

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DEL POLIESTIRENO EN UNA  
MEZCLA ASFÁLTICA PARA LAS VÍAS LOCALES  
DE LA CIUDAD DE TRUJILLO, 2023”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Roisser Tasilla Vasquez

**Asesor:**

Mg. Germán Sagastegui Vásquez

<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Trujillo - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Luis Alberto Alva Reyes</b>	<b>42013371</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Gonzalo Hugo Díaz García</b>	<b>40539624</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Sheyla Yuliana Cornejo Rodríguez</b>	<b>41639360</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

TESIS\_ROISSER\_TURNITIN.pdf

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**18%**

INDICE DE SIMILITUD

**19%**

FUENTES DE INTERNET

**1%**

PUBLICACIONES

**1%**

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

**1**

**hdl.handle.net**

Fuente de Internet

**17%**

**2**

**repositorio.ucv.edu.pe**

Fuente de Internet

**1%**

**3**

**repositorio.upn.edu.pe**

Fuente de Internet

**1%**

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

## **DEDICATORIA**

A mis padres, cuyo amor incondicional y apoyo constante me han dado la fortaleza para perseguir mis metas y superar los obstáculos. Vuestra confianza en mí ha sido mi mayor motivación.

A mis profesores y mentores, por su sabiduría, orientación y paciencia. Vuestra guía experta y dedicada a moldeado mi pensamiento crítico y ha enriquecido este trabajo.

A mis amigos y seres queridos, por su aliento, comprensión y ánimo durante todo este proceso. Vuestro apoyo inquebrantable me ha dado la confianza necesaria para llegar hasta aquí.

Y finalmente, a mí mismo, por mi constancia, dedicación y esfuerzo inquebrantable. Esta tesis es el resultado de mi pasión y compromiso hacia la investigación y el conocimiento.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia, les agradezco de corazón por su constante respaldo y comprensión. Su apoyo incondicional ha sido el motor que me ha impulsado a perseverar en los momentos de desafío. A mis padres, por su amor incondicional y por siempre creer en mí. A mis hermanos, por ser mis mejores compañeros y brindarme su apoyo en cada paso del camino. A mis abuelos, tíos y primos, por su ánimo y alegría constante. Su presencia ha sido un pilar fundamental en mi vida.

A mis amigos, les agradezco por estar ahí en los buenos y malos momentos. Sus palabras de aliento, su compañía y su confianza en mí han sido un bálsamo en los momentos de duda y agotamiento. Gracias por comprender mi ausencia en reuniones y eventos, y por animarme a seguir adelante. Su amistad ha sido un regalo invaluable.

Agradezco también a mis seres queridos que no están físicamente presentes, pero que siempre me acompañan en espíritu. A aquellos que, desde el cielo, me envían su protección y su energía positiva. Su legado y su amor perduran en mí y me inspiran a alcanzar mis metas.

**Tabla de contenido**

JURADO CALIFICADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>28</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>28</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	30
CAPÍTULO III: RESULTADOS	47
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	99
REFERENCIAS	108
ANEXOS	111

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.:</b> Requisitos para mezcla de concreto bituminoso .....	45
<b>Tabla 2.:</b> Ensayo 1, granulometría del agregado grueso .....	47
<b>Tabla 3.:</b> Ensayo 2, granulometría del agregado grueso .....	49
<b>Tabla 4.:</b> Ensayo 3, granulometría del agregado grueso .....	51
<b>Tabla 5.:</b> Ensayo de 3 muestras del peso específico y absorción del agregado grueso .....	53
<b>Tabla 6.:</b> Peso unitario suelto del agregado grueso .....	54
<b>Tabla 7.:</b> Peso unitario compactado del agregado grueso .....	55
<b>Tabla 8.:</b> Contenido de humedad del agregado grueso .....	56
<b>Tabla 9.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	57
<b>Tabla 10.:</b> Altura de las briquetas .....	57
<b>Tabla 11.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	58
<b>Tabla 12.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	58
<b>Tabla 13.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	62
<b>Tabla 14.:</b> Altura de las briquetas .....	62
<b>Tabla 15.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	63
<b>Tabla 16.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	63
<b>Tabla 17.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	67
<b>Tabla 18.:</b> Altura de las briquetas .....	67
<b>Tabla 19.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	68
<b>Tabla 20.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	68
<b>Tabla 21.</b> Resumen de los resultados de los parámetros de Marshall sin adición .....	72
<b>Tabla 22.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	73
<b>Tabla 23.:</b> Altura de las briquetas .....	73
<b>Tabla 24.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	74

<b>Tabla 25.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	74
<b>Tabla 26.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	78
<b>Tabla 27.:</b> Altura de las briquetas .....	78
<b>Tabla 28.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	79
<b>Tabla 29.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	79
<b>Tabla 30.:</b> Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.....	83
<b>Tabla 31.:</b> Altura de las briquetas .....	83
<b>Tabla 32.:</b> Densidad real y gravedad específica de Bulk .....	84
<b>Tabla 33.:</b> Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos .....	84
<b>Tabla 34.:</b> Resumen de los resultados de los parámetros de Marshall con adición .....	88
<b>Tabla 35.:</b> Análisis de normalidad para un C.A. de 4.5% sin Poliestireno .....	90
<b>Tabla 36.:</b> Análisis de normalidad para un C.A. de 5.0% sin Poliestireno .....	90
<b>Tabla 37.:</b> Análisis de normalidad para un C.A. de 5.5% sin Poliestireno .....	91
<b>Tabla 38.:</b> Analisis de normalidad para un C.A. de 6.0% sin Poliestireno .....	91
<b>Tabla 39:</b> Analisis de normalidad para un C.A. de 6.5% sin Poliestireno .....	92
<b>Tabla 40.:</b> Analisis de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno de 1.5% .....	92
<b>Tabla 41.:</b> Análisis de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno de 2.0% .....	93
<b>Tabla 42.:</b> Prueba de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno de 2.5% .....	93
<b>Tabla 43.:</b> Análisis de Homogeneidad de Varianza para la Estabilidad de Marshall .....	95
<b>Tabla 44.:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para el Flujo de Marshall .....	95
<b>Tabla 45.:</b> Prueba de Homogeneidad de Varianza para el porcentaje de vacíos de Marshall .....	96
<b>Tabla 46.:</b> Análisis de Prueba de Hipótesis para la Estabilidad de Marshall .....	97
<b>Tabla 47.:</b> Análisis de Prueba de Hipótesis para el Flujo de Marshall .....	97
<b>Tabla 48.:</b> Análisis de Prueba de Hipótesis para el porcentaje de vacíos de Marshall.....	98



## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Camino con estructura de pavimento flexible. ....	21
<b>Figura 2:</b> Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible). ....	22
<b>Figura 3:</b> Poliestireno. ....	23
<b>Figura 4:</b> Asfalto. ....	25
<b>Figura 5:</b> Requisitos granulométricos del agregado grueso. ....	25
<b>Figura 6:</b> Ubicación de la Cantera Bauner S.A. ....	37
<b>Figura 7:</b> Esquema de procedimiento de la recolección de datos. ....	37
<b>Figura 8.:</b> Ensayo 1, Curva granulométrica del agregado grueso. ....	47
<b>Figura 9.:</b> Ensayo 2, Curva granulométrica del agregado grueso. ....	49
<b>Figura 10.:</b> Ensayo 3, Curva granulométrica del agregado grueso. ....	52
<b>Figura 11.:</b> Densidad vs % Contenido de Asfalto. ....	59
<b>Figura 12:</b> Estabilidad vs % Contenido de Asfalto. ....	60
<b>Figura 13.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto. ....	61
<b>Figura 14.:</b> % Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto. ....	61
<b>Figura 15.:</b> % Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto. ....	62
<b>Figura 16.:</b> % Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto. ....	62
<b>Figura 17.:</b> Densidad vs % Contenido de Asfalto. ....	64
<b>Figura 18:</b> Estabilidad vs % Contenido de Asfalto. ....	64
<b>Figura 19.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto. ....	65
<b>Figura 20.:</b> % Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto. ....	65
<b>Figura 21.:</b> % Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto. ....	66
<b>Figura 22.:</b> % Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto. ....	66
<b>Figura 23.:</b> Densidad vs % Contenido de Asfalto. ....	69
<b>Figura 24:</b> Estabilidad vs % Contenido de Asfalto. ....	69

<b>Figura 25.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto.....	70
<b>Figura 26.:</b> % Vacios de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto. ....	70
<b>Figura 27.:</b> % Vacios en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto.....	71
<b>Figura 28.:</b> % Vacios Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto.....	71
<b>Figura 29.</b> Gráfico de resumen del ensayo de Marshall sin adición.....	72
<b>Figura 30.:</b> Densidad vs % Contenido de Poliestireno.....	75
<b>Figura 31:</b> Estabilidad vs % Contenido de Poliestireno.....	75
<b>Figura 32.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.. ....	76
<b>Figura 33.:</b> % Vacios de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno. ....	76
<b>Figura 34.:</b> % Vacios en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.....	77
<b>Figura 35.:</b> % Vacios Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno. ....	77
<b>Figura 36.:</b> Densidad vs % Contenido de Poliestireno.....	80
<b>Figura 37:</b> Estabilidad vs % Contenido de Poliestireno.....	80
<b>Figura 38.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.. ....	81
<b>Figura 39.:</b> % Vacios de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno. ....	81
<b>Figura 40.:</b> % Vacios en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.....	82
<b>Figura 41.:</b> % Vacios Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno. ....	82
<b>Figura 42.:</b> Densidad vs % Contenido de Poliestireno.....	85
<b>Figura 43:</b> Estabilidad vs % Contenido de Poliestireno.....	85
<b>Figura 44.:</b> Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.. ....	86
<b>Figura 45.:</b> % Vacios de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno. ....	86
<b>Figura 46.:</b> % Vacios en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.....	87
<b>Figura 47.:</b> % Vacios Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno. ....	87
<b>Figura 48.</b> Gráfico de resumen del ensayo de Marshall con adición.....	88

**RESUMEN**

Este estudio tuvo como objetivo central evaluar los efectos sobre la incorporación de poliestireno en la mezcla asfáltica, utilizando el método de Marshall y cumpliendo las normativas del MTC E 504. Mediante un enfoque experimental riguroso, se compararon distintas formulaciones con porcentajes variables de poliestireno con la mezcla asfáltica convencional. Los resultados indicaron que al agregar 1.5%, 2.0% y 2.5% de poliestireno, la estabilidad de la mezcla aumentó a 9.10 Kn, 9.33 Kn y 10.60 Kn, respectivamente, en comparación con los 9.58 Kn de la mezcla tradicional. Además, se observó una mejora significativa en el flujo de la mezcla con la adición de poliestireno. Los porcentajes de vacío también disminuyeron con las formulaciones modificadas, indicando una mayor compacidad en la mezcla.

En resumen, los resultados demostraron de manera positiva el impacto de la adición de poliestireno en la mezcla asfáltica, determinándose el contenido óptimo de poliestireno es del 2.5%. Estos hallazgos son de gran relevancia para mejorar la calidad y desempeño de las carreteras, contribuyendo así al desarrollo de infraestructuras viales más seguras y sostenibles. La investigación proporciona información valiosa para el diseño de mezclas asfálticas más resistentes y duraderas, lo que beneficia tanto a la comunidad como al medio ambiente.

**PALABRAS CLAVES:** Poliestireno, Mezcla asfáltica, Método de Marshall, Estabilidad y flujo.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

En la actualidad, los emprendimientos de desarrollo vial se enfocan en incorporar tecnologías que disminuyan las necesidades energéticas de las estructuras en proceso de construcción. El componente esencial de las carreteras, el asfalto, está condicionado por el empleo de un tipo específico de aglutinante y la temperatura de aplicación correspondiente. Estos factores subrayan de manera evidente la relevancia de llevar a cabo edificaciones con los estándares de calidad apropiados para extender la durabilidad, lo cual posibilita una circulación segura, cómoda y fluida, a la vez que reduce los costos asociados al mantenimiento y la operación. El alto costo del mantenimiento de esta condiciona los mantenimientos preventivos o correctivos lo que ocasiona un deterioro rápido, la provocación de daños a los vehículos que se trasladan, algunos problemas de salud en los ciudadanos de la zona, también generando molestias y gastos adicionales.

Rodríguez & Moreno (2007), en una investigación realizada en Colombia llamada Resistencia mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con asfalto modificados con desechos de Policloruro de Vinilo (PVC), Polietileno de Alta Densidad (PEAD) y Poliestireno (PS) (2007), nos dice que el asfalto modificado ha sido una técnica ampliamente utilizada para mejorar las características que presentan las mezclas asfálticas convencionales cuando experimentan niveles elevados de tránsito y gradientes de temperatura. Por lo general, lo que se busca con este tipo de tecnología es mejorar algunas de las propiedades mecánicas y reológicas de los asfaltos y las mezclas

asfálticas convencionales, tales como la susceptibilidad térmica, la rigidez y la resistencia al envejecimiento, a las deformaciones plásticas y a la fatiga.

Por otro lado, en su estudio realizado en Chile titulado Evaluación de las propiedades mecánicas una mezcla densa en caliente modificada con un desecho de polietileno de baja densidad (PEBD), nos dice que con la adición de polímeros al asfalto se modifican las propiedades mecánicas, químicas y reológicas de las mezclas asfálticas. Cuando se utiliza esta tecnología se pretende mejorar el comportamiento que experimentan las mezclas tradicionales cuando son sometidas a diferentes condiciones de carga y del medio ambiente. Por lo general las propiedades que se intentan mejorar son la rigidez, la resistencia bajo carga monotónica, al ahuellamiento, a fatiga, al envejecimiento, y disminuir la susceptibilidad térmica.

Gavino (2022), realizó una investigación en Perú indicando que se persiguió la exploración en superficies viales con el propósito de elevar las características mecánicas, contribuyendo de esta manera a la construcción de carreteras; además, mediante la aplicación de poliestireno expandido, se pretende otorgar cualidades químicas y físicas mejoradas, logrando un rendimiento superior del pavimento y una resistencia reforzada en el mismo.

Corbacho (2019), en su estudio se encontró que el impacto de la sustitución parcial de agregados finos en la estabilidad Marshall de las mezclas asfálticas modificadas con fibra de PET se redujo en un 9.6% en comparación con las mezclas de concreta resina plástica,

mientras que la fluidez de la mezcla asfáltica modificada con fibra de PET se incrementa. en un 6.52% en comparación con la mezcla asfáltica ordinaria.

Juan (2021), en su tesis se llegó a la conclusión de que, a través de la aplicación del ensayo Marshall, se logró establecer que el contenido de asfalto ideal equivale al 5.3%. Con esta cifra, se produjeron probetas de referencia, las cuales reflejaron una estabilidad de 8.15 Kn y una fluidez de 3.58 mm. Por consiguiente, se asegura la satisfacción de los criterios mínimos estipulados en la normativa correspondiente.

Además, es importante realizar investigaciones que contribuyan a las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas. Se han dado nuevas formas de nuevos métodos mecánicos para este propósito; lo relevante es que no hay tiempo, porque todo es urgente y surgen nuevos materiales que necesitan ser estudiados.

Hoy en día puedes experimentar presenciar la considerable necesidad de flujo vehicular en Perú. Hay varios elementos que pueden hacer que un pavimento falle antes del final de su vida útil, como que el daño comience u ocurra en puntos débiles o dañados en cualquier parte importante del efecto dañino general que soporte uno o más de los factores anteriores, siendo zona potencial de falla, malas consecuencias constructivas, baja calidad de los materiales utilizados, procedimientos constructivos defectuosos, falta de protección eficaz y oportuna, por lo que se pueden producir daños en los pavimentos desde los cimientos. , caminos de tierra, trabajos de recuperación o partes del propio pavimento.

De acuerdo con las proyecciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en su Plataforma digital única del Estado Peruano (2021), nos dice que la Red vial Nacional estará pavimentada al 100% con los próximos años. Si bien actualmente se tiene un 87.7 % de avance, es necesario tomar en cuenta qué es lo más conveniente para pavimentar las vías que permitirán integrar al país. A este porcentaje faltante hay que sumarle los trabajos de reconstrucción vial debido al Niño Costero, para lo cual la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios (ARCC).

Ante este hecho, existe una necesidad urgente de mejorar la tecnología de pavimento asfáltico de Perú para lograr la vida para la que fue diseñado. Es lo más preocupantes en el deterioro del pavimento y su causa debe conocerse incluso después de que el evento haya sido pronosticado en futuras etapas de diseño, construcción y mantenimiento. Por ello, es importante realizar diversas pruebas y análisis en el Perú utilizando laboratorios especializados y equipos de campo que permitan evaluar la estructura del pavimento para evitar deformaciones permanentes.

### **1.1.1. Antecedentes.**

Vega (2016), en su trabajo de investigación realizado en el entorno de Ecuador, cuenta con un tipo de investigación aplicada y un diseño de investigación experimental; realiza un examen del comportamiento bajo compresión de mezclas asfálticas que incorporan caucho reciclado de neumáticos como componente del pavimento de asfalto. De este análisis, extrajo diversas conclusiones, entre las cuales se destacan: La inclusión del polvo de caucho proveniente de neumáticos reciclados en las mezclas asfálticas conlleva una

reducción sustancial de la contaminación ambiental generada por su degradación prolongada o los diversos métodos de eliminación; la adición de dicho polvo de caucho a la mezcla asfáltica resulta en una disminución de la Estabilidad Marshall, a la vez que se observa un aumento en el Flujo, el contenido de vacíos y el contenido de ligante; finalmente, el peso específico a granel de las mezclas asfálticas modificadas con caucho presenta ligeras reducciones en comparación con el asfalto convencional. Finalmente se concluyó que, al incorporar el polvo de caucho de llanta, una disminución en la Estabilidad, al mismo tiempo que el Flujo aumenta, junto con los niveles de espacios vacíos y contenido de ligante. Estos resultados resaltan la influencia del caucho reciclado en las propiedades de las mezclas asfálticas, indicando cambios potenciales en la resistencia y comportamiento estructural, así como en la capacidad de deformación y flexibilidad de los pavimentos. Así mismo cabe mencionar, que esta investigación me aporta en el procedimiento en lo que implica para los resultados de Marshall.

Rodríguez & Rodríguez (2004), En su trabajo de investigación realizado en el entorno de América Central, cuenta con un tipo de investigación aplicada y un diseño experimental, Su objetivo fue desarrollar un informe que abarque los aspectos más significativos de la técnica de reciclado de pavimentos flexibles, ya sea en frío o en caliente, en el marco de su tesis centrada en la región centroamericana. Algunas conclusiones a las que arribaron estos investigadores incluyen: El reciclado en frío resulta apropiado cuando el pavimento existente presenta daños que han llegado hasta la base, y se determina que se necesita restaurar el pavimento. Por otro lado, la técnica de reciclaje en caliente es adecuada cuando los daños solo afectan la capa de asfalto, ya que, en caso contrario, esta técnica no es viable debido a que no puede resolver problemas o fallos en la base, lo que lleva a



que los resultados de la rehabilitación del pavimento no sean los esperados. Finalmente se concluyó que la técnica del reciclaje en frío fue la que presentó mayores beneficios en comparación al reciclaje en caliente. Esta investigación aporta en el formato de mis guías de observación para poder recolectar los datos referentes a mis ensayos.

Goicochea (2019), lleva a cabo una investigación de un compuesto asfáltico en el que se incorpora caucho proveniente de neumáticos reciclados como el componente polimérico principal, en el entorno urbano de Chachapoyas, es una investigación de tipo aplicada y diseño experimental, el análisis del autor arroja algunas conclusiones notables. Entre ellas, se destaca que la inclusión de caucho proveniente de neumáticos reciclados en el asfalto PEN 60/70, bajo las mismas condiciones de producción de las mezclas asfálticas, revela que a medida que disminuye el porcentaje de caucho en la mezcla, el asfalto se vuelve más flexible, mientras que un aumento en el porcentaje de caucho lo vuelve más rígido. Además, se observa una mejora en el rendimiento físico-mecánico del asfalto PEN 60/70 con la adición del caucho reciclado. En cuanto a las ventajas técnicas de incorporar caucho de neumáticos reciclados en el asfalto PEN 60/70, se resalta una mayor cohesión, una óptima capacidad elástica frente a deformaciones permanentes y una reducción de la vulnerabilidad térmica. Por otro lado, desde una perspectiva económica, el autor subraya el bajo costo de producción como un beneficio significativo. Además, el estudio contribuye al abordaje de la problemática de los materiales poliméricos contaminantes y la acumulación de neumáticos desechados, lo cual es destacado como una ventaja adicional por parte del autor.

Aliaga (2017), Examina el uso del caucho reciclado con el propósito de elevar las características de la capa de asfalto en el proceso de pavimentación de la Avenida Bertello en el Distrito de Santa Rosa, cuenta con un tipo de investigación aplicada y de diseño de investigación experimental. Se presupone que la capa de asfalto se rige por características físicas, propiedades mecánicas y resistencia a la deformación. Por otro lado, el caucho reciclado abarca el caucho triturado, pulverizado y en estado líquido como sus aspectos fundamentales. Una vez que se ha evaluado el impacto del caucho triturado en la mejora de las propiedades físicas de la capa de asfalto, se procede a analizar cómo influye la aplicación del caucho pulverizado en la mejora de las propiedades mecánicas de la capa de asfalto. Además, se busca determinar de qué manera la utilización del caucho líquido aumenta la resistencia a la deformación en la pavimentación de la Avenida Bertello, ubicada en el Distrito de Santa Rosa. En base a estas investigaciones, el autor concluye que la incorporación de caucho reciclado potencia las propiedades de la capa de asfalto en un 20%. Este estudio proporciona una estimación aproximada de la cantidad de muestras que serán empleadas en el laboratorio.

Villagaray (2017), dentro de su tesis, se examina la potenciación de la resistencia a la deformación en el asfalto alterado mediante la incorporación de caucho reciclado, en contraste con la versión convencional del asfalto. Se trata de un estudio de enfoque aplicado y carácter experimental en su diseño, esta investigación se enfoca en la identificación de las ventajas que el asfalto modificado con caucho reciclado ofrece en comparación con el asfalto convencional. Además, examina la comparación de los costos entre un asfalto modificado con caucho reciclado y uno convencional. Algunas conclusiones relevantes obtenidas por el autor en mención incluyen: El uso del caucho

reciclado resulta fiable para potenciar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica a través del proceso de vía seca, dado que aumenta el factor de rigidez en un 13.24% en relación con el asfalto convencional. Adicionalmente, el asfalto modificado con caucho reciclado demuestra una mejora del 3.54% en la resistencia a la deformación en comparación con el asfalto convencional. Así mismo, esta investigación me aporta una interpretación comparativa con los resultados que tenga de los ensayos de Marshall.

Ortíz (2017), en su tesis, analiza las cualidades físicas y propiedades mecánicas tanto de la mezcla asfáltica convencional como de la mezcla que incorpora tereftalato de polietileno (PET) como adición. Además, se aseguró de que los agregados empleados en la formulación de las mezclas asfálticas cumplieran con requisitos ideales, siguiendo los procedimientos y estándares pertinentes estipulados por ASSHTO y ASTM. El tipo de investigación es aplicada y el diseño de investigación experimental. Se concluyó que la mezcla asfáltica con tereftalato de polietileno (PET) tiene deficiencias notables, comparándolos con un diseño de mezcla propuesto normal que cumple los parámetros mínimos como adherencia de los agregados, carga, deformación y porcentaje de vacíos, estos son fundamentales en la realización de una mezcla asfáltica normal. Esta investigación es de gran aporte para la comparación de mis resultados a ensayar.

### **1.1.2. Bases teóricas.**

#### **1.1.2.1. Pavimentos flexibles.**

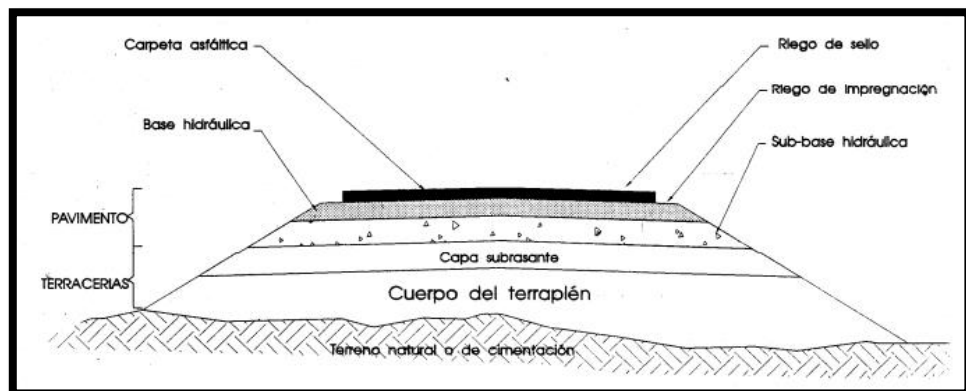
##### **1.1.2.1.1. Definición.**

Un pavimento flexible está compuesto por varias capas de materiales con propiedades mecánicas diferentes que trabajan de manera conjunta para soportar las cargas del tráfico y distribuir las a la subrasante mediante un proceso de deformación

compatible que reduce las tensiones y deformaciones en las distintas capas (Prozzi & Vargas, 2013).

**Figura 1**

*Camino con estructura de pavimento flexible.*



*Nota.* La superficie adaptable absorbe tensiones, mientras que una capa protectora previene desgaste y humedad, manteniendo la integridad de la vía.

Por lo tanto, se puede observar que un pavimento se compone de diversas capas según su nivel de calidad y costo (Zelada, 2019).

#### 1.1.2.1.2. Estructura del pavimento flexible.

La estructura típica de un pavimento flexible está compuesta por las siguientes capas:

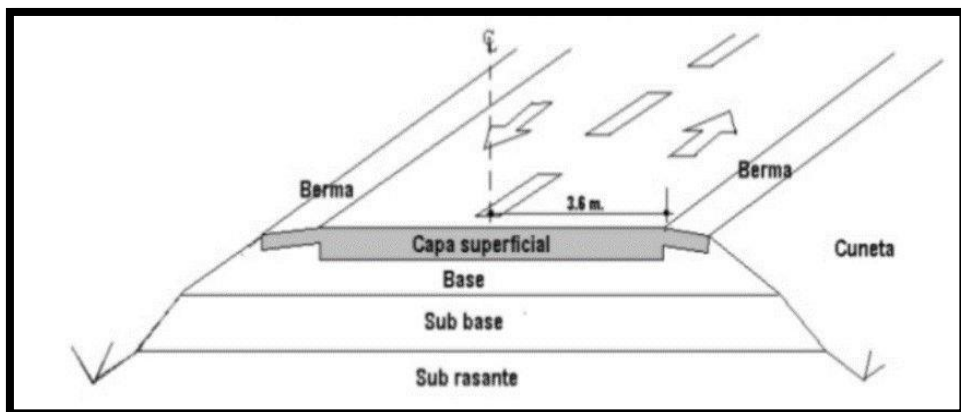
- **Carpeta de rodadura:** capa de material asfáltico de alta calidad que se coloca en la superficie del pavimento para proporcionar una superficie de rodadura suave y duradera.
- **Capa de sello o liga:** capa intermedia de material asfáltico que se coloca sobre la base granular para unir la carpeta de rodadura a la base.

- **Capa de base:** capa de material granular que se coloca sobre la subrasante para soportar las cargas del tráfico y distribuirlas de manera uniforme sobre la subrasante.
- **Subbase:** capa de material granular más gruesa que la base que se coloca sobre la subrasante para proporcionar una superficie de apoyo más uniforme para la base y reducir la posibilidad de deformaciones por debajo de la base.
- **Subrasante:** capa de suelo natural o suelo mejorado que proporciona el soporte del pavimento.

Esta estructura puede variar dependiendo de la carga de diseño y las características del suelo en el sitio de la construcción (Prozzi & Vargas, 2013).

**Figura 2**

*Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible).*



*Nota.* En la figura se muestra la estructura de un pavimento flexible, compuesta por capas: una base de agregados compactados para distribuir cargas, seguida por una mezcla asfáltica.

### 1.1.2.1.3. Características y propiedades del pavimento de tipo flexible.

El pavimento flexible es una capa superficial compuesta por diversos materiales, como asfalto, arena, grava y otros agregados, que se emplea frecuentemente en calles y carreteras. Este tipo de pavimento presenta diversas propiedades y características que lo hacen especialmente adecuado para su uso en diversas situaciones. (Sabor

- **Flexibilidad:** El pavimento flexible tiene la capacidad de deformarse y adaptarse a los movimientos del suelo, lo que reduce el riesgo de agrietamiento y fracturas en la superficie.
- **Durabilidad:** El pavimento flexible es capaz de soportar cargas de tráfico y resistir el desgaste y la abrasión, lo que lo hace adecuado para su uso en carreteras y otras infraestructuras viales.
- **Bajo costo:** El pavimento flexible es generalmente menos costoso que otros tipos de pavimento, como el pavimento rígido, lo que lo hace una opción atractiva para proyectos de construcción con presupuestos limitados.
- **Facilidad de construcción:** La construcción del pavimento flexible es relativamente simple y requiere de equipos y materiales comunes, lo que lo hace adecuado para proyectos de construcción en zonas remotas o de difícil acceso.
- **Mantenimiento:** El pavimento flexible es fácil de mantener y reparar, ya que los materiales utilizados en su construcción son comunes y fáciles de obtener.

El pavimento flexible es un tipo de pavimento que se caracteriza por su flexibilidad, durabilidad, bajo costo, facilidad de construcción y mantenimiento, lo que lo

convierte en una opción popular para la construcción de carreteras y otras infraestructuras viales (Saborido & Benito, 2015).

### 1.1.2.2. Poliestireno.

El poliestireno es un polímero termoplástico que se caracteriza por su rigidez, transparencia y ligereza. Se utiliza en la construcción de edificios y en la elaboración de materiales aislantes térmicos y acústicos. El poliestireno es un material altamente versátil que presenta un buen equilibrio entre propiedades mecánicas y económicas, lo que lo convierte en una opción popular para una amplia variedad de aplicaciones. (Ortega & García, 2021).

#### Figura 3

*Poliestireno.*



*Nota.* La figura revela una representación de poliestireno, un polímero versátil. Sus cadenas moleculares compactas proporcionan ligereza y aislamiento térmico.

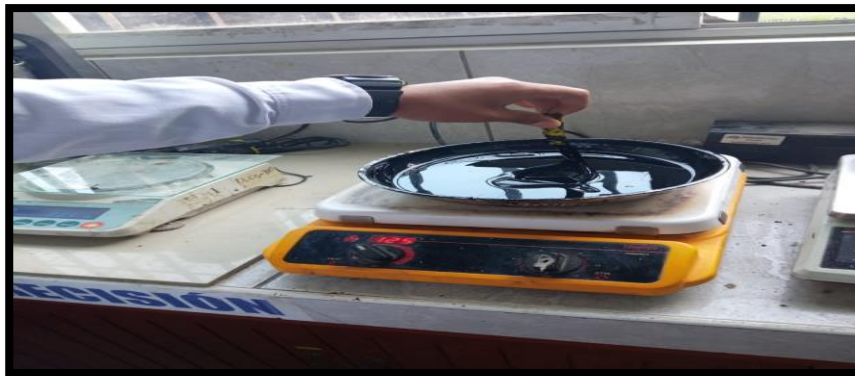
### 1.1.2.3. Asfalto.

El asfalto es un material compuesto por una mezcla de betún y agregados pétreos, que se utiliza principalmente para la pavimentación de carreteras y calles. El asfalto es un

material de consistencia sólida, color negro y aspecto brillante que se obtiene a partir de la destilación del petróleo crudo y que se utiliza como aglutinante para la elaboración de mezclas asfálticas. Se caracteriza por ser un material resistente, duradero y capaz de soportar grandes cargas de tráfico, lo que lo hace ideal para la construcción de carreteras y otras infraestructuras viales (Ver figura 02). Además, su uso se ha extendido a otros sectores como la construcción de cubiertas, impermeabilización de estructuras, entre otros (Saborido & Benito, 2015).

**Figura 4:**

*Asfalto en caliente.*



*Nota.* La figura muestra asfalto caliente siendo pesado para sus dosificaciones correspondientes, un paso esencial en la preparación de la mezcla.

**1.1.2.4. Agregados.**

Los agregados en pavimentos son materiales pétreos de diferentes tamaños que se utilizan en la construcción de capas granulares del pavimento. Estos materiales pueden ser naturales o artificiales y se utilizan para mejorar la resistencia y la durabilidad del pavimento.

Los agregados se clasifican según su tamaño en diferentes categorías, como grava, arena y piedra triturada. Además, los agregados deben cumplir con ciertas



especificaciones técnicas, como la resistencia a la abrasión, la forma y la textura de las partículas, y la distribución de tamaño, para asegurar que sean adecuados para su uso en pavimentos. Los agregados también son importantes porque afectan la calidad del concreto asfáltico utilizado en la construcción de pavimentos. La cantidad y calidad de los agregados utilizados en el concreto asfáltico influyen en las propiedades de resistencia, durabilidad y deformación del pavimento. Por lo tanto, es importante seleccionar los agregados adecuados y utilizarlos en las proporciones correctas durante la construcción del pavimento. (Prozzi & Vargas ,2013).

**Figura 5**

*Características de tamaño del material del agregado grueso.*

Hiso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9*	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 5

*Nota.* La imagen muestra la tabla que detalla las especificaciones de tamaño para el agregado grueso según la Norma Técnica Peruana.

### 1.1.2.5. Método de Marshall (ASTM D-1559).

Se basa en la compactación de una muestra de la mezcla asfáltica en un molde cilíndrico a una temperatura específica y la aplicación de una carga vertical sobre ella, lo que permite determinar las propiedades mecánicas de la mezcla, como la densidad, la estabilidad y la fluidez. Además, se utilizan otros parámetros, como la absorción de

humedad y el vacío de aire, para evaluar la calidad de la mezcla (Guzmán, López & Díaz, 2018).

#### **1.1.2.6. Mezcla asfáltica.**

La mezcla asfáltica es un material compuesto por una combinación de áridos y un aglomerante asfáltico. Los áridos pueden ser de distintas granulometrías y composiciones, y el aglomerante asfáltico se obtiene a partir de la destilación del petróleo crudo. La mezcla asfáltica se utiliza principalmente para la construcción de pavimentos y carreteras debido a su resistencia, durabilidad y bajo costo (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.7. Estabilidad de Marshall.**

La estabilidad de Marshall es una propiedad mecánica de las mezclas asfálticas que mide su resistencia a la deformación bajo carga y temperatura. Se determina mediante una prueba que consiste en someter una muestra de la mezcla asfáltica a una carga repetitiva y medir la deformación que sufre. La estabilidad de Marshall se define como la carga máxima que puede soportar la muestra sin alcanzar una deformación estable (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.8. Flujo de Marshall.**

El flujo de Marshall es una medida de la capacidad de una mezcla asfáltica para deformarse bajo carga a una temperatura constante. Se determina mediante una prueba que consiste en aplicar una carga axial a una muestra de la mezcla asfáltica confinada en un molde cilíndrico a una temperatura de 60°C. La deformación vertical que ocurre en la muestra es medida en términos de la distancia en milímetros que la muestra se deforma en respuesta a la carga aplicada, (Kett, 2001).

#### **1.1.2.9. Porcentaje de vacío de Marshall.**

El porcentaje de vacío de Marshall es una propiedad de las mezclas asfálticas que mide el volumen de los vacíos presentes en una muestra compactada en relación con el volumen total de la muestra. Se determina mediante una prueba que consiste en medir la densidad de la muestra compactada y a partir de ella calcular el porcentaje de vacío (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.10. Capa de rodadura.**

La capa superior del pavimento es conocida como capa de rodadura y está diseñada para soportar el tráfico vehicular y proteger las capas inferiores de la estructura del pavimento. Es la capa que está en contacto directo con los neumáticos de los vehículos y, por lo tanto, está sometida a las mayores cargas y tensiones de deformación. Por esta razón, la capa de rodadura debe ser resistente y duradera, y tener una superficie uniforme y antideslizante (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.11. Capa base.**

La capa base de pavimento es la capa de material que se encuentra ubicada debajo de la capa de rodadura y encima de las capas de subrasante y subbase. Su función principal es distribuir las cargas del tráfico vehicular y proteger las capas inferiores del pavimento. La capa base debe tener una alta resistencia y rigidez para soportar las cargas transmitidas por la capa de rodadura y distribuir las uniformemente sobre la subrasante. Los materiales utilizados para la capa base pueden ser gravas, piedras trituradas, arenas y mezclas asfálticas (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.12. Capa sub-base.**

La capa subbase es una capa de material que se coloca debajo de la capa base y encima de la subrasante en una estructura de pavimento típica. Su función principal es

proporcionar una plataforma uniforme y estable para soportar la carga del tráfico y distribuir las cargas sobre la subrasante. Los materiales utilizados para la capa subbase pueden ser grava, piedra triturada, material granular, tierra natural, mezclas de suelo cemento y otros materiales estabilizados (Saborido & Benito, 2015).

#### **1.1.2.13. Capa sub-rasante.**

La subrasante es la capa de suelo natural ubicada debajo de las capas de la estructura de pavimento. La subrasante debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico sin sufrir deformaciones excesivas o asentamientos. En general, la subrasante debe cumplir con los requisitos establecidos por las normativas y especificaciones técnicas de cada país para garantizar la estabilidad del pavimento (Saborido & Benito, 2015).

### **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera influye el poliestireno en una mezcla asfáltica para las vías locales de la ciudad de Trujillo?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

- Determinar la influencia del poliestireno en una mezcla asfáltica para las vías locales de la ciudad de Trujillo, 2023.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

OE1: Determinar la dosificación óptica del poliestireno en una mezcla asfáltica.

OE2: Determinar la estabilidad de la mezcla asfáltica usando poliestireno.

OE3: Determinar el porcentaje de flujo de la mezcla asfáltica usando poliestireno.

OE4: Determinar el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica usando poliestireno.

OE5: Comparar una mezcla asfáltica tradicional con una mezcla asfáltica adicionando con poliestireno.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El Poliestireno influenciará en una mezcla asfáltica para el diseño de un pavimento flexible en las vías locales de la ciudad de Trujillo, 2023.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1. Tipo de investigación**

#### **2.1.1. Propósito de investigación**

De acuerdo con la investigación, se clasifica como aplicada, puesto que se enfoca en la implementación práctica de los hallazgos para evaluar la estabilidad, los índices de flujo y vacíos en una mezcla asfáltica. El propósito principal de la investigación aplicada es solucionar problemas prácticos mediante la utilización de conocimientos científicos adquiridos previamente. A diferencia de la investigación pura o teórica, la investigación aplicada se enfoca en la aplicación práctica del conocimiento para mejorar la calidad de vida de las personas y la competitividad de las empresas. (Kerlinger & Lee, 2002).

