



x

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

Chávez Chávez, Elvis Erikc ([ORCID: 0000-0002-6660-6174](https://orcid.org/0000-0002-6660-6174))

Zavala Cardozo, Bryan Ivan ([ORCID: 0000-0002-0961-2666](https://orcid.org/0000-0002-0961-2666))

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danillo ([ORCID: 0000-0002-49268556](https://orcid.org/0000-0002-49268556))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**LIMA – PERÚ**

**2022**

## **DEDICATORIA**

A Dios porque me ha bendecido todos estos años a mis padres por apoyarme siempre y brindarme todo su amor y guiarme siempre a mi hija que es el motor de mi vida y a mis maestros por brindarme todos los conocimientos que hoy tengo.

Dedicado a Dios quien ha sido mi vitalidad, conductor, guía y con su mano de lealtad ha permanecido conmigo hasta el día de hoy. A mis padres por inculcar en mí el modelo de esfuerzo y valentía, quienes, con su amor y voluntad me han concedido llegar a realizar hoy un sueño más.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este punto de mi vida a mi pareja por apoyarme en terminar mi etapa universitaria.

Quiero reflejar mi gratitud a Dios, que siempre llena mi vida de sus bendiciones, a toda mi familia por su constante presencia y apoyo, finalmente a mi asesor quien con su enseñanza, conocimiento y colaboración logró el desarrollo de este proyecto de investigación.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	¡Error! Marcador no definido.
Agradecimiento.....	¡Error! Marcador no definido.
Índice de contenidos.....	ii
Índice de tablas .....	¡Error! Marcador no definido.
Índice de figuras .....	¡Error! Marcador no definido.
Resumen .....	¡Error! Marcador no definido.x
Abstract .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación: .....	14
3.2. Variable, Operacionalización:.....	15
3.3. Población y muestra y muestreo: .....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	17
3.5. Procedimiento de datos:.....	18
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos. ....	20
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>64</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>73</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Características mínimas para los agregados gruesos.....	11
Tabla 2. Características mínimas para agregados finos.....	11
Tabla 3. Gradación para la mezcla asfáltica en caliente.....	12
Tabla 4. Muestras que conformaran el estudio.....	17
Tabla 5. Ensayos de laboratorio.....	18
Tabla 6. <i>Requisitos del material gruesos</i> .....	22
Tabla 7. Requisitos del material finos.....	22
Tabla 8. Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado grueso.....	23
Tabla 9. Porcentaje de desgaste de abrasión del agregado grueso.....	23
Tabla 10. Resultados de la adherencia Agregado-Bitumen.....	24
Tabla 11. Resultados de índice de durabilidad.....	25
Tabla 12. Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.....	25
Tabla 13. Porcentaje de caras facturadas.....	26
Tabla 14. Resumen de sales solubles totales.....	27
Tabla 15. Resultados de densidad relativa y absorción del agregado grueso.....	27
Tabla 16. Resultados de equivalente de arena.....	28
Tabla 17. Resultados de índice de durabilidad.....	28
Tabla 18. Resultados las sales solubles totales.....	29
Tabla 19. Resultados de densidad relativa y absorción del agregado fino.....	29
Tabla 20. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	31
Tabla 21. Análisis granulométrico del agregado fino.....	32
Tabla 22. Mezcla de los agregados.....	33
Tabla 23. Mezcla asfáltica.....	33

Tabla 24. Análisis granulométrico global.....	34
Tabla 25. Ensayo Marshall (4.5 % C.A).....	35
Tabla 26. Ensayo Marshall (5 % C.A).....	36
Tabla 27. <i>Ensayo Marshall (5.5 % C.A)</i> .....	37
<i>Tabla 28. Ensayo Marshall (6 % C.A)</i> .....	38
Tabla 29. Datos de las proporciones.....	39
Tabla 30. Características Marshall.....	40
Tabla 31. Resultados de porcentajes de vacíos.....	41
Tabla 32. Resultado del flujo patrón.....	42
Tabla 33. Resultado de estabilidad en la mezcla patrón.....	43
Tabla 34. Resultado de estabilidad en la mezcla con caucho reciclado.....	44
Tabla 35. Resultado de estabilidad en la mezcla con polietileno reciclado.....	45
Tabla 36. Resultado de fluencia en la mezcla con caucho reciclado.....	47
Tabla 37. Resultado de fluencia en la mezcla con polietileno reciclado.....	48
Tabla 38. Resultado del % de vacíos en la mezcla con caucho reciclado.....	49
Tabla 39. Resultado del % de vacíos en la mezcla con polietileno reciclado.....	51
Tabla 40. Ensayo Marshall (1% caucho).....	52
Tabla 41. Ensayo Marshall (2% caucho).....	53
Tabla 42. Ensayo Marshall (4.5% caucho).....	54
Tabla 43. Ensayo Marshall (1% polietileno).....	55
Tabla 44. Ensayo Marshall (2% polietileno).....	56
Tabla 45. Ensayo Marshall (3% polietileno).....	57
Tabla 46. Requisitos para mezcla bituminosa en caliente.....	58
Tabla 47. Vacíos mínimos en el agregado mineral.....	58

Tabla 48. Características de Marshall modificado con caucho reciclado.....59

Tabla 49 Características de Marshall modificado con polietileno reciclado.....59

## Índice de gráficos y figuras

Figura 01. Mapa del Perú.....	21
Figura 02. Mapa Región Lima.....	21
Figura 03. Localización de Lima Metropolitano.....	21
Figura 04. Curva granulométrica de los agregados.....	34
Figura 05. Grafica de peso unitario.....	39
Figura 06. Grafica de % de vacíos.....	39
Figura 07. Grafica V.M.A.....	39
Figura 08. Grafica de vacios llenos C.A.....	39
Figura 09. Grafica de polvo/asfalto.....	40
Figura 10. Grafica de flujo.....	40
Figura 11. Grafica de estabilidad.....	40
Figura 12. Grafico % de vacíos en el asfalto - patrón.....	41
Figura 13. Grafico de fluencia en el asfalto - patrón.....	42
Figura 14. Grafico de estabilidad en el asfalto - patrón .....	43
Figura 15. Grafico de estabilidad en el asfalto con caucho reciclado y patrón.....	44
Figura 16. Gráfico de estabilidad en el asfalto con polietileno reciclado y patrón....	46
Figura 17. Grafico de fluencia en el asfalto con caucho reciclado y patrón.....	47
Figura 18. Gráfico de fluencia en el asfalto con polietileno reciclado y patrón.....	48
Figura 19. Gráfico de % vacios en el asfalto con caucho reciclado y patrón.....	50
Figura 20. Gráfico de % vacios en el asfalto con polietileno reciclado y patrón.....	51



## RESUMEN

Este proyecto de investigación tuvo objetivo general determinar la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall; instaurándose desarrollar el ensayo Marshall, del mismo modo los ensayos de los agregados. Formulándose la metodología: su diseño de investigación fue experimental (cuasi), su tipo de investigación fue de nivel explicativo, su enfoque cuantitativo. Sus resultados según los objetivos específicos al incorporar caucho reciclado y polietileno en 1%+2%+4.5% y 1%+2%+3% fueron: el primer objetivo específico fue establecer el porcentaje óptimo para una resistencia ideal, el cual se logró cuando se incrementó la estabilidad de 1174kg a 1886kg y 1174kg a 1871kg con 1%+2% de caucho reciclado y de 1419kg a 1420kg con 1% de polietileno, el segundo objetivo específico fue evaluar el flujo Marshall, el cual se optimizó con una fluencia de 12.3 estando dentro de los parámetros 8 – 14 con el 1% de caucho reciclado y con polietileno la fluencia no se optimizó con ninguno al 1%+2%+3%, el tercer objetivo específico fue demostrar la influencia del porcentaje de vacíos, el cual se incrementó demasiado y no se optimizó dentro de los parámetros de 3% - 5%, con 1%+2%+4.5% de caucho reciclado y 1%+2%+3% de polietileno. Conclusión, la incorporación de caucho y polietileno reciclado mejoró la estabilidad con 1%+2% de caucho y con 1% de polietileno, la fluencia mejoró con 1% de caucho y con polietileno no mejoró, el porcentaje de vacíos no cumplió con los vacíos de 3% - 5% con caucho y polietileno reciclado de acuerdo a los estándares normativos del MTC, ASTM.

Palabras clave: Caucho, polietileno, estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos.

## ABSTRACT

This research project had a general objective to determine the influence of reused rubber and polyethylene in the hot asphalt composition through the parameters of the Marshall design; establishing the development of the Marshall test, in the same way the tests of the aggregates. Formulating the methodology: its research design was experimental (quasi), its type of research was explanatory, its quantitative approach. Its results according to the specific objectives when incorporating recycled rubber and polyethylene in 1% + 2% + 4.5% and 1% + 2% + 3% were: the first specific objective was to establish the optimal percentage for an ideal resistance, which was achieved When stability was increased from 1174kg to 1886kg and 1174kg to 1871kg with 1%+2% recycled rubber and from 1419kg to 1420kg with 1% polyethylene, the second specific objective was to evaluate the Marshall flow, which was optimized with a creep of 12.3, being within the parameters 8 – 14 with 1% recycled rubber and with polyethylene, the creep was not optimized with either 1%+2%+3%, the third specific objective was to demonstrate the influence of the percentage of voids, which was increased too much and was not optimized within the parameters of 3% - 5%, with 1%+2%+4.5% recycled rubber and 1%+2%+3% polyethylene. Conclusion, the incorporation of rubber and recycled polyethylene improved stability with 1%+2% rubber and with 1% polyethylene, creep improved with 1% rubber and with polyethylene it did not improve, the percentage of voids did not meet the voids 3% - 5% with rubber and recycled polyethylene according to the normative standards of the MTC, ASTM.

Keywords: Rubber, polyethylene, stability, flow, percentage of voids.

## I. INTRODUCCIÓN

Muchos de las pistas de pavimento flexible tienen dificultades en cuanto a resistencia y durabilidad, por ese motivo se tubo que modificar el diseño de la composición asfáltica en caliente añadiendo proporciones de caucho y polietileno para ver como influye y asi se logró incrementar la estabilidad y reducir los precios obteniendo diseños con resistencias bastantes optimas. A nivel Internacional, a los diseño de composiciones asfálticas en caliente que se añadieron al material de residuos externos, lograron excelentes mejoras en sus propiedades físicas y mecánicas, en diversos países como: España, Ecuador, Colombia entre otros; priorizaron muchos motivos para la reutilización de materiales de residuos sólidos por circunstancias sociales, ambientales y económicos, en las cuales añadiendo caucho reciclado y tambien polietileno han logrado diseñar pavimentos flexibles en la cuál se consiguio elevar su capacidad de resistencia, en condiciones de durabilidad, aspectos ecológicos y más baratos.

A nivel Nacional En los últimos años, con la emersión de nuevas técnicas para el mejoramiento con agregados o materiales externos, de los cuales, una de las formas fue con la incorporación de caucho reusado, sacado de las llantas de carros, camiones y otros vehículos y partículas de polietileno sacado de tuberías desechadas, donde sus propiedades demostraron resultados excelentes por su mayor resistencia, mostrando mayor estabilidad y flujo que una mezcla patrón, gracias a la propiedades de los aditivos que son el caucho y el polietileno a la vez también en diferentes lugares del Perú como Chimbote, Trujillo, Cajamarca, encontramos diferentes tipos de materiales que sirvieron de fuente de estudio, donde incorporándose residuos de neumáticos reusados en forma de grano y aparte también incorporando partículas de polietileno, en el cual la mayoría de las ocasiones aumentaban la resistencia y el flujo a comparación de una mezcla convencional, las cuales optimizaron las características físicas y mecánicas de la composición asfáltica con condiciones favorables comprobados con en el ensayo Marshall. En la capital el deterioro de los pavimentos flexibles construidos se incrementó por varios motivos: debido a un escaso diseño de mezcla, procedimiento constructivo no óptimo, mala compactación del terreno, exceso de cargas solicitadas, entre otros. Por tal motivo que fue necesario desarrollar el

incremento positivo de sus propiedades físicas y mecánicas con la adición de caucho reciclado al 1%, 2% y 4.5% y en polietileno 1%, 2% y 3% y así determinar la influencia en la composición asfáltica para obtener vías más sostenibles y ecológicas.

Formulación del problema: Muchas de las pistas de Lima se encontraron en pésimas condiciones donde se puede observar grietas, huecos y muchas otras deformaciones causando malestar a sus usuarios, tráfico vehicular y hasta dañando los vehículos que transitan por dichas vías; ante esta problemática se requiere mejorar las propiedades físicas y mecánicas añadiendo porcentajes de caucho reciclado y de polietileno disminuyendo el costo de mantenimiento a futuro y haciendo el uso de reciclado de materiales.

Por ello hemos planteado como problemática general: ¿Cuál es la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall? Y también se plantearon los problemas específicos: ¿Cuál es el porcentaje de Caucho reusado que se debe incorporar a la mezcla asfáltica para cumplir un comportamiento ideal de los parámetros del diseño Marshall?, ¿Cómo influye el concreto asfáltico al incorporar Caucho reusado y Polietileno en el flujo Marshall?, ¿Cuál es la influencia de la agregación de caucho reusado y Polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico?

Se justifico esta investigación optando nuevas formas para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica añadiendo caucho reciclado proveniente de las llantas de carros y a la vez añadiendo polietileno que proviene de tuberías de transporte de gas contribuyendo al medio ambiente en el reciclado de estos materiales y dándoles un valor tanto ecológico como económico a nuestra investigación: La justificación teórica en nuestra investigación es que en otros países más desarrollados han usado esta nueva tecnología obteniendo buenos resultados y aplicándolas en sus calles pudiendo así tener como antecedente los resultados positivos para poder ejecutar en nuestro país. La justificación ambiental de nuestra investigación es para contribuir en el desarrollo de pavimentos ecológicos contribuyendo al medio ambiente en la reutilización de residuos sólidos como es el caso del caucho reciclado obtenido de llantas las cuales muchas veces

son quemadas en las calles o tiradas y el reciclado de tuberías que se usan en el transporte de gas que en estos casos las tuberías son desechadas. La justificación económica en nuestra investigación es poder obtener pavimentos flexibles mucho más económicos con la adición del caucho reciclado y polietileno las cuales serían más duraderos y con un menor costo de mantenimiento. Justificación Social en este proyecto de investigación es poder contribuir a la sociedad con el desarrollo de nuevas tecnologías para poder tener pavimentos flexibles más baratos y más ecológicos para poder comenzar a utilizar estas técnicas y aplicarlas en futuros proyectos viales dándoles mejores pistas a la sociedad y con necesidad de menor mantenimiento.

