C durante 30 minutos.



Vista: Ensayo de estabilidad Marshall con cenizas volantes

6. FOTOS DE LABORATORIO ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON % OPTIMOS DE PET+CV



Vista: Colocación de briquetas en baño maría por 30 minutos a 60°C



Vista: Briqueta con 0.25% de pet + 2% de cenizas volantes



Vista: Estabilidad Marshall 0.25%pet +2%cv y 5% de asfalto



Vista: Estabilidad Marshall 0.25%pet +2%cv y 5.5% de asfalto



Vista: Estabilidad Marshall 0.25%pet +2%cv y 6% de asfalto



Vista: Briqueta después del ensayo de estabilidad y flujo

ANEXO F

PLANOS

INFORME DE OPINIÓN DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería civil

Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto):
- 1.2. Grado académico:
- 1.3. Profesión:
- 1.4. Institución Laboral:
- 1.5. Cargo que desempeña:
- 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
- B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
- C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
- D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

FICHA TECNICA N°1

A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016)

MALLAS		PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)				
3"	75.000				
2 1/2"	62.500				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500				
1/4"	6.250				
N° 4	4.750				
N° 6	3.350				
N° 8	2.360				
N° 10	2.000				
N° 16	1.180				
N° 20	0.850				
N° 30	0.600				
N° 40	0.425				
N° 50	0.300				
N° 80	0.177				
N° 100	0.150				
N° 200	0.075				
-200	MTC E 202				

RESUMEN DE ENSAYO		
PROPORCIONES DE MEZCLA DE AGREGADOS		
(1) Piedra Chancada	(Cantera 1)	%
(2) Arena Natural + Arena Chancada	(Cantera 2)	%

FICHA TECNICA N°3

C) Método Marshall (ASTM D-6927)

MÉTODO MARSHALL (ASTM D-6927)

N°	DESCRIPCION	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C
1	CEMENTO ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL (%)									
2	AGREGADO GRUESO (> 1" 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)									
3	AGREGADO FINO (< 1" 4) EN PESO DE LA MEZCLA (%)									
4	CENIZA VOLANTE EN PESO DE LA MEZCLA (%)									
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE (g/cm³)									
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO CHANCADO-BULK BASE SECA (g/cm³)									
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO NATURAL - BULK BASE SECA (g/cm³)									
8	PESO ESPECÍFICO DE LA CENIZA VOLANTE (g/cm³)									
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)									
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (1) (g)									
11	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (2) (g)									
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (g)									
13	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm³)									
14	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm³)									
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO (ASTM D-2041) (g/cm³)									
16	VACIOS (%)									
17	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)									
18	VACIOS DE AGREGADO MINERAL (V.M.A.) (%)									
19	VACIOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO (%)									
20	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (g/cm³)									
21	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)									
22	ASFALTO EFECTIVO (%)									
23	FLUJO (0.01 Pulg) (g)									
24	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (g)									
25	FACTOR DE ESTABILIDAD									
26	ESTABILIDAD CORREGIDA (g)									
27	RELACION ESTABILIDAD/FLUJO (g/cm)									
28	RELACION POLVO/ASFALTO									

Nota. Elaboración propia

FICHA TECNICA N°4

D) Resumen de resultados

	MEZCLA CONVENCIONAL	MAC + 0.25 %PET	MAC + 2 %CV	MAC +0.25%PET+2%CV
% CA				
P. ESPECIFICO				
% VACIOS				
V. M. A. (%)				
%VACIO LLENO C.A.				
FLUJO (0.01")				
ESTABILIDAD (LB)				
ESTABILIDAD/FLUJO				
REL. POLVO/ASFALTO				

Nota. Elaboracion propia.

1.7 Autor del instrumento: Diego Martin Zamudio Espiritu

2. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los ítems del instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.					
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.					
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					
Sumatoria Parcial						
Sumatoria Total						

3. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No valido, reformular	0.4
12-18	No valido, modificar	0.6
18-24	Valido, mejorar	0.8
24-30	Valido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa:

3.3 Observaciones:

.....

Lima, ____ de ____ del 2023.

 Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería civil

Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): SANCHEZ GUANDO JUAN SERGIO
- 1.2. Grado académico: INGENIERO
- 1.3. Profesión: INGENIERO CIVIL
- 1.4. Institución Laboral: IBO INGENIEROS SAC
- 1.5. Cargo que desempeña: GERENTE TÉCNICO
- 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
- B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
- C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
- D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

1.7 Autor del Instrumento: Diego Martín Zamudio Espiritu

2. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los ítems del instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.					X
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.				X	
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.					X
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.					X
Sumatoria Parcial					12	15
Sumatoria Total					27	

3. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No válido, reformular	0.4
12-18	No válido, modificar	0.6
18-24	Válido, mejorar	0.8
24-30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3 Observaciones:

CONSIDERO QUE LOS INSTRUMENTOS DESARROLLADOS
 PUEDEN SER APLICADOS EN ESTA TESIS, ASÍ COMO
 TRABAJOS SIMILARES.

Lima, ____ de ____ del 2023.



Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería civil

Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Espinoza Reyes Maximo Fernando
- 1.2. Grado académico: Ingeniero
- 1.3. Profesión: Ingeniero Civil
- 1.4. Institución Laboral: C.H. y S. Administradora de Proyectos S.A.C
- 1.5. Cargo que desempeña: Jefe de Proyecto
- 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
- B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
- C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
- D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

1.7 Autor del instrumento: Diego Martin Zamudio Espiritu

2. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los ítems del instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.				X	
Sumatoria Parcial					20	5
Sumatoria Total				15		

3. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación


Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No valido, reformular	0.4
12-18	No valido, modificar	0.6
18-24	Valido, mejorar	0.8
24-30	Valido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3 Observaciones:

Trabajo bien explicado y detallado, por lo cual se debería considerar en proyectos de forma práctica; se recomienda seguir la investigación con nuevos tipos de agregados a la M.A.C

Lima, 02 de junio del 2023.


 MAXIMO FERNANDO
 ESPINOZA REYES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 204589

Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería civil

Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): ANDRADE RUIZ Gustavo Adolfo
- 1.2. Grado académico: Ingeniero
- 1.3. Profesión: Ing. Civil
- 1.4. Institución Laboral: INMOBILIARIO MASIS S.R.L
- 1.5. Cargo que desempeña: Ingeniero DE OBRAS
- 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
- B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
- C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
- D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

1.7 Autor del instrumento: Diego Martin Zamudio Espiritu

2. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los items del Instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.					X
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.					X
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de items presentados en el instrumento.					X
Sumatoria Parcial					12	15
Sumatoria Total		27				

3. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No valido, reformular	0.4
12-18	No valido, modificar	0.6
18-24	Valido, mejorar	0.8
24-30	Valido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3 Observaciones:

ESTUDIO BIEN DETALLADO Y ELABORADO, DEBERIA CONSIDERAR LA APLICACION PARA FUTUROS PROYECTOS POR LOS BENEFICIOS EN LA CALIDAD-COSTO. Se sugiere continuar la investigación en otros tipos de ESTRUCTURAS o ELEMENTOS.

Lima, 30 de Junio del 2023.



Firma
GUSTAVO ADOLFO
ANDRADE RUIZ
Ingeniero Civil
CIP N° 312893



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL
Facultad de Ingeniería civil
Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Oscata Medina Yonatan M.
 1.2. Grado académico: Ingeniero civil
 1.3. Profesión: Ingeniero civil
 1.4. Institución Laboral: Vive Mas Inmobiliaria
 1.5. Cargo que desempeña: Jefe de proyecto
 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
 B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
 C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
 D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

1.7 Autor del Instrumento: Diego Martín Zamudio Espiritu

1. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los ítems del instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.				X	
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.					X
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.				X	
Sumatoria Parcial					20	5
Sumatoria Total		25				

2. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No válido, reformular	0.4
12-18	No válido, modificar	0.6
18-24	Válido, mejorar	0.8
24-30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1

3.3 Observaciones:

Trabajo bien evaluado con los indicadores adecuados
para poder aplicarla y mejorar en la ingeniería

Lima, 08 de Julio del 2023.

Yonatan M. Escata Medina
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 245130

Firma



UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL

Facultad de Ingeniería civil

Formato de Validación por Expertos



INFORME DE OPINION DE EXPERTOS DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACION

1. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres del informante (Experto): Coarasa Pecua Gissella Joselyn
- 1.2. Grado académico: Ingeniero
- 1.3. Profesión: Ingeniero Ambiental
- 1.4. Institución Laboral: Inmobiliaria MASIAS S.A.C
- 1.5. Cargo que desempeña: Ingeniero Seguridad y Medio Ambiente
- 1.6. Denominación del instrumento:

- A) Análisis granulométrico de los agregados (MTC E 204 - 2016) (Ficha técnica N°1)
- B) Cálculo de materiales para briquetas de mezcla asfáltica en caliente (Ficha técnica N°2)
- C) Método Marshall (ASTM D-6927) (Ficha técnica N°3)
- D) Resumen de resultados (Ficha técnica N°4)

1.7 Autor del instrumento: Diego Martín Zamudio Espiritu

1. VALIDACION

INDICADORES DE EVALUACION DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS (sobre los ítems del instrumento)	EVALUACION				
		Muy malo	Malo	Regular	Buena	Muy buena
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Están formulados con el lenguaje apropiado que facilite su comprensión.				X	
OBJETIVIDAD	Están expresados en datos medibles u observables.				X	
CONSISTENCIA	Existe una organización lógica en los contenidos y relación con la teoría.				X	
COHERENCIA	Existe relación del contenido con los indicadores de la variable.				X	
PERTINENCIA	Las categorías de respuestas y sus valores son apropiados.				X	
SUFICIENCIA	Son suficientes la cantidad y calidad de ítems presentados en el instrumento.				X	
Sumatoria Parcial					24	
Sumatoria Total		24				

2. RESULTADOS DE LA VALIDACION

3.1 Puntuación

Rango	Descripción	Puntaje
0-6	-	0.2
6-12	No válido, reformular	0.4
12-18	No válido, modificar	0.6
18-24	Válido, mejorar	0.8
24-30	Válido, aplicar	1.0

3.2. Valoración total cuantitativa: 1.0

3.3 Observaciones:

Este trabajo de investigación contribuye como una alternativa de solución ambiental para maximizar la reutilización del plástico y ciertos volúmenes, se sugiere ser como referencia en futuras investigaciones y se aplica en la industria de la construcción.

Lima, 26 de Junio del 2023.


 GISELLA JOSEFIN
 CORNEJO PECHO
 Ingeniero Ambiental
 CIP N° 217831

Firma