#### **2.1.2. Según el diseño.**

El desarrollo de un estudio de investigación que se utilizará es experimental, debido a que se manipulará la variable independiente para determinar su efecto sobre la variable dependiente en diferentes dosificaciones de la mezcla asfáltica. El diseño de investigación experimental se define como una metodología científica que se utiliza para investigar la relación causa-efecto entre variables (Hurtado & Toro, 2018)

#### **2.1.3. Enfoque**

La orientación del estudio se basa en el enfoque cuantitativo, dado que es una metodología que se utiliza para recopilar y analizar datos numéricos y estadísticos, con el objetivo de medir y cuantificar variables y establecer relaciones entre ellas. En el caso de los ensayos de mezcla asfáltica con poliestireno, el enfoque cuantitativo permitiría medir y analizar de forma objetiva los efectos de la adición de poliestireno

a la mezcla, a través de la recopilación de datos cuantitativos y su posterior análisis estadístico.

Este enfoque cuantitativo también permitiría la utilización de herramientas de análisis estadístico como la prueba t, ANOVA, y regresión lineal, entre otras, para analizar los datos recopilados y establecer conclusiones y relaciones entre las variables. De esta manera, el enfoque cuantitativo permitiría obtener resultados precisos y objetivos acerca de los efectos de la adición de poliestireno a la mezcla asfáltica. el enfoque cuantitativo se basa en la medición y análisis de datos numéricos y estadísticos para describir y explicar fenómenos y establecer relaciones entre variables (Babbie, 2016).

## **2.2. Variables.**

### **2.2.1. Variable independiente**

En el marco de la investigación, la variable independiente es el Poliestireno, el cual ha sido introducido en la combinación de asfalto con el propósito de analizar cómo afecta a las características del material. Al ser una variable independiente, su presencia en la mezcla no estará influenciada por ninguna otra variable en estudio, lo que permitirá un análisis más preciso y objetivo de sus efectos. A través de los ensayos realizados, se buscará determinar en qué medida la incorporación del Poliestireno puede contribuir a mejorar las características de la mezcla asfáltica en términos de Estabilidad, Flujo y Vacíos. Esta información resultará valiosa para la optimización de la producción de mezclas asfálticas y la mejora de la calidad de las carreteras y pavimentos.

### **2.2.2. Variable dependiente**

La mezcla asfáltica se considera como la variable, la cual será sometida a diferentes porcentajes de Poliestireno (1.5%, 2.0% y 2.5%) para evaluar su efecto en las propiedades del material. La adición del Poliestireno influirá en diferentes aspectos de

la mezcla, como la estabilidad, el porcentaje de flujo y el porcentaje de vacíos, lo que permitirá obtener una evaluación integral de su impacto en las propiedades de la mezcla asfáltica. Es importante destacar que la variable dependiente, en este caso la mezcla asfáltica, estará influenciada por la presencia del Poliestireno lo que permitirá establecer una relación causal entre la variable independiente y la dependiente. La obtención de estos resultados permitirá aportar información relevante para la optimización del uso del Poliestireno en la producción de mezclas asfálticas y mejorar la calidad de las carreteras y pavimentos.

### **2.3. Población y muestra.**

#### **Población:**

La población en investigación se define como el conjunto de individuos, objetos, eventos o cualquier otro fenómeno que posee ciertas características en común y que es relevante para los objetivos de la investigación. Esta población puede ser finita o infinita y se puede definir en términos de sus características demográficas, geográficas, culturales, entre otras. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Por lo tanto la población serán todas las mezclas asfálticas.

#### **Muestra:**

Por otro lado, la muestra se define como una porción representativa de la población que se selecciona con el fin de realizar inferencias y generalizaciones sobre la población completa (Hernández, 2014). Es importante que la muestra sea seleccionada de manera aleatoria y representativa, lo que implica que todos los individuos o elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados para formar parte de la muestra.



En el presente estudio, la muestra estará conformada por 24 especímenes que se elaborarán utilizando una mezcla asfáltica compuesta por un 55% de piedra y un 45% de arena. Para cada uno de los especímenes se añadirán diferentes de la mezcla, incluyendo la estabilidad, el porcentaje de flujo y el nivel de vacíos, lo cual siendo estos del 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%, con el objetivo de encontrar el porcentaje óptimo para añadir poliestireno en una proporción de 1.5%, 2.0% y 2.5%, utilizando el contenido de asfalto más adecuado que se determine en los ensayos.

En total, se tendrán 24 especímenes, los cuales se utilizarán para realizar los ensayos correspondientes y obtener resultados que permitan evaluar el efecto del poliestireno en la combinación de asfalto y establecer el porcentaje ideal de su adición. Es importante destacar que se seguirán los procedimientos adecuados para garantizar que la muestra seleccionada sea representativa y aleatoria, lo que permitirá obtener resultados confiables y válidos para realizar inferencias y generalizaciones sobre la población completa.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.**

Esta investigación se caracteriza por su enfoque cuantitativo, lo que implica un riguroso análisis de los resultados mediante la utilización de una herramienta clave: el software Excel. A través de este instrumento, se llevará a cabo un minucioso proceso de validación, en el cual se contrastarán los hallazgos obtenidos con los lineamientos y parámetros establecidos por la norma peruana correspondiente. Este proceso garantizará una evaluación precisa y objetiva de los datos recopilados, permitiendo así un sólido respaldo a las conclusiones que emanen de la investigación.

### **2.3.1. Técnicas para la recolección de datos.**

Para recopilar los datos, optaremos por emplear la técnica de observación, debido a que nos brindará la oportunidad de adquirir un conocimiento exhaustivo de los procedimientos y sucesos que se desarrollan durante los experimentos llevados a cabo en el laboratorio. Al estar presentes de manera directa, podremos captar incluso los detalles más sutiles y obtener datos de alta calidad, asegurando la validez y fiabilidad de nuestros resultados. La observación nos brinda una perspectiva privilegiada para recopilar y procesar datos objetivos, lo cual es fundamental para el avance y la precisión de nuestra investigación en el campo científico. La técnica de la observación se refiere a la recopilación sistemática y directa de información sobre un fenómeno o evento a través de la observación cuidadosa y sistemática de su comportamiento o manifestaciones (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

### **2.3.2. Instrumentos de recolección de datos**

Se utilizarán las guías de observación como herramienta para recopilar datos, ya que permiten registrar los datos acerca de las propiedades del material, además de tomar nota de los marcadores y estándares que serán considerados. Estas guías son conocidas tanto como instrumentos de observación, debido a su función de captar y registrar datos durante el proceso de observación, como instrumentos de medición, dado que contribuyen a la recopilación de información cuantitativa o cualitativa relevante para el estudio en cuestión. (Carrasco, 2007).

### **2.3.2. Análisis de datos.**

El propósito de este estudio radica en llevar a cabo una inferencia estadística con el fin de examinar el comportamiento de una población, utilizando muestras como base de

análisis, considerando un riesgo de error medible. Para este propósito, se utiliza el software estadístico SPSS. En cuanto a las hipótesis, se utilizarán pruebas estadísticas no paramétricas a través del método de análisis de varianza ANOVA. Debido al carácter experimental de este estudio, se emplea esta técnica para examinar si la inclusión de poliestireno produce un efecto positivo en las propiedades de una mezcla asfáltica.

### **2.3.2. Extracción de los agregados.**

Los agregados utilizados en el marco de la investigación se extrajeron de la cantera Bauner, que se encuentra convenientemente ubicada en la Panamericana Nte., 13700, Distrito El Milagro, Provincia de Trujillo, Departamento de La Libertad. Esta cantera se seleccionó como proveedora de los agregados debido a su cercanía, lo que facilitó su traslado y abastecimiento para el estudio en cuestión.

Para transportar los agregados necesarios, como la piedra de 3/4" y la arena gruesa, se optó por utilizar sacos individuales de 40 kg cada uno. Estos sacos fueron cargados y transportados en una movilidad particular hasta el laboratorio de Grupo IMG, donde se llevaría a cabo el análisis y las pruebas correspondientes.

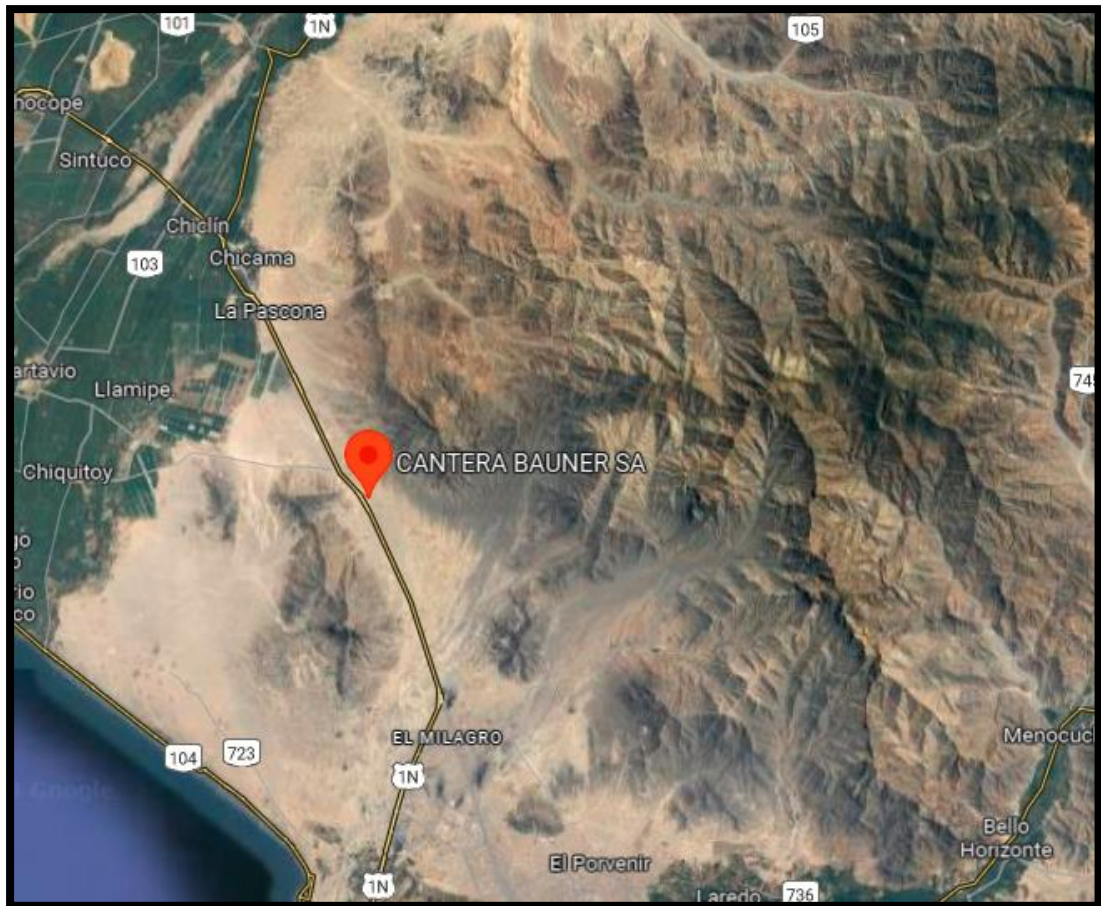
En el laboratorio Grupo IMG, se realizó una caracterización exhaustiva de los agregados utilizados, asegurándose de que cumplieran con todos los criterios y requerimientos establecidos por la normativa pertinente. Estas pruebas se llevaron a cabo para garantizar la calidad y la conformidad de los agregados con los estándares requeridos para la investigación en curso.

Cabe destacar que el laboratorio Grupo IMG se encuentra ubicado en la ciudad de Trujillo, y fue elegido como el lugar idóneo para llevar a cabo la caracterización y

verificación de los agregados, brindando la confiabilidad y precisión necesarias en el análisis de los mismos.

**Figura 6:**

*Ubicación de la Cantera Bauner S.A.*



*Nota.* En la figura se muestra la ubicación de la cantera ubicación de la Cantera Bauner S.A. donde se extrajo los agregados para el diseño de la mezcla para esta investigación.

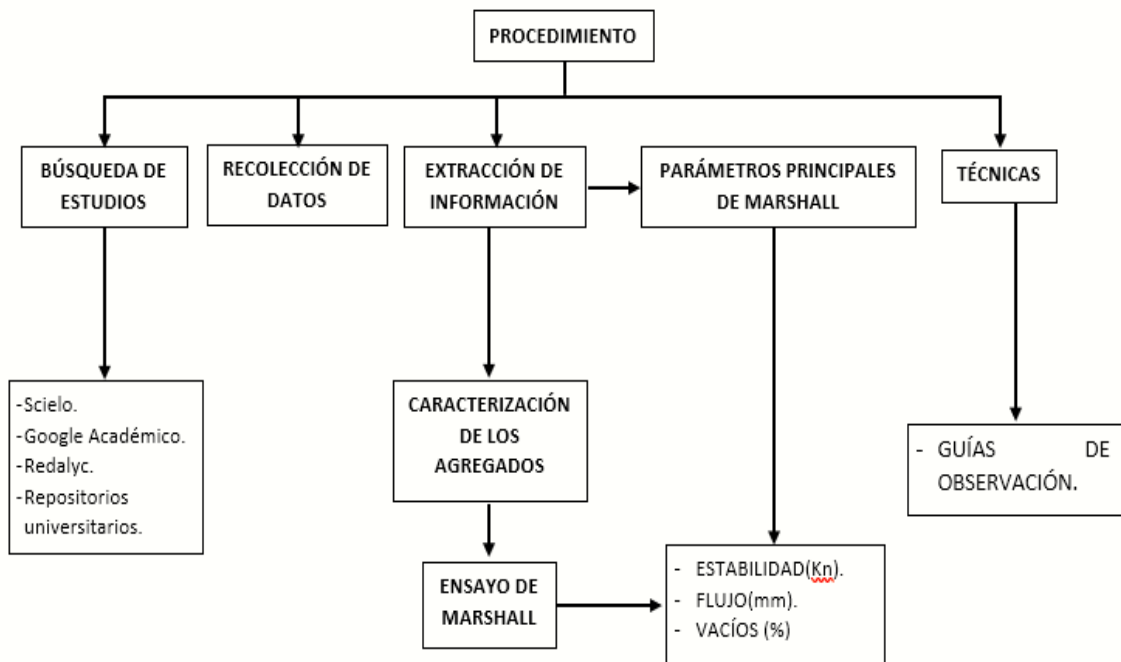
#### **2.4. Procedimiento.**

El procedimiento para avanzar en esta investigación involucra la ejecución exhaustiva de pruebas enfocadas en la composición de la mezcla asfáltica. Estas pruebas se llevarán a cabo con total adherencia a los lineamientos estipulados por la norma técnica CE. 010 para Pavimentos Urbanos. El enfoque metodológico seleccionado es el Método Marshall. En las siguientes secciones, se presentarán en detalle todos los ensayos

programados en el Laboratorio, una elección que consideramos especialmente relevante para nuestra entidad, Grupo IMG. La intención es evaluar de manera minuciosa la influencia del poliestireno en la mezcla asfáltica, un factor esencial en la planificación del pavimento flexible en las vías locales de la ciudad de Trujillo.

**Figura 7:**

*Esquema de procedimiento de la recolección de datos.*



*Nota.* En la figura se muestra el esquema del procedimiento para la elaboración de esta investigación científica.

### 2.4.1. Ensayo de granulometría

El ensayo de granulometría consiste en determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra de suelo o agregado. Consiste en tamizar la muestra a través de una serie de tamices con aberturas de diferentes tamaños. Las partículas se clasifican según su tamaño y se calcula el porcentaje acumulado en cada fracción. Este

ensayo es ampliamente utilizado en ingeniería civil y geología para evaluar la calidad de los materiales y su comportamiento en diferentes aplicaciones.

**Equipos:**

- ✓ Molde de cuarteo
- ✓ Horno
- ✓ Balanza
- ✓ Malla N°200
- ✓ Tamices de diferentes tamaños
- ✓ Cepillos y recipientes para lavado
- ✓ Termómetro

**Procedimiento:**

1. Cuartear la muestra de 8 kg de agregado grueso de tamaño nominal de 3/4" y secarla en el horno.
2. Pesar la muestra seca y lavarla para eliminar partículas finas y materiales solubles.
3. Pasar la muestra lavada por la malla N°200 para retener partículas finas.
4. Secar nuevamente la muestra lavada en el horno.
5. Preparar los tamices de diferentes tamaños.
6. Tamizar la muestra seca a través de los tamices.
7. Pesar las fracciones de muestra retenidas en cada tamiz.
8. Calcular el porcentaje acumulado de las fracciones de tamaño.
9. Graficar la curva granulométrica.
10. Analizar e interpretar los resultados obtenidos.

**Ecuaciones:****Ecuación 1. Ecuación de muestra retenida.**

$$\% \text{Retenido} = \frac{W_r}{W_t} * 100$$

Donde:

$W_t$  = Peso total de la muestra

$W_r$  = Peso retenido por malla.

**Ecuación 2. Porcentaje retenido acumulado.**

$$\% \text{Retenido acumulado} = \left( \sum \% \text{ Retenido} \right) + \text{Retenido}_<$$

**Ecuación 3. Porcentaje que pasa.**

$$\% \text{Que pasa} = 100 - \% \text{Retenido acumulado}$$

**2.4.2. Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.****Equipos:**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Recipiente de inmersión
- ✓ Cepillos y recipientes para lavado
- ✓ Tamiz de abertura de 4.75 mm (N° 4)
- ✓ Recipiente para medir el volumen de inmersión
- ✓ Pipeta para determinar la densidad del agua

**Procedimiento:**

1. Secar la muestra de agregado grueso en el horno.
2. Enfriar y pesar la muestra seca.

3. Sumergir la muestra en agua durante un tiempo determinado.
4. Retirar la muestra, escurrir el exceso de agua y pesarla.
5. Calcular la absorción como la diferencia entre los pesos antes y después de la inmersión.
6. Llenar el recipiente de inmersión con agua y medir su volumen inicial.
7. Colocar la muestra sumergida en el recipiente y medir el volumen combinado de la muestra y el agua.
8. Calcular el peso específico sumergido utilizando las masas y volúmenes obtenidos.
9. Calcular el peso específico seco utilizando la masa seca y el volumen de la muestra.
10. Realizar cálculos adicionales para obtener la absorción, el peso específico aparente y otros parámetros relevantes.

**Ecuaciones:****Ecuación 4. Peso específico de la masa ( $P_{em}$ ).**

$$P_{em} = \frac{A}{(B - C)} * 100$$

**Ecuación 5. Peso específico de masa saturada con superficie seca ( $P_{eSSS}$ ).**

$$P_{eSSS} = \frac{B}{(B - C)} * 100$$

**Ecuación 6. Peso específico aparente ( $p_{ea}$ ).**

$$P_{ea} = \frac{A}{(A - C)} * 100$$



**Ecuación 7. Absorción (Ab).**

$$Ab (\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

Donde:

A= Peso en el aire de la muestra seca al horno (gr).

B= Peso de la muestra saturada superficialmente seca (SSS) en el aire (gr).

C= Peso en el agua de la muestra saturada.

**2.4.3. Ensayo de peso unitario de los agregados.****Equipos:**

- ✓ Balanza
- ✓ Cilindro de medida o recipiente volumétrico
- ✓ Cucharón o pala
- ✓ Horno

**Procedimiento:**

1. Obtener una muestra representativa de agregado.
2. Secar la muestra en el horno hasta alcanzar un estado completamente seco.
3. Enfriar la muestra a temperatura ambiente.
4. Pesar el recipiente volumétrico vacío y limpio.
5. Llenar el recipiente volumétrico con la muestra de agregado.
6. Nivelar y compactar ligeramente la muestra en el recipiente.
7. Pesar el recipiente lleno con la muestra de agregado.
8. Registrar el peso del agregado y del recipiente.

9. Calcular el peso neto del agregado restando el peso del recipiente.
10. Calcular el peso unitario dividiendo el peso neto del agregado por el volumen ocupado en el recipiente.

### **Ecuaciones:**

#### **Ecuación 8. Peso Unitario del agregado.**

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Representa el Peso Unitario del agregado expresado en kg/m<sup>3</sup>.

G = Denota la suma del Peso del recipiente de medida junto al agregado, medido en kg.

T = Se refiere al Peso del recipiente de medida, medido en kg.

V = Representa el Volumen de la medida, expresado en m<sup>3</sup>.

#### **2.4.4. Ensayo de Marshall**

Se llevará a cabo la implementación del método Marshall, de acuerdo con las pautas presentes en el Manual de Laboratorio de Pruebas para Pavimentos Volumen I (2011). Este método implica la evaluación de un conjunto de muestras, cada una compuesta por la misma distribución de tamaños de partículas, pero con diversos contenidos de asfalto. Las dimensiones de las muestras son de 2.5 pulgadas de grosor y 4 pulgadas de diámetro. Estas muestras se preparan siguiendo un proceso específico que involucra la calentura de los agregados y el asfalto, así como su mezclado y compactación.

**Equipos:**

- ✓ Molde de compactación
- ✓ Martillo de compactación
- ✓ Pedestal de compactación
- ✓ Extractor de muestras de asfaltos
- ✓ Soporte para molde o portamolde
- ✓ Mordaza
- ✓ Medidor de deformación
- ✓ Prensa
- ✓ Medidor de estabilidad
- ✓ Discos de Papel Filtrante de 4 pulg.
- ✓ Horno
- ✓ Baño para agua
- ✓ Recipientes de capacidad para calentar los agregados y mezclar el asfalto y agregado
- ✓ Tamices
- ✓ Termómetros blindados
- ✓ Balanza
- ✓ Parafina
- ✓ Pírex de 500 cm<sup>3</sup>
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Crayolas para identificar las probetas
- ✓ Bandejas taradas
- ✓ Espátulas

**Procedimiento:**

1. Preparar el molde de compactación, asegurándose de que esté limpio y en buenas condiciones.
2. Calentar los agregados y el asfalto en el horno a las temperaturas requeridas.
3. Preparar la mezcla de agregado y asfalto en los recipientes adecuados.
4. Verificar que el molde de compactación esté firmemente sujeto al pedestal.
5. Colocar la muestra de mezcla en el molde y compactarla utilizando el martillo de compactación.
6. Extraer la probeta compactada del molde utilizando el extractor de muestras de asfaltos.
7. Verificar la deformación de la probeta utilizando el medidor de deformación.
8. Someter la probeta a la prensa para la rotura a una velocidad uniforme de desplazamiento.
9. Medir la estabilidad de la muestra utilizando el medidor de estabilidad.
10. Realizar análisis y cálculos adicionales para evaluar la resistencia y características de la mezcla asfáltica.

**Tabla 1**

*Requisitos para mezcla de concreto bituminoso.*

<i>Parámetro de Diseño</i>	<i>Clase de Mezcla</i>		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado.	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0.01* (0,25 mm)	8 – 14	8 – 16	8 – 20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 – 5	3 – 5
5. Vacíos en el agregado mineral	<b>Ver tabla 423 - 10</b>		
<b>Inmersión - Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa min.	2.1	2.1	1,4
2. Resistencia retenida % (min.)	75	75	75
Relación Polvo - Asfalto (2)	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3	0,6 – 1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1 700 – 4 000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

*Nota.* Con el objetivo de comparar los resultados y evaluar si cumplen con los requisitos de la mezcla asfáltica que contiene diferentes porcentajes de poliestireno, utilizamos el Manual de Laboratorio de Ensayos para Pavimentos Volumen I.

### **Aspectos Éticos.**

Esta investigación se adhiere a los principios éticos fundamentales de la investigación científica académica. Nos comprometemos a mantener la integridad y transparencia de este estudio, evitando cualquier forma de fraude científico, como la manipulación de datos o la invención de información no respaldada por este análisis específico. Asimismo, garantizamos que no se ha llevado a cabo falsificación o manipulación de datos con el propósito de obtener resultados sesgados o favorecer nuestra hipótesis en estudio.

Además, del compromiso a respetar y cumplir con las normas de integridad académica al evitar el plagio o la apropiación indebida de ideas. En todo momento, hemos citado y reconocido adecuadamente las fuentes de investigación utilizadas. Respetamos plenamente los derechos de propiedad intelectual y hemos reconocido de manera apropiada los trabajos previos que han sido utilizados como referencia en este estudio.

Esta investigación se lleva a cabo con un enfoque ético riguroso, en línea con las directrices y normas establecidas para garantizar la validez, credibilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1. Ensayo granulométrico de los agregados

##### 3.1.1. Ensayo 1, granulometría del agregado grueso.

**Tabla 2.**

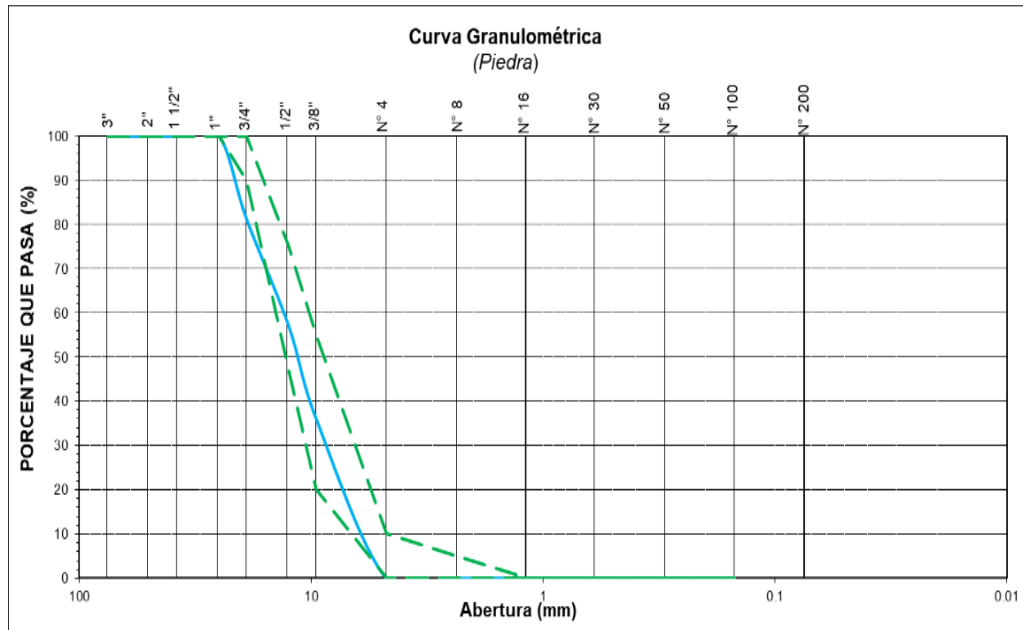
*Ensayo 1, granulometría del agregado grueso.*

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	935.8	18.7	18.7	81.3
1/2"	12.500	1210.6	24.2	42.9	57.1
3/8"	9.500	1055.5	21.1	64.0	36.0
N° 4	4.750	1798.1	36.0	100.0	0.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
N° 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0
<b>Módulo de Finura:</b>		<b>6.83</b>			

*Nota.* En el primer ensayo de análisis granulométrico realizado para el agregado grueso, se observa que el tamaño máximo de las partículas es de 1 pulgada.

**Figura 8**

*Ensayo 1, Distribución de tamaño de partículas del agregado grueso.*



*Nota.* La figura presenta la curva granulométrica del primer ensayo con el agregado grueso, donde se obtiene un módulo de finura de 6.83. Este análisis detalla la distribución de tamaños de partículas en la muestra, proporcionando información crucial para evaluar y optimizar las propiedades del agregado en diversas aplicaciones constructivas.



### 3.1.2. Ensayo 2, granulometría del agregado grueso.

**Tabla 3.**

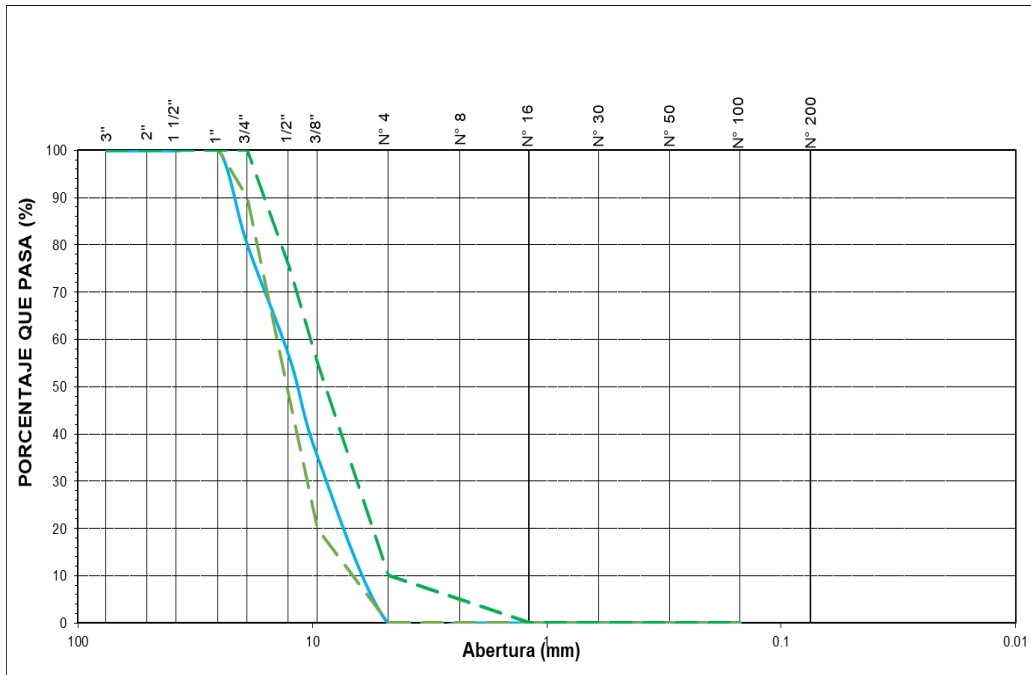
*Ensayo 2, granulometría del agregado grueso.*

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	980.5	19.6	19.6	80.4
1/2"	12.500	1210.5	24.2	43.8	56.2
3/8"	9.500	1045.2	20.9	64.7	35.3
Nº 4	4.750	1763.8	35.3	100.0	0.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0
<b>Módulo de Finura:</b>		<b>6.84</b>			

*Nota.* En el segundo ensayo de análisis granulométrico realizado para el agregado grueso, se observa que el tamaño máximo de las partículas es de 1 pulgada.

**Figura 9**

*Ensayo 2, Distribución de tamaño de partículas del agregado grueso.*



*Nota.* La figura presenta la curva granulométrica del segundo ensayo con el agregado grueso, donde se obtiene un módulo de finura de 6.84. Este análisis detalla la distribución de tamaños de partículas en la muestra, proporcionando información crucial para evaluar y optimizar las propiedades del agregado en diversas aplicaciones constructivas.

### 3.1.3. Ensayo 3, granulometría del agregado grueso.

**Tabla 4.**

*Ensayo 3, granulometría del agregado grueso.*

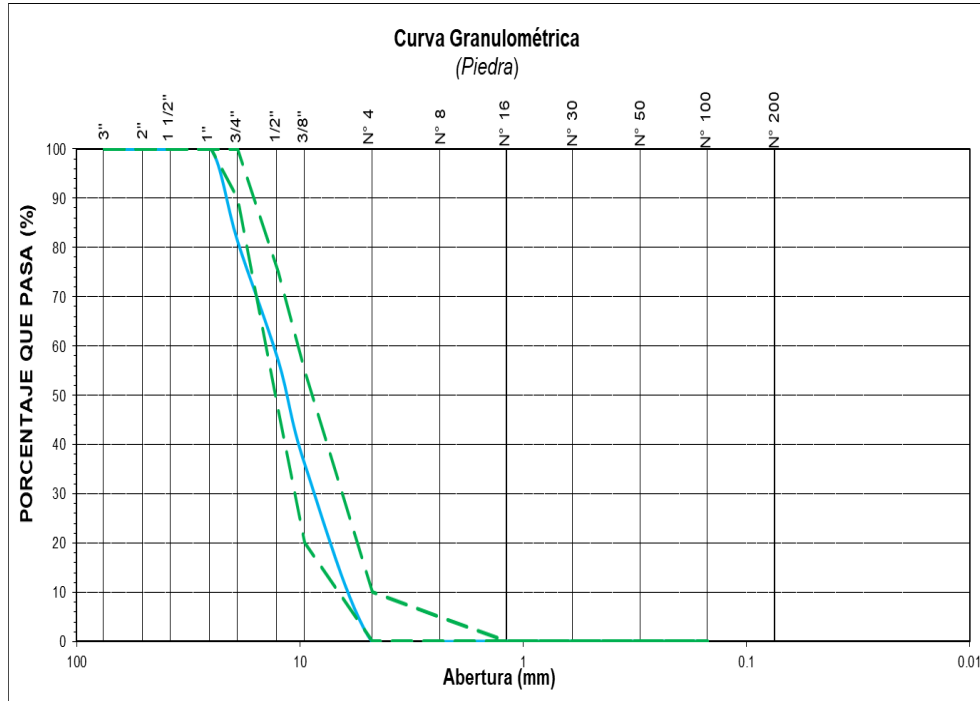
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	900.6	18.0	18.0	82.0
1/2"	12.500	1258.6	25.2	43.2	56.8
3/8"	9.500	1069.6	21.4	64.6	35.4
Nº 4	4.750	1771.2	35.4	100.0	0.0
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0

**Módulo de Finura: 6.83**

*Nota.* En el segundo ensayo de análisis granulométrico realizado para el agregado grueso, se observa que el tamaño máximo de las partículas es de 1 pulgada.

**Figura 10**

*Ensayo 3, Distribución de tamaño de partículas del agregado grueso.*



### 3.2. Ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso

**Tabla 5.**

*Ensayo de 3 muestras del peso específico y absorción del agregado grueso.*

MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
<b>PESO DE LA MUESTRA (g)</b>	400.000	400.000	400.000
<b>(B): PESO DE LA MUESTRA SSS (Kg)</b>	401.680	405.8	412.71
<b>(C): PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA S (Kg)</b>	242.100	251.020	253.800
<b>(A): PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (Kg)</b>	398.400	394.200	401.400
<b>Pem = A/(B-C)</b>	2496.553	2546.841	2525.958
<b>Promedio del peso específico (Kg/m3)</b>		<b>2523.117</b>	
<b>PmSSS = B/(B-C)</b>	2517.107	2621.786	2597.130
<b>Pess promedio</b>		<b>2578.675</b>	
<b>Pea = A/(A-C)</b>	2548.944	2753.178	2719.512
<b>Pea promedio</b>		<b>2673.878</b>	
<b>% ABS = ((B-A)/A)*100</b>	0.82	2.943	2.818
<b>Promedio de la absorcion</b>		<b>2.19</b>	

*Nota.* Tomando como referencia los resultados derivados de la evaluación del peso específico y la capacidad de absorción del agregado grueso, se anotó un valor medio de 2523.117 Kg/m<sup>3</sup> para el peso específico, así como un promedio de absorción de 2.19%. Estos hallazgos se lograron mediante el empleo de 400 gramos de agregado grueso por cada muestra.

### 3.3. Ensayo del peso unitario de los agregados

#### 3.3.1. Peso unitario suelto del agregado grueso.

Tabla 6.

*Peso unitario suelto del agregado grueso.*

MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
<b>PESO DEL MOLDE ( Kg)</b>	1.2	1.2	1.2
<b>PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)</b>	18.630	18.54	18.56
<b>PESO DE LA PIEDRA (Kg)</b>	17.43	17.34	17.36
<b>VOLUMEN DEL MOLDE (m3)</b>	0.0106	0.0106	0.0106
<b>PUS (Kg/m3)</b>	1644.34	1635.85	1637.74
<b>PROMEDIO P.U.S. (kg/m3)</b>		<b>1639.31</b>	

*Nota.* Según los datos derivados del estudio del peso suelto por unidad del agregado grueso, se evidencia un valor medio de 1639.31 Kg/m3. Estos resultados fueron obtenidos al utilizar 1.20 kilogramos de agregado grueso en cada muestra.

### 3.3.2. Peso unitario compactado del agregado grueso.

**Tabla 7.**

*Peso unitario compactado del agregado grueso.*

MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
<b>PESO DEL MOLDE (Kg)</b>	1.2	1.2	1.2
<b>PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)</b>	21.72	21.64	21.67
<b>PESO DE LA PIERA (Kg)</b>	20.52	20.44	20.47
<b>VOLUMEN DEL MOLDE (m3)</b>	0.0106	0.0106	0.0106
<b>PUC(Kg/m3)</b>	1935.85	1928.30	1931.13
<b>PROMEDIO P.U.C. (kg/m3)</b>		<b>1931.76</b>	

*Nota.* Tomando en consideración los hallazgos del análisis del peso unitario compactado del agregado grueso, se registró un valor promedio de 1931.76 Kg/m3. Estos resultados se generaron empleando 1.20 kilogramos de agregado grueso por cada muestra.

### 3.4. Ensayo para contenido de humedad de los agregados gruesos

**Tabla 8.**

*Contenido de humedad del agregado grueso.*

<b>Ensayo</b>	<b>muestra #1</b>	<b>muestra #2</b>	<b>muestra #3</b>
<b>PESO DE LA TARA (g)</b>	72.7	71.6	71.5
<b>PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)</b>	270.3	266.4	265.0
<b>PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)</b>	267.8	264.6	262.4
<b>PESO DE LA MUESTRA HUMEDA</b>	197.6	194.8	193.5
<b>PESO DE LA MUESTRA SECA</b>	195.1	193.1	190.9
<b>%W</b>	1.3	0.9	1.4
<b>PROMEDIO %W</b>		<b>1.20</b>	

*Nota.* De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de la humedad del agregado grueso, se anotó un promedio del 1.20%.



### 3.4. Ensayo de Marshall.

#### 3.4.1. Diseño de Mezcla ASFáltica sin Poliestireno.

##### 3.4.1.1. Ensayo 1 sin adición.

**Tabla 9.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
		Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
4.50%	54.00	630.30	515.70
5.00%	60.00	627.00	513.00
5.50%	66.00	623.70	510.30
6.00%	72.00	620.40	507.60
6.50%	78.00	617.10	504.90

*Nota.* Las cantidades necesarias según el porcentaje de agregados utilizados en la mezcla asfáltica. Se utilizó un total de 1200 gramos en la briqueta.

**Tabla 10.**

*Altura de las briquetas.*

% de Asfalto	Altura de las Briquetas				H Prom. (cm)
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	
4.50%	6.73	6.76	6.75	6.74	6.75
5.00%	6.81	6.74	6.74	6.83	6.78
5.50%	6.83	6.81	6.71	6.74	6.77
6.00%	6.76	6.73	6.80	6.81	6.78
6.50%	6.71	6.8	6.75	6.74	6.75

*Nota.* Altura promedio de cada briqueta según su porcentaje de asfalto.