En el siguiente estudio, se propone como una hipótesis general: La incorporación del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica para pavimento flexible aumenta el comportamiento de los parámetros mediante el diseño Marshall. Asimismo, las hipótesis específicas: El porcentaje óptimo de Caucho reusado que se debe adicionar a la composición asfáltica debe cumplir un comportamiento ideal de los parámetros Marshall.; La inclusión del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica aumenta el flujo Marshall.; La inclusión del caucho reusado y el polietileno incrementa el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico. Así mismo también se ha tomado como objetivo general: Determinar la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall. Asimismo los objetivos específicos: Establecer el porcentaje óptimo adicionando 1%, 2% y 4.5 % de Caucho reusado y polietileno al 1%, 2% y 3% que se debe incorporar al concreto asfáltico para lograr una resistencia ideal de los parámetros del diseño Marshall.; Evaluar el efecto del concreto asfáltico al incorporar caucho reciclado y polietileno en el flujo Marshall.; Demostrar la influencia de la agregación de caucho reusado y polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico.

## II. MARCO TEORICO

A nivel Nacional se tiene a: **Capcha, K. (2018)** en su investigación tuvo como **objetivo**: Identificar la influencia al añadir de caucho reciclado en la estructura de la combinación asfáltica en caliente. Es una investigación de manera experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a la combinación asfáltica patrón y comparar con la modificada, la **muestra** tomada en esta investigación está conformada por las muestras de combinación asfáltica patrones en caliente y las muestras de combinación asfáltica en caliente modificadas con residuos de llantas recicladas, el tipo de **muestreo** fue muestra no probabilística, los **instrumentos** que se empleo fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados obtenidos** aplicando el 10% de caucho reciclado obtuvo un grado de dureza de 1392.35 Kg y llego como **conclusión** que el GCR (grano de residuos de llantas recicladas) optimiza las características físicas y mecánicas de la composición asfáltica donde se comprobó con el análisis de diseño Marshall.<sup>1</sup>

**Salazar, S. (2019)** en su investigación tuvo como **objetivo**: Comprobar que al añadir el residuo de llantas recicladas repercute de manera positiva en la resistencia en la composición asfáltica para una pavimentación flexible. Es un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a un total de 20 briquetas, la **muestra** tomada son 4 briquetas por cada porcentaje de caucho añadido que fueron 2.5% ,3.5% y 4.5%, el tipo de **muestreo** fue muestra no probabilística, el **instrumento** que se aplico fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** añadiendo el 4.5% de caucho mejoro su resistencia con una estabilidad de 2254Kg/cm a comparación de la mezcla patrón que obtuvo 2147 y llego a la **conclusión** que añadir caucho reciclado, repercute de manera positiva en la composición asfálticas para pavimentos, mejorando sus propiedades como la resistencia, la estabilidad y el flujo, mejorando la resistencia frente a las deformaciones producto del tránsito vehicular.<sup>2</sup>

**Farfán, D. y Romero, Z. (2019)** en su investigación tuvo como **objetivo**: Indicar la conducta de las propiedades mecánicas de la composición asfáltica en caliente añadiendo el 1.5% de residuos de neumáticos reciclados de manera granular. Es un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a 24 briquetas asfálticas. la **muestra** tomada son 12 briquetas de

composición asfáltica patrón y 12 briquetas de composición asfáltica con adición de 1.5% de residuos de llantas recicladas de manera granular, el tipo de **muestreo** fue **muestra** no probabilística, el **instrumento** que se aplicó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** obtuvieron una mayor resistencia añadiendo caucho reciclado al 1.5% obteniendo una estabilidad de 2064 Kg a comparación de la muestra convencional que obtuvo una estabilidad de 2013 Kg y llegó a la **conclusión** que la conducta de las características mecánicas del concreto asfáltico añadiendo el 1.5% de residuos de neumáticos reusados de manera granular, aumenta la dureza en 2.53% y el flujo 8.57%, a diferencia del modelo convencional.<sup>3</sup>

**Acuña, Y. y Pariona, J. (2021)** en su investigación tuvo como **objetivo**: Indicar el impacto de la aplicación de Tereftalato de Polietileno en la composición asfáltica para pavimentos flexibles, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a 5 Kilómetros a partir del km 62 hasta el km 67 de la Antigua Panamericana Sur. la **muestra** conformo de 1 kilometro desde el km 63 al km 64. el tipo de **muestreo** fue muestra no probabilística, el **instrumento** que se aplicó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** obtuvieron que en sus mejores valores fueron usando el 3% obteniendo los resultados de estabilidad 3980 lb a comparación del modelo patrón que le resultó 3100 lb y se llegó a la **conclusión** que el costo de la mezcla tradicional y de la mezcla modificada con Tereftalato de Polietileno del 3% se puede ahorrar por m<sup>3</sup> un total de s/ 16.06 por m<sup>3</sup> equivalente al 1.801% de variación, a su vez añadiéndole mejor comportamiento.<sup>4</sup>

**Cárdenas, V. (2021)** en su investigación tuvo como **objetivo**: examinar la conducta física - mecánica de fibra de polietileno en la composición asfáltica en frío, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las composiciones asfálticas frías con diferentes cantidades de polietileno la **muestra** tomada es 36 probetas cilíndricas el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se aplicó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** obtuvieron utilizando las dosificaciones de 1.5%, 2% y 3% donde obtuvo sus mejores resultados al 2% de la dosificación obteniendo una resistencia de 400Kg/ cm<sup>2</sup> y se llegó a la **conclusión** que a mayor la cantidad polietileno añadido a la composición asfáltica se obtiene una mejora en sus propiedades <sup>5</sup>

**Herrera, F. (2019)** en su investigación tuvo como **objetivo**: calcular el impacto positivo de las propiedades pavimento flexible, aplicando asfalto polietileno reciclado, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a la composición de asfáltica con plástico PET, la **muestra** fueron 26 briquetas el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se aplicó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** obtuvieron utilizando dosificaciones de 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% en el cual obtuvo una mejor estabilidad corregida al 2.5% obteniendo 774 Kgf y se llegó a la **conclusión** que el impacto positivo de las propiedades de esta composición asfáltica con material reusado.<sup>6</sup>

**López, C. y Nonato, B. (2020)** en su investigación tuvo como **objetivo**: comprobar el comportamiento de las propiedades de la composición asfáltica agregándole 0.75%, 1% y 1.25% de PET, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 48 briquetas, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** al 1% de su dosificación se obtuvo una resistencia  $d$  de 1199 Kg con un porcentaje de aire de 3.50% y se llegó a la **conclusión** que al añadir Polietileno de Tereftalato al 1.00% se obtiene un impacto positivo en las propiedades de la composición asfáltica estándar comprobándose mediante el ensayo Marshall.<sup>7</sup>

A nivel internacional tenemos a **Vega, D. (2016)** en su investigación tuvo como **objetivo**: estudiar el comportamiento del asfalto agregándole residuos reciclado de neumáticos, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 60 briquetas, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleó fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** al agregar el 1% de caucho obtuvo una estabilidad de 4800 libras, y se llegó a la **conclusión** que la inclusión del polvo de caucho de neumáticos reciclados, reduce notablemente la contaminación del medio ambiente que éstas causaban.<sup>8</sup>

**Ortiz, K. (2016)** en su investigación tuvo como **objetivo**: Diseñar mezclas asfálticas con caucho SBR, cuyas propiedades físicas y mecánicas, sean evaluadas mediante el diseño Marshall. en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para



esta investigación está referida a los diseños de mezclas asfálticas usando Caucho SBR, la **muestra** tomada fue 6 briquetas con caucho SBR, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleo fue la experimentación de laboratorio. Como **resultados** en el cual con un 20% de caucho reciclado obtuvo una estabilidad de 2700 libras, con 15% de caucho reciclado se obtuvo una estabilidad de 2500 libras y con un 10% de caucho reciclado se obtuvo una estabilidad de 2475 libras. En el cual llego a la **conclusión** que los asfaltos modificados con caucho SBR tienen a recuperar posición inicial una vez que se retira la fuerza a las que se habían sometido.<sup>9</sup>

**Guamanquispe, F. (2017)** en su investigación tuvo como **objetivo**: diferenciar las características del concreto asfáltico en el que se añadió caucho de neumáticos en relación a un asfalto tradicional, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 60 briquetas, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleo fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** agregando el 2 % de caucho reciclado obteniendo 2541 libras y llego a la **conclusión** que los valores de estabilidad suben a medida que aumenta el porcentaje de contenido asfáltico y el porcentaje de caucho.<sup>10</sup>

**Coicue, L. y Sepulveda, C. (2017)** en su investigación tuvo como **objetivo**: estudiar las propiedades de una composición asfáltica modificada con polietileno rehusado y comparar con una mezcla convencional en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 20 briquetas, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleo fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** agregando el 1% de polietileno obtuvo una estabilidad corregida de 2206.06 Kg y llego a la **conclusión** que la mejora de la resistencia en un 25,04% reduce el 20% en posibles apariciones de grietas en la superficie de la carpeta asfáltica.<sup>11</sup>

**Marcillo, V. (2018)** en su investigación tuvo como **objetivo**: estudiar el comportamiento de la composición asfáltica con la adición de polietileno, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 24 briquetas, el tipo de

**muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleo fue la experimentación del laboratorio. Como **resultados** agregando el 3% de plástico se obtuvo una estabilidad corregida de 4760 Lb y llego a la **conclusión** que la resistencia de las composiciones modificadas está por encima de la muestra patrón.<sup>12</sup>

**Lopez, O. y Mantilla, J. (2022)** en su investigación tuvo como **objetivo**: evaluar el pavimento asfaltico en caliente usando plástico de polipropileno y policarbonato, en un **estudio** de tipo experimental, la **población** tomada para esta investigación está referida a las briquetas de asfalto, la **muestra** tomada fue 21 briquetas, el tipo de **muestreo** fue no probabilístico, el **instrumento** que se empleo fue los ensayos de laboratorio. Como **resultados** agregando el 5.5% se obtuvo una estabilidad de 5832.17 lbs y llego a la **conclusión** que el pavimento asfaltico en caliente usando el plástico polipropileno y policarbonato cumple con un excelente comportamiento mecánico y resistencia a los esfuerzos aplicados por el tránsito vehicular según lo especificado en la norma.<sup>13</sup>

**En otros idiomas tenemos a: Alfayez, S. and Suleiman, A. (2020)**, In his investigation, he verified that the required properties are obtained with the recycled tire particles, according to the ASTM D-6270 standard and the practice of civil engineering applications giving sustainability of 15 and 3% Studying the durability performance of rubberized bituminous binders, they found that the use of granulated rubber in asphalt compositions could increase the properties of the asphalt pavement in the face of heavy traffic deformation.<sup>14</sup>

**Hafezzadeh, R. y Kavussi, A. (2019)** In his research, he aimed to study the effect of various percentages of SBR latex and Portland cement on the properties of the microsurface composition, especially the resistance to milling. The investigation was of an experimental type, the results of the tests verified that the optimal condition is 5% of SBR latex to the mixture, the mixture showed an increase of almost 50% in both abrasion resistance and resistance. <sup>15</sup>

**. Carter, A., Perraton, D. y Robati, M. (2015)** In his research, the general aim was to improve the performance of microsurface compositions through the development of a rational design procedure for mixtures, guidelines, and specifications. the study

was experimental and as a result. the sensitivity of different tests was evaluated. In the second part, modifications to the ISSA mix design procedure were suggested to select the optimal mix design ratios. The conclusion reached in the investigation was that the total amount of liquid in the microsurface mixtures seems to have a profound influence and the wet abrasion tests evaluating the abrasion loss in the wet abrasion test compared to the collection. of the loaded wheel tester is not accurate enough.<sup>16</sup>

**A nivel de artículos tenemos a: Figueroa y Santanilla (2020)**, menciona “el debilitamiento de las composiciones asfálticas nos deja ubicar la distorsión máxima de la misma antes de que suceda la rotura. Este estudio prevé la vida de la composición asfáltica. Esta deformación sucede en las capas adheridas del pavimento flexible y aparecen cuando ocasionan casos elevados de alteración a tracción de la capa asfáltica,<sup>17</sup>

**Reyes y Roldón (2017)**, nombra “La composición de asfalto con caucho dan como resultado un componente más resistente a las temperaturas frías y a la vez el límite de deformación volviéndose más resistente, al añadir caucho rehusado con asfalto el límite de deformación sube en un 22.04%” (p.17).<sup>18</sup>

**Montealegre y Rodríguez (2017)**, nombran “Cuando se intercambia por vía seca mezclas densas con partículas de llantas recicladas, se diferencia que la resistencia para temperaturas frías disminuye, y se presenta una mejora de la resistencia al utilizar el 1% de caucho como aditivo. Cuando la transformación se realiza por vía húmeda aumenta la resistencia a fatiga de manera increíble” (p.18).<sup>19</sup>

**Como bases teóricas relacionada a las variables tenemos lo siguiente:**

**Caucho reciclado.** Es un componente flexible y duro que se puede ubicar en las ruedas de los autos, lo cual se puede aplicar en un prototipo de composición asfáltica. Cervera (2016), explica que “La utilización y el procedimiento del caucho es beneficioso en su reciclado para aquellos lugares donde aplican normativas ambientales” (p.30).<sup>20</sup> a la vez también según Reyes (2008) La quema de llantas ocurren muchas veces en un año, en la ciudad de Tacna, ocasionando una contaminación en la ciudad perjudicando al medio ambiente provocando gases como la furano y dioxina general una contaminación alta.<sup>21</sup>

Para SIGNUS (Sistema Integrado de Gestión de Neumáticos Usados) Las llantas deterioradas en desuso, poseen dos elementos importantes: Caucho: conserva extraordinarias cualidades mecánicas a esfuerzos Fibra: elemento de gran resistencia al calor y con excelentes propiedades de bloqueo sonoro y al calor.<sup>22</sup>Las notables características de una llanta, en algunas de sus configuraciones (completo o molido) son: Alcance de permeabilidad a las vibraciones, gran alcance de impermeabilidad al agua, ligero, alta fuerza de aguante al corte, elevada resistencia a factores de climas extremos, elasticidad, elevada resistencia al calor

**Polietileno (PE).** Es uno de los plásticos más comercializados gracias a su bajo precio y de fácil fabricación, en nuestro trabajo de investigación el polietileno que se reciclara se usa actualmente para el transporte de gas natural.

Las notables características de una tubería de polietileno, en algunas de sus configuraciones (completo o molido) son: Alta durabilidad, 100% Resistente a la corrosión, alta resistencia a sustancias químicas existentes en aguas residuales industriales, el aditivo con negro de carbono les confiere resistencia a los rayos UV. Este material tendrá las siguientes características: **Dosificación.** Es establecer una correspondencia o medida de algo en el caso de nuestro trabajo de investigación la dosificación se dará por porcentajes siendo las cantidades ,1%, 2% y 4.5% de caucho rehusado y 1%, 2% y 3% en el caso del polietileno.

**Granulometría.** Es un análisis que tiene como objetivo establecer las cantidades de cada partícula de distintos tamaños, en el cual en nuestro trabajo de investigación para el agregado del caucho rehusado y el polietileno se hará un tamizado para determinar sus dimensiones. **Escala de medición.** Sánchez y Reyes (2009) nos menciona que una escala de medición es la manera en que una variable va a ser medida o cuantificada.<sup>23</sup> Para nuestro estudio investigativo la escala de medición que se aplicará será la razón. **Instrumentos.** El instrumento de investigación que se aplicara será la observación experimental ya que en nuestro trabajo investigativo se realizara el ensayo granulométrico en un laboratorio en el cual se usaran fichas de recolección de datos y certificados.

Variable dependiente:

### Mezcla asfáltica en caliente

**Comportamiento Mezcla asfáltica.** Según (Minaya y Ordoñez, 2006) señala que el objetivo de cada persona al mezclar estos materiales obtendremos un material más óptimo y resistente que el normal, se vuelve un material específicamente elástico y con mayores valores en que corresponde a resistencia al ahuellamiento, por lo que se hace una mezcla asfáltica superior a lo habitual utilizados en construcción.<sup>24</sup> **Característica de Mezcla Asfáltica Agregado grueso y Agregado fino.** Para crear un prototipo de composición asfáltica, se tienen que utilizar los agregados pétreos y se tiene la obligatoriedad de hacer los ensayos que demanda el MTC, donde se podrá observar si el componente cumple con lo requerido.

**Tabla 1.** Características mínimas para los agregados gruesos.

Ensayo	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	95	95
Índice de Durabilidad de Agregados	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de Carreteras, (EG – 2013)

**Tabla 2.** Características mínimas para agregados finos.

Ensayo	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Absorción**	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

Fuente: Manual de carretera, (EG-2013)

## Mezcla asfáltica en Caliente

**Gradación para La Mezcla Asfáltica En Caliente (Mac):** Es de obligación hacer la prueba granulométrica. Para el instituto del asfalto y la normativa ASTM D 3515 donde muestra las escalas determinadas, para la cual se pueden usar en las distintas variaciones según el planeamiento que se utilice.

**Tabla 3.** Gradación para la mezcla asfáltica en caliente.

TAMIZ	Porcentaje que pasa		
	MAC 1	MAC 2	MAC 3
25,0 mm (1")	100		
19,2mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180µm (N.º 80)	14-25		
75µm (N.º200)			

Manual de carreteras EG 2013.

## Diseño de Mezclas Asfálticas

**Método Marshall.** Creado por el ingeniero Bruce Marshall, es el procedimiento usado para la creación de diseños y define las características de dureza y fluencia. Orellana (2016), manifiesta lo siguiente “Para el procedimiento Marshall se necesitan las características físico – mecánicas, teniendo en cuenta la relación del agregado pétreo y una determinada dosis del concreto asfáltico” (p.48).<sup>25</sup> a la vez también Chancusi (2017) afirma que “La dureza Marshall se encuentra poniendo a prueba a la briqueta a fuerzas de compresión y así determinar la potencia de la briqueta al esfuerzo” (p.29).<sup>26</sup> y Maila (2013), sostiene que “Los compuestos pétreos tienen que tener como diámetro máximo 25mm y el concreto asfáltico tiene que singularizarse por la viscosidad y la penetración.” (p.18).<sup>27</sup>

**Densidad de la Mezcla.** Ramírez (2006), confirma que “La consistencia de compuesto asfáltico, está determinado como su peso unitario. Es primordial tener una mayor consistencia en el pavimento finalizado, para tener una productividad perdurable” (p.34).<sup>28</sup>

**Estabilidad Marshall.** Chancusi y Chamorro (2017), nos dice que “La estabilidad Marshall se precisa evaluando la briqueta a fuerzas de presión y así determinar la resistencia” (p.29).<sup>29</sup>

**Fluencia Marshall.** Chamorro y Chancusi (2017), nos dice que “La fluencia Marshall, nos calcula la deformación de la briqueta” (p.29).<sup>30</sup>

**Contenido de asfalto.** También nombrado como asfalto de petróleo es el componente premium para la pavimentación debido a sus propiedades y características al ser fuertemente cementante, impermeable al agua fuerte ante agentes químicos. Para nuestro trabajo investigativo de usar un cemento asfáltico PEN 60/70.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación.

Para, Álvarez (2020), el “Estudio se basa a adquirir nuevos conocimientos dedicado a obsequiar soluciones de problemas prácticos” (p. 3).<sup>31</sup>

La investigación del actual estudio es del **tipo aplicada**, debido a que se utilizó los conocimientos adquiridos con anterioridad en mejoramiento de la composición asfáltica añadiéndole del caucho reciclado y polietileno , en procedencia a los estudios previos de casos semejantes, con el propósito de decidir las proporciones ante el diseño de la composición asfáltica más eficiente con los diferentes agregados en diversos porcentajes del caucho reciclado y el polietileno, en relación a los resultados obtenidos del laboratorio y los criterios del Análisis granulométrico, Estabilidad y flujo y Contenido de Asfalto (Marshall).

##### 3.1.2. Diseño de investigación:

Según, Flores y Canta (2020), Los experimentos se rigen en una sola variable independiente para investigarla manipularla y concebir información, con el motivo de solucionar lo planteado en el problema de investigación por medio de la otra variable (p. 33)<sup>32</sup>

Los nombran **diseños cuasi experimentales** ya que posee algunas restricciones al aplicar el diseño experimental original, asimismo, se logró manipular una variable independiente (caucho reciclado y polietileno) con la finalidad de ver el efecto y los cambios positivos o negativos con una o más variables dependientes (mezcla asfáltica); se diferenció del experimental original en proporciones bien claras aumentado resistencia y confiabilidad a diferencia del inicio.

De tal manera, la investigación se llama **cuasi experimental**, ya que se manipuló intencionalmente las proporciones del caucho reciclado (1%, 2% y 4.5%) y polietileno (1%, 2% y 3%) en la mezcla asfáltica, con el objetivo de analizar su influencia en el comportamiento de las



propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica; además, se sub - clasifica como cuasi - experimental, puesto a que el tipo de mezcla asfáltica para la investigación presente ha sido identificado (Mac 2) por los investigadores, contando con 3 ensayos que corresponden a la muestra patrón y 9 a las muestras con la caucho reciclado y 9 muestras con polietileno; Las dosificaciones que se tomaron en base a diferentes investigaciones previas de los siguientes autores con respecto al caucho (tesis: **Farfan y Romero** 1.5%,**Guamanquispe** 2%, **Salazar** 4.5%) y con respecto al polietileno ( tesis: **Coicue y Sepulveda** 1%, **Cárdenas** 2%, **Marcillo** 3% ) realizados con procedimientos de diseño Marshall en la mezcla asfáltica.

### **3.2. Variable y Operacionalización.**

#### **Variable Independiente: Caucho Reciclado y Polietileno**

##### **Definición conceptual: (Matriz)**

Cervera (2016), nos dice que “La reutilización de llantas se lleva a cabo en los lugares que están responsabilizados al cuidado del medio ambiente” (p.30).<sup>33</sup>

**Definición operacional: (Matriz)** Las dosificaciones del Caucho reciclado 1%, 2% y 4.5% y Polietileno 1%, 2% y 3% respecto al volumen del material, empleándose para las 03 muestras o combinaciones siguientes, con el objetivo de obtener las dimensiones, estabilidad, resistencia, separación de vacíos, en el Análisis granulométrico, Estabilidad y flujo y Contenido de Asfalto (Marshall) de la mezcla asfáltica, inicialmente habíamos seleccionado los agregados, para ver la el tamaño de partículas con sus dosificaciones, luego fueron evaluadas en el aparato Marshall de los ensayos descritos.

Variables Independientes V1: Caucho reciclado

V2: polietileno

#### **Variable Dependiente: Mezcla asfáltica**

##### **Definición conceptual: (Matriz)**

Zúñiga considera como mezcla asfáltica en caliente, a la combinación de suelo seco en la cual se añade el polvo mineral con un sujetador. Debido a las relaciones de C.A. y suelos secos, el cual estos llegan a las propiedades físicas de la mezcla. A todo lo mencionado, se coloca el agregado pétreo a temperatura caliente y el ligante a una temperatura elevada, habiendo sido este último más elevado a la temperatura ambiente. Además, esta mezcla es colocada en la infraestructura. (2015, p. 23).<sup>34</sup>

### **Definición operacional: (Matriz)**

Avalos (2014), nos enseña que, la operacionalización de las variables conlleva la descomposición de los compuestos que forman la hipótesis y de modo singular a las variables y especifica que la operacionalización se alcanza cuando se disgrega las variables en dimensiones y estas a la vez son interpretadas en indicadores que posibilitan la examinación directa y el cálculo.<sup>35</sup> Por medio de ellas se establecen los aspectos y componentes que se requiere calcular, comprender y catalogar con el fin de llegar a conclusiones.

Variable Dependiente      V1: Mezcla asfáltica

## **3.3. Población, Muestra y muestreo**

### **3.3.1. Población**

Para, Arias (2016) La población de una investigación es un conjunto de casos específico, que tendremos como referencia para la selección de la muestra y que deberá cumplir con ciertas características. (p.202)<sup>36</sup>

Aclarando que, el tipo de mezcla asfáltica que se trabajó en esta línea de investigación es MAC 2 con un PEN 60/70 para cada una proporción de los agregados. **La población** estará compuesta por todas las briquetas diseñadas con la incorporación de caucho reciclado, polietileno y briquetas con diseño patrón. sus ensayos físicos mecánicos en la más desfavorable, que resulten de las pruebas de Análisis Granulométrico, Estabilidad y Flujo, Contenido de Asfalto (Marshall) y de las diferentes

interacciones con el caucho reciclado y polietileno aplicado en los 3 diseños adicionales.

### 3.3.2. Muestra

Para Baptista, Fernández y Hernández (2011), “denomina muestra al subgrupo de todos los elementos.” (p.175)<sup>37</sup>. En la aplicación de muestra para nuestra investigación será las muestras de 21 briquetas de composición asfáltica entre las cuales estará el diseño patrón y 9 briquetas de composición asfáltica añadiendo el 1%, 2% y 4.5% caucho reciclado y 9 briquetas de composición asfáltica añadiendo polietileno a 1%, 2% y 3% de las cuales se realizará 3 muestras por cada diseño según la norma ASTM D-1559.

**Tabla 4.** Muestras que conformaran el estudio.

MUESTRAS = 21	PATRON	CON CAUCHO	CON POLIETILENO
N	3	-	-
N + 1% CAUCHO	-	3	-
N + 2% CAUCHO	-	3	-
N + 4.5% CAUCHO	-	3	-
N + 1% POLIETILENO	-	-	3
N + 2% POLIETILENO	-	-	3
N + 3% POLIETILENO	-	-	3

**Fuente:** elaboración propia

### 3.3.3 Muestreo

Baptista, Fernández y Hernández, “los ejemplares no estadísticos, acatan una caracterización de elección situado por los tipos de la investigación” (2014, p.189).<sup>38</sup> Para nuestro estudio investigativo el tipo de muestreo es no estadístico, ya que las muestras tienen las mismas características en el cual serán usadas para los ensayos de laboratorio.

## 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnica de investigación

Según Lerma, “la recopilación de datos acerca de las variables se usan instrumentos como la inspección, los cuestionarios y las entrevistas” (2009, p.94)<sup>39</sup>. En nuestro estudio investigativo la técnica que aplicaremos será la

inspección visual puesto a que se llevaran a cabo ensayos de laboratorio siguiendo la normativa, siguiendo los pasos que indica las normativas, AASHTO T127/ASTM C136 , AASHTO T96/ASTM C131 , AASHTO T2/ ASTM C127,C128, ASTM D1559.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Los instrumentos será las acreditaciones de análisis de laboratorio donde se ubicarán los resultados correspondientes.

Los análisis que se van a harán para alcanzar dicha información son: ensayos a los agregados y por último el ensayo Marshal en el cual definirá el resultado de nuestras muestras. Por lo cual se aplicará la observación, las fichas de recolección de datos y los ensayos de laboratorio.

**Tabla 5.** Ensayos de laboratorio.

	<b>ENSAYOS</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
ENSAYOS	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS	FICHA DE RESULTADOS DE LABORATORIO AASHTO T88 / ASTM D422
	ENSAYO A LA ABRASION DE LOS AGREGADOS USANDO LA MAQUINA DE LOS ANGELES	FICHA DE RESULTADO DE LABORATORIO AASHTO T96 / ASTM C131
	GRAVEDAD ESPECIFICA Y LA ABSORCION DE LOS AGREGADOS	FICHA DE RESULTADO DE LABORATORIO AASHTO 84 85 / ASTM C127, ASTM C128
	ENSAYOS DE METODO MARSHALL	FICHA DE RESULTADO DE LABORATORIO ASTM D 1559

**Fuente:** elaboración propia

### **Confiabilidad**

Según Rivas, “la fiabilidad de una herramienta útil de cálculo se caracteriza como el grado de fiabilidad de la medida” (2008, p.25)<sup>41</sup>.

La confiabilidad en nuestro trabajo de investigación son la calibración de los equipos con sus respectivos certificados que se necesitaron para realizar los ensayos.

### **Validez**

Según Valderrama, “la validez se define como escala en que un análisis calcule lo que pertenece medir”. (2008, p.92)<sup>40</sup>.

Por ello la validez de este estudio se fundamenta en las acreditaciones de los análisis que están ratificados por el especialista laboratorio donde se harán los análisis.

### **3.5 Procedimientos**

Nuestro estudio investigativo se realizará en la capital donde se realizará la recolección de los agregados de caucho y polietileno para posteriormente hacer el triturado y los ensayos de laboratorio a los agregados y el concreto asfáltico. Para agregados se realizarán ensayos de calidad las cuales contarán con un certificado y el cemento asfáltico provisto también contara con un certificado de calidad,

Para la utilización de los moldes y las roturas se verificará que el horno donde se calentará los agregados y el cemento asfáltico, así como los moldes de las briquetas, y el aparato Marshall cuente con un certificado de calibración. Los pasos que se realizaran son los siguientes:

Para la realización de los moldes primero se debe obtener una mezcla homogénea de los agregados. Necesitamos entibiar los agregados a una temperatura de 160°C y el concreto asfáltico a una temperatura de 140°C. Hacer los moldes en la briqueta y compactar como indica la norma 75 veces. Hacer enfriar los moldes en agua en un periodo de 30 a 40 minutos. Por último, se retira del agua las muestras y se coloca en el aparato Marshall donde nos brindara los datos que requerimos para nuestra investigación.

### **3.6 Método de análisis de datos.**

Según, Farfán (2017) Para la elección de la información se desarrollará por medio de la observación directa, la cual nos permitirá visualizar cada experimentación en el laboratorio y recopilando los datos correspondientes necesarios para nuestros resultados y contrastarlos con la hipótesis. (p.46)<sup>41</sup>

El método a utilizar será el estadístico descriptivo el cual se realizará obteniendo los resultados de los ensayos de laboratorio y usando el software Microsoft Excel para el proceso de los valores obtenidos en los ensayos.

### **3.7 Aspectos éticos.**

En nuestro estudio investigativo siendo estudiante de la carrera de Ingeniería Civil expresamos que nuestro estudio investigativo es de autoría propia y la recolección de la información que se mostrarán en los resultados serán reales y confiables, no habrá resultados falsos ni alterados y sin plagio citando a los autores que tenemos como referencia mediante la Norma **ISO 690 – 2010** respetando los pasos indicados, los cuales serán verificados por la herramienta **Turnitin** el cual indicara el porcentaje de similitud.