**Tabla 11.**
*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

% Asfalto	Ms	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb
4.50%	1178.00	1201.00	698.40	2343.81	2.344
5.00%	1179.00	1209.00	700.40	2318.13	2.318
5.50%	1180.00	1204.00	692.60	2307.39	2.307
6.00%	1177.00	1199.00	689.70	2311.02	2.311
6.50%	1154.00	1198.00	700.40	2319.13	2.319

*Nota.* Se calculó la densidad real y la gravedad específica a granel para las diversas proporciones de asfalto utilizadas en la planificación del primer experimento.

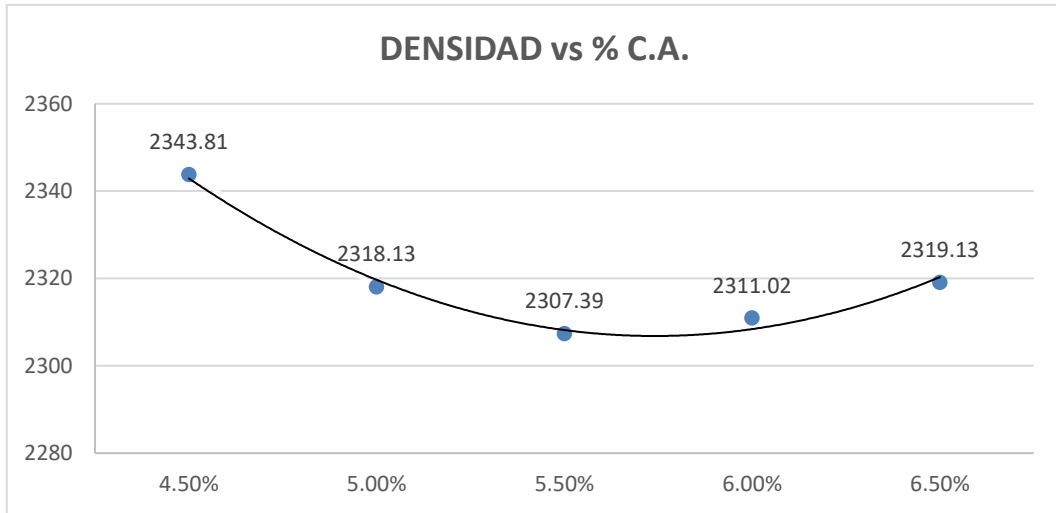
**Tabla 12.**
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Índice de Flujo (pulg)	Índice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	47	6.04	0.215	5.46	12.078	3.074	72.847
5.00%	30	7.98	0.294	7.47	13.578	3.517	73.984
5.50%	84	8.89	0.378	9.60	14.879	3.647	76.148
6.00%	110	8.12	0.345	8.76	15.468	3.047	76.89
6.50%	125	5.68	0.245	6.22	16.582	3.687	75.89

*Nota.* Los resultados entregados por la máquina Marshall para el diseño inicial se exponen, abarcando valores como la estabilidad, el índice de flujo y el porcentaje de espacios vacíos. Estos datos se relacionan con las diversas cantidades de asfalto empleadas.

**Figura 11**

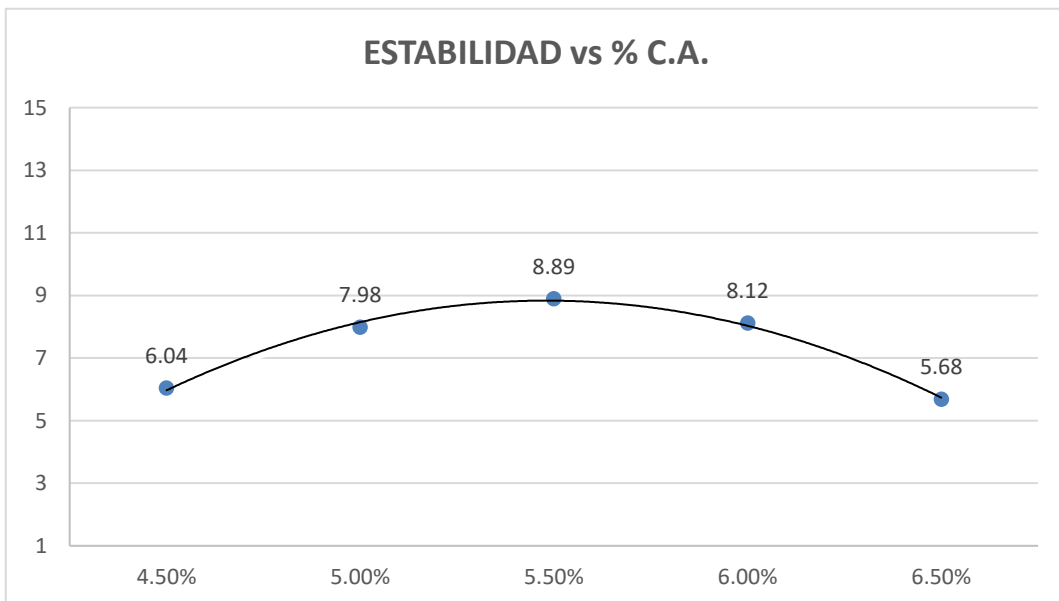
*Densidad vs %Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura se representa la relación entre la densidad y el porcentaje de contenido de asfalto en la mezcla. Se observa que a medida que disminuye la cantidad asfalto, la densidad de la mezcla tiende a aumentar. Esta tendencia sugiere que una reducción en el contenido de cemento asfáltico está asociada con una mayor compactación de la mezcla, lo que puede impactar positivamente en la durabilidad y resistencia del pavimento.

**Figura 12**

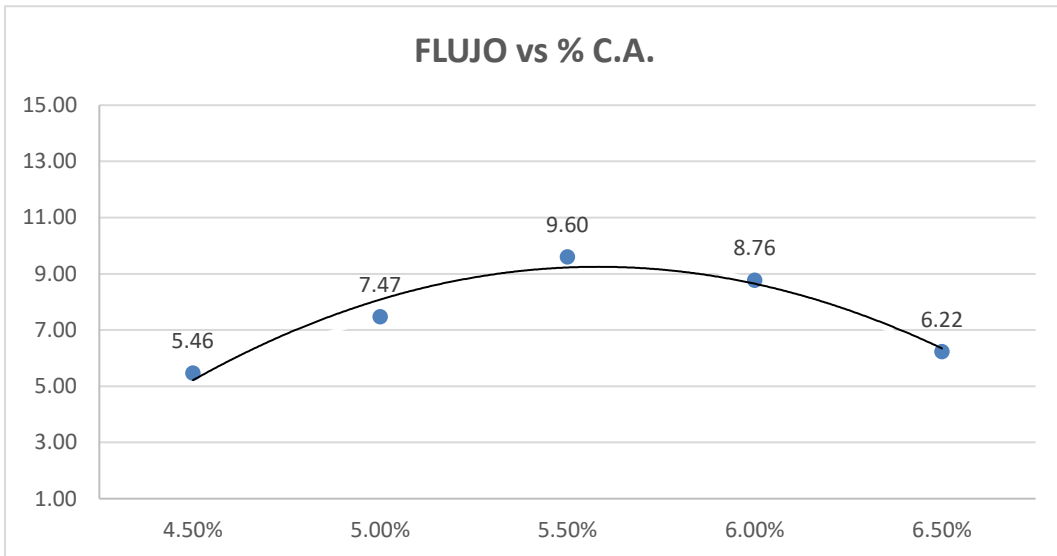
*Estabilidad vs %Contenido de Asfalto.*



*Nota.* La representación gráfica asfalto resalta un marcado incremento alrededor del punto de 5.5% de asfalto, lo cual sugiere una notable mejora.

**Figura 13**

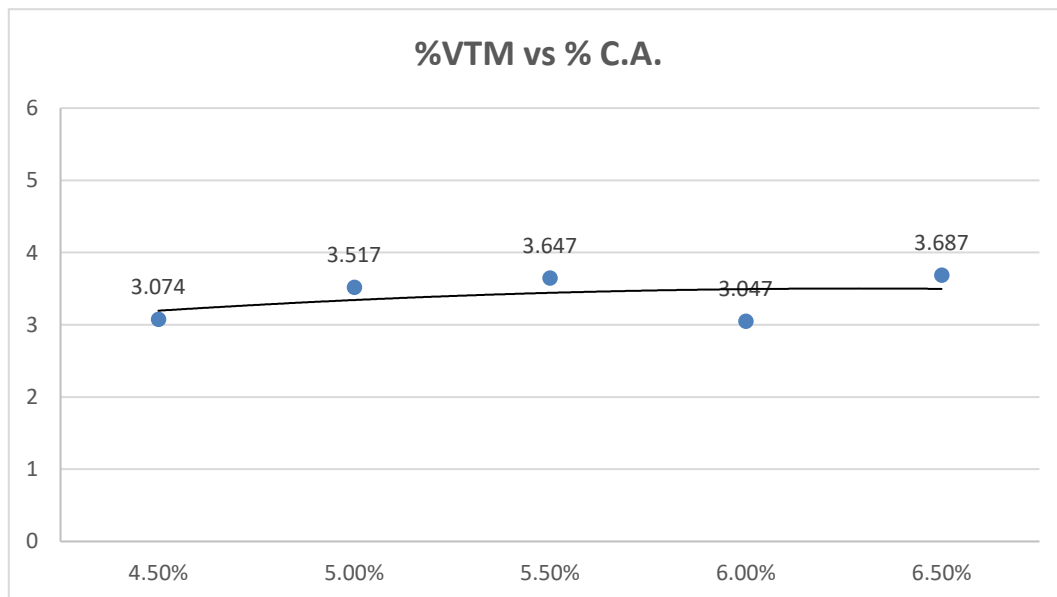
*Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura se observa un aumento en el flujo al llegar al 5.5% de asfalto, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 14**

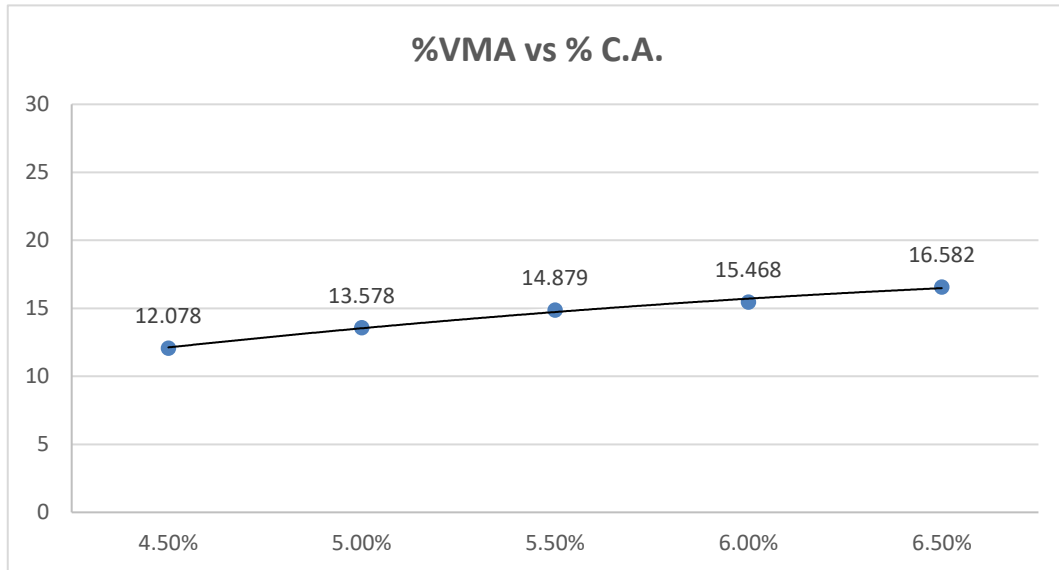
*% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que aumenta C.A.

**Figura 15**

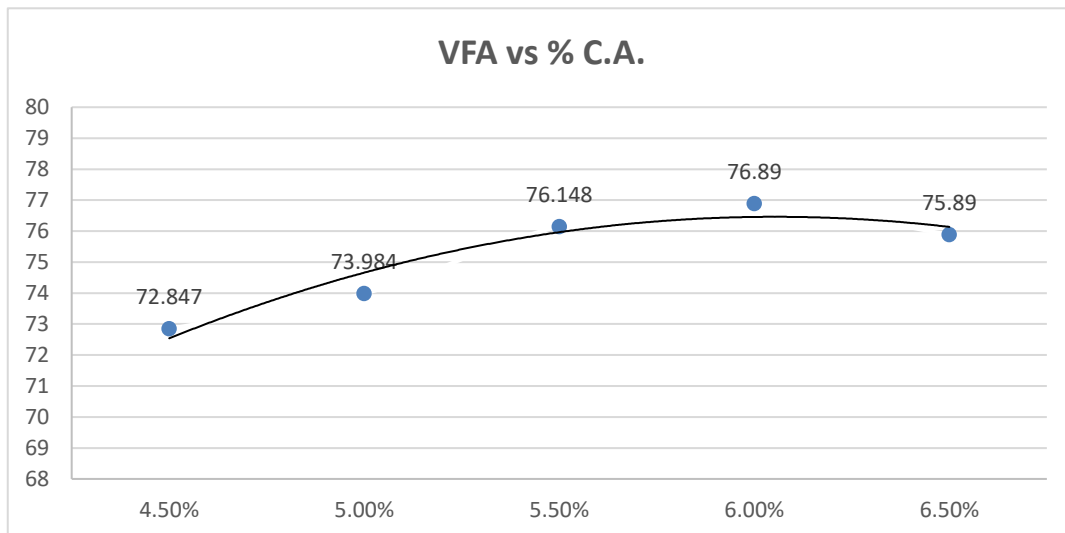
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos en el Agregado Mineral vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de asfalto.

**Figura 16**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de asfalto.

### 3.4.1.2. Ensayo 2 sin adición.

**Tabla 13.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
		Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
4.50%	54.00	630.30	515.70
5.00%	60.00	627.00	513.00
5.50%	66.00	623.70	510.30
6.00%	72.00	620.40	507.60
6.50%	78.00	617.10	504.90

*Nota.* Las cantidades necesarias según el porcentaje de agregados utilizados en la mezcla asfáltica. Se utilizó un total de 1200 gramos en la briqueta.

**Tabla 14.**

*Altura de las briquetas.*

% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	H Prom. (cm)
4.50%	6.83	6.77	6.8	6.72	6.78
5.00%	6.82	6.79	6.76	6.8	6.79
5.50%	6.79	6.84	6.78	6.84	6.81
6.00%	6.72	6.74	6.74	6.76	6.74
6.50%	6.77	6.72	6.77	6.81	6.77

*Nota.* Altura promedio de cada briqueta según su porcentaje de asfalto.

**Tabla 15.**
*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>mb</sub>
<b>4.50%</b>	1179.00	1192.00	689.70	2347.2	2.347
<b>5.00%</b>	1188.00	1198.00	686.80	2323.94	2.324
<b>5.50%</b>	1189.00	1199.00	671.80	2255.31	2.255
<b>6.00%</b>	1176.00	1200.00	670.40	2220.54	2.221
<b>6.50%</b>	1174.00	1197.00	687.60	2304.67	2.305

*Nota.* Se calculó la densidad real y la gravedad específica a granel para las diferentes proporciones de asfalto utilizadas en la planificación del segundo experimento.

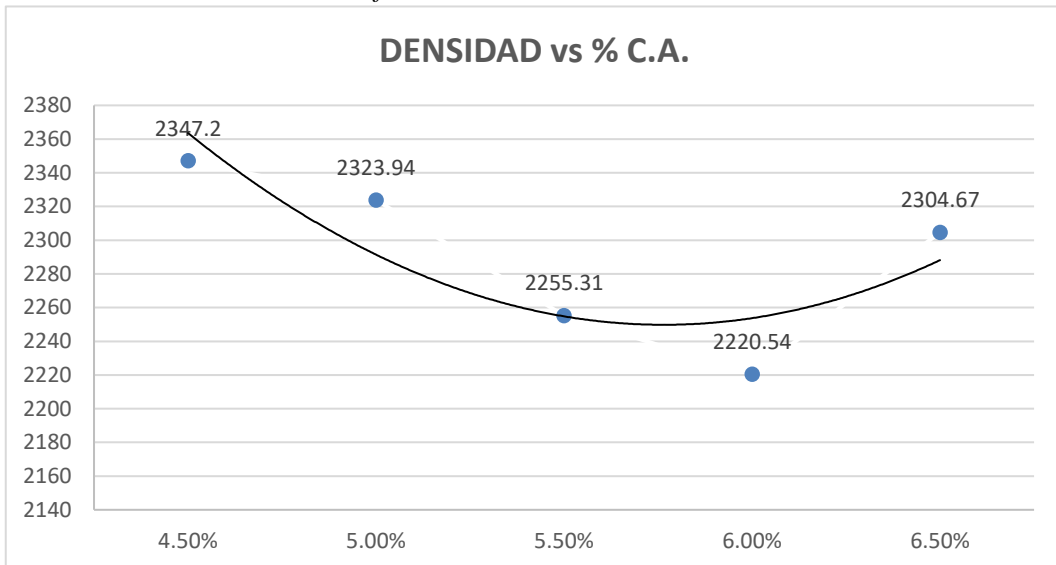
**Tabla 16.**
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Índice de Flujo (pulg)	Índice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
<b>4.50%</b>	50	5.98	0.248	6.30	12.99	3.548	69.879
<b>5.00%</b>	38	8.08	0.348	8.84	14.86	3.489	68.884
<b>5.50%</b>	90	9.26	0.397	10.08	14.99	4.004	76.647
<b>6.00%</b>	127	7.48	0.297	7.54	16.87	3.997	74.682
<b>6.50%</b>	90	5.63	0.239	6.07	16.93	3.879	78.518

*Nota.* Los resultados proporcionados por la prensa Marshall para el segundo diseño experimental se exponen, abarcando valores como la estabilidad, el índice de flujo y el porcentaje de espacios vacíos. Estos datos están relacionados con las distintas cantidades de asfalto utilizadas.

**Figura 17**

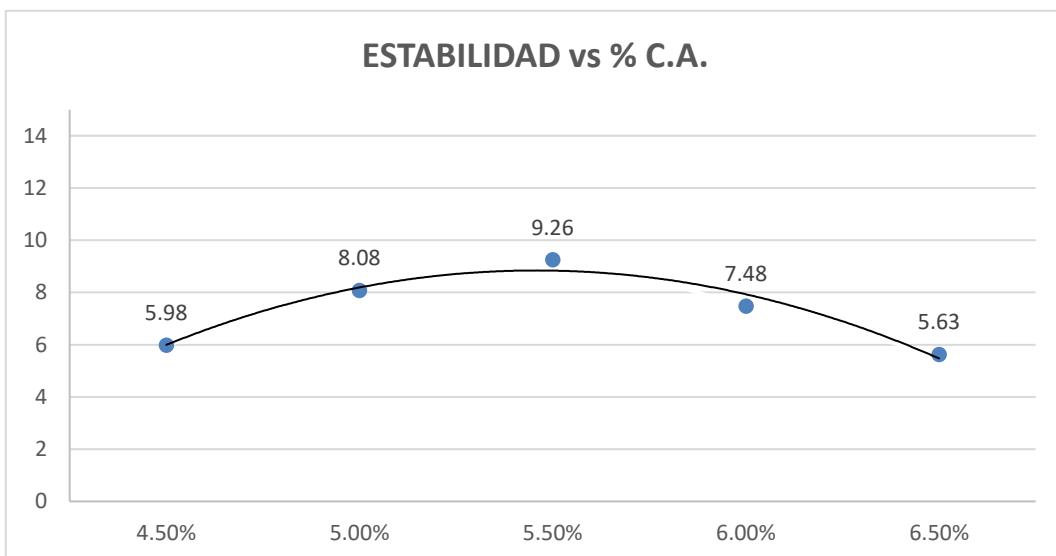
*Densidad vs %Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura se representa la relación entre la densidad y el porcentaje de contenido de asfalto en la mezcla. Se observa que a medida que disminuye la cantidad asfalto, la densidad de la mezcla tiende a aumentar. Esta tendencia sugiere que una reducción en el contenido de cemento asfáltico está asociada con una mayor compactación de la mezcla, lo que puede impactar positivamente en la durabilidad y resistencia del pavimento.

**Figura 18**

*Estabilidad vs %Contenido de Asfalto.*

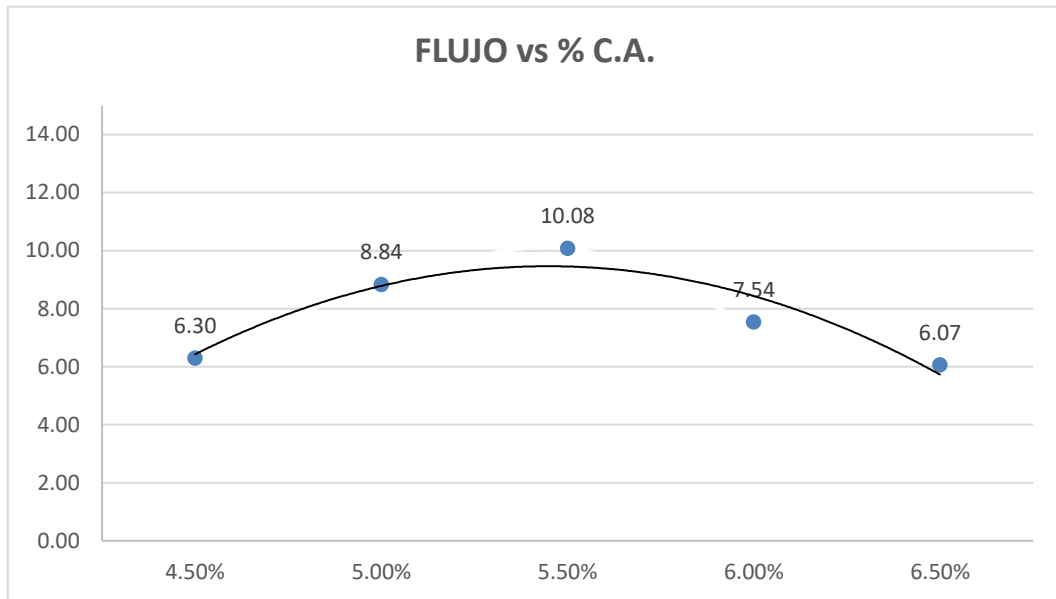


*Nota.* La representación gráfica asfalto resalta un marcado incremento alrededor del punto de 5.5% de asfalto, lo cual sugiere una notable mejora.



**Figura 19**

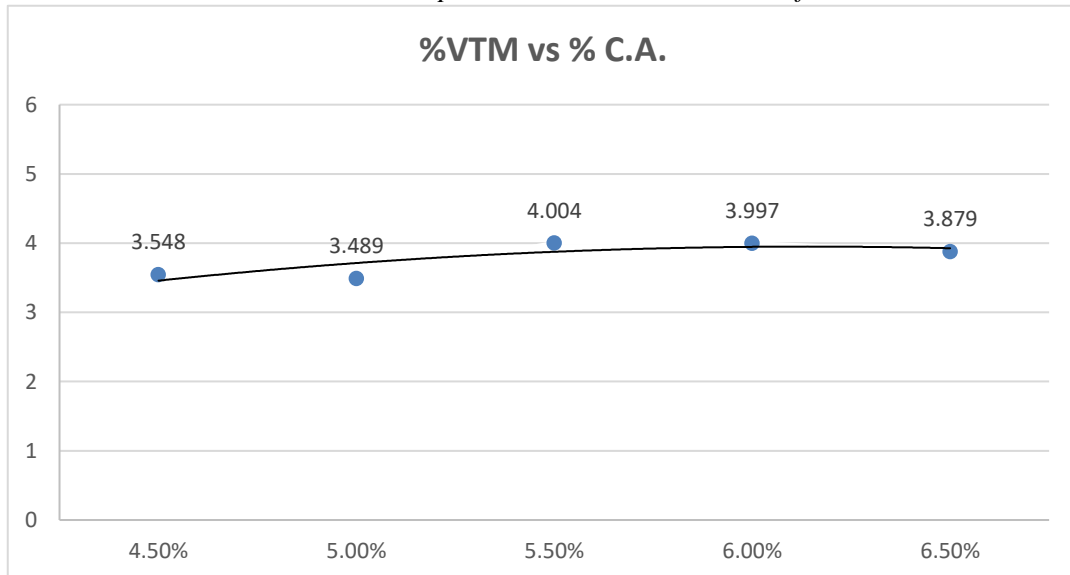
*Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura se observa un aumento en el flujo al llegar al 5.5% de asfalto, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 20**

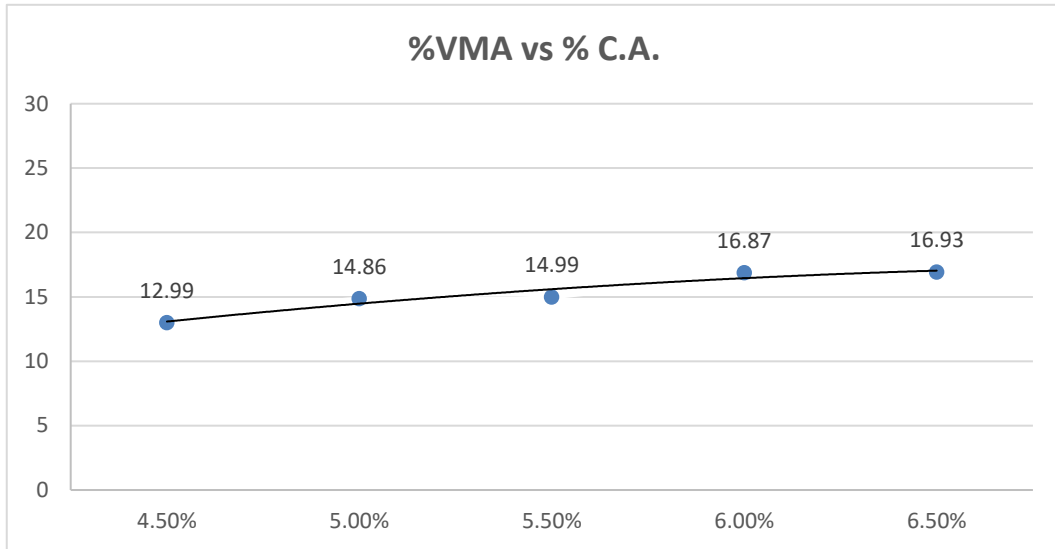
*% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que aumenta el C.A.

**Figura 21**

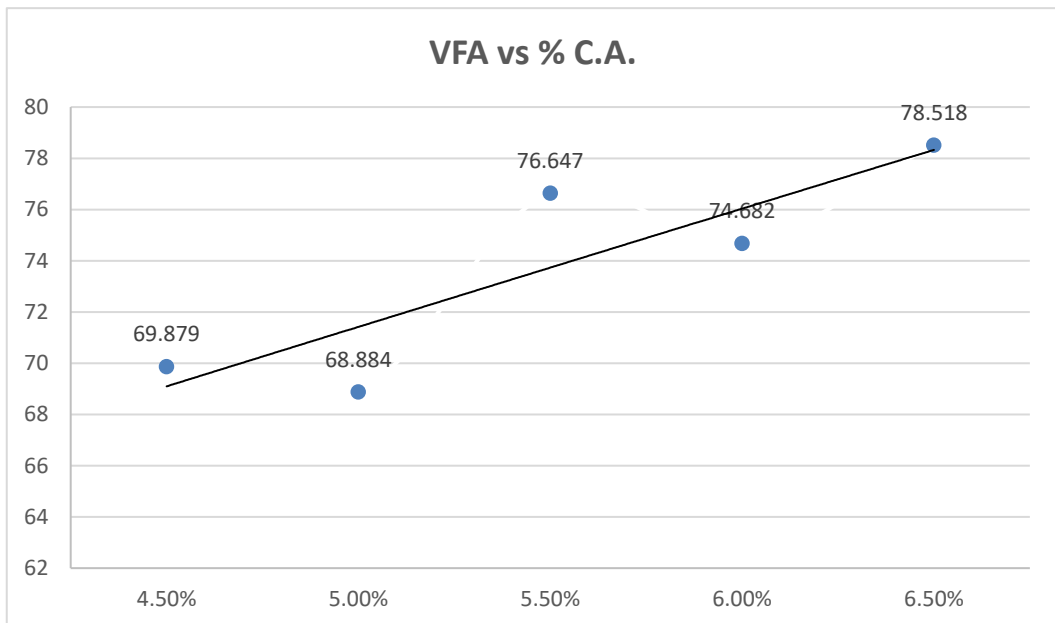
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos en el Agregado Mineral vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de asfalto.

**Figura 22**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de asfalto.

### 3.4.1.3. Ensayo 3 sin adición.

**Tabla 17.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
		Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
4.50%	54.00	630.30	515.70
5.00%	60.00	627.00	513.00
5.50%	66.00	623.70	510.30
6.00%	72.00	620.40	507.60
6.50%	78.00	617.10	504.90

*Nota.* Las cantidades necesarias según el porcentaje de agregados utilizados en la mezcla asfáltica. Se utilizó un total de 1200 gramos en la briqueta.

**Tabla 18.**

*Altura de las briquetas.*

% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				H Prom. (cm)
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	
4.50%	6.81	6.8	6.87	6.79	6.82
5.00%	6.80	6.79	6.87	6.83	6.82
5.50%	6.79	6.86	6.82	6.87	6.84
6.00%	6.77	6.83	6.78	6.78	6.79
6.50%	6.86	6.81	6.8	6.84	6.83

*Nota.* Altura promedio de cada briqueta según su porcentaje de asfalto.

**Tabla 19.**

*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

% Asfalto	Ms	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb
4.50%	1183.00	1192.00	686.7	2341.18	2.341
5.00%	1181.00	1190.00	682.6	2318.41	2.318
5.50%	1173.00	1187.00	678.4	2306.33	2.306
6.00%	1182.00	1195.00	675.4	2274.83	2.275
6.50%	1160.00	1184.00	677.9	2292.04	2.292

*Nota.* Se calculó la densidad real y la gravedad específica a granel para las diferentes proporciones de asfalto utilizadas en la planificación del segundo experimento

**Tabla 20.**

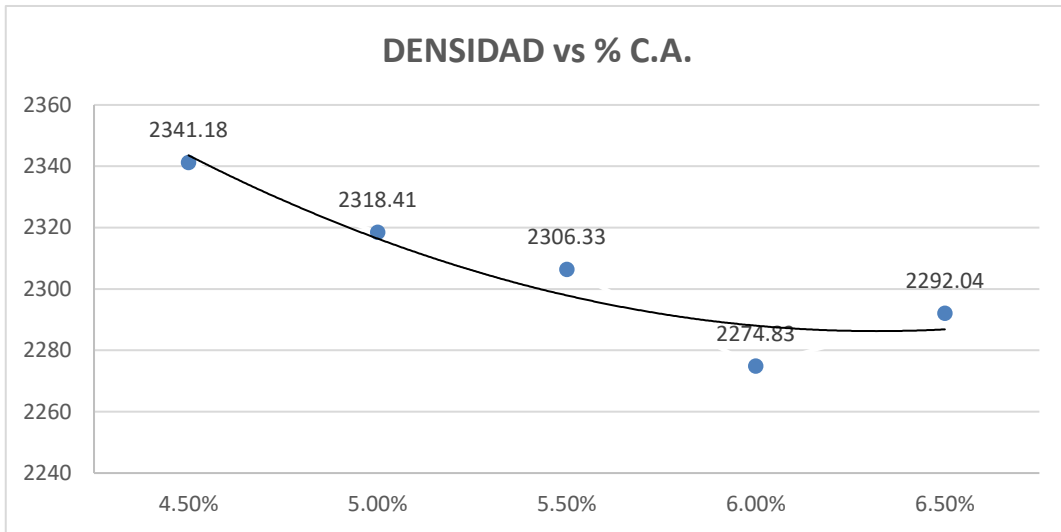
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Índice de Flujo (pulg)	Índice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	60	6.04	0.249	6.32	13.125	5.123	63.878
5.00%	75	7.78	0.354	8.99	13.99	4.124	68.489
5.50%	42	10.58	0.415	10.54	15.389	4.874	68.145
6.00%	85	6.98	0.347	8.81	16.987	4.896	70.48
6.50%	127	6.47	0.243	6.17	17.118	4.483	76.189

*Nota.* Los resultados proporcionados por la prensa Marshall para el segundo diseño experimental se exponen, abarcando valores como la estabilidad, el índice de flujo y el porcentaje de espacios vacíos. Estos datos están relacionados con las distintas cantidades de asfalto utilizadas.

**Figura 23**

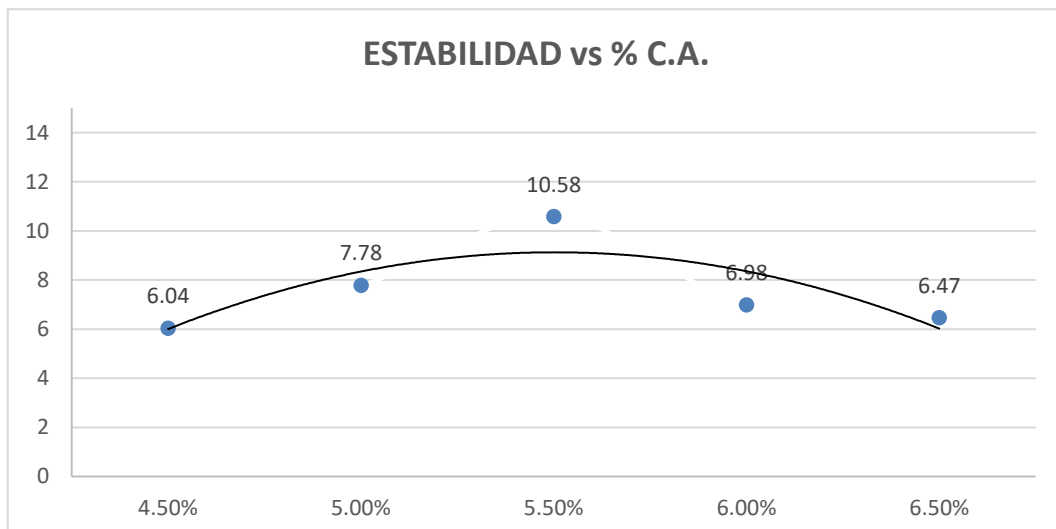
*Densidad vs %Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura se representa la relación entre la densidad y el porcentaje de contenido de asfalto en la mezcla. Se observa que a medida que disminuye la cantidad asfalto, la densidad de la mezcla tiende a aumentar. Esta tendencia sugiere que una reducción en el contenido de cemento asfáltico está asociada con una mayor compactación de la mezcla, lo que puede impactar positivamente en la durabilidad y resistencia del pavimento.

**Figura 24**

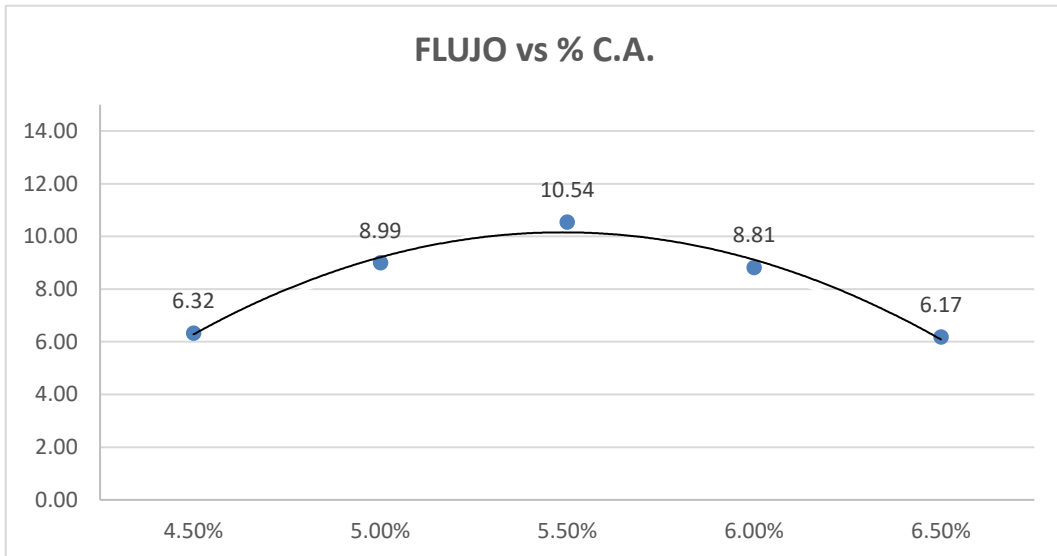
*Estabilidad vs %Contenido de Asfalto.*



*Nota.* La representación gráfica asfalto resalta un marcado incremento alrededor del punto de 5.5% de asfalto, lo cual sugiere una notable mejora.

**Figura 25**

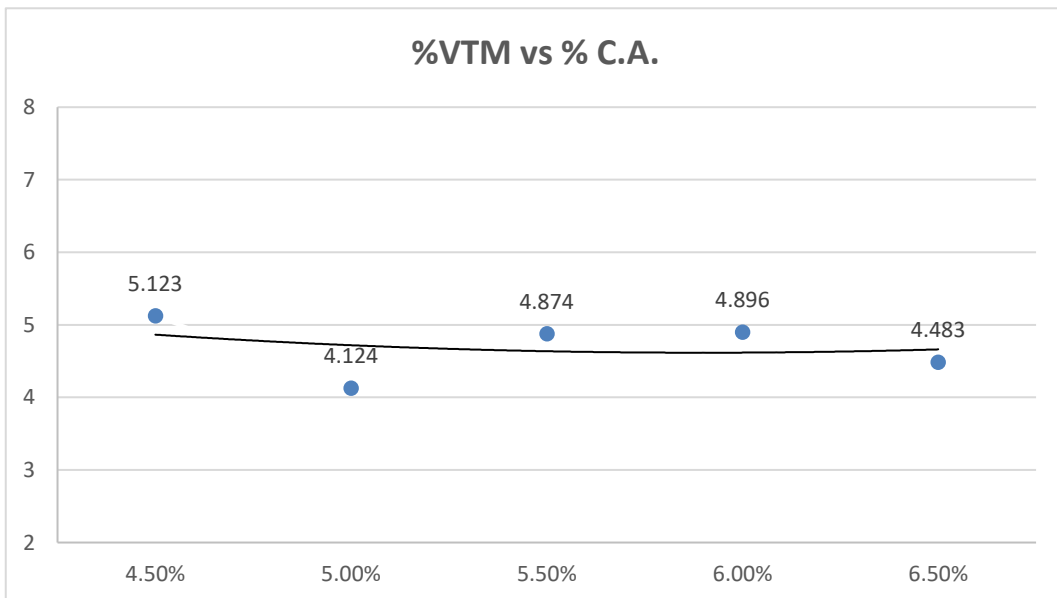
*Índice de Flujo vs % Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la figura, se observa un aumento en el flujo al llegar al 5.5% de asfalto, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 26**

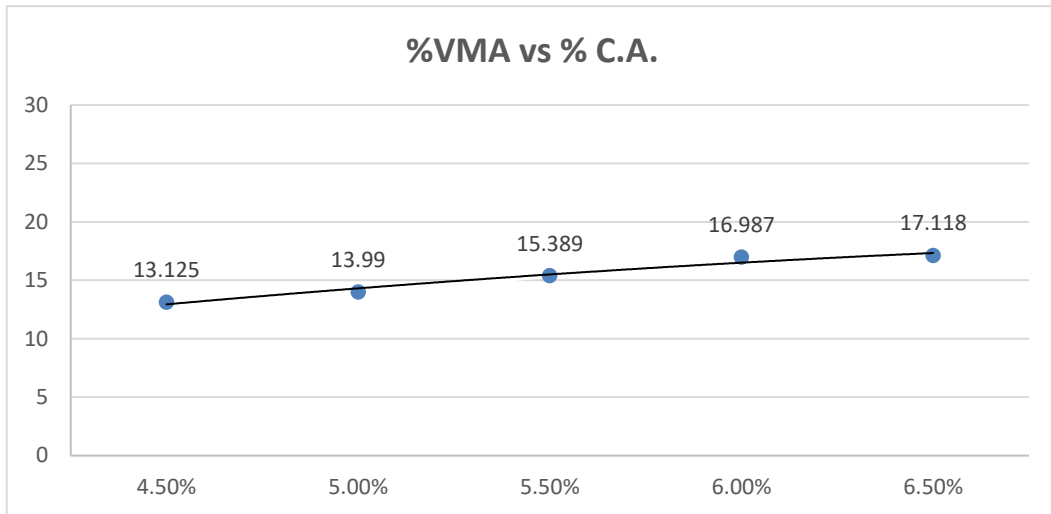
*% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que aumenta el C.A.

**Figura 27**

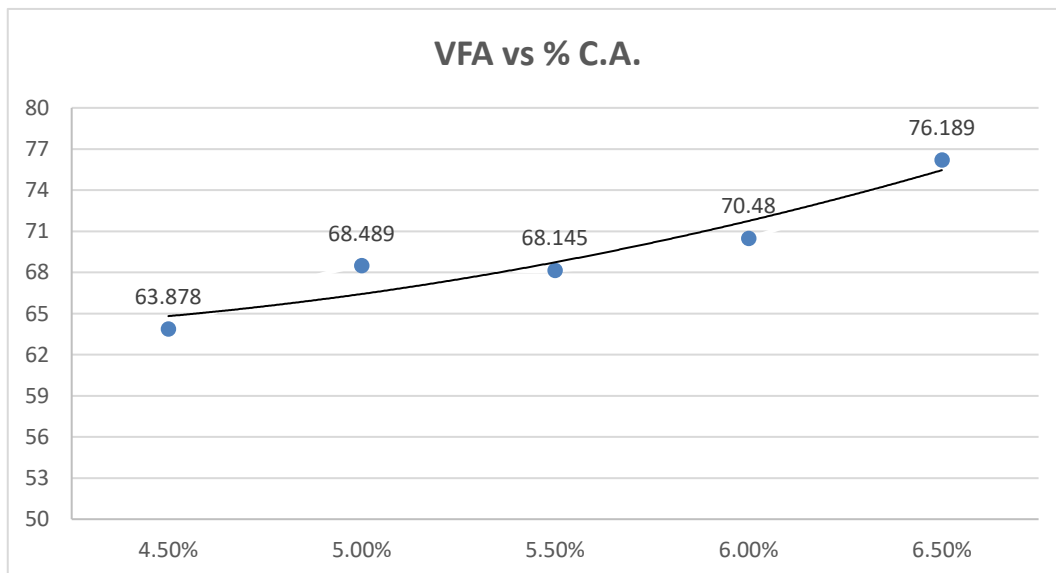
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos en el Agregado Mineral vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de asfalto.

**Figura 28**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Asfalto.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Asfalto, se nota un incremento proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de asfalto.

**Tabla 21.**

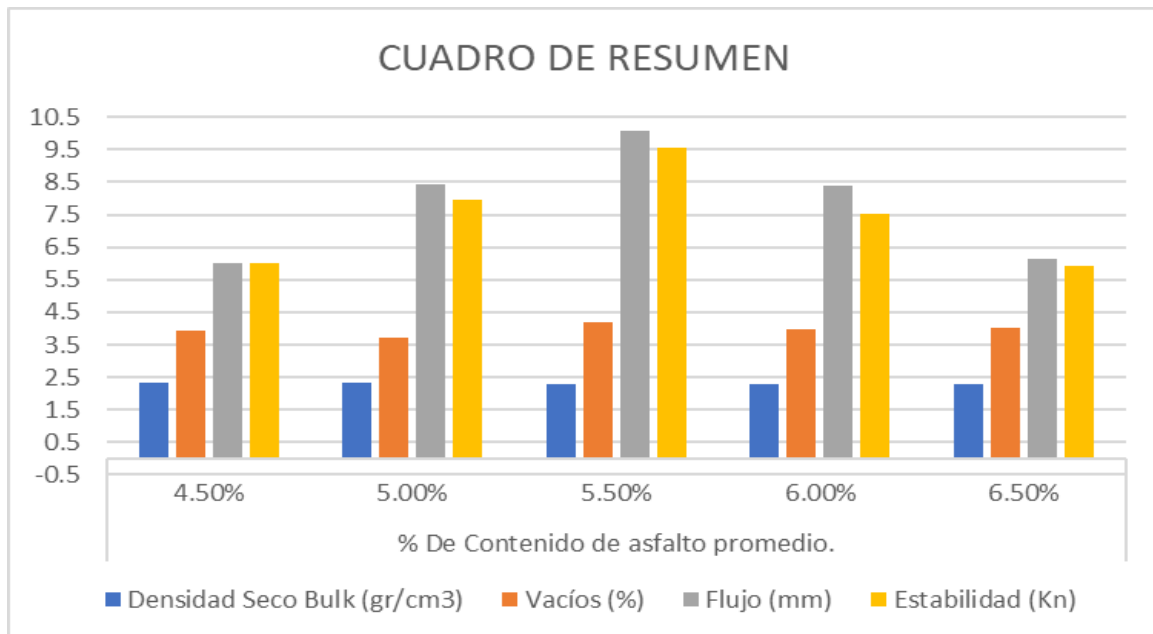
*Resumen de los resultados de los parámetros de Marshall sin adición.*

Parámetros del Ensayo Marshall	% De Contenido de asfalto promedio.				
	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
<b>Densidad Seco Bulk (gr/cm3)</b>	2.344	2.320	2.290	2.269	2.305
<b>Vacíos (%)</b>	3.915	3.71	4.175	3.98	4.016
<b>V.M.A.(%)</b>	12.731	14.14	15.09	16.44	16.88
<b>V.F.A.(%)</b>	68.868	70.45	73.65	74.02	76.87
<b>Flujo (mm)</b>	6.03	8.43	10.08	8.37	6.16
<b>Estabilidad (Kn)</b>	6.02	7.95	9.58	7.53	5.93

*Nota.* En los resultados promedio de los parámetros de Marshall, se puede observar que el contenido óptimo del diseño de mezcla es del 5.5%, ya que vemos un aumento significativo y que cumple con la normativa del MTC E – 518, Clase de mezcla “A” con un número de golpes de compactación por lado de 75.

**Figura 29.**

*Gráfico de resumen del ensayo de Marshall sin adición.*



*Nota.* En el gráfico se compara los resultados de los parámetros de ensayo Marshall.



### 3.4.2. Diseño de Mezcla Asfáltica con Poliestireno.

#### 3.4.2.1. Ensayo 1 con adición.

**Tabla 22.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
1.50%	18.00	66.00	623.70	510.30
2.00%	24.00	66.00	623.70	510.30
2.50%	30.00	66.00	623.70	510.30

*Nota.* Las cantidades requeridas de acuerdo al porcentaje de agregados empleados en la combinación asfáltica. Se optó por utilizar un contenido óptimo de asfalto del 5.5%.

**Tabla 23.**

*Altura de las briquetas.*

% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	H Prom. (cm)
1.50%	6.57	6.58	6.59	6.57	6.58
2.00%	6.62	6.57	6.60	6.61	6.60
2.50%	6.63	6.62	6.64	6.58	6.62

*Nota.* Altura promedio de cada briketa según su porcentaje de asfalto y la adición de % de Poliestireno.

**Tabla 24.**
*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>Ms</b>	<b>MSSS</b>	<b>MSUM</b>	<b>G (kg/m3)</b>	<b>Gmb</b>
<b>1.50%</b>	1187.00	1218.00	689.60	2246.40	2.246
<b>2.00%</b>	1189.00	1214.00	687.40	2257.88	2.258
<b>2.50%</b>	1194.00	1216.00	682.90	2239.73	2.240

*Nota.* Se calcularon la densidad real y la gravedad específica a granel para las diferentes proporciones de poliestireno utilizadas en la planificación del primer experimento.

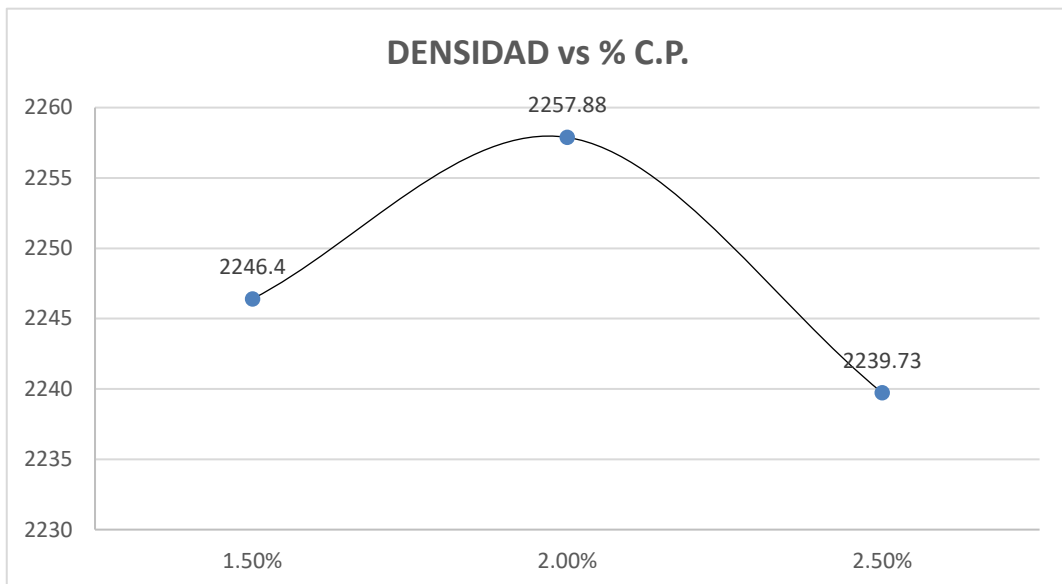
**Tabla 25.**
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>Lectura del Dial</b>	<b>Estabilidad (KN)</b>	<b>Índice de Flujo (pulg)</b>	<b>Índice de Flujo (mm)</b>	<b>% Vacíos en el Agregado Mineral VMA</b>	<b>% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM</b>	<b>% Vacíos Llenos de Asfalto VFA</b>
<b>1.50%</b>	13.40	8.84	0.374	9.50	15.075	3.421	77.246
<b>2.00%</b>	29.70	9.27	0.384	9.75	15.682	4.684	71.589
<b>2.50%</b>	56.00	10.57	0.415	10.54	15.951	5.475	69.468

*Nota.* Se presentan los datos proporcionados por la prensa Marshall para el primer ensayo de diseño, que incluyen la estabilidad, el índice de flujo y el porcentaje de vacíos, en función de los diferentes niveles de porcentaje de poliestireno.

**Figura 30**

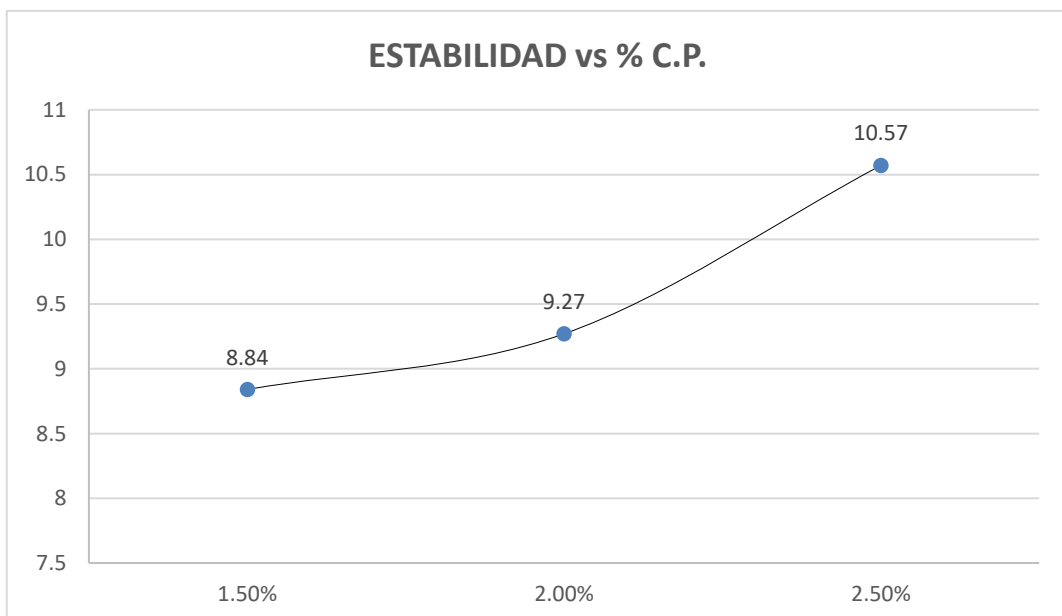
*Densidad vs %Contenido de Poliéstireno.*



*Nota.* La figura ilustra la relación entre la densidad y el porcentaje de contenido de poliéstireno en comparación con el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla. Se aprecia que a un nivel de poliéstireno del 2.0%, la densidad de la mezcla tiende a incrementar.

**Figura 31**

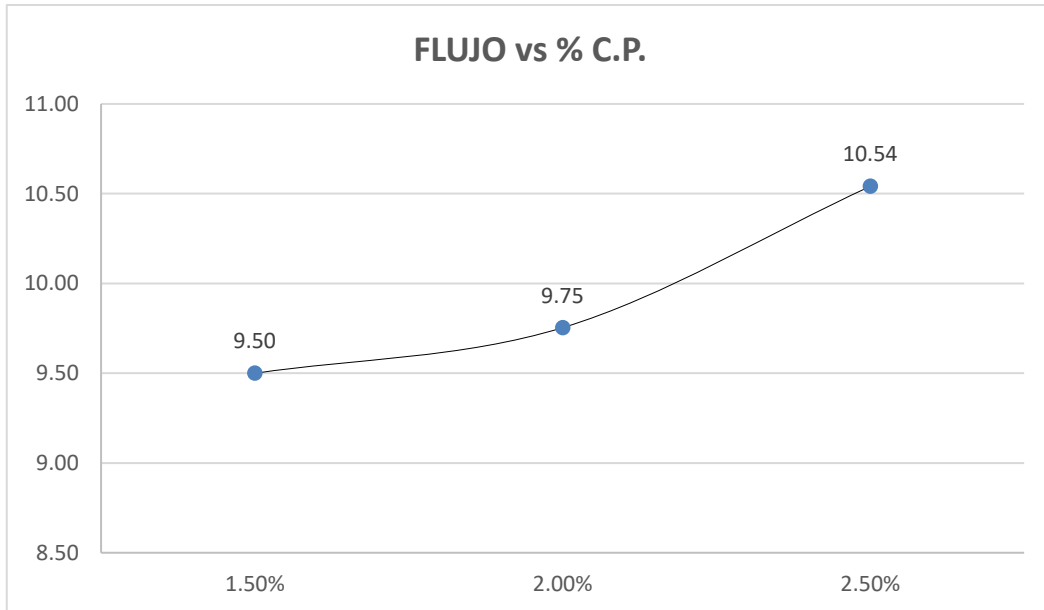
*Estabilidad vs % Contenido de Poliéstireno.*



*Nota.* En la figura, destaca un aumento significativo alrededor del 2.5% de poliéstireno, indicando mejor estabilidad en la mezcla.

**Figura 32**

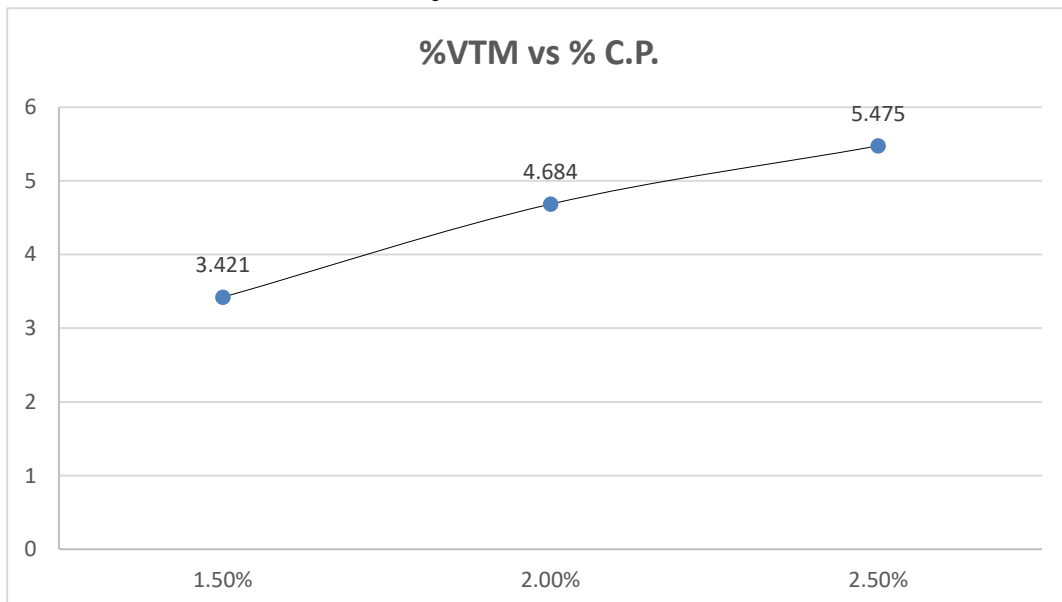
*Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica de flujo vs contenido de poliestireno, se observa un aumento en el flujo al llegar al 2.5% de poliestireno, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 33**

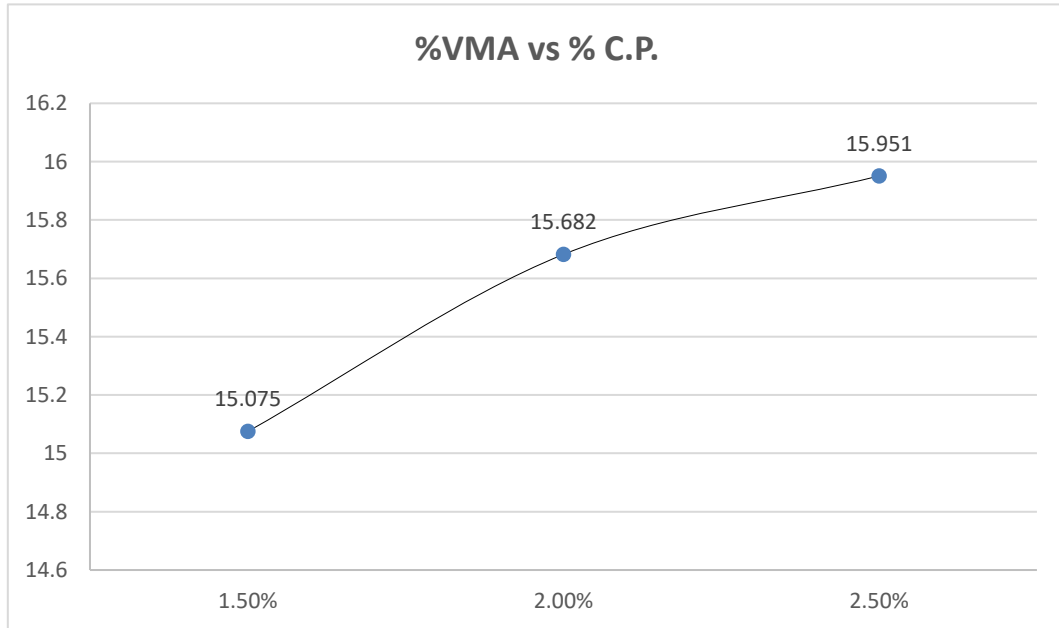
*% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que aumenta el C.P.

**Figura 34**

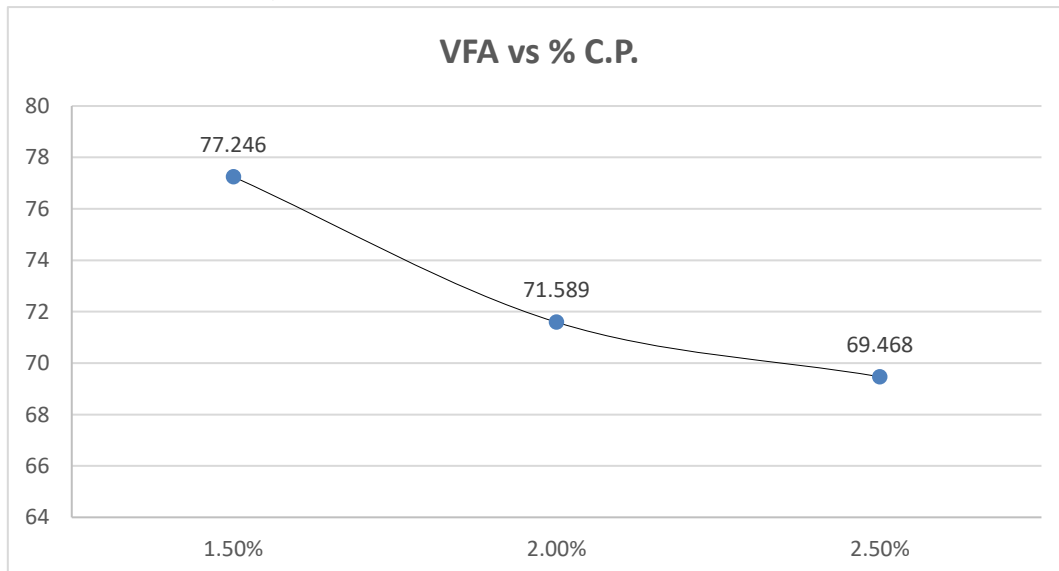
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de Poliestireno.

**Figura 35**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Poliestireno, se nota una disminución proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de poliestireno.

### 3.4.2.2. Ensayo 2 con adición.

**Tabla 26.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
1.50%	18.00	66.00	623.70	510.30
2.00%	24.00	66.00	623.70	510.30
2.50%	30.00	66.00	623.70	510.30

*Nota.* Las cantidades requeridas según el porcentaje de agregados empleados en la combinación asfáltica. Se seleccionó un contenido óptimo de asfalto del 5.5%.

**Tabla 27.**

*Altura de las briquetas.*

% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	H Prom. (cm)
1.50%	6.59	6.62	6.57	6.64	6.61
2.00%	6.62	6.60	6.63	6.57	6.61
2.50%	6.59	6.56	6.6	6.62	6.59

*Nota.* Altura promedio de cada briketa según su porcentaje de asfalto y la adición de % de Poliestireno.

**Tabla 28.**
*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>M<sub>s</sub></b>	<b>MSSS</b>	<b>MSUM</b>	<b>G (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>G<sub>mb</sub></b>
<b>1.50%</b>	1194.00	1210.00	682.50	2263.51	2.264
<b>2.00%</b>	1189.00	1214.00	691.70	2276.47	2.276
<b>2.50%</b>	1197.00	1215.00	688.10	2271.78	2.272

*Nota.* Se calcularon la densidad real y la gravedad específica a granel para las diversas proporciones de poliestireno utilizadas en la planificación del segundo experimento.

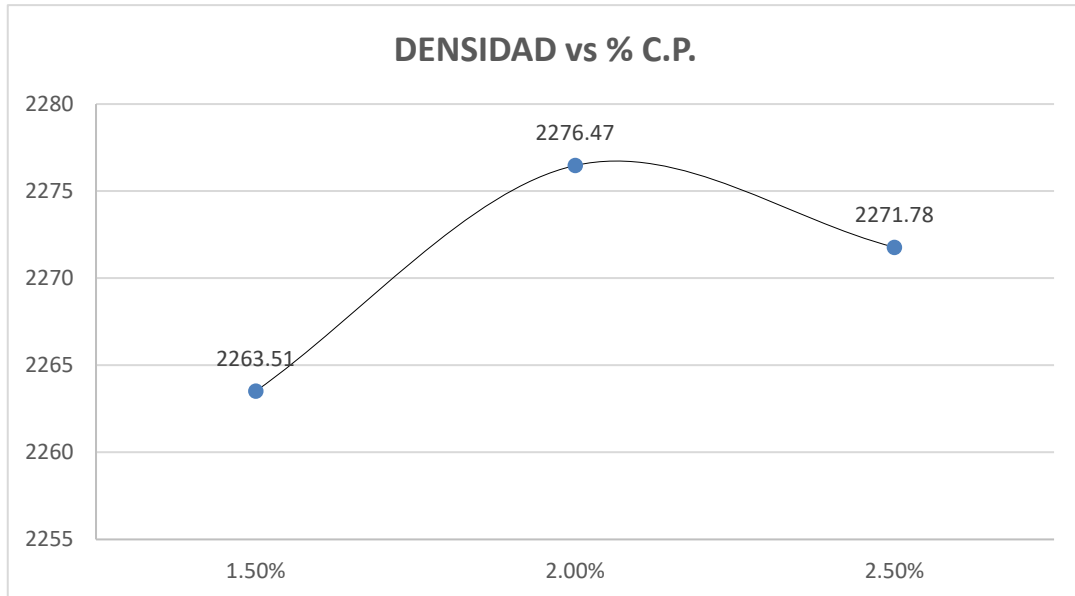
**Tabla 29.**
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>Lectura del Dial</b>	<b>Estabilidad (KN)</b>	<b>Índice de Flujo (pulg)</b>	<b>Índice de Flujo (mm)</b>	<b>% Vacíos en el Agregado Mineral VMA</b>	<b>% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM</b>	<b>% Vacíos Llenos de Asfalto VFA</b>
<b>1.50%</b>	19.40	9.24	0.394	10.01	15.015	4.899	73.78
<b>2.00%</b>	37.40	9.35	0.398	10.11	15.245	5.105	71.478
<b>2.50%</b>	47.60	10.51	0.405	10.29	15.651	5.087	70.885

*Nota.* Los resultados brindados por la prensa Marshall para el segundo diseño experimental se exponen, involucrando mediciones de estabilidad, índice de flujo y porcentaje de espacios vacíos. Estos datos están vinculados a las distintas proporciones de poliestireno empleadas.

**Figura 36**

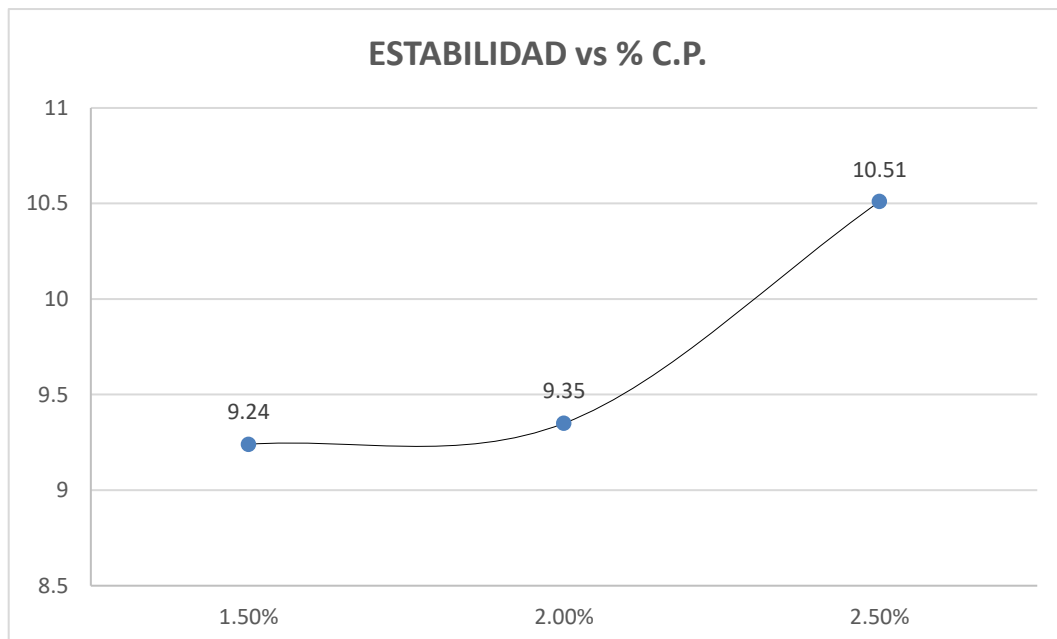
*Densidad vs %Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* La gráfica ilustra la correlación entre la densidad y el porcentaje de contenido de poliestireno en comparación con el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla. Se nota que a un nivel de 2.0% de poliestireno, la densidad de la mezcla tiende a incrementarse.

**Figura 37**

*Estabilidad vs % Contenido de Poliestireno.*

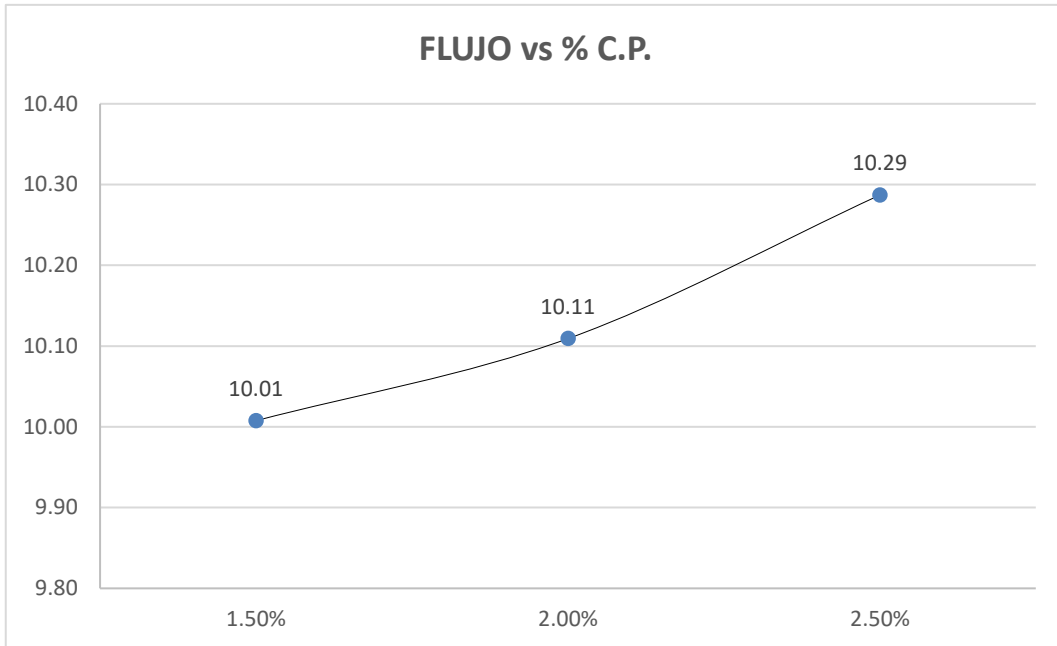


*Nota.* En la figura se observa, destaca un aumento significativo alrededor del 2.5% de poliestireno, indicando mejor estabilidad en la mezcla.



**Figura 38**

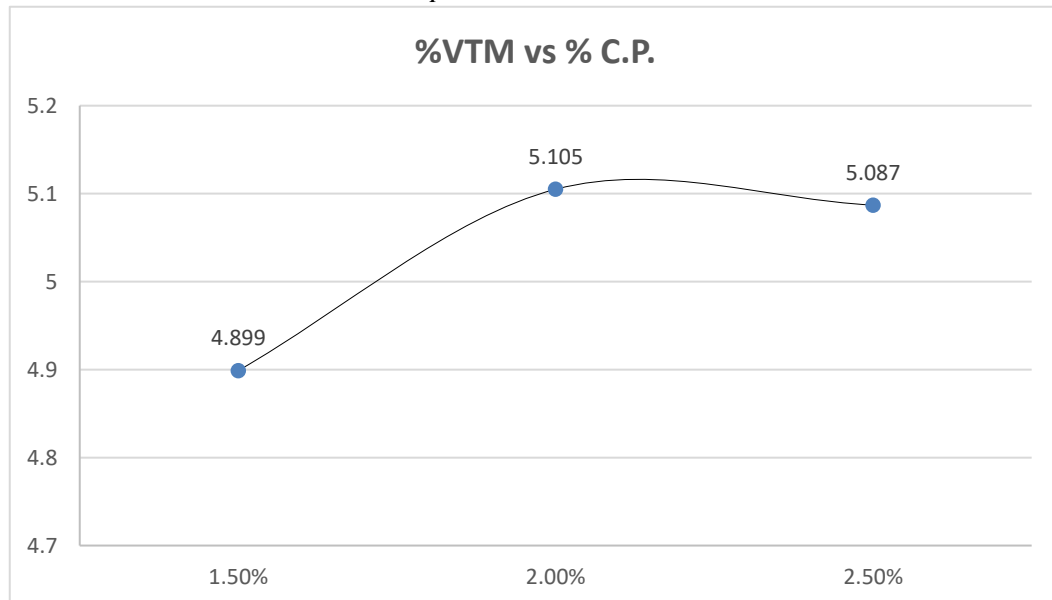
*Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica de flujo vs contenido de poliestireno, se observa un aumento en el flujo al llegar al 2.5% de poliestireno, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 39**

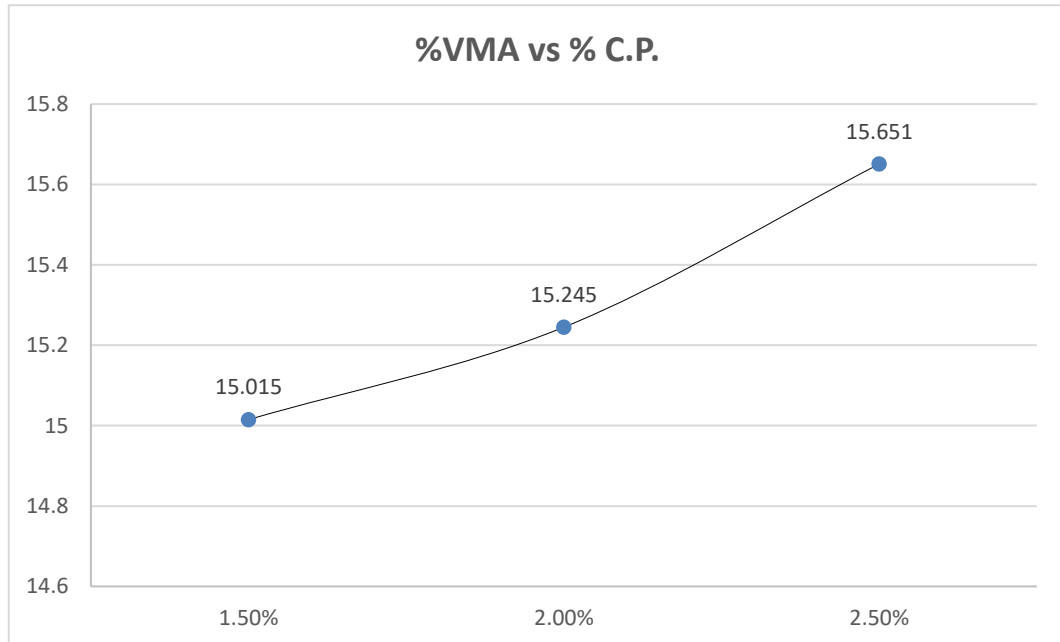
*% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que aumenta el C.P.

**Figura 40**

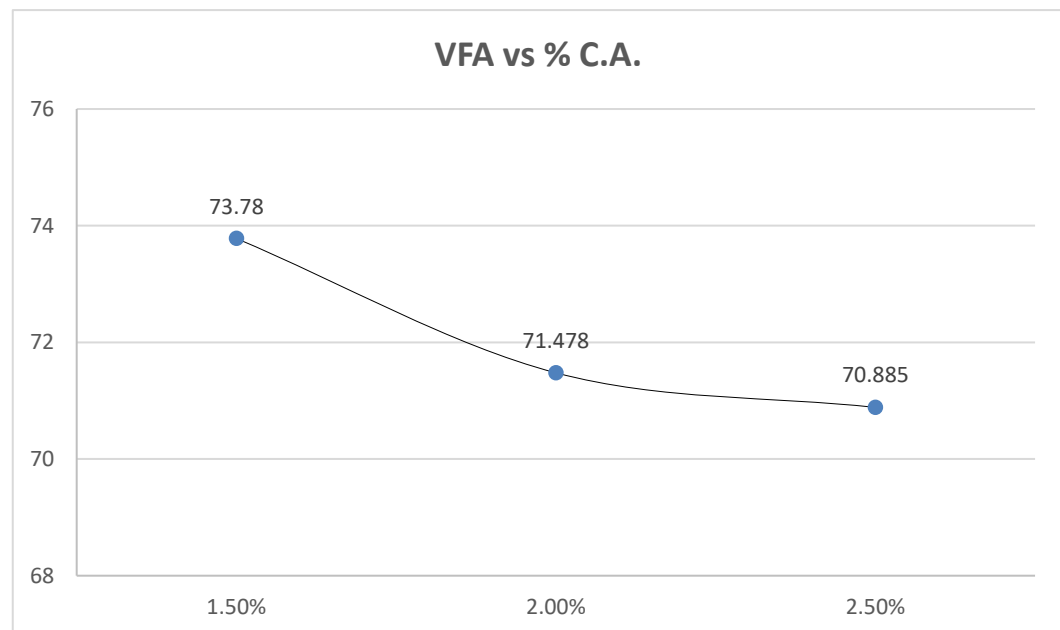
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de Poliestireno.

**Figura 41**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Poliestireno, se nota una disminución proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de poliestireno.

### 3.4.2.3. Ensayo 3 con adición.

**Tabla 30.**

*Cantidades necesarias de Agregados y Asfalto.*

% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Arena (gr)
1.50%	18.00	66.00	623.70	510.30
2.00%	24.00	66.00	623.70	510.30
2.50%	30.00	66.00	623.70	510.30

*Nota.* Las cantidades requeridas según el porcentaje de agregados empleados en la combinación asfáltica. Se seleccionó un contenido óptimo de asfalto del 5.5%.