#### IV. RESULTADOS

##### Nombre de la tesis:

Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima 2022

##### Ubicación:

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : Lima



Figura 01. Mapa del Perú

Fuente: Google Search.



Figura 02. Mapa Región Lima

Fuente: Google Search.

##### Localización:



Figura 03. Localización de Lima Metropolitana

Fuente: Google Search.

## Trabajo de Laboratorio

Para obtener los resultados finales de nuestras muestras de asfalto, se realizaron pruebas a los agregados obtenidos de la cantera MINERA LA GLORIA S.A. Estos ensayos están indicados en el manual de Carreteras y son para evaluar los agregados que usaremos en la elaboración de nuestras briquetas.

**Tabla 6.** Requisitos del material gruesos.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: Manual de Carreteras (EG – 2013)

**Tabla 7.** Requisitos del material finos.

*Tabla 403-04  
Requerimientos Agregado Fino*

Ensayo	Norma	Requerimientos	
		Altitud	
		<3.000 msnm	≥3.000 msnm
Índice plástico	MTC E 111	4% máx.	2% mín.
Equivalente de arena	MTC E 114	35% mín.	45% mín.
Sales solubles	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	-----	15%

Fuente: Manual de Carreteras (EG – 2013)

## Ensayos realizados al agregado grueso



➤ **Durabilidad al sulfato de magnesio**

Los resultados de esta prueba se basaron en la normativa MTC E 209

**Tabla 8.** Resultados Durabilidad al Sulfato de Magnesio realizados al agregado grueso.

T. de mallas		% de Pérdidas corregidas
Pasa	Retenido	
3/4"	1/2"	0.93
1/2"	3/8"	3.29
3/8"	N°4	3.03
TOTALES		<b>7.25</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Se investigó lo estipulado en relación con las regulaciones normados en MTC E 209 y se logró una dureza total de 7.25% de la adición agregado grueso. El MTC EG-2013 es el que conduce a los valores de imperfección de agregados máximos con la interacción de la altitud administrativa en Lima que corresponde a  $\leq 3000$  m.s.n.m. siendo de 18% como máximo.

➤ **Abrasión los Ángeles**

Se realizo la prueba de laboratorio y se lograron los resultados respetando los parámetros de la norma MTC E 207.

**Tabla 9.** Porcentaje de desgaste de abrasión del agregado grueso.

T. de Mallas		Porcentaje de desgaste por abrasión
PASA	RETIENE	
3/4"	1/2"	13.5%
1/2"	3/8"	

Fuente: Elaboración Propia.

En la prueba de desgaste por abrasión Los Ángeles se obtuvo un resultado de deterioro de agregado del 13.5%, logrando llegar entre los parámetros de la normativa, en el que se detalla como resultado culminante el 40%. Esta prueba decretó el deterioro del agregado a la composición de acciones rugosas, abolladuras y fracturas debido a varias bolas de acero, 11 en esta oportunidad.

### ➤ Adherencia

Los resultados obtenidos se dieron mediante ensayos de laboratorio respetando los criterios que corresponden a la norma MTC E 517.

**Tabla 10.** Resultados de la adherencia Agregado-Bitumen.

T. de Mallas		Revestimiento y Desprendimiento de Agregado Bituminoso
PASA	RETIENE	95%
3/8"	1/4"	

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los resultados de un estudio de adhesión de agregados bituminosos realizados en el laboratorio presentamos una estimación visual de la superficie cubierta de la prueba de recubrimiento de agregado pedregoso, creyendo que la superficie visible del agregado en el recubrimiento excede al 95%. En el procedimiento se cernió el material visible pasante en una malla de 3/8" y se mantuvo en la malla 1/4" de los cuales se evaluó cerca de 100gr de material a la vez se apartó el cemento bituminoso para desarrollar la mezcla con el material seleccionado.

### ➤ Índice de durabilidad

Este estudio hizo posible encontrar la resistencia de los agregados gruesos para producir partículas delgadas dañinas como la arcilla al sufrir tácticas espontáneas depuestas. El material se cernió al nivel especificado y después se instaló en un envase de acopiar que contenía una solución de 7mL. Posteriormente, el agua destilada se evacuó a altura de los factores completos y el receptáculo fue cerrado para que más adelante sea colocado al impulsor a 600 rpm durante 10 minutos. Después de ese lapso establecido, se sacó el material y se limpió con agua en 13 series. Esta sustancia se colocó a una pipeta para agitarse más tarde en 40 segundos. Al final, el material se dejó descansar durante 20 minutos y luego ver el

valor establecido en la sustancia.

**Tabla 11.** Resultados de índice de durabilidad.

MUESTRA	1	2
Índice de Durabilidad	68.3	66.5
Promedio de Índice de Durabilidad	<b>67.4</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

La prueba del índice de durabilidad en el agregado grueso dio como producto un 67.4%, que responde al EG-2013, por que se especifica al menos un mínimo de 35%.

➤ **Partículas chatas y alargadas.**

Según la prueba realizada, los resultados se obtuvieron siguiendo las pautas que incumben a la norma MTC E 223 – ASTM D 4791.

**Tabla 12.** Porcentaje de Partículas Chatas y Alargadas.

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS					
		RETENIDO ORIGINAL (%)	PESO MUESTRA (gr)	NUMERO DE PARTICULAS	EN PESO			NUMERO DE PARTICULAS		
TAMIZ	ABERTURA				PESO (gr)	%	CORREGIDO	PARTICULAS	%	CORREGIDO
1/2"	12.700	31.4	1138.0	118	89.6	7.9	2.47	12	10.2	3.19
3/8"	8.750	33.6	1046.0	111	48.6	4.6	1.56	10	9.0	3.03
1/4"	6.350	32.6								
Total:		97.6	2184	229	138		<u>4.03</u>	22		6.22

Fuente: Elaboración Propia.

Para la tabla 12, señala el porcentaje de granos chatas y alargadas es de 4.03%, lo cual es ideal para el material ya que permitirá la adherencia y el compactado. Según el sumario del MTC, todos los agregados tendrán hasta un máximo de 10% de

granos planos y largos.

➤ **Caras facturadas**

Esta prueba hizo posible determinar la cuantía de granos estropeados. La ordenación se fundamentó en la cuantía de caras estropeados por agregado.

En primer lugar, la fracción gruesa se seleccionó y luego se tamizó por las mallas llegando a la malla N°4. Luego, se evaluó por los criterios de las fachadas lesionadas en cada retenido de la manera: 1, 2, 3 o más fachadas lesionadas. Para realizar el estudio, nos basamos en los principios correspondientes al reglamento del MTC E 210.

**Tabla 13.** Porcentaje de caras facturadas.

MALLA	Porcentaje con una cara fracturada (%)	Porcentaje con dos o más caras fracturadas (%)
3/2"	98.6	56.6
1/2"	95.9	49.7
3/8"	74.9	48.4
TOTAL	85.1%	49%

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 13, se presentan los productos brindados del laboratorio, los valores calculados son 85.1% con una 1 cara de falla totalmente fracturada del material y 49% con 2 lados fracturadas del agregado, lo que hace una relación de 85/49.

➤ **Sales solubles totales**

Los resultados del laboratorio se obtuvieron mediante las definiciones correspondientes a la norma MTCE 219, que se lograran ver:

**Tabla 14.** Resumen de sales solubles totales.

Análisis Físico- Químico de los agregados gruesos	
Sales Solubles	0.025%

Fuente: Elaboración Propia.

En los resultados de laboratorio se logró 0.025% en consecuencia de las sales solubles en su totalidad, que se encuentra en las definiciones de la normativa MTC E219, en el que se detalla como punto culminante 0.5%.

➤ **Absorción y peso específico del agregado grueso**

Se consiguieron resultados en el laboratorio por medio de los siguientes resultados, de acuerdo con los criterios correspondientes al reglamento del MTC E 206.

**Tabla 15.** Resultados de densidad relativa y absorción del agregado grueso.

MUESTRA	% Absorción	Densidad Relativa
1	0.644%	2.728
2	0.563%	2.714
PROMEDIO	<b>0.604%</b>	<b>2.721</b>

En la tabla 15, se logra ver a la densidad relativa con un valor de 2.721 gr/cm<sup>3</sup>, que del mismo modo brindó un 0.604% de impregnación del agregado grueso estando dentro de los parámetros ya que la normativa nos indica que máximo es 1%.

**Ensayos realizados al agregado fino**

➤ **Equivalente de arena**

Para este estudio, la arena fue tamizado por la malla N°4. Luego, la muestra fue

repleto con el Cloruro de Calcio, llegando al volumen trasplantado para derramar la sustancia en la probeta graduada y colocamos a reposar la mezcla por 10 min. Posteriormente, la pipeta se agitó por 30s, por lo que las paredes se regaron con la solución. Finalmente, el material se mantuvo en descanso por 20 min y se patentaron las medidas resultantes.

**Tabla 16.** Resultados de equivalente de arena.

MUESTRA	1	2	3
Equivalente de Arena	82	78	82
Promedio de equivalente de arena %	<b>80</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

Gracias a los resultados de laboratorio, se consiguió que la relación de la correspondiente de arena fue del 80%.

### ➤ Índice de Durabilidad

Se realizó este ensayo de laboratorio mediante un método parecido al de los agregados corpulentos, según lo mencionado en la normativa del MTC E214, obteniendo los productos siguientes:

**Tabla 17.** Resultados de índice de durabilidad.

MUESTRA	1	2
Índice de Durabilidad	81.9	79.5
Promedio de Índice de Durabilidad	<b>80.7%</b>	

Fuente: Elaboración Propia.

El ensayo de índice de durabilidad del agregado fino se obtuvo un 80.7%, lo cual cumple con la norma MTC E214, puesto que se especifica que se requiere al menos un mínimo de 35%.

➤ **Sales solubles totales**

Se efectuó un procedimiento similar para los áridos gruesos, según lo concertado en la normativa del MTC 219, brindando los cálculos siguientes.

**Tabla 18.** Resultados las sales solubles totales.

Análisis Físico- Químico de los agregados finos	
Sales Solubles	0.015%

Fuente: Elaboración Propia.

La prueba del análisis físico- químico en el agregado fino, resultó un valor de 0.015%, de tal manera que formaliza con la EG-2013, por que se especifica que el máximo es 0.5%.

➤ **Absorción y gravedad específica de agrégalo fino**

Los resultados se obtuvieron de acuerdo con los principios que pertenecen a la normativa del MTC E205. El material fue tamizado por medio de la malla N°4, posteriormente se sumergió por un lapso de 24 horas en agua. Luego, se optó por dejar secar el material de manera superficial, posteriormente se selecciona una cantidad para ser pesado y se ubicó en un horno por 24 horas. Después de ese tiempo establecido, la muestra estaba en estado seco otra vez y se halló el porcentaje de absorción. En la gravedad específica, se introdujo agua al picnómetro en su totalidad, hasta la cantidad fijada para ser pesada al final. Posteriormente, se introdujo la sustancia al picnómetro, el airees fue extraído para que quede llenado de agua y material hasta la cantidad fijada; y pasarlo por la balanza otra vez.

**Tabla 19.** Resultados de densidad relativa y absorción del agregado fino.

MUESTRA	% Absorción	Densidad Relativa
1	0.776%	2.651
2	0.739%	2.647
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.758%</b>	<b>2.649</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 19, se aprecia soluciones con una densidad relativa de 2.649 gr/cm<sup>3</sup> y una absorción de 0.758%.

➤ **Análisis granulométrico del agregado grueso y fino**

Las pruebas de estudio de tamaño de partículas de agregados corpulentos y ligeros facilitaron la cuantificación de la distribución granulométrica, utilizando tamices que van de 3/4" a N°200 de malla.

Las dimensiones de los cernidores empleados en el estudio granulométrico de materiales rocosos fueron presentadas en el siguiente orden: 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°100, N°200. Los materiales se seleccionaron por fracciones de cuatro partes y tamizado (1500 gr perteneciente al agregado grueso y 500 gr compete al agregado fino), después los agregados fueron limpiados con agua por la malla N° 200, y puesto al secador en el fogón a 110°C. Por último, se procede con el tamizado, logrando los resultados a continuación.



**Tabla 20.** Análisis granulométrico del agregado grueso.

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RET. (gr)	RETENIDO		PASANTE (%)	ESPECIFICACIONES
			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400				100.0	
3/4"	19.050				100.0	
1/2"	12.700	559.0	31.4	31.4	68.6	
3/8"	9.525	598.0	33.6	65.0	35.0	
1/4"	6.350	579.5	32.6	97.6	2.4	
No. 4	4.760	39.0	2.2	99.8	0.2	
No. 8	2.360	2.0	0.1	100	0.0	
No. 10	2.000					
No. 16	1.190					
No. 20	0.834					
No. 30	0.600					
No. 40	0.420					
No. 50	0.300					
No. 60	0.250					
No. 80	0.177					
No. 100	0.149					
No. 200	0.075					
-200						

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

**Tabla 21.** Análisis granulométrico del agregado fino.

TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RET. (gr)	RETENIDO		PASANTE (%)	ESPECIFICACIONES
			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)		
3"	76.200					
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700				100.0	
3/8"	9.525				100.0	
1/4"	6.350				100.0	
No. 4	4.760	27.0	0.8	0.8	99.2	
No. 8	2.360	745.0	23.2	24.0	76.0	
No. 10	2.000	256.0	8.0	32.0	68.0	
No. 16	1.190	435.0	13.6	45.6	54.4	
No 20	0.834					
No 30	0.600	750.0	23.4	69.0	31.0	
No. 40	0.420					
No. 50	0.300	297.0	9.3	78.3	21.7	
No. 60	0.250					
No. 80	0.177	200.0	6.2	84.5	15.5	
No. 100	0.149	113.0	3.5	88.0	12.0	
No. 200	0.075	103.0	3.2	91.2	8.8	
-200		282.0				

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

➤ **Diseño de mezcla asfáltica**

Los dos agregados se acoplan en diferentes relaciones para descubrir una mezcla de tamaño de partículas que satisfagan con las condiciones fundadas en el MAC 2 del “MC - Especificaciones Generales para la Construcción EG- 2013” sección 423, donde se logró una proporción de 43% agregado grueso y 57% agregado fino, la solución se indica a continuación.

**Tabla 22.** Mezcla de los agregados.

<b>AGREGADOS</b>	<b>CANTIDAD EN PORCENTAJE</b>
Grava triturada	41%
Arena triturada	58%
Filler	1%
Especificaciones de gradación	MAC - 2

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 23.** Mezcla asfáltica.

Especificaciones de gradación	MAC - 2
Tipo de asfalto	PEN 60/70
% óptimo de asfalto residual	5.5%

Fuente: Elaboración Propia.

Después de plantear la mezcla para elaborar 3 briquetas por cada porcentaje de 4.5%, 5%, 5.5% y 6% de cemento bituminoso, el material pesado se valora, tal como se introduce en las muestras de briquetas estándar para conseguir un óptimo volumen de betún y luego, adherirle a la mezcla el Polietileno como también el Caucho rehusado.