**Tabla 31.**

*Altura de las briquetas.*

% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	H Prom. (cm)
1.50%	6.63	6.60	6.60	6.61	6.61
2.00%	6.58	6.61	6.62	6.59	6.60
2.50%	6.61	6.63	6.59	6.6	6.61

*Nota.* Altura promedio de cada briketa según su porcentaje de asfalto y la adición de % de Poliestireno.

**Tabla 32.**

*Densidad real y gravedad específica de Bulk.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>Ms</b>	<b>MSSS</b>	<b>MSUM</b>	<b>G (kg/m3)</b>	<b>Gmb</b>
<b>1.50%</b>	1189	1210	681.5	2249.76	2.250
<b>2.00%</b>	1191	1214	690.9	2276.81	2.277
<b>2.50%</b>	1195	1212	687.5	2278.36	2.278

*Nota.* Se calcularon la densidad real y la gravedad específica a granel para las diversas proporciones de poliestireno utilizadas en la planificación del segundo experimento.

**Tabla 33.**

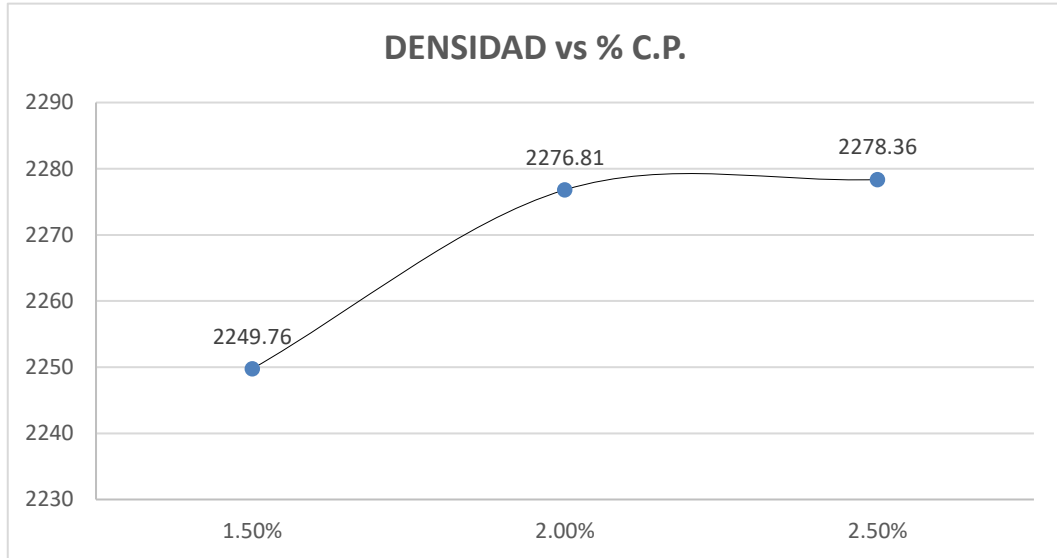
*Estabilidad, índice de flujo y %de vacíos.*

<b>% Poliestireno</b>	<b>Lectura del Dial</b>	<b>Estabilidad (KN)</b>	<b>Índice de Flujo (pulg)</b>	<b>Índice de Flujo (mm)</b>	<b>% Vacíos en el Agregado Mineral VMA</b>	<b>% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM</b>	<b>% Vacíos Llenos de Asfalto VFA</b>
<b>1.50%</b>	14.86	9.21	0.398	10.11	14.987	4.98	73.78
<b>2.00%</b>	28.7	9.38	0.407	10.34	15.023	5.12	71.478
<b>2.50%</b>	52.9	10.71	0.412	10.46	15.48	5.068	70.885

*Nota.* Los resultados brindados por la prensa Marshall para el segundo diseño experimental se exponen, involucrando mediciones de estabilidad, índice de flujo y porcentaje de espacios vacíos. Estos datos están vinculados a las distintas proporciones de poliestireno empleadas.

**Figura 42**

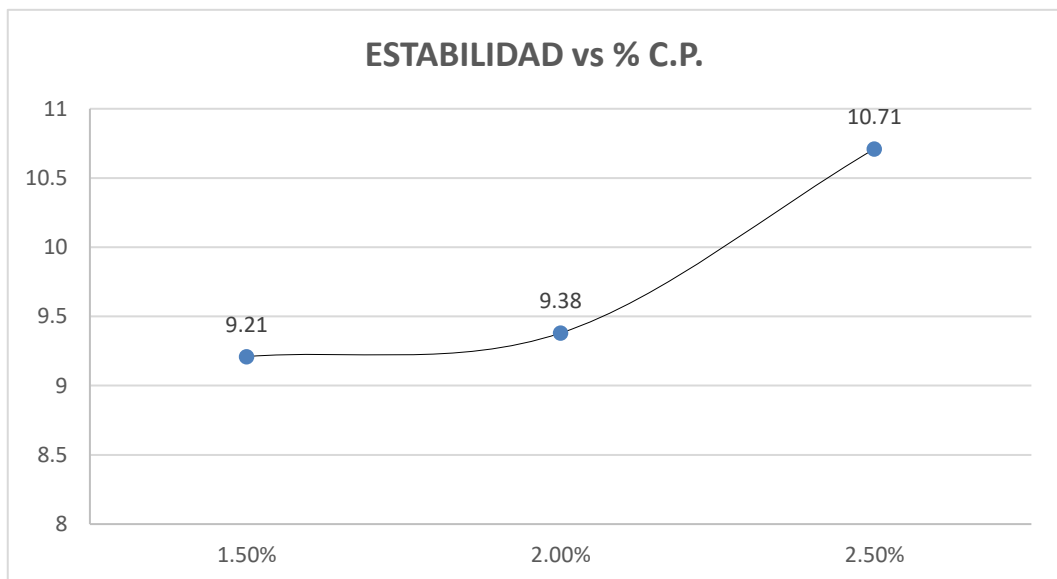
*Densidad vs %Contenido de Poliéstireno.*



*Nota.* En la gráfica se muestra la conexión entre la densidad y el porcentaje de contenido de poliéstereno en relación con el porcentaje óptimo de asfalto en la mezcla. Se percibe que a un nivel de 2.5% de poliéstereno, la densidad de la mezcla tiende a incrementarse.

**Figura 43**

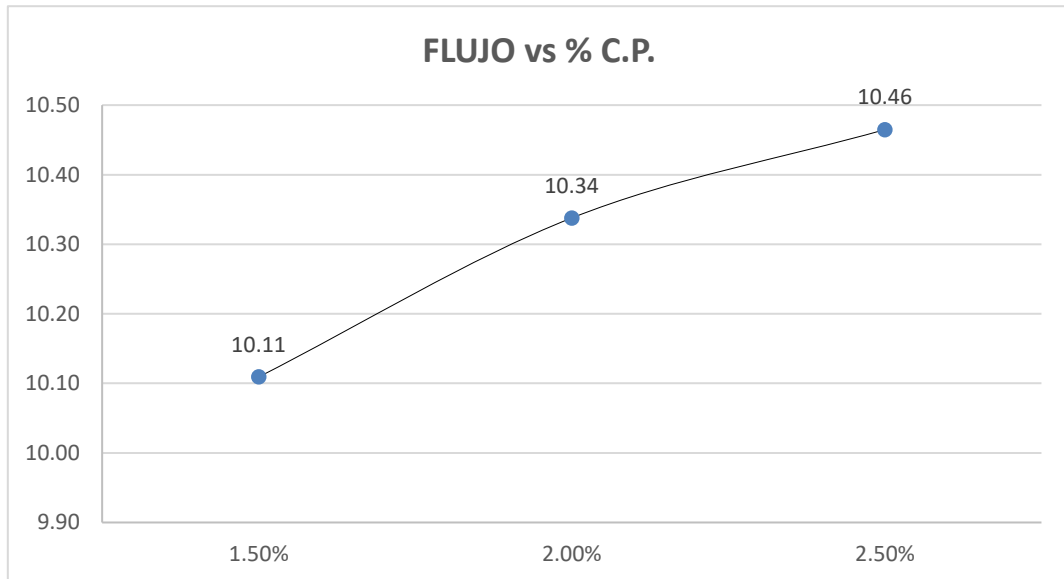
*Estabilidad vs % Contenido de Poliéstereno.*



*Nota.* En la figura se observa que destaca un aumento significativo alrededor del 2.5% de poliéstereno, indicando mejor estabilidad en la mezcla.

**Figura 44**

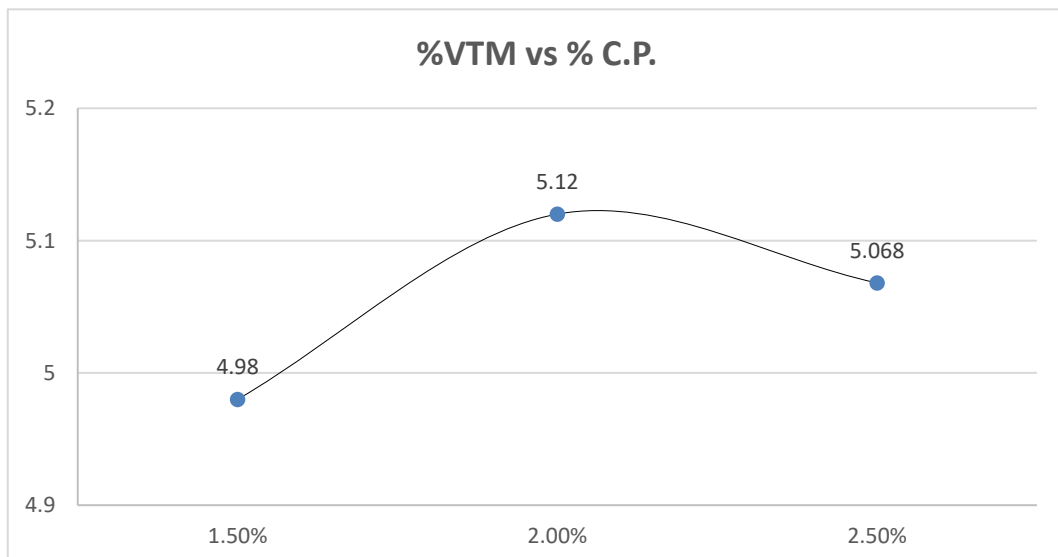
*Índice de Flujo vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica de flujo vs contenido de poliestireno, se observa un aumento en el flujo al llegar al 2.5% de poliestireno, indicando una mayor plasticidad y deformabilidad en la mezcla.

**Figura 45**

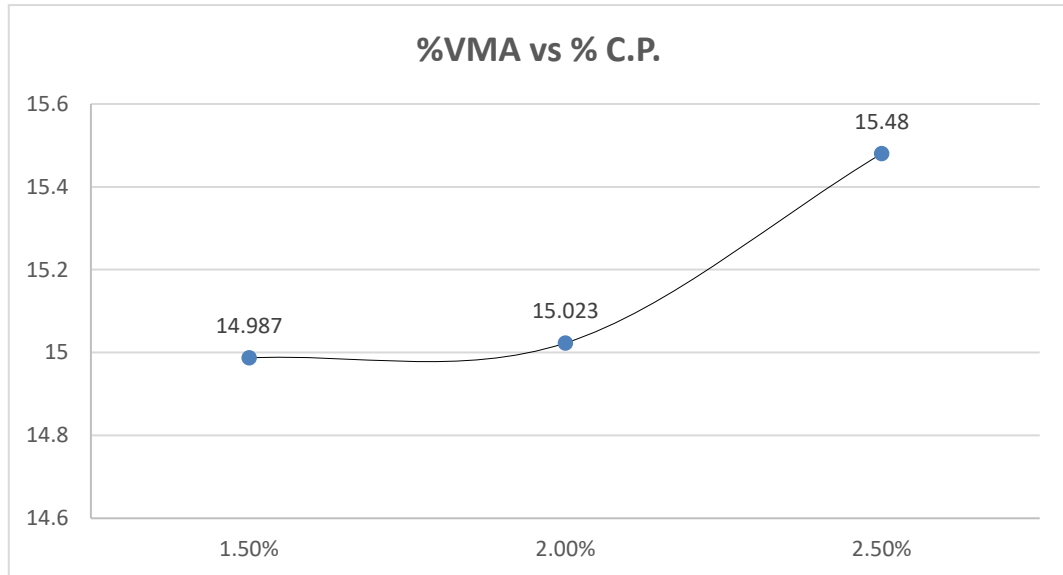
*% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada vs % Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de aire en la mezcla compactada a medida que se llega al 2.0% de poliestireno.

**Figura 46**

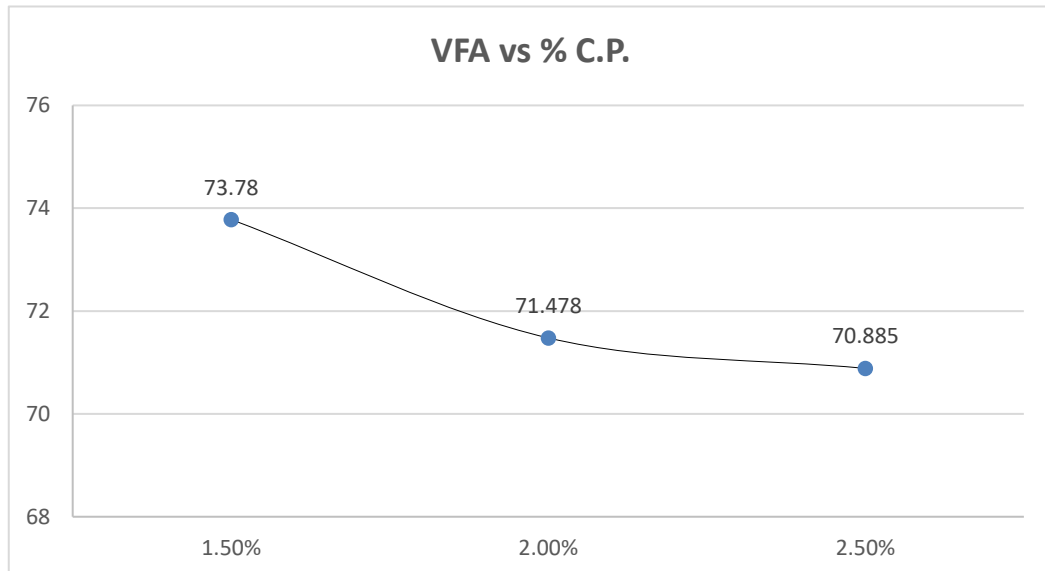
*% Vacíos en el Agregado Mineral vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica, se nota un incremento proporcional del % de vacíos en el Agregado Mineral a medida que aumenta el contenido de Poliestireno.

**Figura 47**

*% Vacíos Llenos de Asfalto vs Contenido de Poliestireno.*



*Nota.* En la gráfica % Vacíos Llenos de Asfalto vs % Contenido de Poliestireno, se nota una disminución proporcional del % de vacíos llenos de asfalto que aumenta el contenido de poliestireno.

**Tabla 34.**

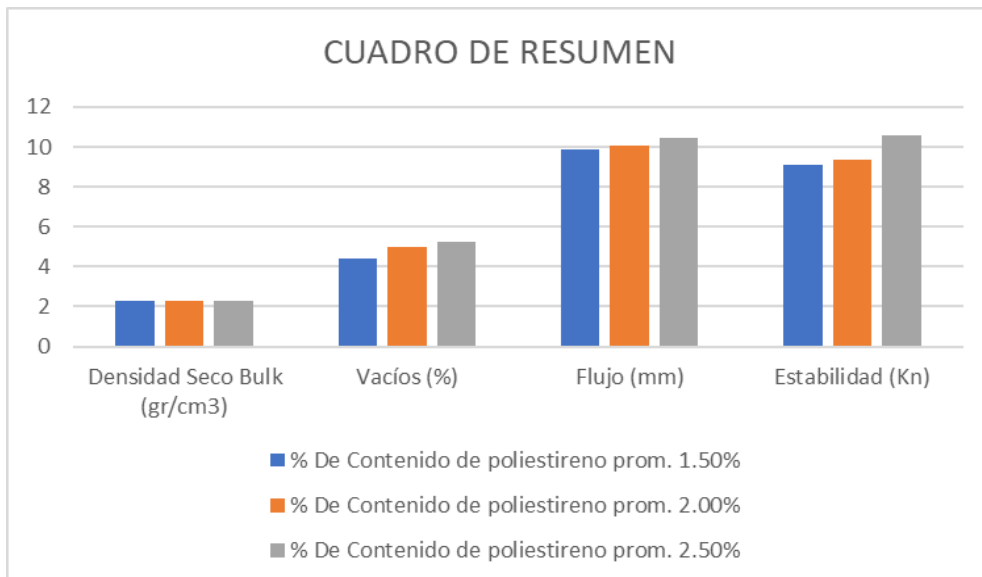
*Resumen de los resultados de los parámetros de Marshall con adición*

Característica del Ensayo Marshall	% De Contenido de poliestireno prom.		
	1.50%	2.00%	2.50%
Densidad Seco Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )	2.253	2.270	2.263
Vacíos (%)	4.43	4.97	5.21
V.M.A.(%)	15.03	15.32	15.69
V.F.A.(%)	74.94	71.52	70.41
Flujo (mm)	9.87	10.07	10.43
Estabilidad (Kn)	9.10	9.33	10.60

*Nota.* En los resultados del ensayo de los parámetros de Marshall, se evidencia que para un contenido óptimo de asfalto del 5.5%, se observa un incremento significativo en el contenido óptimo de poliestireno, el cual se establece en un 2.5%. Es importante destacar que este valor difiere notablemente del resto de los porcentajes analizados.

**Figura 48**

*Gráfico de resumen del ensayo de Marshall con adición.*



*Nota.* En el gráfico se compara los resultados de los parámetros de ensayo Marshall con poliestireno.



### **3.5. Análisis estadísticos en los ensayos con y sin Poliestireno mediante la prueba de Shapiro - Wilk.**

#### **3.5.1. Análisis de normalidad.**

En el presente estudio, se llevó a cabo un análisis de normalidad utilizando el software estadístico SPSS y la prueba de Shapiro-Wilk. El objetivo principal fue evaluar la normalidad de los resultados obtenidos en los ensayos, considerando dos condiciones específicas: los ensayos sin la presencia de Poliestireno y los ensayos con Poliestireno

Para abordar esta cuestión, se planteó un conjunto de hipótesis. Bajo la primera hipótesis ( $H_0$ ), se considera que los datos presentan una distribución normal si el valor obtenido es mayor a 0.05. Por el contrario, bajo la hipótesis alternativa ( $H_1$ ), se concluye que los datos no siguen una distribución normal si el valor es menor a 0.05.

Al realizar el análisis de normalidad, se obtuvieron resultados que superaron el valor crítico de 0.05 en ambos casos estudiados. Esto indica que los datos exhiben una distribución normal tanto en los ensayos sin Poliestireno como en los ensayos con Poliestireno. Por lo tanto, se confirma la presencia de normalidad en los datos en ambas condiciones evaluadas.

Este análisis de normalidad resulta relevante para el posterior desarrollo del estudio, ya que permite establecer fundamentos sólidos para la aplicación de técnicas estadísticas adecuadas y la interpretación correcta de los resultados obtenidos en la investigación.

**Tabla 35.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 4.5% sin Poliestireno.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.824	3	0.156
Flujo	0.881	3	0.341
Vacíos	0.984	3	0.869

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 4.5% sin la presencia de Poliestireno. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 36.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 5.0% sin Poliestireno.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.871	3	0.344
Flujo	0.877	3	0.648
Vacíos	0.961	3	0.797

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 5.0% sin la presencia de Poliestireno. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 37.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 5.5% sin Poliestireno.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.871	3	0.344
Flujo	0.967	3	0.879
Vacíos	0.994	3	0.846

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 5.5% sin la presencia de Poliestireno. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 38.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 6.0% sin Poliestireno.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.750	3	0.074
Flujo	0.935	3	0.610
Vacíos	0.923	3	0.463

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 6.0% sin la presencia de Poliestireno. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 39**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 6.5% sin Poliestireno.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.964	3	0.780
Flujo	0.923	3	0.463
Vacíos	0.936	3	0.510

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 6.5% sin la presencia de Poliestireno. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 40.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno 1.5%.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.750	3	0.074
Flujo	0.997	3	0.890
Vacíos	0.923	3	0.784

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 4.5% con la presencia de Poliestireno de 1.5%. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal, ya que los valores obtenidos superaron el umbral establecido de 0.05.

**Tabla 41.**

*Análisis de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno de 2.0%.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.750	3	0.074
Flujo	0.953	3	0.830
Vacíos	0.923	3	0.784

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 4.5% con la presencia de Poliestireno de 2.0%. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal, ya que los valores obtenidos superaron el umbral establecido de 0.05.

**Tabla 42.**

*Prueba de normalidad para un C.A. de 5.5% con Poliestireno de 2.5%.*

Descripción	Shapiro – Wilk.		
	Estadístico	gl.	Sig.
Estabilidad	0.791	3	0.571
Flujo	0.997	3	0.890
Vacíos	0.998	3	0.901

*Nota.* En el estudio realizado al analizar el contenido de asfalto de 4.5% con la presencia de Poliestireno de 2.5%. El análisis demostró que los datos presentan una distribución normal, ya que los valores obtenidos superaron el umbral establecido de 0.05.

### **3.10.2. Análisis de Homogeneidad de Varianza.**

La evaluación de la prueba de homogeneidad de varianza en el análisis estadístico, se utilizó el software SPSS como herramienta principal, la cual se encarga investigar y examinar la eficacia de la prueba de homogeneidad de varianza, específicamente a través del método de Levene, en comparación con otras técnicas utilizadas para evaluar la igualdad de varianzas en diferentes conjuntos de datos.

Se lleva a cabo un estudio exhaustivo que involucra muestras con y sin la presencia de Poliestireno en mezclas asfálticas. Se establecen las condiciones para la evaluación de la homogeneidad de varianza, donde se considera que si el valor obtenido es mayor a 0.05, se concluye que existe homogeneidad de varianza, mientras que un valor menor a 0.05 indica la falta de homogeneidad de varianza.

Los resultados obtenidos a través del análisis estadístico utilizando los parámetros de Marshall para las mezclas asfálticas con y sin Poliestireno revelaron valores por encima de 0.05, lo que sugiere la presencia de homogeneidad de varianza en ambas muestras.

**Tabla 43.**

*Análisis de Homogeneidad de Varianza para la Estabilidad de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Se basa en la media	2.524	2	6	0.151
Se basa en la mediana	1.752	2	6	0.272
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.752	2	3.941	0.25
Se basa sen la media recordada	2.241	2	6	0.183

*Nota.* Se revela que los resultados muestran una homogeneidad de varianza. Esto indica que los valores obtenidos están por encima del umbral de significancia estadística establecido en 0.05.

**Tabla 44.**

*Prueba de Homogeneidad de Varianza para el Flujo de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Se basa en la media	2.423	2	6	0.132
Se basa en la mediana	1.851	2	6	0.254
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.851	2	3.842	0.298
Se basa sen la media recordada	2.119	2	6	0.149

*Nota.* Se revela que los resultados muestran una homogeneidad de varianza. Esto indica que los valores obtenidos están por encima del umbral de significancia estadística establecido en 0.05.

**Tabla 45**

*Prueba de Homogeneidad de Varianza para el porcentaje de vacíos de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Estadístico de Levene</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
Se basa en la media	2.423	2	6	0.132
Se basa en la mediana	1.752	2	6	0.272
Se basa en la mediana y con gl ajustado	1.752	2	3.941	0.25
Se basa en la media recordada	2.019	2	6	0.154

*Nota.* Se revela que los resultados muestran una homogeneidad de varianza. Esto indica que los valores obtenidos están por encima del umbral de significancia estadística establecido en 0.05.

### **3.10.3. Análisis de Prueba de Hipótesis mediante ANOVA**

En los análisis obtenidos en esta investigación indican que los valores observados en el análisis presentan un nivel de significancia mayor que 0.05, lo que conduce a la aceptación de la hipótesis nula ( $H_0$ ). Esto implica que no se han encontrado discrepancias significativas entre los conjuntos de la muestra de referencia y las muestras que contienen Poliestireno. Estos hallazgos respaldan la homogeneidad de varianza en las variables estudiadas y sugieren que la presencia de Poliestireno no ha tenido un impacto sustancial en las características analizadas de las mezclas de cemento asfáltico.



**Tabla 46**

*Análisis de Prueba de Hipótesis para la Estabilidad de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	384.69	2	192.345	3.316	0.058
Dentro de Grupos	673.67	6	112.278		
Total	1058.36	8			

*Nota.* Al realizar se observa que los resultados exceden el umbral de 0.05, lo cual conduce a la aceptación de la hipótesis nula planteada.

**Tabla 47**

*Análisis de Prueba de Hipótesis para el Flujo de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	394.61	2	197.305	3.344	0.059
Dentro de Grupos	843.69	6	140.615		
Total	1238.3	8			

*Nota.* Al realizar se observa que los resultados exceden el umbral de 0.05, lo cual conduce a la aceptación de la hipótesis nula planteada.

**Tabla 48**

*Análisis de Prueba de Hipótesis para el porcentaje de vacíos de Marshall.*

<b>Descripción</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	381.48	2	190.74	3.346	0.057
Dentro de Grupos	650.87	6	108.478		
Total	1032.35	8			

*Nota.* Al realizar el análisis, se observa que los resultados exceden el umbral de 0.05, lo cual conduce a la aceptación de la hipótesis nula planteada.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. DISCUSIONES

El ensayo de Marshall, según la norma A.S.T.M. D 1559, se utiliza para determinar los parámetros de la mezcla asfáltica. En este proceso, se toma una muestra patrón que representa el 5.5% para el diseño de mezcla la cual no incluye el Poliestireno. La medición de la estabilidad promedio en esta muestra patrón arroja un valor de 9.58 Kn., para el Flujo promedio tiene un valor de 10.08 mm y el valor promedio para el porcentaje de vacíos es de 4.18%.

Sin embargo, al introducir varios niveles de Poliestireno en la combinación asfáltica. Para 1.5% de Poliestireno, la estabilidad se reduce a 9.10 Kn. A medida que se aumenta el porcentaje de la adición de a 2.0% y 2.5%, la estabilidad aumenta a 9.33 y 10.60 Kn, respectivamente.

La inclusión del poliestireno en la mezcla asfáltica como agregado tiene un impacto positivo en su comportamiento mecánico. En la muestra patrón del 5.5%, se tiene un flujo promedio del 10.08 mm. Al agregar Poliestireno con en porcentajes de 1.5%, 2.0% y 2.5% a la mezcla asfáltica, se logra un flujo de 9.87 mm, 10.07 mm y 10.43 mm, respectivamente.

Con referente al porcentaje de vacíos es importante destacar que para la muestra patrón en la mezcla se mantiene en un rango adecuado, con un valor del 4.18%. Esto cumple con los estándares establecidos en la normativa para la comparación con el asfalto tradicional y con respecto con la adición del Poliestireno del 1.5%, 2.0% y 2.5%, se tiene 4.43%, 4.97% y 5.21% respectivamente.

En resumen, el ensayo de Marshall revela que la incorporación del Poliestireno en la mezcla asfáltica tiene un impacto tanto en el flujo como en la estabilidad de la mezcla y porcentaje de vacíos para una adición del 2.5%. Estos resultados respaldan la afirmación de que el Poliestireno puede mejorar las propiedades mecánicas del asfalto, ofreciendo una mayor resistencia y estabilidad en comparación con el asfalto convencional.

Quevedo & Valdez (2022), en su estudio de investigación, presentaron resultados que muestran una notable semejanza con los resultados de esta investigación. Tanto en la descripción de los agregados como en las características de la mezcla de asfalto, evaluada a través del ensayo de Marshall, se evidencia un cumplimiento satisfactorio con la Normativa vigente. Estos resultados respaldan y refuerzan los hallazgos de nuestro propio estudio, destacando la relevancia y aplicabilidad de los polímeros en mejoras para la infraestructura vial.

Corbacho (2019), en su investigación titulado, nos muestra resultados valiosos que destacan los porcentajes óptimos de asfalto y contenido de adición de fibras PET en una mezcla asfáltica. Según sus hallazgos, el punto óptimo para el porcentaje de asfalto se sitúa en el 6.15%, mientras que el contenido ideal de fibras PET es del 1.2%. Estas proporciones han demostrado ser altamente beneficiosas, alcanzando una resistencia mecánica de 8.4 Kn y un flujo de 0.25 mm. En comparación con esta investigación que se incorpora un 2.5% de Poliestireno, los resultados obtenidos en este estudio son más alentadores y se encuentran en pleno cumplimiento de la normativa establecida por el MTC E 504. Estos datos refuerzan la eficacia de la adición de fibras PET en la mezcla

asfáltica y su relevancia para el desarrollo de infraestructuras viales más resistentes y de mayor calidad. La incorporación de fibras de tereftalato de polietileno reciclado en la mezcla asfáltica representa una solución sostenible y amigable con el medio ambiente al dar un uso adecuado a los materiales reciclados, lo que resalta aún más la importancia de estos resultados en el contexto actual de la conciencia ecológica.

Cueva & Quispe (2019), en su tesis titulada “Diseño de mezcla asfáltica en caliente incorporando Pet en la calle las Amapolas de la Asoc. Nueva Primavera, Santa Clara-2019”, se tiene como porcentaje óptimo de contenido de asfalto del 5.3% y para la incorporación de fibras PET reciclado se considera como porcentaje con mejor porcentaje óptimo del 3%, con 17.7 mm de flujo y 872.8 kg de estabilidad dentro de los parámetros de la norma. A diferencia de la investigación presente al añadir el 2.5% de Poliestireno los resultados de los parámetros de Marshall cumplen con la normativa teniendo un flujo de 10.43 mm y 10.6 Kn de estabilidad respectivamente.

Adrianzen, O. (2022), en su estudio de investigación, se puede concluir que la incorporación de las fibras es una alternativa altamente efectiva para reforzar pavimentos flexibles. Mediante rigurosas pruebas, se obtuvieron buenos resultados que respaldan esta afirmación. En esta investigación destaca la viabilidad técnica de utilizar fibras en las mezclas asfálticas para mejorar su comportamiento mecánico, lo que puede tener un impacto significativo en la calidad y la vida útil de las carreteras y vías. De esta manera, las fibras se perfilan como una alternativa prometedora para optimizar la infraestructura vial y proporcionar soluciones más eficientes y duraderas.

## **Limitaciones**

Para el proceso de investigación de esta tesis, se encontraron diversas limitaciones que afectaron la recopilación de datos y el acceso a fuentes especializadas. Estas limitaciones representaron desafíos significativos que deben tenerse en cuenta al interpretar los resultados y las conclusiones del estudio.

- ✓ Disponibilidad limitada de datos primarios: Debido a restricciones de confidencialidad y privacidad, no fue posible acceder a una muestra representativa o suficiente para llevar a cabo un estudio exhaustivo. La falta de acceso directo a datos primarios afectó la capacidad de obtener información detallada y precisa sobre el fenómeno de estudio.
- ✓ Restricciones financieras: La falta de recursos financieros limitó la capacidad de llevar a cabo experimentos, adquirir equipos especializados o acceder a servicios técnicos necesarios para la investigación. Estas restricciones financieras restringieron el alcance del estudio y podrían haber influido en la calidad y representatividad de los resultados obtenidos.
- ✓ Limitaciones temporales: El tiempo asignado para la realización de la tesis fue limitado, lo que afectó la profundidad y el alcance del estudio. La falta de tiempo suficiente para recopilar datos, realizar análisis exhaustivos o realizar investigaciones complementarias puede haber dejado preguntas sin respuesta y áreas sin explorar en el tema de estudio.

Estas limitaciones identificadas en la tesis resaltan la importancia de interpretar los resultados con precaución y reconocer las restricciones del estudio. Aunque se han realizado esfuerzos significativos para superar estas limitaciones, es necesario tener en

cuenta sus implicaciones al evaluar la validez y la generalización de los hallazgos obtenidos.

### **Implicancia**

La investigación realizada tiene una implicancia significativa en el campo de las mezclas asfálticas al explorar y evaluar los beneficios de la incorporación de poliestireno reciclado en la composición de estas mezclas. Los hallazgos obtenidos proporcionan información relevante que puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y durabilidad de las infraestructuras viales.

- ✓ Reducción de residuos: La investigación demuestra que la incorporación de poliestireno reciclado en las mezclas asfálticas ofrece una alternativa sostenible para la gestión de residuos. Al utilizar este material reciclado en lugar de desecharlo, se reduce la cantidad de residuos que ingresan a los vertederos y se promueve una economía circular más eficiente.
- ✓ Mejora de las propiedades mecánicas: Los resultados de la investigación indican que la adición de poliestireno reciclado puede mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas. Esto incluye un aumento en la resistencia al desgaste, la capacidad de carga y la capacidad de deformación, lo que contribuye a una mayor durabilidad y vida útil de las superficies de las carreteras.
- ✓ Reducción del consumo de recursos naturales: La investigación revela que la adición del poliestireno puede reducir la dependencia de los recursos naturales utilizados en la producción de asfalto convencional. Al reemplazar parte de los

materiales vírgenes por poliestireno reciclado, se reduce la extracción de recursos naturales y se minimiza el impacto ambiental asociado.



## 4.2. CONCLUSIONES

La importancia de esta investigación radica en su contribución al campo de la ingeniería de pavimentos y la mejora de infraestructuras viales. El uso de asfalto con adición de poliestireno puede tener un impacto positivo en la calidad y durabilidad de las carreteras y calles, ya que se ha demostrado que esta mezcla presenta ventajas significativas sobre el asfalto tradicional.

La estabilidad de la mezcla asfáltica es un factor crítico para garantizar la resistencia y la capacidad de soporte del pavimento frente a las cargas y condiciones de tráfico. Los resultados muestran que la mezcla con un 2.5% de poliestireno alcanza una estabilidad de 10.60 Kn, en comparación con los 9.58 Kn obtenidos con el asfalto tradicional. Esta diferencia significativa implica que el asfalto modificado con poliestireno puede soportar mejor las tensiones y deformaciones asociadas al tráfico vehicular.

El porcentaje de flujo es otro parámetro crucial para evaluar la capacidad de deformación del asfalto bajo altas temperaturas. En este estudio, se encontró que el asfalto con poliestireno presenta un porcentaje de flujo de 10.07 mm, mientras que el asfalto tradicional alcanza solo 10.43 mm. Estos resultados indican que la adición de poliestireno no mejora la resistencia del asfalto a la deformación plástica en condiciones de altas temperaturas, lo que puede prevenir problemas como las deformaciones permanentes y las huellas de ruedas.

Además, el porcentaje de vacíos es un parámetro que influye en la resistencia al agua y la durabilidad del pavimento. Se observó que la mezcla con poliestireno tiene un porcentaje de vacíos de 5.21%, mientras que el asfalto tradicional presenta un valor de 4.18%. De ser lo contrario, esta reducción en los vacíos indicaría una mayor

compactación y cohesión de la mezcla con poliestireno, lo que podría aumentar la vida útil del pavimento y reducir los problemas de deterioro prematuro.

La inclusión de poliestireno en la mezcla asfáltica también puede tener beneficios económicos y ambientales. La mejora en la durabilidad del asfalto podría reducir la necesidad de frecuentes reparaciones y repavimentaciones, lo que a su vez disminuiría los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. Además, un asfalto más duradero puede contribuir a la reducción del consumo de recursos y la generación de residuos asociados a la construcción y mantenimiento de carreteras.

Asimismo, los hallazgos de esta investigación apuntan a que el asfalto con adición de poliestireno ofrece un desempeño superior en los parámetros de la mezcla en comparación con el asfalto tradicional. Esta tecnología puede ser una opción prometedora para mejorar la calidad y la vida útil de las superficies asfálticas, lo que podría tener un impacto positivo en la infraestructura vial y en la economía en general. Sin embargo, se recomienda seguir investigando y explorando diferentes proporciones de poliestireno y otros aditivos para optimizar aún más las propiedades del asfalto modificado.

#### 4.3. RECOMENDACIONES

- Explorar diferentes proporciones de poliestireno y otros aditivos para determinar la combinación óptima que maximice las mejoras en los parámetros de evaluación del asfalto. Es posible que ajustar las proporciones pueda llevar a un mayor rendimiento y beneficios.
- Realizar un análisis detallado de los costos y beneficios económicos de utilizar el asfalto modificado con poliestireno. Evalúa el costo de los materiales, los costos de instalación y mantenimiento, y compáralo con el asfalto tradicional para asegurarte de que sea una inversión viable.
- Evaluar el impacto ambiental del asfalto modificado con poliestireno en comparación con el asfalto tradicional. Considera aspectos como la reducción de residuos, la disminución del consumo de recursos y la posible reutilización de materiales para determinar su sostenibilidad ambiental.

**REFERENCIAS**

Aliaga, (2017). *“Aplicación del caucho reciclado para la mejora de las propiedades de la carpeta asfáltica en pavimentación de la Av. Bertello, Santa Rosa, Lima 2017”* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Perú.

Corbacho, (2019). *“Análisis de estabilidad de Marshall y la deformación permanente mediante el ensayo de Rueda Cargada de Hamburgo de una Mezcla Asfáltica modificada en caliente con fibras de Tereftalato de Polietileno reciclado en la Ciudad del Cusco - 2018”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú.

Fernández, Morales y Soto, (2016). *“Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante PSP NLS, para edades mayores que 28 días”* (Tesis de pregrado). Universidad de Carabobo, Venezuela.

Goigochea, (2019). *“Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, chachapoyas – Amazonas - 2017”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú.

Jhossler, Gonzalo & Carlos, (2017). *“Comparación del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica tipo MDC-19 adicionada con fibras de Terlenka y una mezcla asfáltica convencional”* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Juan, (2021). *“Influencia del Polvo de neumático en una mezcla asfáltica por vía seca para vías locales con pavimento flexible”* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Perú.

Juan, (2021). *“Estudio del comportamiento físico-mecánico de una mezcla asfáltica modificada con desechos de nylon y ceniza volantes”* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Colombia.

Juan & Jesus, (2019). *“Mejoramiento de mezcla asfálticas porosas a través de la incorporación de fibras de nylon y polipropileno”* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Lozano y Tabares, (2005). *“Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea”* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Nestor & Carlos, (2015). *“Perfiles de Ingeniería”* (Revista). Universidad Ricardo Palma, Perú.

Quevedo & Valdez, (2022). *“Influencia de la fibra de nylon en una mezcla asfáltica para la Avenida El Maestro, San Ignacio 2022”* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte.

Rodríguez & Rodríguez, (2005). *“Reutilización de pavimentos asfálticos reciclados en frío, como alternativa para la construcción de vías provisionales en asentamientos humanos en la ciudad de Lima – Perú”* (Tesis de pregrado). Universidad Ricardo Palma, Perú.