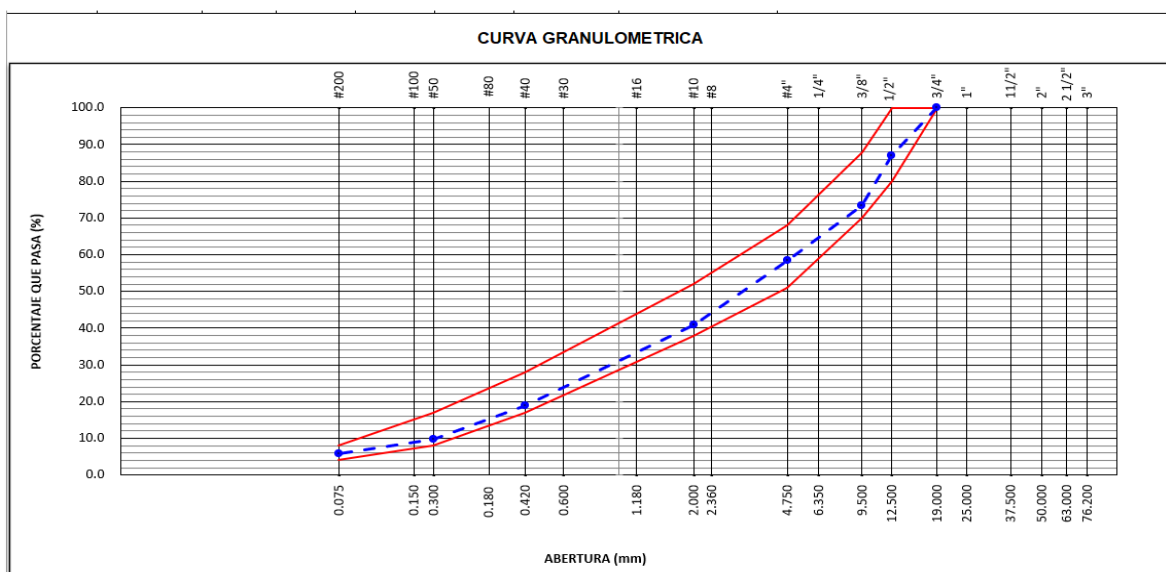
**Tabla 24.** Análisis granulométrico global.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)								
TAMIZ	ABERTURA	Peso	Porcentaje			Formula de trabajo	ESPECIFICACIÓN MAC-2	
ASTM	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasante			
3"	76.200					100.0		
2 1/2"	63.000							
2"	50.000							
1 1/2"	37.500							
1"	25.000					100		
3/4"	19.000		0.0	0.0	100.0		100	100
1/2"	12.500	258.0	13.0	13.0	87.0		80	100
3/8"	9.500	270.0	13.6	26.6	73.4		70	88
1/4"	6.350		0.0	26.6	73.4			
# 4	4.750	298.0	15.0	41.7	58.3		51	68
# 8	2.360	135.0	14.7	56.4	43.6			
# 10	2.000	25.5	2.8	59.2	40.8		38	52
# 16	1.180	78.3	8.5	67.7	32.3			
# 30	0.600	82.1	9.0	76.7	23.3			
# 40	0.420	39.2	4.3	81.0	19.0		17	28
# 50	0.300	37.4	4.1	85.1	14.9			
# 80	0.180	48.5	5.3	90.3	9.7		8	17
# 100	0.150	13.7	1.5	91.8	8.2			
# 200	0.075	21.9	2.4	94.2	5.8		4	8
>200		52.8	2.7	96.9				

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

Se logra apreciar la curva granulométrica que formaliza con los parámetros MAC para la evaluación granulométrica de mezclas asfálticas.

*Figura 04.* Curva granulométrica de los agregados.



Fuente: Laboratorio TECNILAB.

**Tabla 25.** Ensayo Marshall (4.5 % C.A).

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	100.0	40.8	19.0	14.9	9.7
ESPECIFICACIONES	100	80-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.78			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.77			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.96			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1192.5	1193.6	1196.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1193.5	1190.3	1197.4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685.0	682.3	685.4		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				508.5	508.0	512.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.345	2.342	2.337	<b>2.330</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Pice (ASTM D 2041)					2.543			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				7.8	7.9	8.1	<b>8.0</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.736			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.00			
22	% de Asfalto Efectivo					3.54			
23	Relación Polvo/Asfalto					1.0			0.6-1.3
24	V.M.A. (vacíos en el agregado mineral)				15.9	16.1	16.2	<b>16.1</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				51.1	50.7	49.9	<b>50.6</b>	
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				12.3	12.5	12.1	<b>12.3</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1466	1580	1488		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.02	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1525	1612	1548	<b>1562</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4359	5158	5117	<b>5078</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

**Tabla 26.** Ensayo Marshall (5 % C.A).

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
100									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	9.7
ESPECIFICACIONES	100	90-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA Nº					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.57			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.48			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1196.5	1195.8	1192.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1197.2	1196.7	1193.4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691.0	691.4	689.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506.2	505.3	503.9		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.364	2.367	2.367	<b>2.366</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.530			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				6.6	6.5	6.5	<b>6.5</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.744			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.11			
22	% de Asfalto Efectivo					3.95			
23	Relacion Filler/Betun					1.3			0.6-1.3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				15.7	15.6	15.6	<b>15.7</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				58.2	58.6	58.6	<b>58.5</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				13.4	12.9	14.2	<b>13.5</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1471	1467	1438		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.02	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27*28				1530	1496	1496	<b>1507</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				4567	4639	4214	<b>4473</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

**Tabla 27. Ensayo Marshall (5.5 % C.A)**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	9.7
ESPECIFICACIONES	100	80-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA Nº					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1202.0	1204.0	1206.5		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1203.5	1205.6	1207.8		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				702.0	701.0	701.3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				501.5	504.6	506.5		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.397	2.386	2.382	<b>2.388</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.5	4.9	5.1	<b>4.8</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.3			0.6-1.3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				15.0	15.4	15.5	<b>15.3</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				69.9	67.9	67.1	<b>68.3</b>	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				13.9	14.5	14.2	<b>14.2</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1286	1489	1356		
28	Factor de estabilidad				1.02	1.04	1.03		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1312	1549	1397	<b>1419</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3775	4272	3934	<b>3994</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB.

**Tabla 28.** Ensayo Marshall (6 % C.A).

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200
∅ PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.2	40.8	19.0	14.9	9.7
ESPECIFICACIONES	100	80-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA Nº					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.15			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.91			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0.94			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1189.6	1187.4	1190.2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1190.4	1188.4	1191.4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				689.0	690.0	687.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				501.4	498.4	504.4		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.373	2.382	2.360	<b>2.372</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Pico (ASTM D 2041)					2.484			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.5	4.1	5.0	<b>4.5</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.735			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0.99			
22	% de Asfalto Efectivo					5.07			
23	Relacion Filler/Betun					15			0.6-1.3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				16.3	15.9	16.7	<b>16.3</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				72.4	74.2	70.0	<b>72.2</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				16.0	15.0	15.0	<b>15.3</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1244	1288	1387		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1294	1340	1442	<b>1359</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3234	3572	3847	<b>3551</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB



➤ **Determinación del óptimo cemento asfáltico**

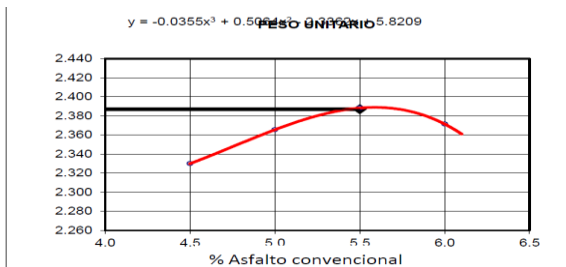
**Tabla 29.** Datos de las proporciones

DATOS DE LAS PROPORCIONES				
% C.A.	4.5	5	5.5	6
P.U. BRIQUETA	2.330	2.366	2.388	2.372
VACIOS	8	6.5	4.8	4.5
V.M.A.	16.1	15.7	15	16.3
V.F.A.	50.6	58.5	68.3	72.2
FILLER / BETUN.	1	1.3	1.3	1.5
FLUJO	12.3	13.5	14	15.3
ESTABILIDAD	1561.7	1507.3	1419	1359

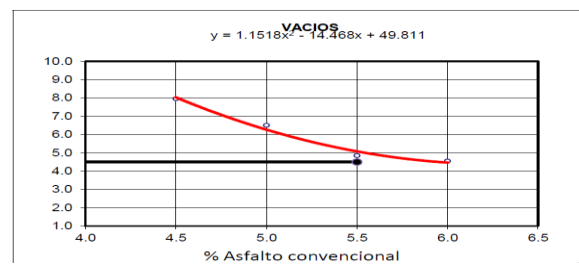
Fuente: Elaboración Propia.

Se realizaron los gráficos para conseguir el contenido óptimo de cemento asfáltico.

*Figura 05.* Grafica de peso unitario.



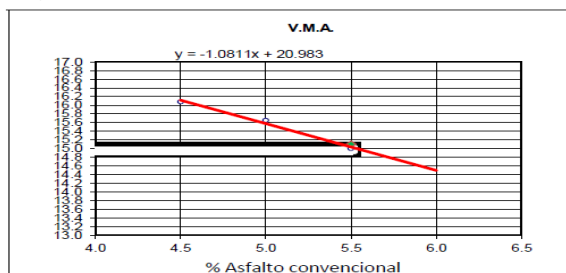
*Figura 06.* Grafica de % de vacíos.



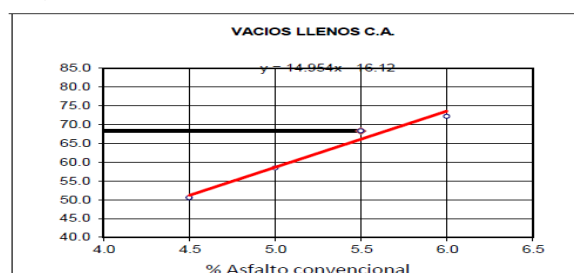
Fuente: Elaboración Propia.

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 07.* Grafica de V.M.A.



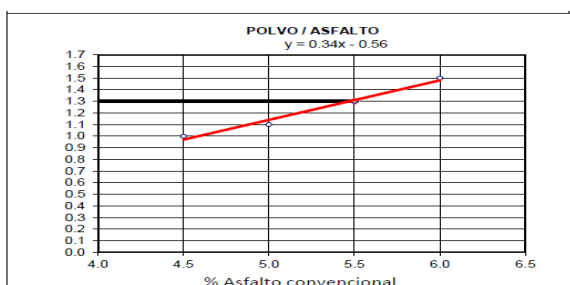
*Figura 08.* Grafica de vacíos llenos C.A.



Fuente: Elaboración Propia.

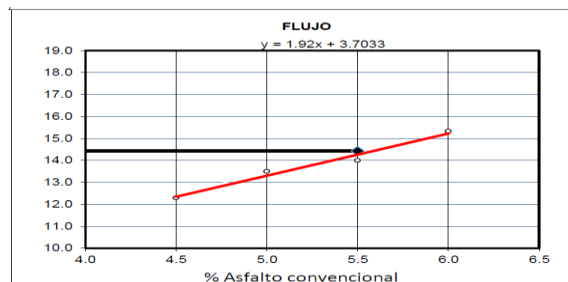
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 09. Grafica de polvo/asfalto.



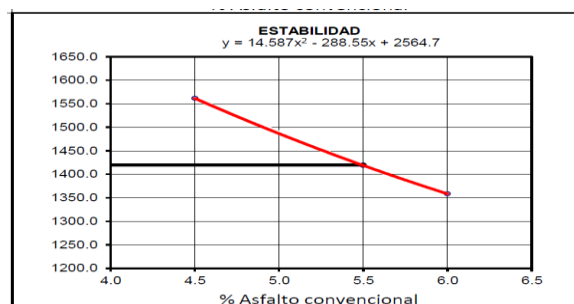
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 10. Grafica de flujo.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 11. Grafica de estabilidad.



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 30. Características Marshall.

CARACTERISTICAS	DATOS OBTENIDOS	ESPECIFICACION
CONTENIDO OPTIMO DE C.A. (%)	5.5	NA
PESO UNITARIO	2.387	NA
VACIOS DE AIRE EN (%)	4.5	3 a 5
VACIOS EN AGREGADO MINERAL V.M.A. EN (%)	15.1	15 MIN
VACIOS OCUPADOS POR EL ASFALTO V.F.A. EN (%)	68.3	NA
POLVO/ ASFALTO	1.3	0.6 a 1.3
ESTABILIDAD MARSHALL (KG)	1420	830 MIN
FLUENCIA (0.25mm)	14	8 a 14

Fuente: Elaboración Propia.

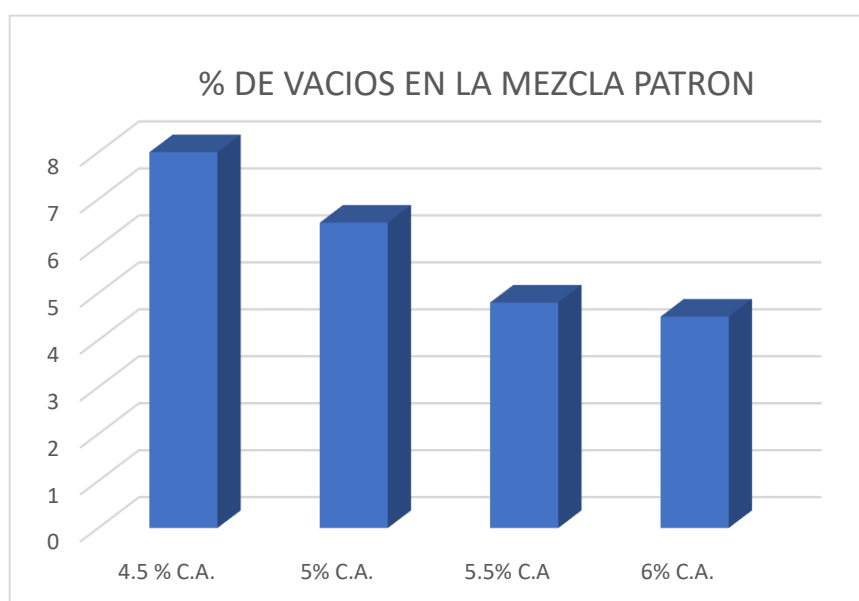
➤ **Resultados de porcentajes de vacíos en mezcla patrón.**

**Tabla 31.** Resultados de porcentajes de vacíos.

CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO	% DE VACIOS
4.5%	8
5%	6.5
5.5%	4.8
6%	4.5

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 12.* Gráfico % de vacíos en el asfalto - patrón



Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - El gráfico que anuncia el porcentaje de vacíos indica la relación para cada proyecto constituido, en distintos porcentajes de C.A.: 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Notamos que en una proporción de cemento bituminoso de 4.5%, la mezcla posee una relación de vacíos de 8%, siguiendo con cemento bituminoso de 5% hallamos que la mezcla nos brinda una relación de vacíos de 6.5%, con 5.5% de CA confirmamos que la mezcla bituminosa alcanza un porcentaje de poros de 4.8%, en 6% de CA. Asimismo, la mezcla bituminosa adquiere una relación de vacíos de 4.5%. Por último, el cemento asfáltico óptimo es al 5.5%, el asfalto patrón goza de una capacidad de vacíos del 4.8%.

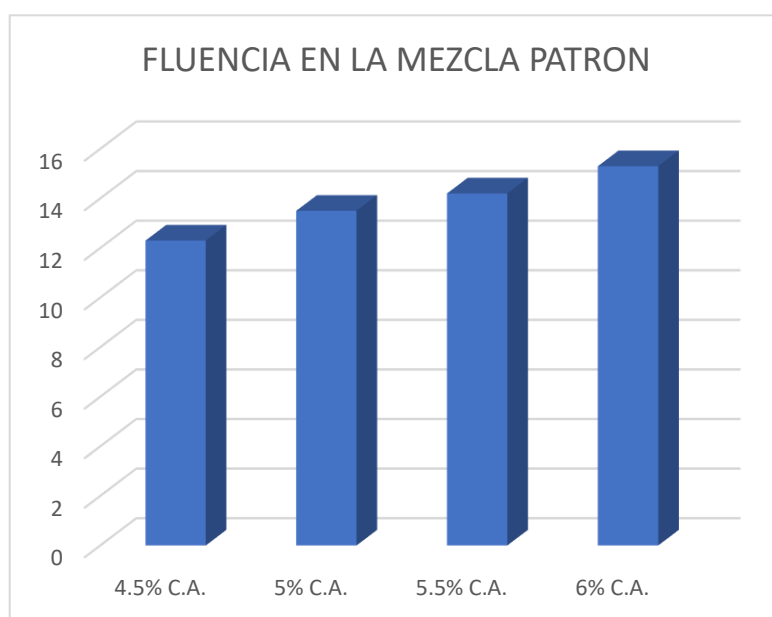
➤ Resultado de flujo en la mezcla patrón.

**Tabla 32.** Resultados de flujo patrón.

CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO	FLUENCIA
4.5%	12.3
5%	13.5
5.5%	14.2
6%	15.3

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 13.* Gráfico de fluencia en el asfalto - patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** – La tabla comparativa revela la estimación de fluencia por cada boceto constituido, en distintas proporciones de CA: 4,5%, 5%, 5.5% y 6%. Logramos apreciar que al 4.5% de cemento bituminoso, la mezcla asfáltica otorga 12.3 de fluencia, siguiendo con el 5% de cemento asfáltico encontramos una fluctuación de 13.5 en mezcla bituminosa y examinamos la fluencia de la mezcla asfáltica al 5.5% de C.A., la cual fue de 14.2 y al 6% en C.A., la fluencia de la mezcla asfáltica otorga un producto 15.3. Por último, el cemento bituminoso con 5.5 % brindó una estimación de 14.2 en nuestra mezcla patrón.

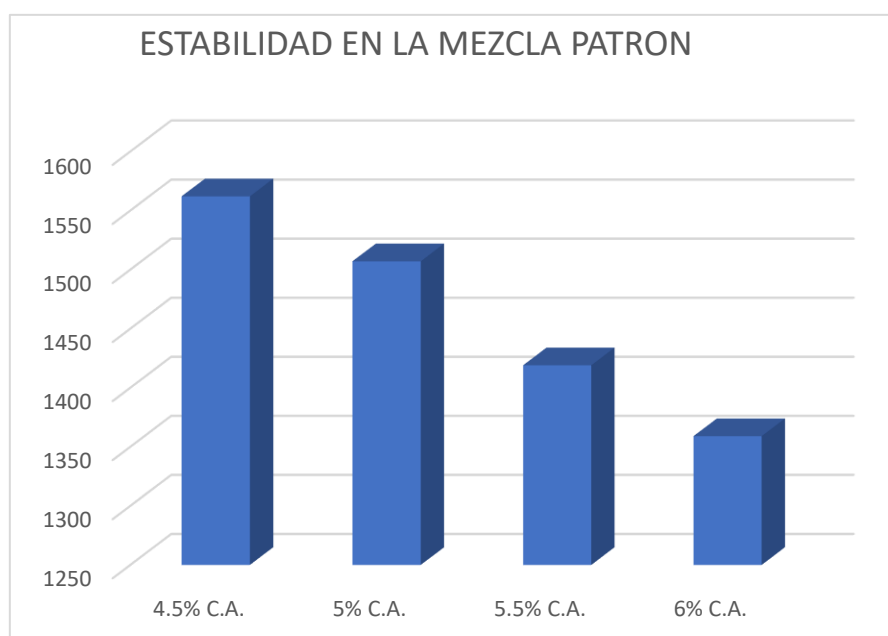
➤ Resultado de estabilidad en la mezcla patrón.

**Tabla 33.** Resultados de estabilidad en la mezcla patrón.

CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO	ESTABILIDAD EN KG
4.5%	1562
5%	1507
5.5%	1419
6%	1359

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 14.* Esquema de estabilidad en el asfalto - patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** - Los esquemas de semejanza pertinentes exhiben la firmeza de cada proyecto compuesto en diferentes tasas proporciones de CA: 4.5%, 5%, 5.5% y 6%. Podemos ver que con 4.5% de cemento asfáltico, la mezcla asfáltica consiguió una estabilidad de 1562 kg, siguiendo con 5% de cemento asfáltico descubrimos que la mezcla asfáltica brindó 1507 kg de estabilidad, con 5.5% CA se verificó que el asfalto logró una estabilidad de 1419 kg, y al 6% CA, la estabilidad de la mezcla bituminosa logra 1359 kg. Por último, con 5.5% de cemento asfáltico, La estabilidad de la muestra estándar es de 1419 kg. Lo cual lo convierte en el mejor.

## Objetivos

Objetivo General. Determinar la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall.

Objetivo Especifico 1. Establecer el porcentaje óptimo adicionando 0.5%, 1.2% y 1.8 % de Caucho reusado y polietileno al 1% ,2.5% y 3% que se debe incorporar al concreto asfáltico para lograr una resistencia ideal de los parámetros del diseño Marshall.

- Diseño Marshall para la estabilidad con caucho reciclado

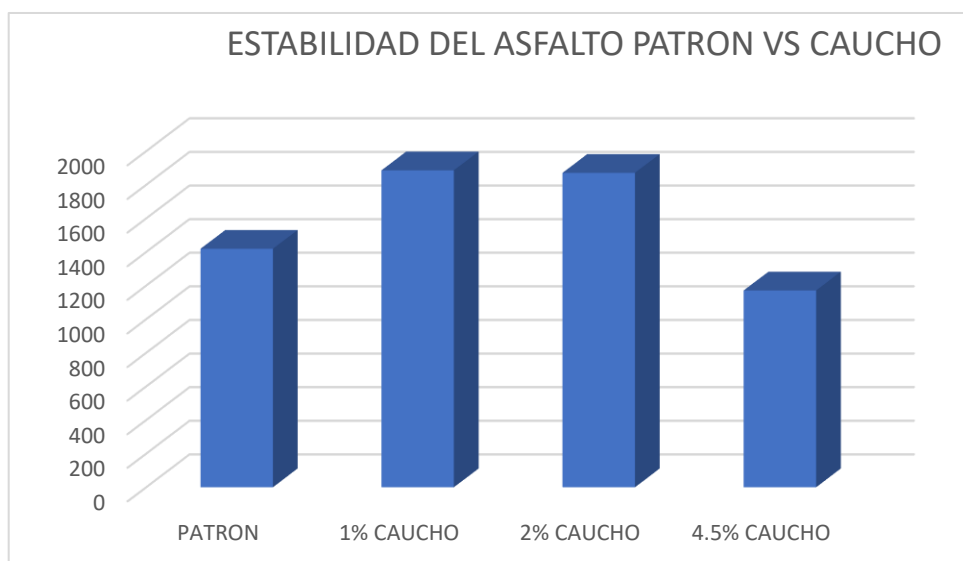
En que se basa el ensayo: Encontrar la estabilidad ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1.5% de caucho b) PATRON+2% de caucho c) PATRON+4.5% de caucho y detectar si el caucho reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la estabilidad.

**Tabla 34.** Resultados de estabilidad en la mezcla con caucho reciclado.

DESCRIPCION	ESTABILIDAD
Patrón	1419
1% caucho	1886
2% caucho	1871
4.5% caucho	1171

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 15.* Gráfico de estabilidad en el asfalto con caucho reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** - En este caso, se realizó una prueba de Marshall para determinar la estabilidad, incluyendo porcentajes variables de caucho reciclado, alcanzando inicialmente una estabilidad de 1419 kg en nuestra muestra de betún patrón, sin embargo, cuando se agregó 1.0% de caucho reciclado, arrojó una estabilidad de 1886 kg., con un 2% de caucho reciclado dio 1871 kg de estabilidad, y cuando se implementó 4.5% de caucho reciclado dio como resultado 1171 kg de estabilidad, lo que demuestra que la adición de 1.% y 2% de caucho reciclado aumentó la estabilidad a 1886 kg y 1871 kg respectivamente con respecto a la mezcla convencional, que dio como resultado un valor de 1419 kg, que en realidad está dentro de los parámetros de diseño ya que indica que la estabilidad debe ser de al menos 830 kg.

- Diseño Marshall para estabilidad con polietileno reciclado.

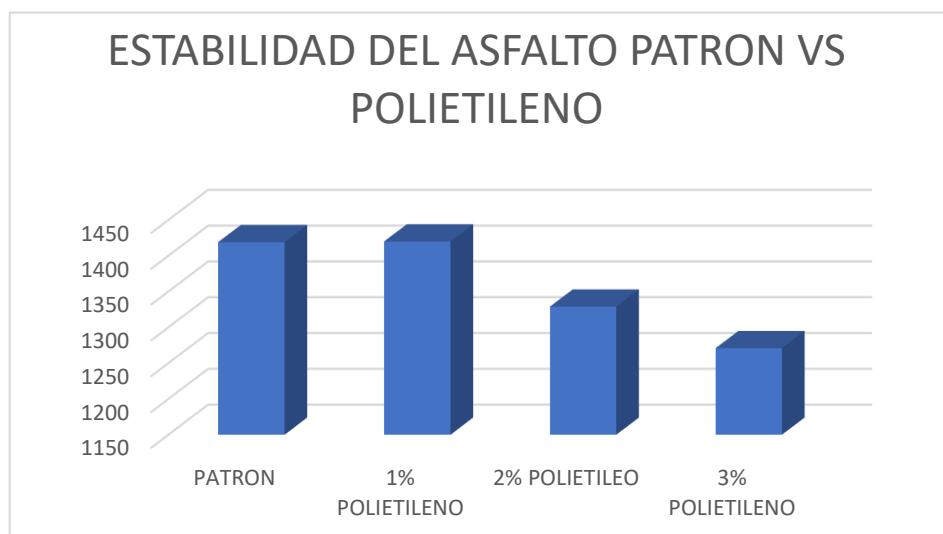
En que se basa el ensayo: Encontrar la estabilidad ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1% de polietileno b) PATRON+2% de polietileno c) PATRON+3% de polietileno y detectar si el polietileno reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la estabilidad.

**Tabla 35.** Resultados de estabilidad en la mezcla con polietileno reciclado.

DESCRIPCION	ESTABILIDAD
Patrón	1419
1% polietileno	1420
2% polietileno	1329
3% polietileno	1271

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 16. Gráfico de estabilidad en el asfalto con polietileno reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** - En este caso, se realizó una prueba de Marshall para determinar la estabilidad, incluyendo porcentajes variables de polietileno reciclado, alcanzando inicialmente una estabilidad de 1419 kg en nuestra muestra de betún patrón, sin embargo, cuando se agregó 1.0% de polietileno reciclado, arrojó una estabilidad de 1420 kg., con un 2% de polietileno reciclado dio 1329 kg de estabilidad, y cuando se implementó 3% de polietileno reciclado dio como resultado 1271 kg de estabilidad, lo que demuestra que la adición de polietileno reciclado aumento la estabilidad a 1420kg con respecto a la mezcla convencional, que dio como resultado un valor de 1419 kg, que en realidad está dentro de los parámetros de diseño ya que indica que la estabilidad debe ser de al menos 830 kg.

Objetivo Especifico 2. Evaluar el efecto del concreto asfáltico al incorporar caucho reciclado y polietileno en el flujo Marshall.

➤ Diseño Marshall para la fluencia con caucho reciclado.

En que se basa el ensayo: Encontrar la fluencia ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1% de caucho, b) PATRON+2% de caucho y c) PATRON+4.5% de caucho y detectar si el caucho reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la fluencia.

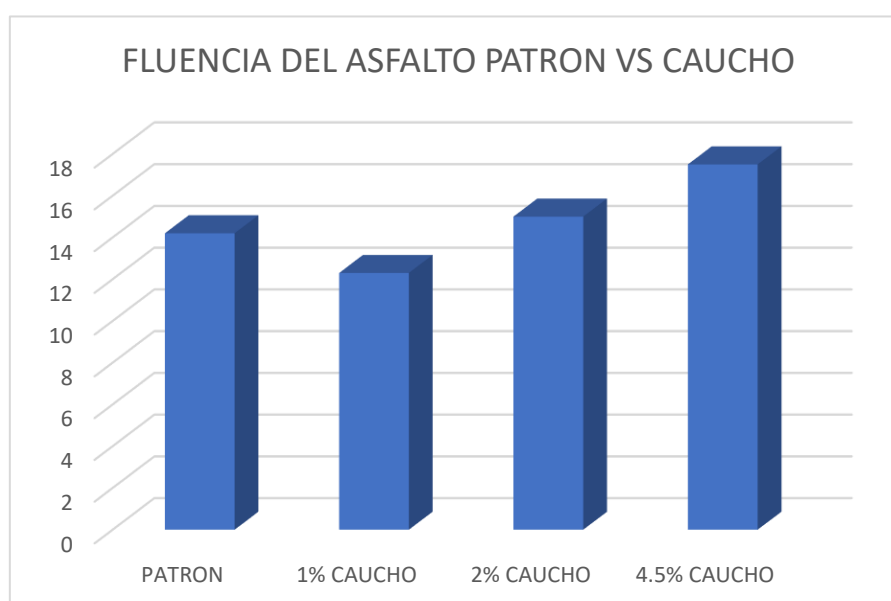


**Tabla 36.** Resultados de fluencia en la mezcla con caucho reciclado.

DESCRIPCION	FLUJO
Patrón	14.2
1% caucho	12.3
2% caucho	15
4.5% caucho	17.5

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 17.* Gráfico de fluencia en el asfalto con caucho reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se ejecuto este ensayo bajo los indicadores del diseño Marshall para detectar la fluencia, al colocar distintas porciones de caucho reciclado, en primera instancia muestra de asfalto patrón nos dio un valor de 14.2 (0.25 mm) de fluencia, sin embargo, al incorporar 1.0% de caucho reciclado nos arrojó un valor de 12.3(0.25 mm) de fluencia, con un 2.0% de caucho reciclado arrojó un valor de 15 (0.25mm) de fluencia y al incorporar el 4.5% de caucho reciclado nos dio una fluencia de 17.5 (0.25 mm), dando con el resultado que al incorporar caucho reciclado, la fluencia disminuye al 1% de caucho reciclado, la cual está dentro de los indicadores donde nos dice que debe estar entre 8 y 14, con excepción de la muestra con 2% y 4.5% de caucho reciclado, el cual sobrepasa el límite de fluencia.