Safiqur & Khadeeja, (2008). *“Three – dimensional finite element model for flexible pavement analyses base don field modulus measurement”* (Revista). Arabian Journal for Science and Engineering, Chile.

Valverde, D. E., (2019). *“Caracterización piezoresistiva de hormigón reforzado con fibras de carbono reciclado con aplicaciones autosensoriales”* (Tesis de posgrado). Escola de Camins, España.

Vega, (2016). *“Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico”* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

Villagaray, (2017). *“Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la Avenida TrapicheComas (Remanso) 2017”* (Tesis de pregrado).

Universidad Cesar Vallejo, Perú.

# ANEXOS

# I. PANEL FOTOGRAFICO.

## **Anexo I-1:**



*Extracción de agregado.*



*Nota.* Obtención directa de agregado grueso proveniente de la Cantera Bauner, ubicada en el Distrito de El Milagro, Provincia de Trujillo, en el Departamento de La Libertad.

### **Anexo I-2**

*Extracción de piedra de 3/4"*



*Nota.* Obtención directa de piedra 3/4" proveniente de la Cantera Bauner, ubicada en el Distrito de El Milagro, Provincia de Trujillo, en el Departamento de La Libertad.

**Anexo I-3:**

*Proceso de tamizaje*



*Nota. Tamizaje del agregado grueso y la piedra de 3/4" es un proceso mediante el cual se realiza la separación de las partículas de tamaño adecuado, a través de la utilización de tamices de malla específica.*

**Anexo I-4**

*Determinación del peso relativo del asfalto.*



*Nota. En la figura presentada, se muestra claramente el peso del asfalto destinado a ser utilizado en la mezcla asfáltica correspondiente. Esta representación visual destaca la cantidad precisa de asfalto requerida para lograr una composición adecuada y efectiva en la mezcla.*

**Anexo I-5**

Proceso del mezclado de los agregados.



*Nota.* La figura muestra el proceso de mezclado de los agregados en un recipiente para la creación de una mezcla asfáltica.

**Anexo I-6**

*Peso relativo de los agregados y asfalto para cada briqueta.*



*Nota.* La figura ilustra el peso relativo de los agregados y el asfalto en cada briqueta, resaltando la proporción precisa en la mezcla asfáltica. Este enfoque en el equilibrio de pesos garantiza la consistencia y calidad de las briquetas.



### Anexo I-7

*Proceso de la mezcla asfáltica.*



*Nota.* La figura muestra el proceso de mezclado de los agregados en un recipiente para la creación de una mezcla asfáltica. Destaca cómo los agregados se incorporan al asfalto con precisión, asegurando uniformidad y cohesión en la composición final.

### Anexo I-8

*Conformación de briquetas con mezcla asfáltica.*



*Nota.* La figura ilustra la formación de briquetas con mezcla asfáltica, resaltando el peso relativo de agregados y asfalto en cada una.

**Anexo I-9**

*Manipulación del Poliestireno.*



*Nota.* Se puede observar la manipulación del poliestireno para determinar su respectiva dosificación en función a la mezcla asfáltica.

**Anexo I-10:**

*Mezcla asfáltica con la adición del Poliestireno*



*Nota.* En la figura se puede observar la manipulación y la incorporación del poliestireno en la mezcla asfáltica.

### Anexo I-11

*Conformación de las briquetas.*



*Nota.* Proceso de fabricación de briquetas con mezcla asfáltica implica la compactación y conformación de una muestra representativa de la mezcla en forma de pequeñas tabletas o briquetas.

### Anexo I-12:

*Prensa Marshall*



*Nota.* Uso de la prensa Marshall para evaluar la Estabilidad, Flujo y Porcentaje de Vacíos.

## **II. GUÍAS OBSERVACIÓN (FORMATO).**

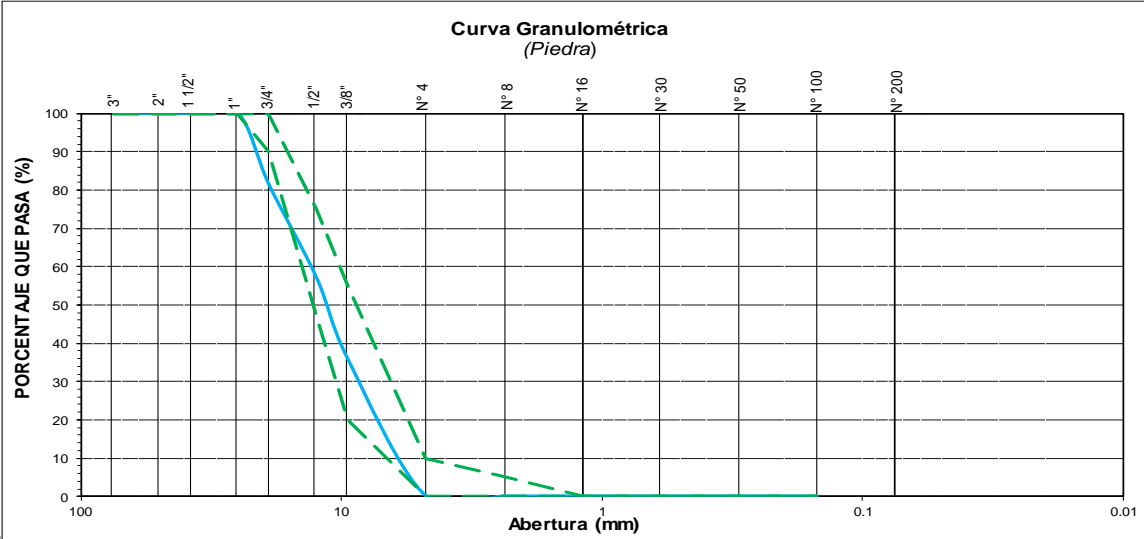
Anexo II-01:

Ensayo 1, de granulometría de piedra 3/4".

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>									
Análisis Granulométrico de Agregados									
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)									
Autores: Roisser Tasilla Vasquez				Fecha: 14/06/2023					
Investigación: Tesis				Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez					
DATOS DE LA MUESTRA									
Identificación: Piedra de 3/4"				Tamaño Max.: 1"					
Procedencia: Cantera Zapotal				Tamaño Max. Nominal: 3/4"					
				Peso Inicial Seco: 5000.0 gr.					
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra	
						Mínimo	Máximo		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.	
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0		
<b>Características Físicas</b>									
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Módulo de Finura: 6.83	
3/4"	19.000	935.8	18.7	18.7	81.3	90.0	100.0		
1/2"	12.500	1210.6	24.2	42.9	57.1	47.0	75.0		
3/8"	9.500	1055.5	21.1	64.0	36.0	20.0	55.0		
<b>Parametros de Control</b>									
<b>Huso 7</b>									
Nº 4	4.750	1798.1	36.0	100.0	0.0	0.0	10.0	Mf min: 6.10	
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf max: 6.60	
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0		
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0		
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0		
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0		
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0		
						<b>ERROR: (&lt; 0,3%)</b>		5000	5000.0
								0.00	0.00

**Curva Granulométrica**  
(Piedra)



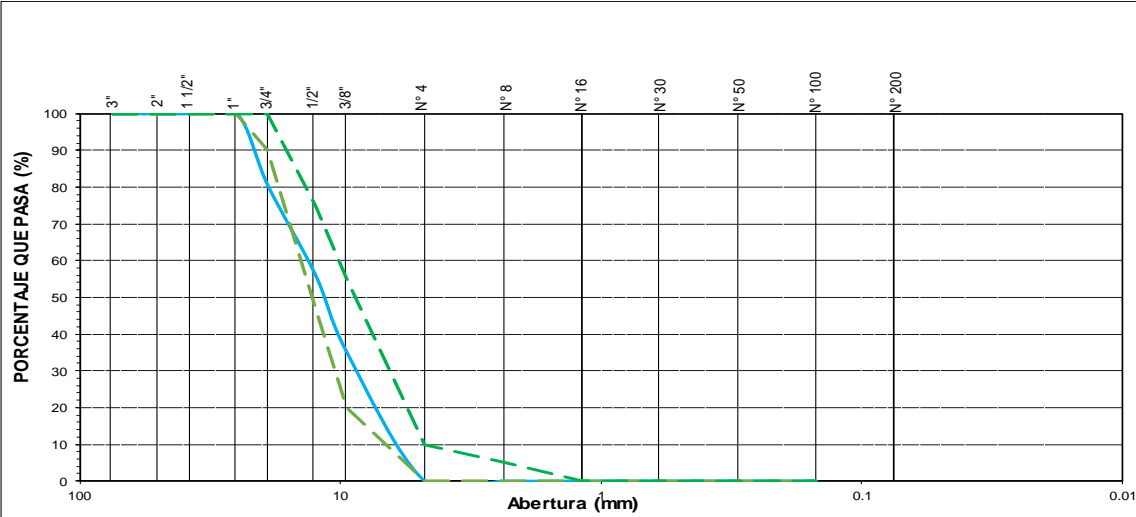
Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación.



Anexo II-02:

Ensayo 2, de granulometría de piedra 3/4".

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Análisis Granulométrico de Agregados								
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)								
Autores: Roisser Tasilla Vasquez					Fecha: 14/06/2023			
Investigación: Tesis					Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez			
DATOS DE LA MUESTRA								
Identificación: Piedra de 3/4"				Tamaño Max.: 1"				
Procedencia: Cantera Bauner				Tamaño Max. Nominal: 3/4"				
								Peso Inicial Seco: 5000.0 gr.
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	<b>Características Físicas</b>
3/4"	19.000	980.5	19.6	19.6	80.4	90.0	100.0	Módulo de Finura: 6.84
1/2"	12.500	1210.5	24.2	43.8	56.2	47.0	75.0	<b>Parametros de Control</b>
3/8"	9.500	1045.2	20.9	64.7	35.3	20.0	55.0	
Nº 4	4.750	1763.8	35.3	100.0	0.0	0.0	10.0	<b>Huso 7</b>
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf min: 6.10
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	Mf max: 6.60
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	<b>% de error de la muestra</b>
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	<b>ERROR: (&lt; 0,3%)</b> 5000 5000.0 0.00 0.00

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación.

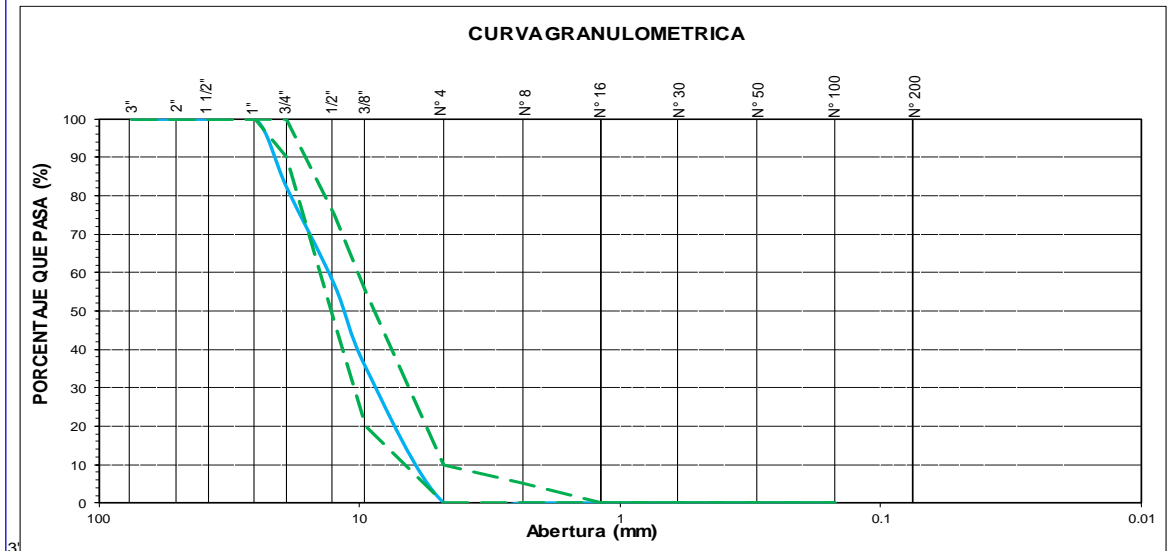
**Anexo II-03**

Ensayo 3, de granulometría de piedra 3/4".

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>								
Análisis Granulométrico de Agregados								
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)								
<b>Autores:</b> Roisser Tasilla Vasquez					<b>Fecha:</b> 14/06/2023			
<b>Investigación:</b> Tesis					<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez			
DATOS DE LA MUESTRA								
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"			<b>Tamaño Max.:</b> 1"					
<b>Procedencia:</b> Cantera Zapotal			<b>Tamaño Max. Nominal:</b> 3/4"			<b>Peso Inicial Seco:</b> 5000.0 gr.		
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
<b>Características Físicas</b>								
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Módulo de Finura : 6.83
3/4"	19.000	900.6	18.0	18.0	82.0	90.0	100.0	
1/2"	12.500	1258.6	25.2	43.2	56.8	47.0	75.0	
3/8"	9.500	1069.6	21.4	64.6	35.4	20.0	55.0	
<b>Parametros de Control Huso 7</b>								
Nº 4	4.750	1771.2	35.4	100.0	0.0	0.0	10.0	Mf min : 6.10
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf max : 6.60
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
<b>% de error de la muestra</b>								
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	<b>ERROR:(&lt; 0,3%)</b> 5000 5000.0 0.00 0.00
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	

**CURVA GRANULOMETRICA**



Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación.

**Anexo II-04**

*Ensayo del peso unitario seco compactado.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>						
<b>Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)</b>						
<b>DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017/ASTM C29)						
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez		<b>Fecha :</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis		<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>Identificación :</b> Piedra de 3/4"		<b>Hora:</b> 11:30 a.m				
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner		<b>so Natural prom. :</b> 20.477 kg.				
<b>VOLUMEN DEL MOLDE CILÍNDRICO</b>						
MUESTRA	ALTURA DEL MOLDE (m)	DIAMETRO DEL MOLDE (m)	RADIO DEL MOLDE (m)	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)		
VOLUMEN DEL MOLDE	0.15	0.3	0.15	0.01060		
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>Fórmula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <math display="block">PUC = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]</math> </td> </tr> </tbody> </table>					Fórmula	$PUC = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$
Fórmula						
$PUC = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$						
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>						
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3			
PESO DEL MOLDE ( Kg)	1.2	1.2	1.2			
PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)	21.72	21.64	21.67			
PESO DE LA PIERA (Kg)	20.52	20.44	20.47			
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.0106	0.0106	0.0106			
PUC(Kg/m3)	1935.85	1928.30	1931.13			
PROMEDIO P.U.C. (kg/m3)	1931.76					

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso unitario compactado como formato para guía de observación.

**Anexo II-05**

*Ensayo del peso unitario seco suelto.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>						
<b>Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)</b>						
<b>DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017/ASTM C29)						
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez		<b>Fecha:</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis		<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
DATOS DE LA MUESTRA						
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"		<b>Hora:</b> 11.00 a.m				
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner		<b>Peso Natural prom.:</b> 17.38 kg.				
VOLUMEN DEL MOLDE CILÍNDRICO						
MUESTRA	ALTURA DEL MOLDE (m)	DIAMETRO DEL MOLDE (m)	RADIO DEL MOLDE (m)	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)		
VOLUMEN DEL MOLDE	0.15	0.3	0.15	0.01060		
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Fórmula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"> <math display="block">PUS = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]</math> </td> </tr> </tbody> </table>					Fórmula	$PUS = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$
Fórmula						
$PUS = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$						
PESO UNITARIO SUELTO						
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3			
PESO DEL MOLDE (Kg)	1.2	1.2	1.2			
PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)	18.630	18.54	18.56			
PESO DE LA PIEDRA (Kg)	17.43	17.34	17.36			
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.0106	0.0106	0.0106			
PUS (Kg/m3)	1644.34	1635.85	1637.74			
PROMEDIO P.U.S. (kg/m3)	1639.31					

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso seco suelto como formato para guía de observación.

Anexo II-06

Ensayo del peso específico y absorción.

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>			
<b>Peso Unitario Específico del Agregado</b>			
<b>DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.022/ASTM C127)			
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez		<b>Fecha:</b> 15/06/2023	
<b>Investigación:</b> Tesis		<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"		<b>Hora:</b> 9:30 a. m.	
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner		<b>Peso Natural:</b> 400.000 gr	
<b>Fórmula</b>			
$Pea = \left[ \frac{\text{Peso de la muestra sacada del horno}}{\text{peso de la muesra sacada del horno} - \text{peso de la muestra } S} \right]$			
<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>			
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
<b>PESO DE LA MUESTRA (g)</b>	400.000	400.000	400.000
<b>(B): PESO DE LA MUESTRA SSS (Kg)</b>	401.680	405.8	412.71
<b>(C): PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA S (Kg)</b>	242.100	251.020	253.800
<b>(A): PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (Kg)</b>	398.400	394.200	401.400
<b>Pem = A/(B-C)</b>	2496.553	2546.841	2525.958
<b>Promedio del peso específico (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	2523.117		
<b>PmSSS = B/(B-C)</b>	2517.107	2621.786	2597.130
<b>Pess promedio</b>	2578.675		
<b>Pea = A/(A-C)</b>	2548.944	2753.178	2719.512
<b>Pea promedio</b>	2673.878		
<b>% ABS = ((B-A)/A)*100</b>	0.82	2.943	2.818
<b>Promedio de la absorción</b>	2.19		

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso unitario específico del agregado y absorción como formato para guía de observación.

**Anexo II-7**

*Ensayo de equivalencia de arena.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>																															
<b>Equivalente de arena</b>																															
<b>MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D- 2419 AASHTO T176-00)																															
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez	<b>Fecha :</b> 15/06/2023																														
<b>Investigación:</b> Tesis	<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez																														
DATOS DE LA MUESTRA																															
<b>Identificación :</b> Agregado fino			<b>Hora:</b> 3.00 p.m																												
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner																															
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fórmula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math>EA(\%) = [N_a / N_t] * 100</math></td> </tr> </tbody> </table>				Fórmula	$EA(\%) = [N_a / N_t] * 100$																										
Fórmula																															
$EA(\%) = [N_a / N_t] * 100$																															
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th>MUESTRA</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INICIO</td> <td>10:15</td> <td>11:05</td> <td>11:55</td> </tr> <tr> <td>TERMINO</td> <td>10:50</td> <td>11:40</td> <td>12:30</td> </tr> <tr> <td>LECTURA TOTAL</td> <td>4.2</td> <td>4.2</td> <td>4.2</td> </tr> <tr> <td>LECTURA DE ARENA</td> <td>3.9</td> <td>3.9</td> <td>3.9</td> </tr> <tr> <td>EQ. ARENA (%)</td> <td>92.9</td> <td>92.9</td> <td>92.9</td> </tr> <tr> <td>EQ. ARENA PROM. (%)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">92.9</td> </tr> </tbody> </table>				MUESTRA	1	2	3	INICIO	10:15	11:05	11:55	TERMINO	10:50	11:40	12:30	LECTURA TOTAL	4.2	4.2	4.2	LECTURA DE ARENA	3.9	3.9	3.9	EQ. ARENA (%)	92.9	92.9	92.9	EQ. ARENA PROM. (%)	92.9		
MUESTRA	1	2	3																												
INICIO	10:15	11:05	11:55																												
TERMINO	10:50	11:40	12:30																												
LECTURA TOTAL	4.2	4.2	4.2																												
LECTURA DE ARENA	3.9	3.9	3.9																												
EQ. ARENA (%)	92.9	92.9	92.9																												
EQ. ARENA PROM. (%)	92.9																														

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo equivalencia de arena como formato para guía de observación.

**Anexo II-8**

*Ensayo de desgaste abrasivo de los ángeles.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>																																																																																																																															
<b>Desgaste Abrasivo de los Angeles</b>																																																																																																																															
<b>DETERMINACION DEL DESGASTE AGRASIVO DE LOS ANGELES</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM C-131)																																																																																																																															
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez	<b>Fecha:</b> 15/06/2023																																																																																																																														
<b>Investigación:</b> Tesis	<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez																																																																																																																														
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																															
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"	<b>Hora:</b> 2.00 p.m																																																																																																																														
<b>Procedencia:</b> Canteras Bauner																																																																																																																															
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PRUEBAS</th> <th style="text-align: center;">1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>GRADACIÓN USADA</td> <td style="text-align: center;">A</td> </tr> <tr> <td>No. ESFERAS</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>No. REVOLUCIONES</td> <td style="text-align: center;">500</td> </tr> <tr> <td>Pa= PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO G.M.S.</td> <td style="text-align: center;">5,000</td> </tr> <tr> <td>Pb= PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No 12</td> <td style="text-align: center;">3,861</td> </tr> <tr> <td>Pa-Pb= PERDIDA</td> <td style="text-align: center;">1,139</td> </tr> <tr> <td>%DESGASTE= <math>\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100</math></td> <td style="text-align: center;">23%</td> </tr> <tr> <td>ESPECIFICACIÓN: MENOR DE</td> <td style="text-align: center;">40%</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">CUMPLE: <span style="background-color: yellow; padding: 2px;">SI</span> NO</p>		PRUEBAS	1	GRADACIÓN USADA	A	No. ESFERAS	12	No. REVOLUCIONES	500	Pa= PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO G.M.S.	5,000	Pb= PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No 12	3,861	Pa-Pb= PERDIDA	1,139	%DESGASTE= $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	23%	ESPECIFICACIÓN: MENOR DE	40%																																																																																																												
PRUEBAS	1																																																																																																																														
GRADACIÓN USADA	A																																																																																																																														
No. ESFERAS	12																																																																																																																														
No. REVOLUCIONES	500																																																																																																																														
Pa= PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO G.M.S.	5,000																																																																																																																														
Pb= PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No 12	3,861																																																																																																																														
Pa-Pb= PERDIDA	1,139																																																																																																																														
%DESGASTE= $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	23%																																																																																																																														
ESPECIFICACIÓN: MENOR DE	40%																																																																																																																														
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="9">TAMAÑOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA G.M.S.</th> </tr> <tr> <th>PASA</th> <th>RETENIDO</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3"</td> <td>2 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2 1/2"</td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2"</td> <td>1 1/2"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5000</td> <td style="text-align: center;">5000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 1/2"</td> <td>1"</td> <td style="text-align: center;">1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5000</td> <td style="text-align: center;">5000</td> </tr> <tr> <td>1"</td> <td>3/4"</td> <td style="text-align: center;">1250</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5000</td> </tr> <tr> <td>3/4"</td> <td>1/2"</td> <td style="text-align: center;">1250</td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1/2"</td> <td>3/8"</td> <td style="text-align: center;">1250</td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3/8"</td> <td>#3</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>#3</td> <td>#4</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">2500</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>#4</td> <td>#8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">5000</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>No. DE ESFERAS</td> <td></td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">11</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">12</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>No. DE REVOLUCIONES</td> <td></td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">500</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1000</td> <td style="text-align: center;">1000</td> </tr> </tbody> </table>		TAMAÑOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA G.M.S.									PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G	3"	2 1/2"					2500			2 1/2"	2"					2500			2"	1 1/2"					5000	5000		1 1/2"	1"	1250					5000	5000	1"	3/4"	1250						5000	3/4"	1/2"	1250	2500						1/2"	3/8"	1250	2500						3/8"	#3			2500					#3	#4			2500					#4	#8				5000				No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12	No. DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000
TAMAÑOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA G.M.S.																																																																																																																															
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G																																																																																																																							
3"	2 1/2"					2500																																																																																																																									
2 1/2"	2"					2500																																																																																																																									
2"	1 1/2"					5000	5000																																																																																																																								
1 1/2"	1"	1250					5000	5000																																																																																																																							
1"	3/4"	1250						5000																																																																																																																							
3/4"	1/2"	1250	2500																																																																																																																												
1/2"	3/8"	1250	2500																																																																																																																												
3/8"	#3			2500																																																																																																																											
#3	#4			2500																																																																																																																											
#4	#8				5000																																																																																																																										
No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12																																																																																																																							
No. DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000																																																																																																																							

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de desgaste abrasivo de los ángeles como formato para guía de observación.

**Anexo II-9**

*Ensayo de contenido de humedad.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>																																			
Contenido de Humedad																																			
<b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO GRUESO</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 329.185/ASTM C566)																																			
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez	<b>Fecha :</b> 15/06/2023																																		
<b>Investigación:</b> Tesis	<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez																																		
DATOS DE LA MUESTRA																																			
<b>Identificación :</b> Piedra de 3/4"	<b>Hora:</b> 12.00 a.m																																		
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner	<b>Peso Natural :</b> 195.3 gr																																		
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Fórmula</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><math display="block">\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100</math></td> </tr> </tbody> </table>				Fórmula	$\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100$																														
Fórmula																																			
$\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100$																																			
<table border="1" style="margin: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Ensayo</th> <th style="text-align: center;">muestra #1</th> <th style="text-align: center;">muestra #2</th> <th style="text-align: center;">muestra #3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">PESO DE LA TARA (g)</td> <td style="text-align: center;">72.7</td> <td style="text-align: center;">71.6</td> <td style="text-align: center;">71.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)</td> <td style="text-align: center;">270.3</td> <td style="text-align: center;">266.4</td> <td style="text-align: center;">265.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)</td> <td style="text-align: center;">267.8</td> <td style="text-align: center;">264.6</td> <td style="text-align: center;">262.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PESO DE LA MUESTRA HUMEDA</td> <td style="text-align: center;">197.6</td> <td style="text-align: center;">194.8</td> <td style="text-align: center;">193.5</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PESO DE LA MUESTRA SECA</td> <td style="text-align: center;">195.1</td> <td style="text-align: center;">193.1</td> <td style="text-align: center;">190.9</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">%W</td> <td style="text-align: center;">1.3</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> <td style="text-align: center;">1.4</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PROMEDIO %W</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">1.20</td> </tr> </tbody> </table>				Ensayo	muestra #1	muestra #2	muestra #3	PESO DE LA TARA (g)	72.7	71.6	71.5	PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)	270.3	266.4	265.0	PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)	267.8	264.6	262.4	PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	197.6	194.8	193.5	PESO DE LA MUESTRA SECA	195.1	193.1	190.9	%W	1.3	0.9	1.4	PROMEDIO %W	1.20		
Ensayo	muestra #1	muestra #2	muestra #3																																
PESO DE LA TARA (g)	72.7	71.6	71.5																																
PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)	270.3	266.4	265.0																																
PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)	267.8	264.6	262.4																																
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	197.6	194.8	193.5																																
PESO DE LA MUESTRA SECA	195.1	193.1	190.9																																
%W	1.3	0.9	1.4																																
PROMEDIO %W	1.20																																		

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del contenido de humedad como formato para guía de observación.



**Anexo II-10**

*Ensayo de partículas chatas y alargadas.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>																											
Determinación de partículas chatas, alargadas, ó partículas chatas y alargadas en agregados gruesos																											
Determinación de partículas chatas, alargadas, ó partículas chatas y alargadas en agregados gruesos. (NORMA DE ENSAYO: ASTM D - 4791)																											
Integrantes: <b>Roisser Tasilla Vasquez</b>							Fecha: 15/06/2023																				
Investigación: Tesis							Asesor: <b>Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez</b>																				
DATOS DE LA MUESTRA																											
Identificación : Combinacion 0.50 arena y 0.5 piedra Procedencia : Cantera Bauner																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Fórmula</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"> <math display="block">\text{Partículas chatas/Alargadas ó partículas chatas y alargadas (\%)} = \left[ \left( \frac{E}{A} \times 100 \right) \left( \frac{A}{D} \times 100 \right) \right] / 100</math> </td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">A</td> <td>Peso retenido en cada tamiz</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>peso total de la muestra agregado granular</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>%Retenido en la muestra total</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Peso de la muestra de ensayo (Retenido 3/8")</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E</td> <td>Partículas chatas</td> </tr> </table>														Fórmula		$\text{Partículas chatas/Alargadas ó partículas chatas y alargadas (\%)} = \left[ \left( \frac{E}{A} \times 100 \right) \left( \frac{A}{D} \times 100 \right) \right] / 100$		A	Peso retenido en cada tamiz	B	peso total de la muestra agregado granular	C	%Retenido en la muestra total	D	Peso de la muestra de ensayo (Retenido 3/8")	E	Partículas chatas
Fórmula																											
$\text{Partículas chatas/Alargadas ó partículas chatas y alargadas (\%)} = \left[ \left( \frac{E}{A} \times 100 \right) \left( \frac{A}{D} \times 100 \right) \right] / 100$																											
A	Peso retenido en cada tamiz																										
B	peso total de la muestra agregado granular																										
C	%Retenido en la muestra total																										
D	Peso de la muestra de ensayo (Retenido 3/8")																										
E	Partículas chatas																										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS		PARTICULAS ALARGADAS		PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		PARTICULAS NI CHATAS, NI ALARGADAS																
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. "A" (gr)	% Ret. "C" (%)	% Pasa (%)	Peso Ret. "E" (gr)	(%)	Peso Ret. "F" (gr)	(%)	Peso Ret. "G" (gr)	(%)	Peso Ret. "H" (gr)	(%)															
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00															
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00															
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00															
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00															
3/4"	19.050	3359.80	19.38	80.62	59.50	0.51	62.59	0.54	41.29	0.35	11478.12	98.60															
1/2"	12.700	4762.20	27.47	53.14	67.50	0.58	80.54	0.69	40.68	0.35	11452.78	98.38															
3/8"	8.750	3519.50	20.30	32.84	59.80	0.51	78.62	0.68	43.52	0.37	11459.56	98.44															
1/4"	6.350	4456.10	25.71	7.13																							
Nº 4	4.760	1235.90	7.13	0.00																							
PESO TOTAL DE LA MUESTRA (B)		17333.50																									
PESO DE LA MUESTRA DE ENSAYO (D) (RETENIDO 3/8")		11641.50																									
<b>RESULTADOS</b> (PROMEDIO PONDERADO)																											
PARTICULAS CHATAS		1.60%																									
PARTICULAS ALARGADAS		1.90%																									
PARTICULAS CHATAS ALARGADAS		1.08%																									

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de partículas chatas y alargadas en agregados como formato para guía de observación.

**Anexo II-1**

*Ensayo de porcentaje de caras fracturadas.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>						
<b>Porcentaje de Caras Fracturadas</b>						
<b>DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURARAS EN LOS AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D- 5821)						
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez			Fecha : 15/06/2023			
Investigación: Tesis			Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez			
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
Identificación : Piedra de 3/4"			Hora: 1.00 p.m			
Procedencia : Cantera Bauner			Peso Natural : 195.0 gr			
<b>Con una cara de fractura</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO	A	B	C	D	E	
PASA	RETENIDO	(g)	(g)	(B/A)*100	(%)	(Cx D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1450.00	195.00	0.13	24.25	3.26
3/4"	1/2"	1320.00	216.00	0.16	29.50	4.83
1/2"	3/8"	230.00	59.00	0.26	46.25	11.86
TOTAL		3000.00	470.00	0.55	100.00	19.95
<b>Con dos caras de fractura</b>						
TAMAÑO DEL AGREGADO	A	B	C	D	E	
PASA	RETENIDO	(g)	(g)	(B/A)*100	(%)	(Cx D)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1350.00	251.00	0.19	27.91	5.19
3/4"	1/2"	1410.00	125.00	0.09	13.31	1.18
1/2"	3/8"	240.00	94.00	0.39	58.79	23.02
TOTAL		3000.00	470.00	0.67	100.00	29.39
<b>PARTICULAS CON UNA Ó MÁS CARAS DE FRACTURA</b>						49.35%
<b>RESULTADOS</b>						
CARAS DE FRACTURA=		94.8				
		0.2				
A	Peso de la muestra					
B	Peso del material con caras de fractura					
C	Porcentaje de caras fracturadas					
D	Porcentaje retenido, gradación original					
E	Promedio de caras de fractura					

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de porcentaje de caras fracturadas en agregados como formato para guía de observación.

**Anexo II-12**

*Ensayo de adherencia en bandeja.*

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>																																			
<b>Adherencia en bandeja</b>																																			
<b>ADHERENCIA EN BANDEJA</b> (NORMA DE ENSAYO: I.N.V. E 740 - 07)																																			
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez	<b>Fecha :</b> 15/06/2023																																		
<b>Investigación:</b> Tesis	<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez																																		
DATOS DE LA MUESTRA																																			
<b>Identificación :</b> Agregados			<b>Hora:</b> 3.30 p.m																																
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DATOS</th> <th style="width: 12.5%;">1</th> <th style="width: 12.5%;">2</th> <th style="width: 12.5%;">3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CANTIDAD DE MUESTRA #</td> <td>50.00</td> <td>50.00</td> <td>50.00</td> </tr> <tr> <td>CANTIDAD DE CEMENTO ASFALTICO ml</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> <td>100.00</td> </tr> <tr> <td>TEMPERATURA DE CA (°C)</td> <td>140.00</td> <td>140.00</td> <td>140.00</td> </tr> <tr> <td># DE PARTICULAS RECUBIERTAS</td> <td>48.00</td> <td>48.00</td> <td>48.00</td> </tr> <tr> <td># DE PARTICULAS NO RECUBIERTAS</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> </tr> <tr> <td>ADHERENCIA (%)</td> <td>96.00</td> <td>96.00</td> <td>96.00</td> </tr> <tr> <td>ADHERENCIA PROM. (%)</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">96.00</td> </tr> </tbody> </table>				DATOS	1	2	3	CANTIDAD DE MUESTRA #	50.00	50.00	50.00	CANTIDAD DE CEMENTO ASFALTICO ml	100.00	100.00	100.00	TEMPERATURA DE CA (°C)	140.00	140.00	140.00	# DE PARTICULAS RECUBIERTAS	48.00	48.00	48.00	# DE PARTICULAS NO RECUBIERTAS	1.00	1.00	1.00	ADHERENCIA (%)	96.00	96.00	96.00	ADHERENCIA PROM. (%)	96.00		
DATOS	1	2	3																																
CANTIDAD DE MUESTRA #	50.00	50.00	50.00																																
CANTIDAD DE CEMENTO ASFALTICO ml	100.00	100.00	100.00																																
TEMPERATURA DE CA (°C)	140.00	140.00	140.00																																
# DE PARTICULAS RECUBIERTAS	48.00	48.00	48.00																																
# DE PARTICULAS NO RECUBIERTAS	1.00	1.00	1.00																																
ADHERENCIA (%)	96.00	96.00	96.00																																
ADHERENCIA PROM. (%)	96.00																																		

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de adherencia en bandeja como formato para guía de observación.

Anexo II-13

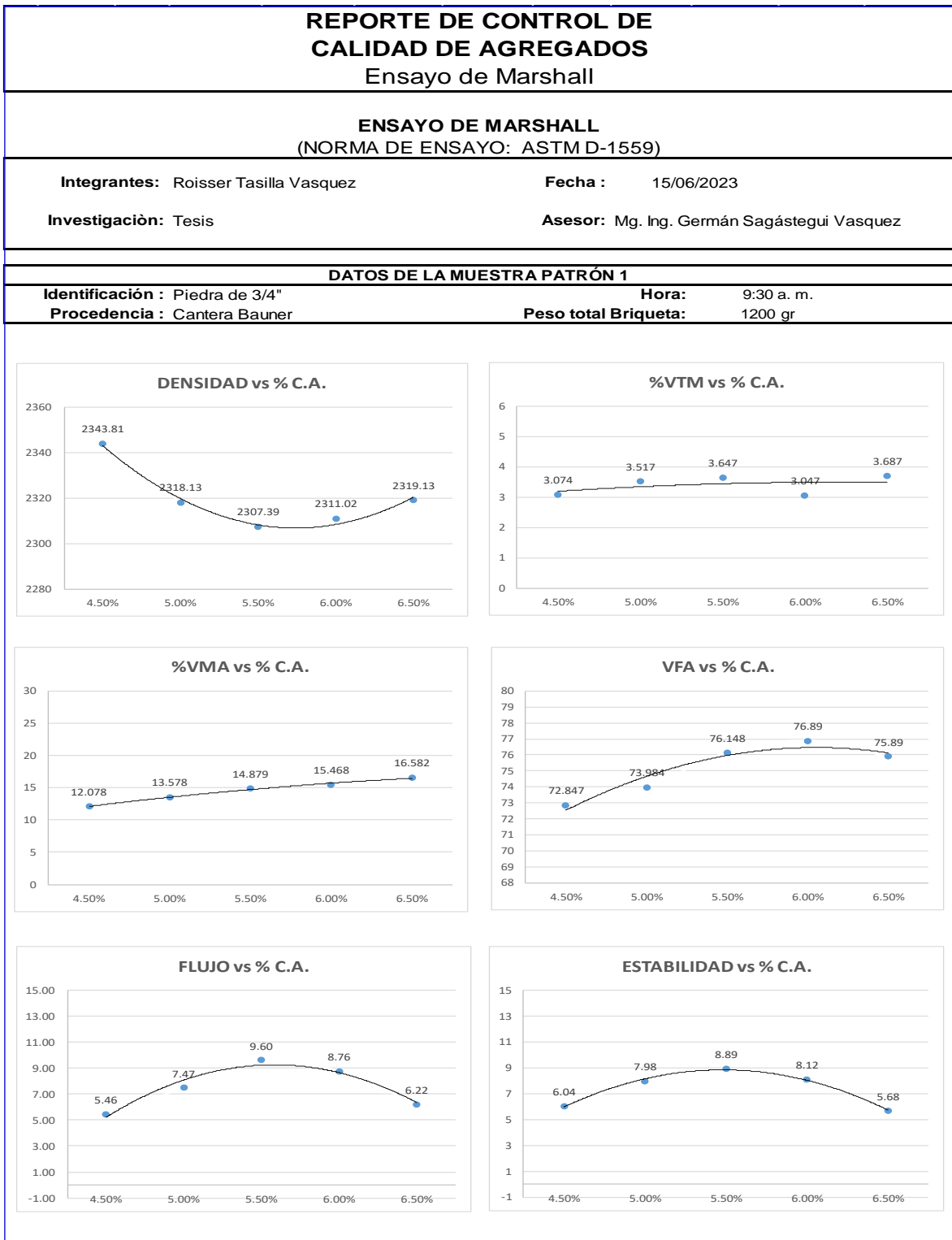
Ensayo 1 de Marshall sin poliestireno

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
Ensayo de Marshall							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)							
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez			<b>Fecha:</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis			<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 1							
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"			<b>Hora:</b> 9:30 a. m.				
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner			<b>Peso total Briqueta:</b> 1200 gr				
DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO							
ASFALTO		AGREGADOS					
% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00% Grava de 3/4" (gr)	0.00% Grava de 1/2" (gr)	0.00% Grava de 3/8" (gr)	45.00% Arena (gr)		
4.50%	54	630.30	0	0	515.70		
5.00%	60	627.00	0	0	513.00		
5.50%	66	623.70	0	0	510.30		
6.00%	72	620.40	0	0	507.60		
6.50%	78	617.10	0	0	504.90		
ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"							
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
4.50%	6.73	6.76	6.75	6.74	6.75		
5.00%	6.81	6.74	6.74	6.83	6.78		
5.50%	6.83	6.81	6.71	6.74	6.77		
6.00%	6.76	6.73	6.80	6.81	6.78		
6.50%	6.71	6.8	6.75	6.74	6.75		
DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA							
% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb		
4.50%	1178	1201	698.4	2343.81	2.344		
5.00%	1179	1209	700.4	2318.13	2.318		
5.50%	1180	1204	692.6	2307.39	2.307		
6.00%	1177	1199	689.7	2311.02	2.311		
6.50%	1154	1198	700.4	2319.13	2.319		
DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	47	6.04	0.215	5.46	12.078	3.074	72.847
5.00%	30	7.98	0.294	7.47	13.578	3.517	73.984
5.50%	84	8.89	0.378	9.60	14.879	3.647	76.148
6.00%	110	8.12	0.345	8.76	15.468	3.047	76.89
6.50%	125	5.68	0.245	6.22	16.582	3.687	75.89

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-14

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 1 sin poliestireno.



Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-15

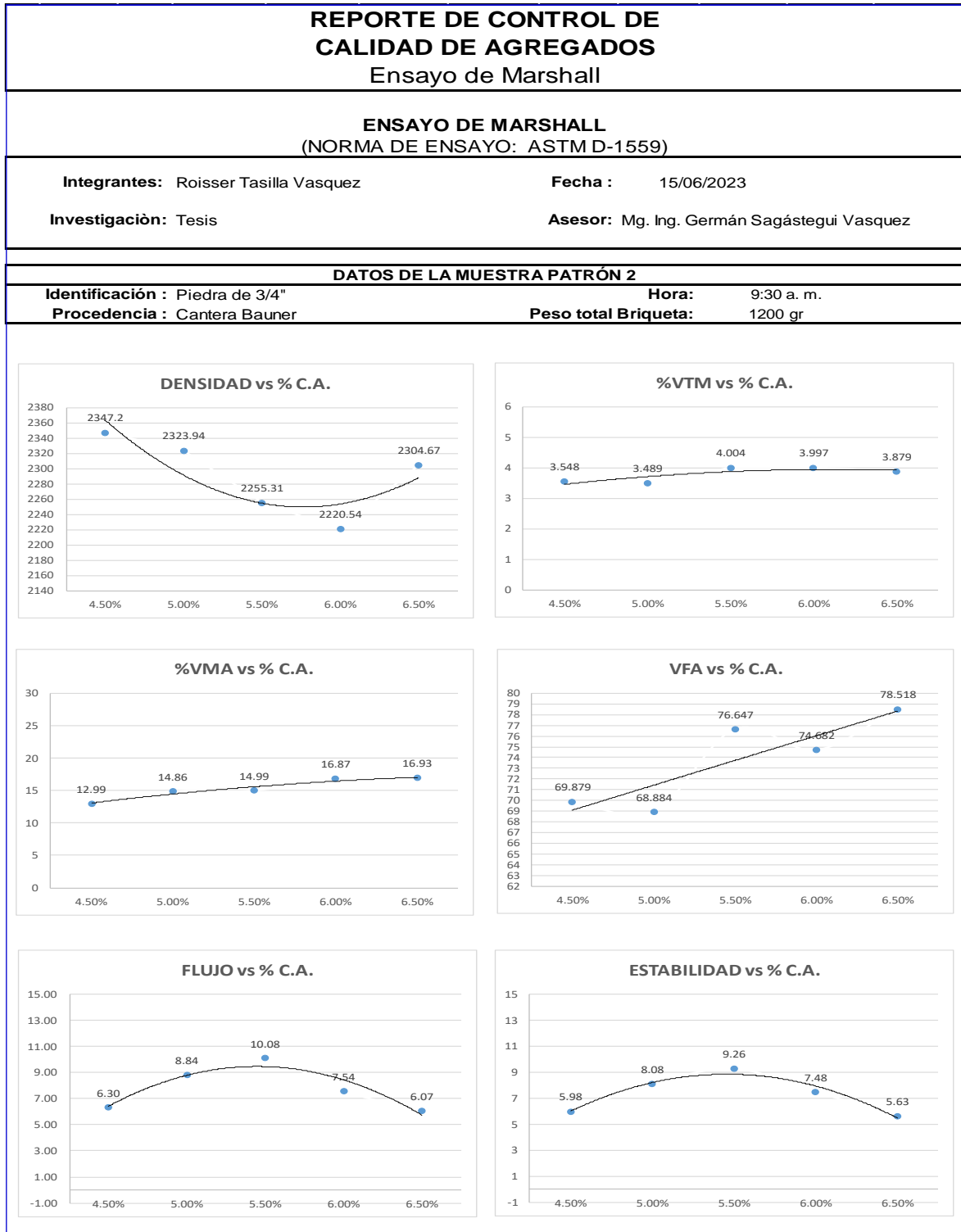
Ensayo 2 de Marshall sin poliestireno.

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
Ensayo de Marshall							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)							
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez			<b>Fecha:</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis			<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 2</b>							
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"			<b>Hora:</b> 9:30 a. m.				
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner			<b>Peso total Briqueta:</b> 1200 gr				
<b>DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO</b>							
ASFALTO		AGREGADOS					
% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%		
		Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)		
4.50%	54	630.30	0	0	515.70		
5.00%	60	627.00	0	0	513.00		
5.50%	66	623.70	0	0	510.30		
6.00%	72	620.40	0	0	507.60		
6.50%	78	617.10	0	0	504.90		
<b>ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"</b>							
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
4.50%	6.83	6.77	6.8	6.72	6.78		
5.00%	6.82	6.79	6.76	6.8	6.79		
5.50%	6.79	6.84	6.78	6.84	6.81		
6.00%	6.72	6.74	6.74	6.76	6.74		
6.50%	6.77	6.72	6.77	6.81	6.77		
<b>DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA</b>							
% Asfalto	M <sub>S</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb		
4.50%	1179	1192	689.7	2347.2	2.347		
5.00%	1188	1198	686.8	2323.94	2.324		
5.50%	1189	1199	671.8	2255.31	2.255		
6.00%	1176	1200	670.4	2220.54	2.221		
6.50%	1174	1197	687.6	2304.67	2.305		
<b>DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS</b>							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	50	5.98	0.248	6.30	12.99	3.548	69.879
5.00%	38	8.08	0.348	8.84	14.86	3.489	68.884
5.50%	90	9.26	0.397	10.08	14.99	4.004	76.647
6.00%	127	7.48	0.297	7.54	16.87	3.997	74.682
6.50%	90	5.63	0.239	6.07	16.93	3.879	78.518

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-16

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 2 sin poliestireno.



Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-17

Ensayo 3 de Marshall sin poliestireno.

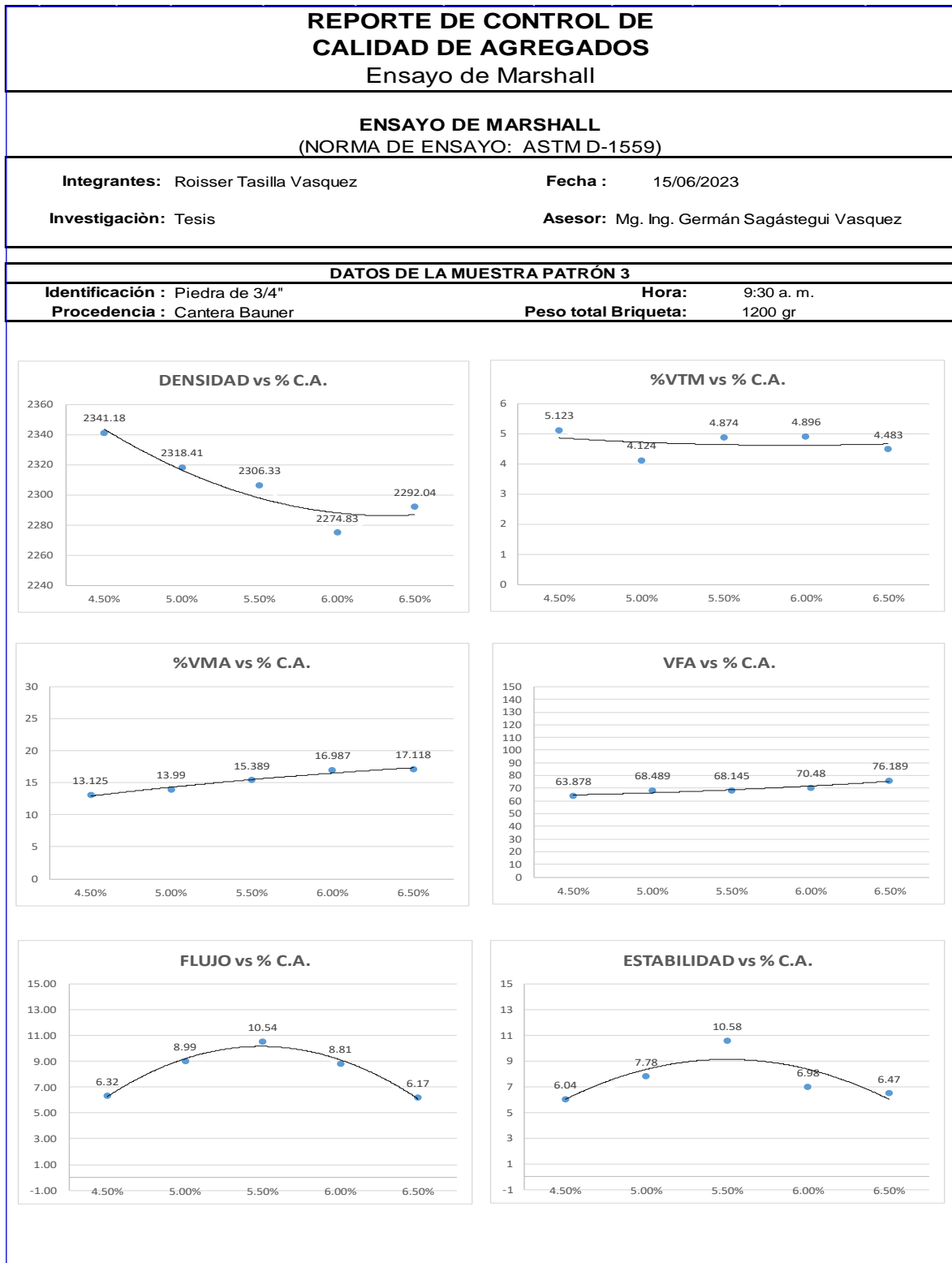
<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
Ensayo de Marshall							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)							
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez			Fecha: 15/06/2023				
Investigación: Tesis			Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 3</b>							
Identificación: Piedra de 3/4"			Hora: 9:30 a. m.				
Procedencia: Cantera Bauner			Peso total Briqueta: 1200 gr				
<b>DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO</b>							
% de Asfalto	Asfalto (gr)	AGREGADOS					
		55.00%	0.00%	0.00%	45.00%		
		Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)		
4.50%	54	630.30	0	0	515.70		
5.00%	60	627.00	0	0	513.00		
5.50%	66	623.70	0	0	510.30		
6.00%	72	620.40	0	0	507.60		
6.50%	78	617.10	0	0	504.90		
<b>ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"</b>							
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
4.50%	6.81	6.8	6.87	6.79	6.82		
5.00%	6.8	6.79	6.87	6.83	6.82		
5.50%	6.79	6.86	6.82	6.87	6.84		
6.00%	6.77	6.83	6.78	6.78	6.79		
6.50%	6.86	6.81	6.8	6.84	6.83		
<b>DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA</b>							
% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb		
4.50%	1183	1192	686.7	2341.18	2.341		
5.00%	1181	1192	682.6	2318.41	2.318		
5.50%	1173	1187	678.4	2306.33	2.306		
6.00%	1182	1195	675.4	2274.83	2.275		
6.50%	1160	1184	677.9	2292.04	2.292		
<b>DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS</b>							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	60	6.04	0.249	6.32	13.125	5.123	63.878
5.00%	75	7.78	0.354	8.99	13.99	4.124	68.489
5.50%	42	10.58	0.415	10.54	15.389	4.874	68.145
6.00%	85	6.98	0.347	8.81	16.987	4.896	70.48
6.50%	127	6.47	0.243	6.17	17.118	4.483	76.189

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.



**Anexo II-18**

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 3 sin poliestireno.



*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-19

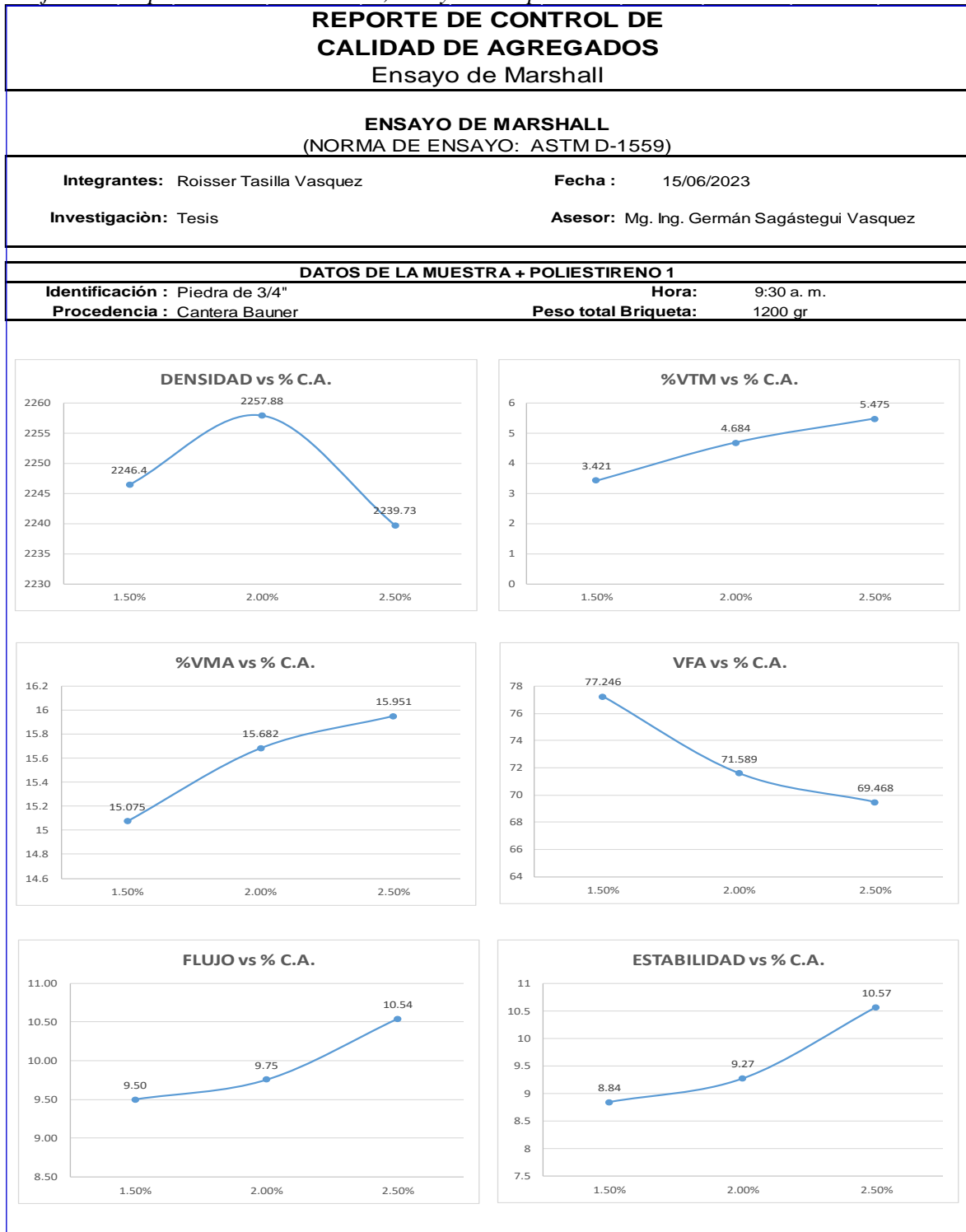
Ensayo 1 de Marshall con poliestireno.

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
<b>Ensayo de Marshall</b>							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
<b>(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)</b>							
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez			<b>Fecha :</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis			<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 1</b>							
<b>Identificación :</b> Piedra de 3/4"			<b>Hora:</b> 9:30 a. m.				
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner			<b>Peso total Briqueta:</b> 1200 gr				
<b>DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO</b>							
<b>ASFALTO</b>			<b>AGREGADOS</b>				
% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%	
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)	
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3	
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3	
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3	
<b>ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"</b>							
% de Poliestireno	<b>Altura de las Probetas o Briquetas</b>						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
1.50%	6.57	6.58	6.59	6.57	6.58		
2.00%	6.62	6.57	6.60	6.61	6.60		
2.50%	6.63	6.62	6.64	6.58	6.62		
<b>DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA</b>							
% Poliestireno	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb		
1.50%	1187	1218	689.6	2246.4	2.246		
2.00%	1189	1214	687.4	2257.88	2.258		
2.50%	1194	1216	682.9	2239.73	2.240		
<b>DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS</b>							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
1.50%	13.4	8.84	0.374	9.50	15.075	3.421	77.246
2.00%	29.7	9.27	0.384	9.75	15.682	4.684	71.589
2.50%	56	10.57	0.415	10.54	15.951	5.475	69.468

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

**Anexo II-20**

*Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 1 con poliestireno.*



*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-21

Ensayo 2 de Marshall con poliestireno.

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
<b>Ensayo de Marshall</b>							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
<b>(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)</b>							
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez			<b>Fecha:</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis			<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 2</b>							
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"			<b>Hora:</b> 9:30 a. m.				
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner			<b>Peso total Briqueta:</b> 1200 gr				
<b>DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO</b>							
ASFALTO			AGREGADOS				
% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%	
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)	
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3	
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3	
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3	
<b>ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"</b>							
% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
1.50%	6.59	6.62	6.57	6.64	6.61		
2.00%	6.62	6.6	6.63	6.57	6.61		
2.50%	6.59	6.56	6.6	6.62	6.59		
<b>DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA</b>							
% Poliestireno	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>mb</sub>		
1.50%	1194	1210	682.5	2263.51	2.264		
2.00%	1189	1214	691.7	2276.47	2.276		
2.50%	1197	1215	688.1	2271.78	2.272		
<b>DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS</b>							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
1.50%	19.4	9.24	0.394	10.01	15.015	4.899	73.78
2.00%	37.4	9.35	0.398	10.11	15.245	5.105	71.478
2.50%	47.6	10.51	0.405	10.29	15.651	5.087	70.885

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-22

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 2 con poliestireno.



Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-23

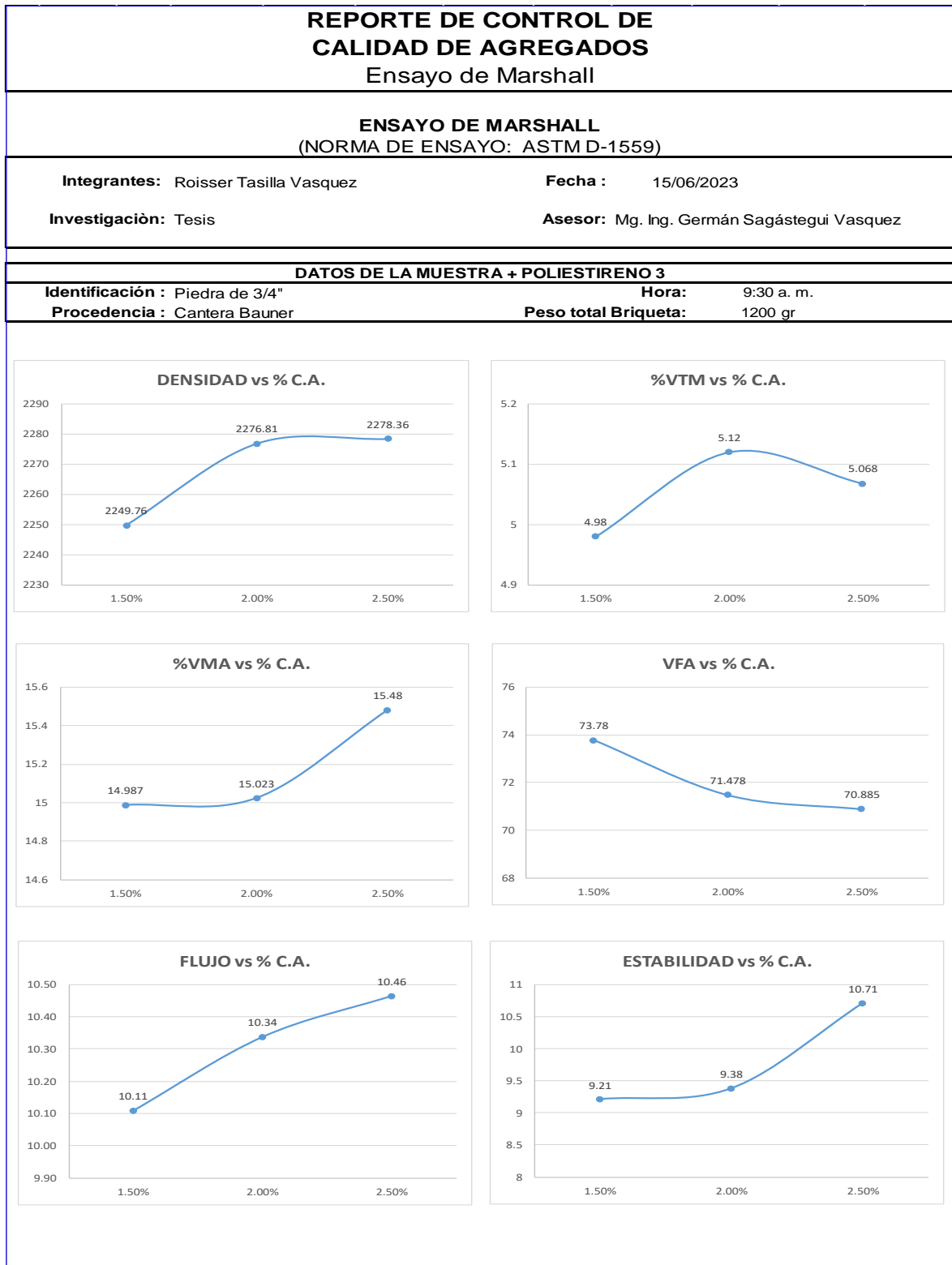
Ensayo 3 de Marshall con poliestireno.

<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>							
<b>Ensayo de Marshall</b>							
<b>ENSAYO DE MARSHALL</b>							
<b>(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)</b>							
<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez			<b>Fecha:</b> 15/06/2023				
<b>Investigación:</b> Tesis			<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez				
<b>DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 3</b>							
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4"			<b>Hora:</b> 9:30 a. m.				
<b>Procedencia:</b> Cantera Bauner			<b>Peso total Briqueta:</b> 1200 gr				
<b>DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO</b>							
<b>ASFALTO</b>			<b>AGREGADOS</b>				
% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%	
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)	
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3	
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3	
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3	
<b>ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"</b>							
% de Poliestireno	<b>Altura de las Probetas o Briquetas</b>						
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)		
1.50%	6.63	6.6	6.6	6.61	6.61		
2.00%	6.58	6.61	6.62	6.59	6.60		
2.50%	6.61	6.63	6.59	6.6	6.61		
<b>DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA</b>							
% Poliestireno	M <sub>S</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb		
1.50%	1189	1210	681.5	2249.76	2.250		
2.00%	1191	1214	690.9	2276.81	2.277		
2.50%	1195	1212	687.5	2278.36	2.278		
<b>DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACÍOS</b>							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada a VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
1.50%	14.86	9.21	0.398	10.11	14.987	4.98	73.78
2.00%	28.7	9.38	0.407	10.34	15.023	5.12	71.478
2.50%	52.9	10.71	0.412	10.46	15.48	5.068	70.885

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

Anexo II-24:

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 3 con poliestireno.




Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación.

### **III. GUÍAS VALIDADAS.**



Anexo III- 1

Ensayo 1, de granulometría de piedra 3/4".

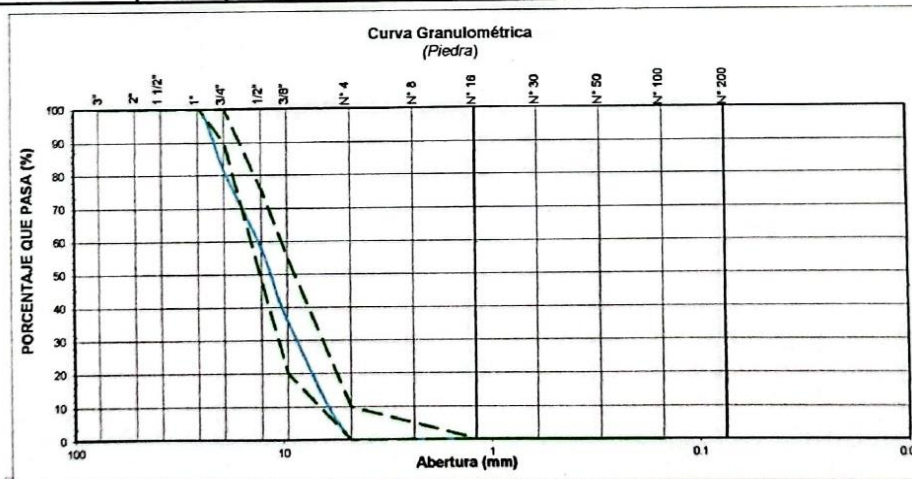
 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Análisis Granulométrico de Agregados
--	---

**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS**  
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Autores: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha : 14/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación : Piedra de 3/4"	Tamaño Max. : 1"
Procedencia : Cantera Zapotal	Tamaño Max. Nominal : 3/4"
	Peso Inicial Seco : 5000.0 gr.

Tamiz	Aberl. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Minimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
<b>Características Físicas</b>								
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Módulo de Finura : 6.83
3/4"	19.000	935.8	18.7	18.7	81.3	90.0	100.0	<b>Parametros de Control</b> Huso 7
1/2"	12.500	1210.6	24.2	42.9	57.1	47.0	75.0	
3/8"	9.500	1055.5	21.1	64.0	36.0	20.0	55.0	
Nº 4	4.750	1798.1	36.0	100.0	0.0	0.0	10.0	Mf min : 6.10
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf max : 8.60
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	<b>% de error de la muestra</b>
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	ERROR:(< 0,3%) 5000 5000.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.00 0.00




  
 Ing. Jorge Fuentes Vilasuso  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 OIP N° 197384  
 GRUPO IMG

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 2

Ensayo 2, de granulometría de piedra 3/4".

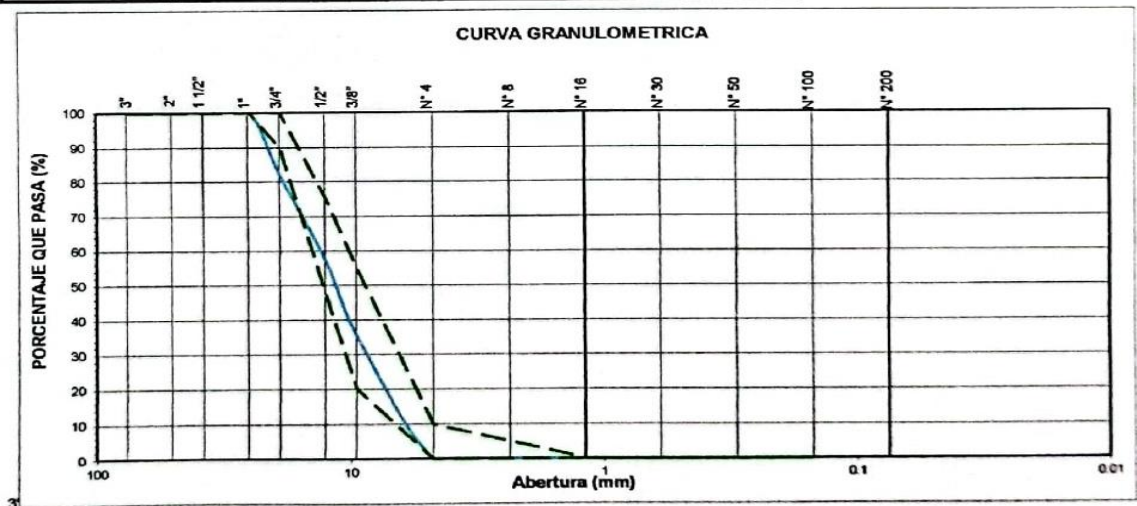
 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Análisis Granulométrico de Agregados
--	---

**ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS**  
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Autores: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha : 14/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación : Piedra de 3/4"	Tamaño Max. : 1"
Procedencia : Cantera Zapotal	Tamaño Max. Nominal : 3/4"
	Peso Inicial Seco : 5000.0 gr.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Características Físicas
3/4"	19.000	900.6	18.0	18.0	82.0	90.0	100.0	Módulo de Finura : 6.83
1/2"	12.500	1258.6	25.2	43.2	56.8	47.0	75.0	Parametros de Control
3/8"	9.500	1069.6	21.4	64.6	35.4	20.0	55.0	
Nº 4	4.750	1771.2	35.4	100.0	0.0	0.0	10.0	Huso 7
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf min : 6.10
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	Mf max : 6.60
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	% de error de la muestra
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	ERROR:(< 0,3%)
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	5000 5000.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.00 0.00




  
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CEP N° 197384  
 GRUPO IMG

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 3:

Ensayo 3, de granulometría de piedra 3/4".

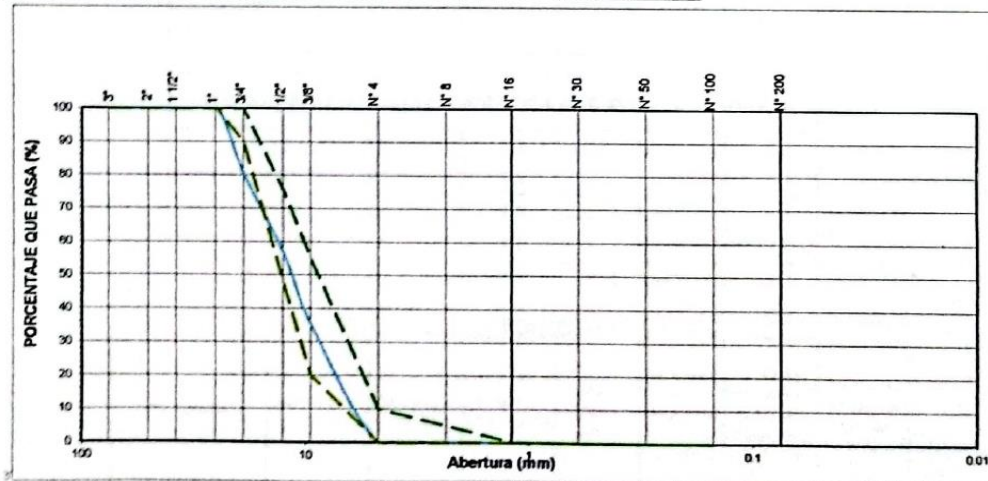
	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Análisis Granulométrico de Agregados
---	---

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS  
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.012)

Autores: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha : 14/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA	
Identificación : Piedra de 3/4"	Tamaño Max. : 1"
Procedencia : Cantera Bauner	Tamaño Max. Nominal : 3/4"
	Peso Inicial Seco : 5000.0 gr.

Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret (%)	% Ret. Acum. (%)	% Que Pasa (%)	NTP 400.037		Descripción de la Muestra
						Mínimo	Máximo	
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Muestreo realizado en el laboratorio IMG.
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	Características Físicas
3/4"	19.000	980.5	19.6	19.6	80.4	90.0	100.0	Módulo de Finura : 6.84
1/2"	12.500	1210.5	24.2	43.8	56.2	47.0	75.0	Parametros de Control
3/8"	9.500	1045.2	20.9	64.7	35.3	20.0	55.0	
Nº 4	4.750	1783.8	35.3	100.0	0.0	0.0	10.0	Huso 7
Nº 8	2.360	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	5.0	Mf min : 6.10
Nº 16	1.180	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	Mf max : 6.60
Nº 30	0.600	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	% de error de la muestra
Nº 50	0.300	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	
Nº 100	0.150	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	ERROR:(< 0,3%) 5000 5000.0
Fondo		0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.00 0.00




*[Signature]*  
Ing. Jorge Enriquez Vásquez  
REPRESENTANTE LEGAL  
C.R.P. N° 197384  
GRUPO IMG

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de granulometría como formato para guía de observación validadas.



**Anexo III- 4:**

*Ensayo del peso unitario seco compactado.*

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Peso Unitario Seco Compactado (PUSC)</b>
	<b>DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SECO COMPACTADO DE LOS AGREGADOS</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017/ASTM C29)

<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez <b>Investigación:</b> Tesis	<b>Fecha:</b> 15/06/2023 <b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez
--	---

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4" <b>Procedencia:</b> Cantera Bauner	<b>Hora:</b> 11:30 a.m. <b>Peso Natural prom.:</b> 20.477 kg.

VOLUMEN DEL MOLDE CILÍNDRICO				
MUESTRA	ALTURA DEL MOLDE (m)	DIAMETRO DEL MOLDE (m)	RADIO DEL MOLDE (m)	VOLUMEN DEL MOLDE (m3)
VOLUMEN DEL MOLDE	0.15	0.3	0.15	0.01060

<b>Fórmula</b>
$PUC = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$


PESO UNITARIO COMPACTADO			
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
PESO DEL MOLDE (Kg)	1.2	1.2	1.2
PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)	21.72	21.64	21.67
PESO DE LA PIEDRA (Kg)	20.52	20.44	20.47
VOLUMEN DEL MOLDE (m3)	0.0106	0.0106	0.0106
PUC(Kg/m3)	1935.85	1928.30	1931.13
PROMEDIO P.U.C. (kg/m3)	1931.76		

  
 Ing. Jorge Barrientes Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 SCP N° 197384  
 GRUPO IMG

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso unitario compactado como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 5

Ensayo del peso unitario seco suelto.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Peso Unitario Seco Suelto (PUSS)</b></p>
--	--

**DETERMINACION DEL PESO UNITARIO SECO SUELTO DE LOS AGREGADOS**  
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.017/ASTM C29)

<p>Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez</p> <p>Investigación: Tesis</p>	<p>Fecha : 15/06/2023</p> <p>Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez</p>
---	---

DATOS DE LA MUESTRA	
<p>Identificación : Piedra de 3/4"</p> <p>Procedencia : Cantera Bauner</p>	<p>Hora: 11 00 a m</p> <p>Peso Natural prom.: 17.38 kg</p>

VOLUMEN DEL MOLDE CILÍNDRICO				
MUESTRA	ALTURA DEL MOLDE (m)	DIAMETRO DEL MOLDE (m)	RADIO DEL MOLDE (m)	VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )
VOLUMEN DEL MOLDE	0.15	0.3	0.15	0.01060

Fórmula
$PUS = \left[ \frac{\text{Peso de la piedra}}{\text{Volumen del molde}} \right]$


  
 Ing. Jorge Barrientos Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG

PESO UNITARIO SUELTO			
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
PESO DEL MOLDE (Kg)	1.2	1.2	1.2
PESO DEL MOLDE + PIEDRA (Kg)	18.630	18.54	18.56
PESO DE LA PIEDRA (Kg)	17.43	17.34	17.38
VOLUMEN DEL MOLDE (m <sup>3</sup> )	0.0106	0.0106	0.0106
PUS (Kg/m <sup>3</sup> )	1644.34	1635.85	1637.74
PROMEDIO P.U.S. (kg/m <sup>3</sup> )	1639.31		

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso seco suelto como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 6

Ensayo del peso específico y absorción.

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Peso Unitario Específico del Agregado</b>
--	---

**DETERMINACION DEL PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**  
(NORMA DE ENSAYO: NTP 400.022/ASTM C127)

<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez	<b>Fecha :</b> 15/06/2023
<b>Investigación:</b> Tesis	<b>Asesor:</b> Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA	
<b>Identificación :</b> Piedra de 3/4"	<b>Hora:</b> 9:30 a. m.
<b>Procedencia :</b> Cantera Bauner	<b>Peso Natural :</b> 400.000 gr

Fórmula
$Pea = \left[ \frac{\text{Peso de la muestra sacada del horno}}{\text{peso de la muestra sacada del horno} - \text{peso de la muestra } S} \right]$


  
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N°: 197284  
 GRUPO IMG

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN			
MUESTRA	Muestra #1	Muestra #2	Muestra #3
PESO DE LA MUESTRA (g)	400.000	400.000	400.000
(B): PESO DE LA MUESTRA SSS (Kg)	401.680	405.8	412.71
(C): PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA S (Kg)	242.100	251.020	253.800
(A): PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA AL HORNO (Kg)	398.400	394.200	401.400
<b>Pem = A/(B-C)</b>	2496.553	2546.841	2525.958
<b>Promedio del peso específico (Kg/m³)</b>	2523.117		
<b>PmSSS = B/(B-C)</b>	2517.107	2621.766	2597.130
<b>Pess promedio</b>	2878.878		
<b>Pea = A/(A-C)</b>	2548.944	2753.178	2719.512
<b>Pea promedio</b>	2873.878		
<b>% ABS = ((B - A)/A)*100</b>	0.82	2.943	2.818
<b>Promedio de la absorción</b>	2.19		

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del peso específico y absorción como formato para guía de observación validadas.

**Anexo III- 7**

*Ensayo equivalencia de arena.*

	<b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Equivalente de arena</b>
<b>MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D- 2419 AASHTO T176-00)		
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha : 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>		
Identificación : Agregado fino Procedencia : Cantera Bauner	Hora: 3.00 p.m	

Fórmula
$EA(\%) = [N_s / N_a] \cdot 100$

MUESTRA	1	2	3
INICIO	10:15	11:05	11:55
TERMINO	10:50	11:40	12:30
LECTURA TOTAL	4.2	4.2	4.2
LECTURA DE ARENA	3.9	3.9	3.9
EQ. ARENA (%)	92.9	92.9	92.9
EQ. ARENA PROM (%)	92.9		


  
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva  
 RESPONSABLE ANTE LEGAL  
 C.R.P. N° 197384  
 GRUPO IMG

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de equivalente de arena como formato para guía de observación validadas.



Anexo III- 8

Ensayo desgaste abrasivo de los ángeles.