➤ Diseño Marshall para la fluencia con polietileno reciclado.

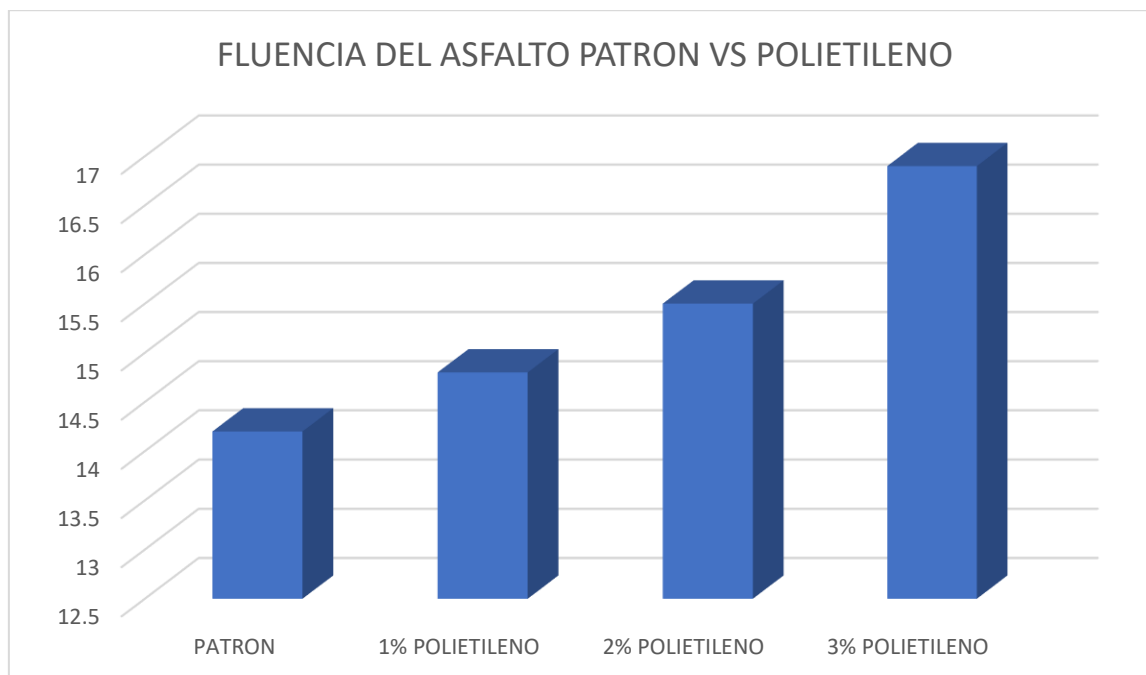
En que se basa el ensayo: Encontrar la fluencia ejecutando el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1% de polietileno, b) PATRON+2% de polietileno y c) PATRON+3% de polietileno y detectar si el polietileno reciclado aporta favorablemente a la capa asfáltica, cumpliendo los parámetros de la prueba Marshall en mezclas asfálticas respecto a la fluencia.

**Tabla 37.** Resultados de fluencia en la mezcla con polietileno reciclado.

DESCRIPCION	FLUJO
Patrón	14.2
1% polietileno	14.8
2% polietileno	15.5
3% polietileno	16.9

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 18.* Gráfico de fluencia en el asfalto con polietileno reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se ejecuto este ensayo bajo los indicadores del diseño Marshall para detectar la fluencia, al colocar distintas porciones de polietileno reciclado, en primera instancia muestra de asfalto patrón nos dio un valor de 14.2 (0.25 mm) de fluencia, sin embargo, al incorporar 1.0% de polietileno reciclado nos arrojó un valor de 14.8(0.25 mm) de fluencia, con un 2.0% de polietileno reciclado arrojó un valor de 15.5 (0.25mm) de fluencia y al incorporar el 3% de polietileno reciclado nos dio una fluencia de 16.9 (0.25 mm), dando con el resultado que al incorporar caucho reciclado, la fluencia aumento la cual no está dentro de los indicadores donde nos dice que debe estar entre 8 y 14.

Objetivo Especifico 3. Demostrar la influencia de la agregación de caucho reusado y polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico.

➤ Diseño Marshall para el % de vacíos con caucho reciclado.

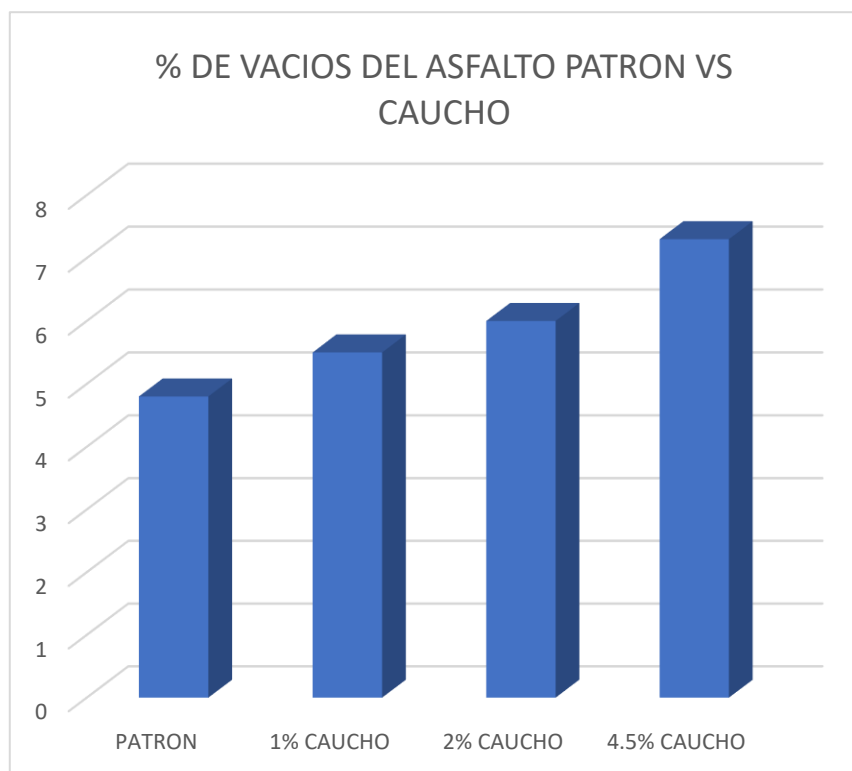
Este ensayo sirve para: Encontrar el porcentaje de vacíos mediante el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1.0% de caucho, b) PATRON+2.0% de caucho y c) PATRON+4.50% de caucho y identificar si el caucho reciclado afecta de manera positiva la composición asfáltica, cumpliendo los indicadores del diseño Marshall.

**Tabla 38.** Resultados del % vacíos en la mezcla con caucho reciclado.

DESCRIPCION	% DE VACIOS
Patrón	4.8
1% caucho	5.3
2% caucho	5.8
4.5% caucho	6.9

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 19. Gráfico de % vacíos en el asfalto con caucho reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizó el ensayo bajo los indicadores de Marshall para obtener los porcentajes de vacíos, de las variaciones de caucho reciclado, obteniendo inicialmente un 4.8 % de vacíos en nuestras briquetas patrón, sin embargo, al combinar 1.0 % de caucho reciclado, se obtuvo 5.5% de vacíos y 2.0% de caucho reciclado, resultó 6% de porosidad, al hacer 4.5% de caucho reciclado, se obtuvo 7.3% de porosidad, Por ello podemos indicar que no cumple con los indicadores de diseño en la composición asfáltica ya que la norma indica que debe estar entre el 3% y el 5%.

➤ Diseño Marshall para el % de vacíos con polietileno reciclado.

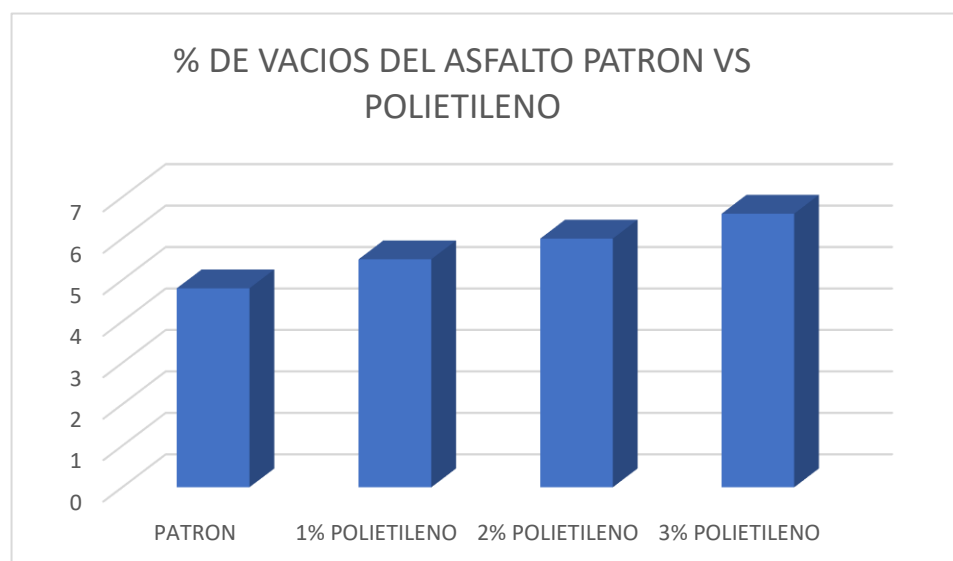
Este ensayo sirve para: Encontrar el porcentaje de vacíos mediante el método de Marshall, para los siguientes casos a) PATRON+1.0% de polietileno, b) PATRON+2.0% de polietileno y c) PATRON+3% de polietileno e identificar si el polietileno reciclado afecta de manera positiva la composición asfáltica, cumpliendo los indicadores del diseño Marshall

**Tabla 39.** Resultados del % vacíos en la mezcla con polietileno reciclado.

DESCRIPCION	% DE VACIOS
Patrón	4.8
1% polietileno	5.5
2% polietileno	6
3% polietileno	6.6

Fuente: Elaboración Propia.

*Figura 20.* Gráfico de % vacíos en el asfalto con polietileno reciclado y patrón.



Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** Se realizó el ensayo bajo los indicadores de Marshall para obtener los porcentajes de vacíos, de las variaciones de polietileno reciclado, obteniendo inicialmente un 4.8 % de vacíos en nuestras briquetas patrón, sin embargo, al combinar 1.0 % de polietileno reciclado, se obtuvo 5.5% de vacíos y 2.0% de polietileno reciclado, resultó 6% de porosidad, al hacer 3% de polietileno reciclado, se obtuvo 6.6% de porosidad, Por ello podemos indicar que no cumple con los indicadores de diseño en la composición asfáltica ya que la norma indica que debe estar entre el 3% y el 5%.

**Tabla 40. Ensayo Marshall (1% caucho).**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.67			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1205.3	1202.3	1204.1		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1206.3	1204.5	1206.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				699.7	697.9	699.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506.6	506.6	507.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.379	2.373	2.374	<b>2.376</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5.2	5.4	5.4	<b>5.3</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6 - 1.3
24	V.M.A. (vacíos en el agregado mineral)				15.6	15.8	15.8	<b>15.7</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				66.6	65.6	65.8	<b>66.0</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				13.0	11.0	13.0	<b>12.3</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				2058	2012	2123		
28	Factor de estabilidad				0.89	0.92	0.93		
29	Estabilidad Corregida 27° 28				1832	1851	1974	<b>1886</b>	MIN 8/15
30	Estabilidad/ Flujo				5636	6731	6075	<b>6147</b>	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB

**Tabla 41. Ensayo Marshall (2% caucho).**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N° 4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N° 4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueleta cm					6.70			
12	Peso de la briqueleta al aire (gr)				1198.2	1190.5	1196.3		
13	Peso de la briqueleta al agua por 60' (gr)				1201.4	1193.1	1199.4		
14	Peso de la briqueleta desplazada (gr)				694.0	691.2	692.3		
15	Volumen de la briqueleta por desplazamiento (cc) = (13-14)				507.4	501.9	507.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueleta = (12/15)				2.361	2.372	2.359	<b>2.364</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				5.9	5.5	6.0	<b>5.8</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6 - 1.3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				16.2	15.9	16.3	<b>16.1</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				63.6	65.4	63.2	<b>64.0</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				15.0	16.0	14.0	<b>15.0</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				2180	1825	2002		
28	Factor de estabilidad				0.88	0.99	0.94		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1918	1807	1888	<b>1871</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				5116	4517	5394	<b>5009</b>	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB

**Tabla 42. Ensayo Marshall (4.5% caucho).**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	90 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N° 4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N° 4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briketa cm					6.80			
12	Peso de la briketa al aire (gr)				1193.6	1194.5	1197.8		
13	Peso de la briketa al agua por 60' (gr)				1197.2	1197.5	1201.3		
14	Peso de la briketa desplazada (gr)				685.7	686.1	689.1		
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				511.5	511.4	512.2		
16	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.334	2.336	2.339	<b>2.336</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				7.0	6.9	6.8	<b>6.9</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6 - 1.3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				17.2	17.2	17.1	<b>17.1</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				59.2	59.5	60.0	<b>59.6</b>	
26	Flujo 0,01" (0,25 mm)				16.9	17.6	18.0	<b>17.5</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1152	1202	1218		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.97	1.02		
29	Estabilidad Corregida 27' - 28				1106	1166	1242	<b>1171</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2617	2651	2760	<b>2676</b>	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB



**Tabla 43. Ensayo Marshall (1% polietileno)**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N° 4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N° 4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1192.3	1194.5	1196.3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60'(gr)				1194.2	1196.5	1198.7		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691.9	693.1	694.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				502.3	503.4	504.7		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.374	2.373	2.370	<b>2.372</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100/17$ (ASTM D 3203)				5.4	5.5	5.6	<b>5.5</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.8	15.8	15.9	<b>15.9</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				65.7	65.5	65.1	<b>65.4</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				15.2	15.0	14.2	<b>14.8</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1524	1389	1466		
28	Factor de estabilidad				0.96	1.00	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27° 28				1463	1389	1407	<b>1420</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3850	3704	3964	<b>3839</b>	1700 - 4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB

**Tabla 44. Ensayo Marshall (2% polietileno).**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	80-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N 4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N 4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N 4" (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N 4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N 4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N 4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.20			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1202.3	1204.2	1198.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1205.3	1207.0	1201.3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				695.2	696.5	693.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				510.1	510.5	507.8		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.357	2.359	2.360	<b>2.359</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				6.1	6.0	6.0	<b>6.0</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6-1.3
24	V.M.A.				16.4	16.3	16.3	<b>16.3</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				62.8	63.1	63.4	<b>63.1</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				15.2	15.4	15.9	<b>15.5</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1324	1378	1450		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1271	1323	1392	<b>1329</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3345	3436	3502	<b>3428</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB

**Tabla 45. Ensayo Marshall (3% polietileno).**

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100.0	100.0	87.0	73.4	58.3	40.8	19.0	14.9	3.2
ESPECIFICACIONES	100	80-100	67-85	60-77	43-61	29-45	14-25	8-17	4-8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.50			
2	% Grava > N° 4 en peso de la Mezcla					39.36			
3	% Arena < N° 4 en peso de la Mezcla					54.19			
4	% Cemento portland en peso de la Mezcla					0.95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.020			
6	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Bulk) gr/cc					2.705			
7	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Bulk) gr/cc					2.629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3.110			
9	Peso Especifico de la Grava > N° 4 (Aparente) gr/cc					2.750			
10	Peso Especifico de la Arena < N° 4 (Aparente) gr/cc					2.683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6.30			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1197.8	1202.3	1204.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1200.2	1204.5	1207.6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				689.0	691.9	694.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				511.2	512.6	513.1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.343	2.345	2.348	<b>2.345</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				6.6	6.6	6.5	<b>6.6</b>	3-5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.10			
22	% de Asfalto Efectivo					4.46			
23	Relacion Filler/Betun					1.39			0.6-1.3
24	V.M.A.				15.3	15.4	15.8	<b>15.5</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				56.6	57.5	59.1	<b>57.7</b>	
26	Flujo 0.075(0.25 mm)				16.7	17.2	16.9	<b>16.9</b>	8-14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1232	1245	1189		
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27' 28				1261	1295	1237	<b>1271</b>	MIN 615
30	Estabilidad / Flujo				3069	3011	2927	<b>3002</b>	1700-4000

Fuente: Laboratorio TECNILAB

**Tabla 46.** Requisitos para mezcla bituminosa en caliente.

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<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	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
<b>Inmersión – Compresión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Min.		