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Desgaste Abrasivo de los Angeles</b>
--	--

**DETERMINACION DEL DESGASTE AGRASIVO DE LOS ANGELES**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM C-131)

<b>Integrantes:</b> Roisser Tasilla Vasquez <b>Investigación:</b> Tesis	<b>Fecha:</b> 15/05/2023 <b>Asesor:</b> Mg Ing Germán Sagástegui Vasquez
--	---

DATOS DE LA MUESTRA	
<b>Identificación:</b> Piedra de 3/4" <b>Procedencia:</b> Cantera Bauner	<b>Hora:</b> 2:00 p.m

PRUEBAS	1
GRADACIÓN USADA	A
No. ESFERAS	12
No. REVOLUCIONES	500
Pa= PESO MUESTRA SECA ANTES DEL ENSAYO G.M.S.	5,000
Pb= PESO MUESTRA SECA DESPUES DEL ENSAYO Y DESPUES DE LAVAR SOBRE TAMIZ No. 12	3,861
Pa-Pb= PERDIDA	1,139
%DESGASTE= $\frac{Pa - Pb}{Pa} \times 100$	23%
ESPECIFICACIÓN: MENOR DE	40%

  
 Ing. Jorge Barrientos Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CEP N°: 197384  
 GRUPO IMG

CUMPLE: SI NO

TAMAÑOS Y GRADACIÓN DE LA MUESTRA G.M.S.								
PASA	RETENIDO	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2"	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	#3			2500				
#3	#4			2500				
#4	#8				5000			
No. DE ESFERAS		12	11	8	6	12	12	12
No. DE REVOLUCIONES		500	500	500	500	1000	1000	1000

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo del desgaste abrasivo de los ángeles como formato para guía de observación validadas.



Anexo III- 9


Ensayo de contenido de humedad.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Contenido de Humedad</p>																																		
<p><b>DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO GRUESO</b> (NORMA DE ENSAYO: NTP 329.185/ASTM C566)</p>																																			
<p>Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis</p>	<p>Fecha : 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez</p>																																		
<p><b>DATOS DE LA MUESTRA</b></p>																																			
<p>Identificación : Piedra de 3/4" Procedencia : Cantera Bauner</p>	<p>Hora: 12.00 a.m Peso Natural : 195.3 gr</p>																																		
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">Fórmula</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><math display="block">\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100</math></td> </tr> </table>		Fórmula	$\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100$																																
Fórmula																																			
$\%W = \left[ \frac{PH-PS}{PS} \right] \times 100$																																			
 <p>Ing. Jorge Barandales Villanueva REGISTRADO EN EL C.O.P.E. LOCAL C.O.P.E. N° 107384 GRUPO IMG</p>																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Ensayo</th> <th style="width: 15%;">muestra #1</th> <th style="width: 15%;">muestra #2</th> <th style="width: 15%;">muestra #3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO DE LA TARA (g)</td> <td style="text-align: center;">72.7</td> <td style="text-align: center;">71.6</td> <td style="text-align: center;">71.5</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)</td> <td style="text-align: center;">270.3</td> <td style="text-align: center;">266.4</td> <td style="text-align: center;">265.0</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)</td> <td style="text-align: center;">267.8</td> <td style="text-align: center;">264.6</td> <td style="text-align: center;">262.4</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA HUMEDA</td> <td style="text-align: center;">197.6</td> <td style="text-align: center;">194.8</td> <td style="text-align: center;">193.5</td> </tr> <tr> <td>PESO DE LA MUESTRA SECA</td> <td style="text-align: center;">195.1</td> <td style="text-align: center;">193.1</td> <td style="text-align: center;">190.9</td> </tr> <tr> <td>%W</td> <td style="text-align: center;">1.3</td> <td style="text-align: center;">0.9</td> <td style="text-align: center;">1.4</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO %W</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">1.20</td> </tr> </tbody> </table>				Ensayo	muestra #1	muestra #2	muestra #3	PESO DE LA TARA (g)	72.7	71.6	71.5	PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)	270.3	266.4	265.0	PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)	267.8	264.6	262.4	PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	197.6	194.8	193.5	PESO DE LA MUESTRA SECA	195.1	193.1	190.9	%W	1.3	0.9	1.4	PROMEDIO %W	1.20		
Ensayo	muestra #1	muestra #2	muestra #3																																
PESO DE LA TARA (g)	72.7	71.6	71.5																																
PESO DE LA TARA + MUESTRA HUMEDA (g)	270.3	266.4	265.0																																
PESO DE LA TARA+ MUESTRA SECA (g)	267.8	264.6	262.4																																
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	197.6	194.8	193.5																																
PESO DE LA MUESTRA SECA	195.1	193.1	190.9																																
%W	1.3	0.9	1.4																																
PROMEDIO %W	1.20																																		

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de contenido de humedad como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 10

Ensayo de partículas chatas y alargadas.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Determinación de partículas chatas, alargadas, ó partículas chatas y alargadas en agregados gruesos</p>
--	--

Determinación de partículas chatas, alargadas, ó partículas chatas y alargadas en agregados gruesos.  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D - 4791)

Integrantes: Roisser Tassila Vasquez	Fecha: 15/09/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>
Identificación : Combinación 0.50 arena y 0.5 piedra
Procedencia : Cantera Bauner

**Fórmula**

Partículas chatas/Alargadas ó partículas chatas y alargadas (%) =  $\left[ \left( \frac{E}{A} \times 100 \right) \left( \frac{D}{C} \times 100 \right) \right] / 100$

A	Peso retenido en cada tamiz
B	Peso total de la muestra agregado granular
C	% Retenido en la muestra total
D	Peso de la muestra de ensayo (Retenido 3/8")
E	Partículas chatas

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS		PARTICULAS ALARGADAS		PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		PARTICULAS M CHATAS M ALARGADAS	
Tamiz	Abert. (mm)	Peso Ret. "A" (gr)	% Ret. "C" (%)	% Pasa (%)	Peso Ret. "E" (gr)	(%)	Peso Ret. "F" (gr)	(%)	Peso Ret. "G" (gr)	(%)	Peso Ret. "H" (gr)	(%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3/4"	19.050	3359.80	19.38	80.62	59.50	0.51	62.59	0.54	41.29	0.35	11478.12	96.50
1/2"	12.700	4762.20	27.47	53.14	67.50	0.58	80.54	0.89	40.66	0.35	11452.78	96.38
3/8"	8.750	3519.50	20.30	32.84	59.80	0.51	78.62	0.82	43.52	0.37	11458.58	96.44
1/4"	6.350	4458.10	25.71	7.13								
Nº 4	4.760	1235.90	7.13	0.00								
<b>PESO TOTAL DE LA MUESTRA (B)</b>		<b>17333.50</b>										
<b>PESO DE LA MUESTRA DE ENSAYO (D) (RETENIDO 3/8")</b>		<b>11641.50</b>										

**RESULTADOS**  
(PROMEDIO FOMDERADO)


  
 Ing. Jorge Zambrano Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP Nº: 197384  
 GRUPO IMG

<b>PARTICULAS CHATAS</b>	1.60%
<b>PARTICULAS ALARGADAS</b>	1.90%
<b>PARTICULAS CHATAS ALARGADAS</b>	1.08%

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de partículas chatas y alargadas como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 11

Ensayo de porcentaje de caras fracturadas.

 <b>GRUPO IMG</b> <small>Ingeniería, materiales y protección</small>	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> <b>Porcentaje de Caras Fracturadas</b>
<b>DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE CARAS FRACTURARAS EN LOS AGREGADOS</b> <small>(NORMA DE ENSAYO: ASTM D- 5821)</small>	
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigador: Tesis	Fecha: 16/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Modificación: Piedra de 3/4" Proveedor: Cartera Baunus	Hora: 1.00 p.m. Peso Natural: 195.0 gr

Con una cara de fractura

TAMANO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA	RETENIDO	(g)	(g)	(B/A)*100	(%)	(CxD)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1450.00	195.00	0.13	24.25	3.26
3/4"	1/2"	1320.00	218.00	0.16	29.50	4.53
1/2"	3/8"	230.00	59.00	0.26	48.25	11.66
<b>TOTAL</b>		<b>3000.00</b>	<b>470.00</b>	<b>0.55</b>	<b>100.00</b>	<b>19.55</b>

Con dos caras de fractura

TAMANO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA	RETENIDO	(g)	(g)	(B/A)*100	(%)	(CxD)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1350.00	251.00	0.18	27.61	5.19
3/4"	1/2"	1410.00	125.00	0.09	13.51	1.18
1/2"	3/8"	240.00	94.00	0.39	58.79	23.02
<b>TOTAL</b>		<b>3000.00</b>	<b>470.00</b>	<b>0.67</b>	<b>100.00</b>	<b>29.39</b>

PARTICULAS CON UNA O MÁS CARAS DE FRACTURA

<b>RESULTADOS</b>	<b>48.35%</b>
<b>CARAS DE FRACTURA*</b>	<b>0.2</b>


<b>A</b>	Peso de la muestra
<b>B</b>	Peso del material con caras de fractura
<b>C</b>	Porcentaje de caras fracturadas
<b>D</b>	Porcentaje retenido, gradación original
<b>E</b>	Promedio de caras de fractura

  
 Ing. Jorge Gutiérrez Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 OIP N° 197384  
 GRUPO IMG

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo porcentaje de caras fracturadas como formato para guía de observación validadas.

**Anexo III- 12**

*Ensayo de adherencia en bandeja.*

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Adherencia en bandeja
<b>ADHERENCIA EN BANDEJA</b> (NORMA DE ENSAYO I.N.V. E 740 - 07)	
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha: 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Identificación: Agregados Procedencia: Cantera Bauner	Hora: 3.30 p.m

DATOS	1	2	3
CANTIDAD DE MUESTRA #	50.00	50.00	50.00
CANTIDAD DE CEMENTO ASFÁLTICO ml	100.00	100.00	100.00
TEMPERATURA DE CA (°C)	140.00	140.00	140.00
# DE PARTICULAS RECUBIERTAS	48.00	48.00	48.00
# DE PARTICULAS NO RECUBIERTAS	1.00	1.00	1.00
ADHERENCIA (%)	96.00	96.00	96.00
ADHERENCIA PROM (%)		96.00	


  
 Ing. Jorge Barrantes Villanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197386  
 GRUPO IMG

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de adherencia en bandeja como formato para guía de observación validadas.



Anexo III- 13

Ensayo I de Marshall sin poliestireno.

	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b>
	Ensayo de Marshall

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha: 15/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

<b>DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 1</b>	
Identificación: Piedra de 3/4"	Hora: 9:30 a. m.
Procedencia: Cantera Bauner	Peso total Briqueta: 1200 gr

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO					
ASFALTO		AGREGADOS			
% de Asfalto	Asfalto (gr)	55.00% Grava de 3/4" (gr)	0.00% Grava de 1/2" (gr)	0.00% Grava de 3/8" (gr)	45.00% Arena (gr)
4.50%	54	630.30	0	0	515.70
5.00%	60	627.00	0	0	513.00
5.50%	66	623.70	0	0	510.30
6.00%	72	620.40	0	0	507.60
6.50%	78	617.10	0	0	504.90

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.73	6.76	6.75	6.74	6.75
5.00%	6.81	6.74	6.74	6.83	6.78
5.50%	6.83	6.81	6.71	6.74	6.77
6.00%	6.76	6.73	6.80	6.81	6.78
6.50%	6.71	6.8	6.75	6.74	6.75

  
 Ing. Jorge Bustos Villanueva  
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
 GRUPO IMG

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>m</sub>
4.50%	1178	1201	698.4	2343.81	2.344
5.00%	1179	1209	700.4	2318.13	2.318
5.50%	1180	1204	692.6	2307.39	2.307
6.00%	1177	1199	689.7	2311.02	2.311
6.50%	1154	1198	700.4	2319.13	2.319


DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	47	6.04	0.215	5.46	12.078	3.074	72.847
5.00%	30	7.98	0.294	7.47	13.578	3.517	73.984
5.50%	84	8.89	0.378	9.60	14.879	3.647	76.148
6.00%	110	8.12	0.345	8.76	15.468	3.047	76.89
6.50%	125	5.68	0.245	6.22	16.582	3.687	75.89

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

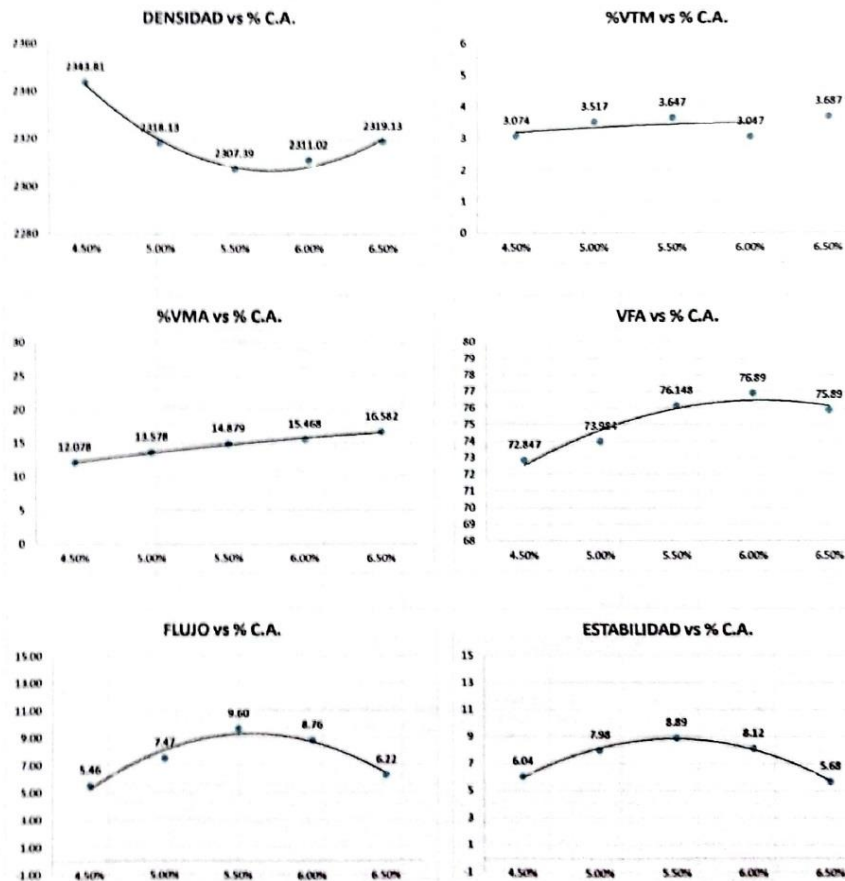
**Anexo III- 14:**

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 1 sin poliestireno.

	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
---	---

ENSAYO DE MARSHALL (NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)	
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha: 15/08/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 1	
Identificación: Piedra de 3/4" Procedencia: Cantera Bauner	Hora: 9:30 a. m. Peso total Briqueta: 1200 gr




*JMV*  
Ing. Jorge Benavides Villanueva  
INGENIERO EN MATERIALES LEGAL  
CIP Nº 157034  
GRUPO IMG

AV DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENECIA MÉ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 15

Ensayo2 de Marshall sin poliestireno.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall</p>
--	---

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha: 15/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

**DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 2**

Identificación: Piedra de 3/4"	Hora: 9:30 a. m.
Procedencia: Cantera Bauner	Peso total Briqueta: 1200 gr

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO					
% de Asfalto	Asfalto (gr)	AGREGADOS			
		55.00%	0.00%	0.00%	45.00%
		Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)
4.50%	54	630.30	0	0	515.70
5.00%	60	627.00	0	0	513.00
5.50%	66	623.70	0	0	510.30
6.00%	72	620.40	0	0	507.60
6.50%	78	617.10	0	0	504.90

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.81	6.77	6.8	6.72	6.78
5.00%	6.82	6.79	6.76	6.8	6.79
5.50%	6.79	6.84	6.78	6.84	6.81
6.00%	6.72	6.74	6.74	6.76	6.74
6.50%	6.77	6.72	6.77	6.81	6.77

  
 Ing. Jorge Enrique Filgueira  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>ub</sub>
4.50%	1179	1192	689.7	2347.2	2.347
5.00%	1188	1198	686.8	2323.94	2.324
5.50%	1189	1199	671.8	2255.31	2.255
6.00%	1176	1200	670.4	2220.54	2.221
6.50%	1174	1197	687.6	2304.67	2.305


DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
4.50%	50	5.98	0.248	6.30	12.99	3.548	69.879
5.00%	38	8.08	0.348	8.84	14.86	3.489	68.884
5.50%	90	9.26	0.397	10.08	14.99	4.004	76.647
6.00%	127	7.48	0.297	7.54	16.87	3.997	74.682
6.50%	90	5.63	0.239	6.07	16.93	3.879	78.518

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENECIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 16

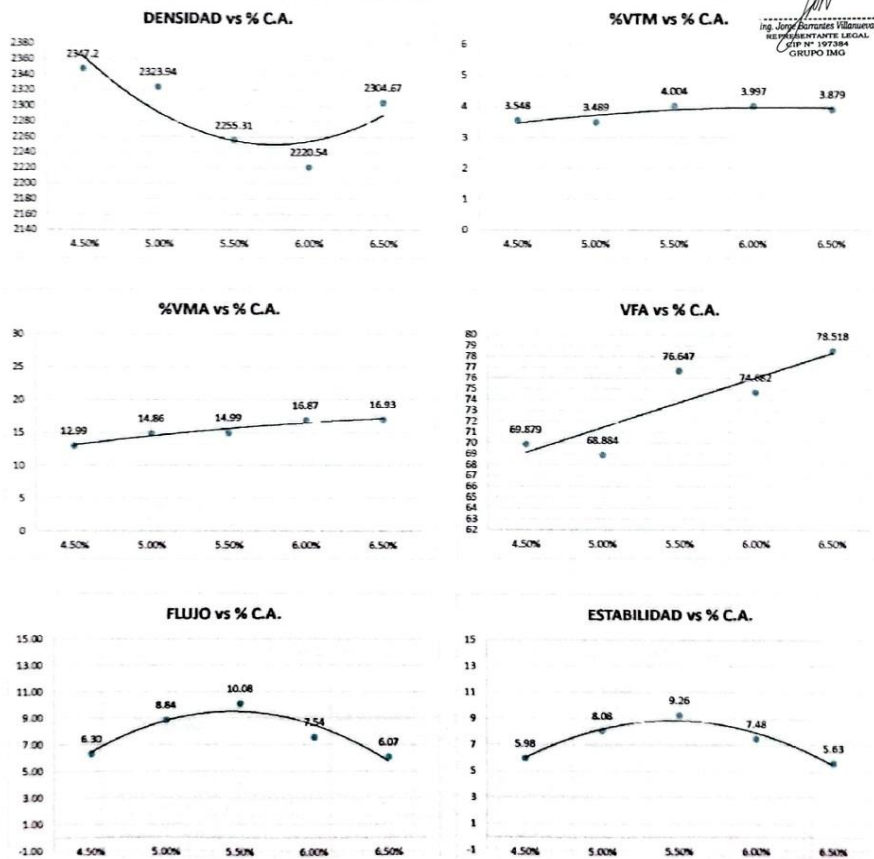
Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 2 sin poliestireno.

	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
---	---

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha : 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez
--	--

<b>DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 2</b>	
Identificación : Piedra de 3/4" Procedencia : Cantera Bauner	Hora: 9:30 a. m. Peso total Briqueta: 1200 gr




AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.



Anexo III- 17

Ensayo 3 de Marshall sin poliestireno.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall</p>
	<p align="center"><b>ENSAYO DE MARSHALL</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)</p>

<p>Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez</p>	<p>Fecha: 15/06/2023</p>
<p>Investigación: Tesis</p>	<p>Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez</p>

<b>DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 3</b>	
<p>Identificación: Piedra de 3/4"</p>	<p>Hora: 9:30 a.m.</p>
<p>Procedencia: Cantera Bauner</p>	<p>Peso total Briqueta: 1200 gr</p>

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO					
% de Asfalto	Asfalto (gr)	AGREGADOS			
		55.00% Grava de 3/4" (gr)	0.00% Grava de 1/2" (gr)	0.00% Grava de 3/8" (gr)	45.00% Arena (gr)
4.50%	54	630.30	0	0	515.70
5.00%	60	627.00	0	0	513.00
5.50%	66	623.70	0	0	510.30
6.00%	72	620.40	0	0	507.60
6.50%	78	617.10	0	0	504.90

ESPOSOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Asfalto	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
4.50%	6.81	6.8	6.87	6.79	6.82
5.00%	6.8	6.79	6.87	6.83	6.82
5.50%	6.79	6.86	6.82	6.87	6.84
6.00%	6.77	6.83	6.78	6.78	6.79
6.50%	6.86	6.81	6.8	6.84	6.83

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Asfalto	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb
4.50%	1183	1192	686.7	2341.18	2.341
5.00%	1181	1192	682.6	2318.41	2.318
5.50%	1173	1187	678.4	2306.33	2.306
6.00%	1182	1195	675.4	2274.83	2.275
6.50%	1160	1184	677.9	2292.04	2.292

  
 Ing. Jorge Barrios Villanueva  
 INGENIERO EN MATERIALES  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG


DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Asfalto	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacíos en el Agregado Mineral VMA	% Vacíos de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacíos Llenos de Asfalto VFA
4.50%	60	6.04	0.249	6.32	13.125	5.123	63.878
5.00%	75	7.78	0.354	8.99	13.99	4.124	68.489
5.50%	42	10.58	0.415	10.54	15.389	4.874	68.145
6.00%	85	6.98	0.347	8.81	16.987	4.896	70.48
6.50%	127	6.47	0.243	6.17	17.118	4.483	76.189

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

**Anexo III- 18**

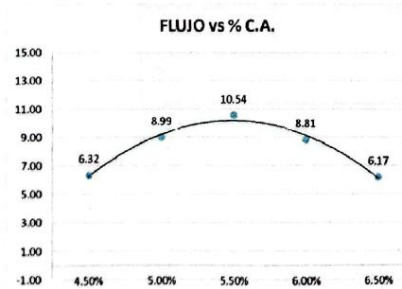
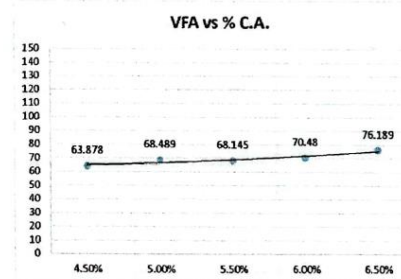
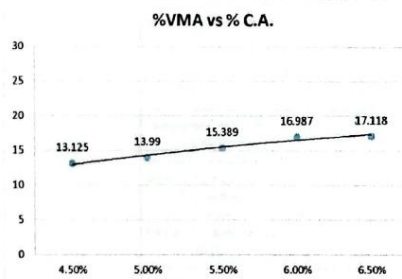
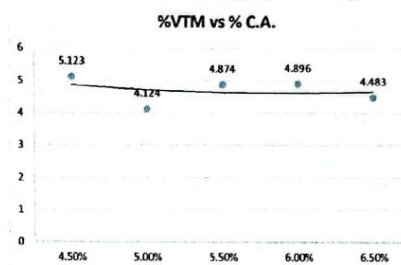
*Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 3 sin poliestireno.*

	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
---	---

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha : 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez
--	--

DATOS DE LA MUESTRA PATRÓN 3	
Identificación : Piedra de 3/4" Procedencia : Cantera Bauner	Hora: 9:30 a. m. Peso total Briqueta: 1200 gr




AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

**Anexo III- 19:**

*Ensayo 1 de Marshall con poliestireno.*

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
--	---

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha: 15/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 1	
Identificación: Piedra de 3/4"	Hora: 9:30 a.m.
Procedencia: Cantera Bauner	Peso total Briqueta: 1200 gr

DETERMINACION DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO						
% de Poliestireno	ASFALTO		AGREGADOS			
	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Areña (gr)
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
1.50%	6.57	6.58	6.59	6.57	6.58
2.00%	6.62	6.57	6.60	6.61	6.60
2.50%	6.63	6.62	6.64	6.58	6.62

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Poliestireno	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>m</sub>
1.50%	1187	1218	689.6	2246.4	2.246
2.00%	1189	1214	687.4	2257.88	2.258
2.50%	1194	1216	682.9	2239.73	2.240

  
 Ing. Jorge Barrios Villanueva  
 INGENIERO EN GEOTECNIA  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG


DETERMINACION DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
1.50%	13.4	8.84	0.374	9.50	15.075	3.421	77.246
2.00%	29.7	9.27	0.384	9.75	15.682	4.684	71.589
2.50%	56	10.57	0.415	10.54	15.951	5.475	69.468

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

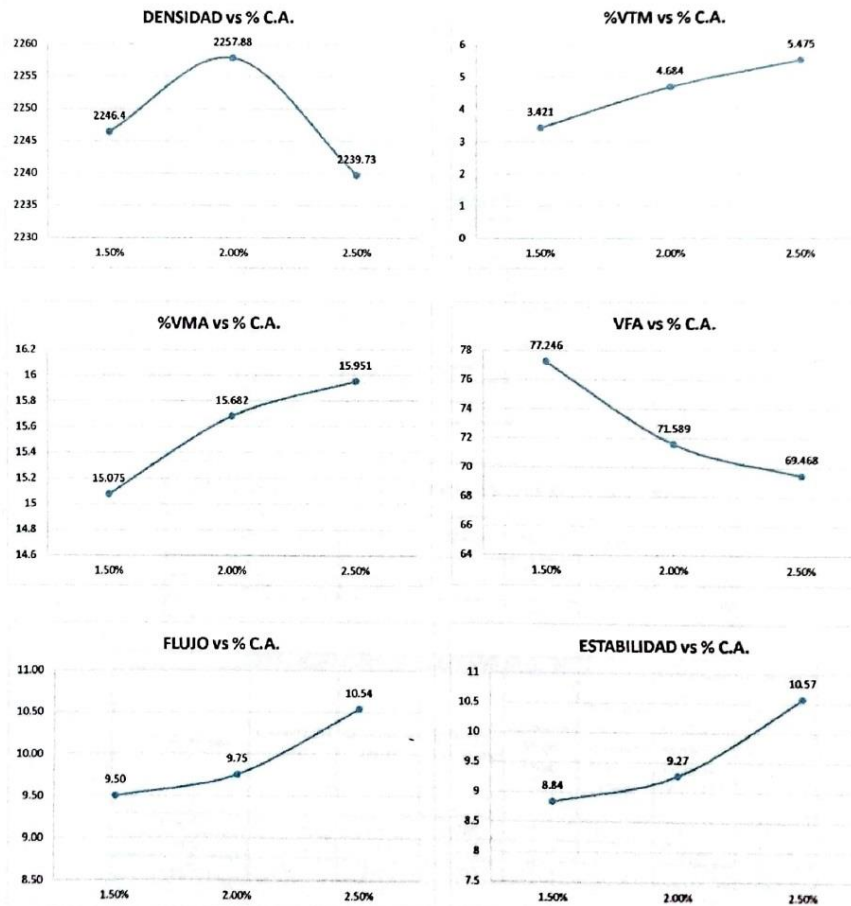
**Anexo III- 20**

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 1 con poliestireno.

	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
---	---

<b>ENSAYO DE MARSHALL</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)	
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha: 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

<b>DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 1</b>	
Identificación: Piedra de 3/4" Procedencia: Cantera Bauner	Hora: 9:30 a. m. Peso total Briqueta: 1200 gr



*[Firma]*  
Ing. Roisser Tasilla Vasquez  
REPRESENTANTE LEGAL  
SEP N° 197384  
GRUPO IMG

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENECIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.



Anexo III- 21

Ensayo 2 de Marshall con poliestireno.

 <p><b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<p><b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall</p>
	<p align="center"><b>ENSAYO DE MARSHALL</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)</p>

<p>Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez</p>	<p>Fecha: 15/06/2023</p>
<p>Investigación: Tesis</p>	<p>Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez</p>

DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 2		
<p>Identificación: Piedra de 3/4"</p>	<p>Hora: 9:30 a. m.</p>	
<p>Procedencia: Cantera Bauner</p>	<p>Peso total Briqueta: 1200 gr</p>	

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO						
% de Poliestireno	ASFALTO		AGREGADOS			
	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
1.50%	6.59	6.62	6.57	6.64	6.61
2.00%	6.62	6.6	6.63	6.57	6.61
2.50%	6.59	6.56	6.6	6.62	6.59

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Poliestireno	M <sub>g</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	Gmb
1.50%	1194	1210	682.5	2263.51	2.264
2.00%	1189	1214	691.7	2276.47	2.276
2.50%	1197	1215	688.1	2271.78	2.272

DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
1.50%	19.4	9.24	0.394	10.01	15.015	4.899	73.78
2.00%	37.4	9.35	0.398	10.11	15.245	5.105	71.478
2.50%	47.6	10.51	0.405	10.29	15.651	5.087	70.885

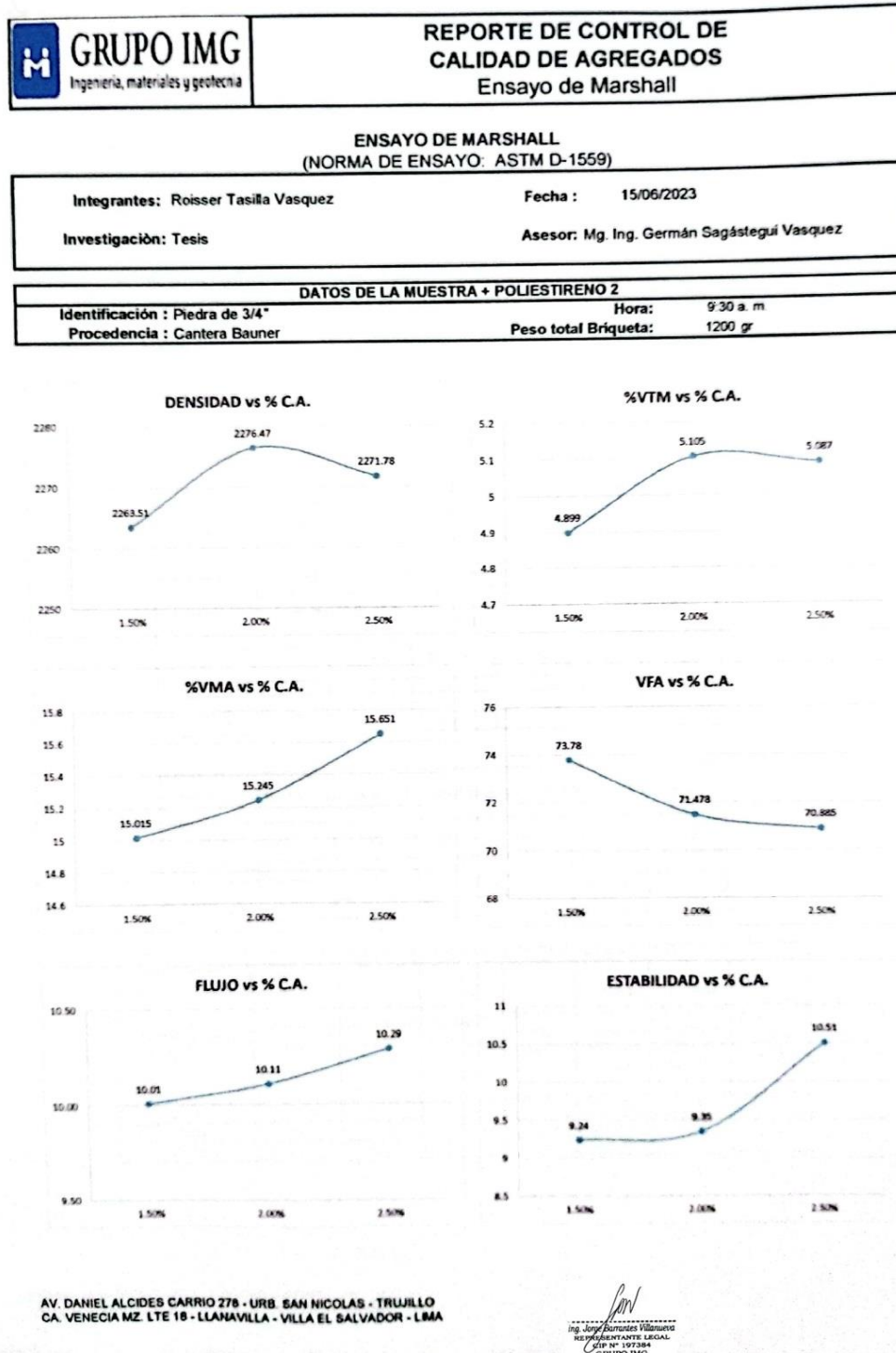
  
 Ing. Jorge Román Vilanueva  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CERP N° 197384  
 GRUPO IMG

AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

**Anexo III- 22**


Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 2 con poliestireno.



*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

Anexo III- 23

Ensayo 3 de Marshall con poliestireno.

 <p>GRUPO IMG Ingeniería, materiales y geotecnia</p>	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall	
---	---	--

**ENSAYO DE MARSHALL**  
(NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)

Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez	Fecha: 15/06/2023
Investigación: Tesis	Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 3		
Identificación: Piedra de 3/4"	Hora: 9:30 a. m.	
Procedencia: Cantera Bauner	Peso total Briqueta: 1200 gr	

DETERMINACIÓN DE CANTIDADES NECESARIAS DE AGREGADO Y ASFALTO						
ASFALTO			AGREGADOS			
% de Poliestireno	Poliestireno (gr)	Asfalto (gr)	55.00%	0.00%	0.00%	45.00%
			Grava de 3/4" (gr)	Grava de 1/2" (gr)	Grava de 3/8" (gr)	Arena (gr)
1.50%	18	66	623.7	0	0	510.3
2.00%	24	66	623.7	0	0	510.3
2.50%	30	66	623.7	0	0	510.3

ESPESOR y/o ALTURA DE LAS PROBETAS "BRIQUETAS"					
% de Poliestireno	Altura de las Probetas o Briquetas				
	H <sub>1</sub> (cm)	H <sub>2</sub> (cm)	H <sub>3</sub> (cm)	H <sub>4</sub> (cm)	Promedio (cm)
1.50%	6.63	6.6	6.6	6.61	6.61
2.00%	6.58	6.61	6.62	6.59	6.60
2.50%	6.61	6.63	6.59	6.6	6.61

DENSIDAD REAL Y GRAVEDAD ESPECIFICA DE BULK DE LA MEZCLA					
% Poliestireno	M <sub>s</sub>	MSSS	MSUM	G (kg/m <sup>3</sup> )	G <sub>m</sub>
1.50%	1189	1210	681.5	2249.76	2.250
2.00%	1191	1214	690.9	2276.81	2.277
2.50%	1195	1212	687.5	2278.36	2.278

DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD, FLUJO Y VACIOS							
% Poliestireno	Lectura del Dial	Estabilidad (KN)	Indice de Flujo (pulg)	Indice de Flujo (mm)	% Vacios en el Agregado Mineral VMA	% Vacios de Aire en la Mezcla Compactada VTM	% Vacios Llenos de Asfalto VFA
1.50%	14.86	9.21	0.398	10.11	14.987	4.98	73.78
2.00%	28.7	9.38	0.407	10.34	15.023	5.12	71.478
2.50%	52.9	10.71	0.412	10.46	15.48	5.068	70.885


AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

  
 Ing. Jorge Juanes Villanorte  
 REPRESENTANTE LEGAL  
 CIP N° 197384  
 GRUPO IMG

Nota. Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.

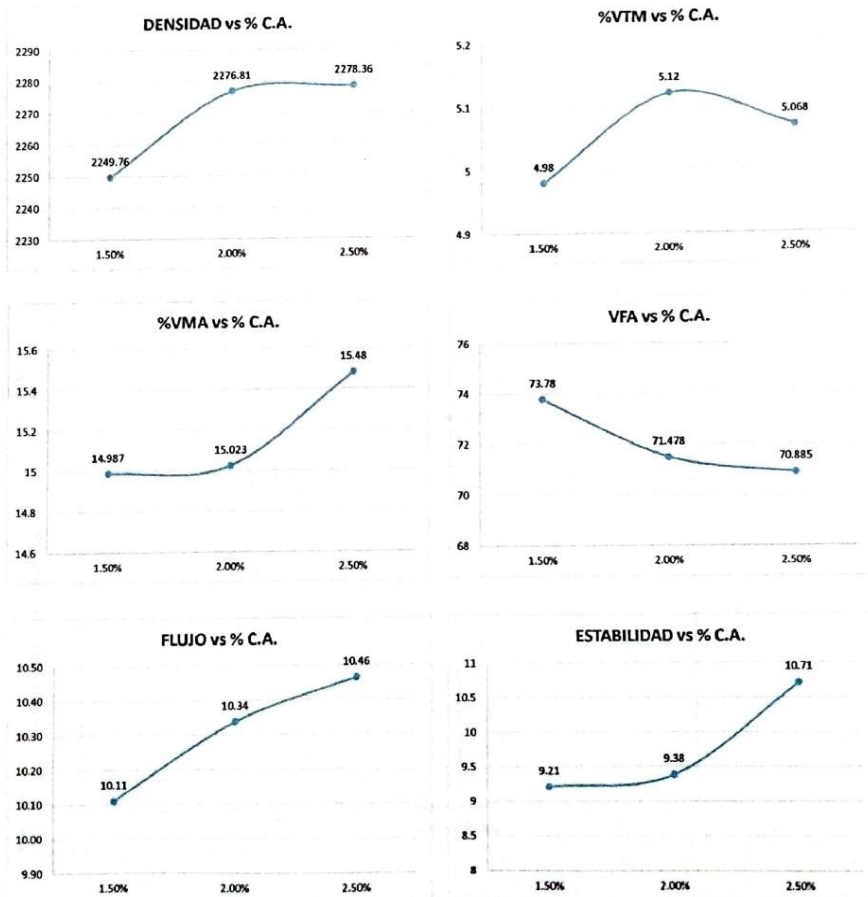
**Anexo III- 24**

Gráfica de los parámetros de Marshall, ensayo 3 con poliestireno.

 <b>GRUPO IMG</b> Ingeniería, materiales y geotecnia	<b>REPORTE DE CONTROL DE CALIDAD DE AGREGADOS</b> Ensayo de Marshall
--	---

<b>ENSAYO DE MARSHALL</b> (NORMA DE ENSAYO: ASTM D-1559)	
Integrantes: Roisser Tasilla Vasquez Investigación: Tesis	Fecha: 15/06/2023 Asesor: Mg. Ing. Germán Sagástegui Vasquez

<b>DATOS DE LA MUESTRA + POLIESTIRENO 3</b>	
Identificación: Piedra de 3/4" Procedencia: Cantera Bauner	Hora: 9:30 a. m. Peso total Briqueta: 1200 gr



AV. DANIEL ALCIDES CARRIO 278 - URB. SAN NICOLAS - TRUJILLO  
CA. VENEZIA MZ. LTE 18 - LLANAVILLA - VILLA EL SALVADOR - LIMA

*[Firma]*  
Ing. Germán Sagástegui Vasquez  
REPRESENTANTE LEGAL  
CIP N° 197384  
GRUPO IMG

*Nota.* Reporte de control de calidad de agregados en el ensayo de Marshall como formato para guía de observación validadas.