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

**Tabla 47.** Vacíos mínimos en el Agregado Mineral.

Tamiz	Vacíos mínimos en agregado mineral %	
	Marshall	Superpave
2,36 mm (N.º 8)	21	-
4,75 mm (N.º 4)	18	-
9,50 mm (3/8")	16	15
12,5 mm (½")	15	14
19,0 mm (3/4")	14	13
25,0 mm (1")	13	12
37,5 mm (1 ½")	12	11
50,0 mm (2")	11,5	10,5

Fuente: Manual de Carreteras (EG-2013)

**Tabla 48:** Características de Marshall modificado con caucho reciclado.

Parámetros de diseño					Especificación EG 2013
CAUCHO RECICLADO	%	1.00%	2.00%	4.50%	
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.45	5.45	5.45	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2.376	2.364	2.336	
VACIOS	%	5.3	5.8	6.9	3 - 5
V.M.A.	%	15.7	16.1	17.1	14
V. LL.C.A.	%	66.0	64.0	59.6	
POLVO/ASFALTO	%	1.4	1.4	1.4	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	12.3	15.0	17.5	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1885.7	1871.0	1171.4	8,15
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	6115.7	4989.4	2677.5	1700 - 4000

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 49:** Características de Marshall modificado con polietileno reciclado.

Parámetros de diseño					Especificación EG 2013
POLIETILENO	%	1.0	2.0	3.0	
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.50	5.50	5.50	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2.372	2.359	2.345	
VACIOS	%	5.5	6.0	6.6	3 - 5
V.M.A.	%	15.9	16.3	15.5	14
V. LL.C.A.	%	65.4	63.1	57.7	
POLVO / ASFALTO	%	1.4	1.4	1.4	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	14.8	15.5	16.9	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1419.8	1328.6	1270.9	8,15
ESTABILIDAD/FLUJO	kg/cm	3837.3	3428.7	3002.1	1700 - 4000

Fuente: Elaboración Propia.

## V. DISCUSIÓN

**Objetivo 1:** Establecer el porcentaje óptimo adicionando 1%, 2% y 4.5% de Caucho reusado y polietileno al 1%, 2% y 3% que se debe incorporar al concreto asfáltico para lograr una resistencia ideal de los parámetros del diseño Marshall.

Antecedente: **Salazar, S. (2019)** en su investigación agregó residuos de llantas recicladas, obteniendo mejoras de manera positiva en la resistencia de la composición asfáltica para una pavimentación flexible al incorporar 4.5% mejoró su resistencia en la estabilidad, aumentando de 2147kg a 2254kg.

Resultados: Al iniciar la investigación y en base a los estudios del ensayo en la prueba Marshall, la estabilidad óptima de la mezcla asfáltica Patrón o estándar con un 5.5% de CA tuvo como resultado 1419gr y en cuanto se incorporaba en forma aumentativa el caucho reciclado desde un 1% (1885.7kg), 2% (1871 kg) y 4.5% (1171.4 kg) aumentó también la estabilidad, siendo su mejor resultado el de 1% el cual lo aumentó hasta un 1885.7 kg.

Comparación: Según los antecedentes, la mayoría de caucho reciclados, obtenidos de residuos de llantas recicladas, aumentan la resistencia en cuanto a estabilidad, cuando disminuimos los porcentajes de caucho reciclado a la incorporación en la mezcla asfáltica en caliente del pavimento flexible; esto está demostrado en nuestra investigación, al disminuir las dosificaciones de caucho reciclado de la mezcla asfáltica, ayuda también a aumentar la resistencia de estabilidad, siendo muy parecidos al antecedente.

### POLIETILENO

Antecedente: **Herrera, F. (2019)** en su investigación agregó residuos de polietileno recicladas con plástico PET, obteniendo mejoras de manera positiva aumentando la resistencia de la composición asfáltica para una pavimentación flexible en la dosificación de 2.5%, obteniendo 774kg de estabilidad corregida.

Resultados: Al iniciar la investigación y en base a los estudios del ensayo en la prueba Marshall, la estabilidad óptima de la mezcla asfáltica Patrón o estándar tuvo como resultado 1419gr y en cuanto se incorporaba en forma aumentativa el polietileno desde un 1% (1419.8kg), 2% (1328.6 kg) y 4.5% (1270.9 kg) aumentó también la estabilidad, siendo su mejor resultado el de 1% el cual lo aumentó hasta un 1419.8 kg.

Comparación: Según los antecedentes, en su mayoría el polietileno reciclados, obtenidos de tubos de gas, aumentan la resistencia en cuanto a estabilidad, cuando disminuimos los porcentajes de caucho reciclado a la incorporación en la mezcla asfáltica en caliente del pavimento flexible; esto está demostrado en nuestra investigación, al disminuir las dosificaciones de polietileno reciclado de la mezcla asfáltica, ayuda también a aumentar la resistencia de estabilidad, siendo muy parecidos al antecedente.

**Objetivo 2:** Evaluar el efecto del concreto asfáltico al incorporar caucho reciclado y polietileno en el flujo Marshall.

Antecedente **Farfán, D. y Romero, Z. (2019)** en su investigación agregó porcentajes de residuos de neumáticos reciclados de manera granular, obteniendo mejoras en la fluidez de la mezcla asfáltica al disminuir el porcentaje de caucho reciclado 4.5% a 1.5%.

Resultados: en nuestra presente investigación, la mezcla asfáltica patrón presenta una fluidez de 14.2 (0.25 mm) sin embargo, al añadir caucho reciclado en 1% (12.3 o 0.25mm), 2% (15 o 0.25mm) y 4.5% (17.5 o 0.25mm) estos se reducen, siendo el mejor al incorporar 1% con 12.3 (0.25mm), ya que todavía se mantiene en el índice de fluidez entre el 8% y 14%, al disminuir de 17.5, en comparación de las demás dosificaciones.

Comparación: con los residuos de neumáticos reciclados de manera granular se obtuvieron resultados similares al antecedente, al reducirse el porcentaje caucho reciclado para la fluidez. Por medio de los ensayos de prueba Marshall, se afirma que la fluencia con las dosificaciones de caucho reciclado de los neumáticos reciclados de manera granular en la mezcla asfáltica es auténtica y eficaz, ya que disminuyó la fluencia satisfactoriamente a los límites de fluencia óptimos.

## POLIETILENO

Antecedente: **Farfán, D. y Romero, Z. (2019)** en su investigación agregó porcentajes de residuos de neumáticos reciclados de manera granular, obteniendo mejoras en la fluidez de la mezcla asfáltica al disminuir el porcentaje de caucho reciclado 4.5% a 1.5%.

Resultados: en nuestra presente investigación, la mezcla asfáltica patrón presenta una fluidez de 14.2 (0.25 mm) sin embargo, al añadir caucho reciclado en 1% (14.8 o 0.25mm), 2% (15.5 o 0.25mm) y 4.5% (16.9 o 0.25mm) la fluencia aumenta, por lo que las dosificaciones no cumplen con los parámetros de diseño que señalan que debe de estar entre 8% y 14%.

Comparación: con los residuos de polietileno reciclado se obtuvieron resultados similares al antecedente, al reducirse el porcentaje caucho reciclado para la fluidez aumentó la fluidez. Por medio de los ensayos de prueba Marshall, se afirma que la fluencia con las dosificaciones de polietileno reciclado en la mezcla asfáltica no es autentica y no óptima, ya que la fluencia no estuvo dentro de los límites de fluencia que brindan la norma.

**Objetivo 3:** Demostrar la influencia de la agregación de caucho reusado y polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico.

Antecedente: Cárdenas (2017) en su investigación agregó diversos porcentajes (10%, 15%, 20%) de fibras de plástico PET directamente a una mezcla de concreto  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , obteniendo en sus ensayos de laboratorio la reducción de la resistencia a la compresión, los cuales oscilan desde 205 kg/cm<sup>2</sup> hasta 195 Kg/cm<sup>2</sup>

Resultados: Al realizarse los ensayos para el porcentaje de vacíos en el asfalto con caucho reciclado y patrón con el método Marshall, obtuvimos 4.8% de vacíos en muestras de betún. Sin embargo, al combinar 1.0 % de caucho reciclado (5.3%), 2% (5.8%) de porosidad, al hacer 4.5% (6.9%) de porosidad. Los porcentajes significan que no cumple con los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica porque se han incrementado y la norma indica que debe estar entre el 3% y el 5%.

Comparación: con las fibras de plástico PET de los antecedentes obtuvimos los resultados de manera favorable pues en todo momento se redujo la resistencia del ensayo a la compresión. Y en la presente investigación, tampoco se alcanzó la resistencia buscada, a pesar que se incrementaba la cantidad de fibra de bagazo de caña de azúcar, los resultados por el contrario continuaban descendiendo en forma rápida en la resistencia a la compresión.

### POLIETILENO RECICLADO

Antecedente: Canta y Vivas (2018) en su investigación agregó el 1% de Polietileno reciclado de fibras de plástico PET, obteniendo un porcentaje de vacíos de 5.76%,



los cuales no fueron óptimos ya que la porosidad solo puede variar de 3% a 5%. Resultados: Al realizarse los ensayos de prueba Marshall para porcentajes de vacíos, con polietileno reciclado, su resultado fue 4.8% de vacíos en nuestras muestras de betún y en la medida que se incorporó el polietileno reciclado en 1% (5.5%), 2% (6%) y 3% (6.6%), resultados que no están dentro de los límites que indican la norma de 3% a 5% por lo que ninguno es apropiado.

Comparación: con el polietileno reciclado de los antecedentes no se obtuvo los resultados favorables, pues en todo momento los porcentajes de vacíos salieron de los límites establecidos por la norma. Y en la presente investigación, tampoco se alcanzó el % de vacíos o porosidad deseada, a pesar que se incrementaba la cantidad de Polietileno reciclado, los resultados por el contrario continuaban fuera del margen para el ensayo de diseño Marshall en él % de vacíos de polietileno reciclado.

## VI. CONCLUSIONES

Determinar la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall.

Objetivo General. Se evaluó mediante el diseño Marshall que a las muestras de asfalto a la cual se le añadió caucho reciclado y polietileno reciclado tuvieron una influencia con respecto a su resistencia, flujo y % de vacíos a comparación de la mezcla patrón.

### 1) Estabilidad

Patrón = 1419KN, patron+1%caucho = 1885.7KN, patron+2%caucho = 1871KN, patron+4.5%caucho = 1171.4KN, patron+1%polietileno = 1419.8KN, patron+2%polietileno = 1328.6KN, patron+3%polietileno = 1270.9KN.

**Objetivo Específico 1.** Se estableció la dependencia del porcentaje de caucho reciclado y polietileno reciclado en los ensayos Marshall ya que influyo de manera positiva en el caucho reciclado en los porcentajes de 1% y 2% mientras que en el caso del polietileno influyo de manera negativa disminuyendo la resistencia. Por lo tanto, la influencia del caucho reciclado en la mejora de las resistencias.

### 2) Flujo

Patrón = 14.2, patron+1%caucho = 12.3, patron+2%caucho = 15, patron+4.5%caucho = 17.5, patron+1%polietileno = 14.8, patron+2%polietileno = 15.5, patron+3%polietileno = 16.9.

**Objetivo Específico 2,** Se estableció la dependencia del porcentaje de caucho reciclado y polietileno reciclado en los ensayos Marshall ya que influyó en la disminución del flujo pasando de 14.2 a 12.3 mediante la incorporación del 1% y aumentando el flujo de 14.2 a 15 mediante la incorporación del 1% y de 14.2 a 17.5 mediante la incorporación del 4.5% de caucho reciclado. Mientas que en el caso del polietileno en todos los casos aumenta el flujo. Por lo tanto, la influencia del caucho reciclado en la mejora del asfalto patrón está directamente relacionada con el 1% propuesto el cual queda comprobada.

### 3) Porcentaje de Vacíos

Patrón = 4.8%, patron+1%caucho = 5.3%, patron+2%caucho = 5.8%, patron+4.5%caucho = 6.9%, patron+1%polietileno = 5.5%, patron+2%polietileno = 6%, patron+3%polietileno = 6.6%.

**Objetivo Específico 3**, Se estableció la dependencia del porcentaje de caucho reciclado en el ensayo de porcentaje de vacíos en el asfalto, por motivo que en el diseño patrón salió 4.8% y aumentando a 6.9%. en la mezcla de asfalto incorporarle el 4.5% de caucho reciclado y a 6.6% incorporándole el 3% de polietileno; por lo tanto, la influencia del caucho reciclado y el polietileno es negativa, en los porcentajes propuestos, respecto al diseño patrón.

## VII RECOMENDACIONES

### ESTABILIDAD

Patrón = 1419KN, patron+1%caucho = 1885.7KN, patron+2%caucho = 1871KN, patron+4.5%caucho = 1171.4KN, patron+1%polietileno = 1419.8KN, patron+2%polietileno = 1328.6KN, patron+3%polietileno = 1270.9KN

Objetivo Específico 1, En la presente investigación al elegirse porcentajes de caucho reciclado que iban desde un 1% hasta un 2%, en todas ellas se logró un aumento de la estabilidad y en el caso de 4.5% de caucho tubo una disminución en la estabilidad en los casos de polietileno todos tuvieron una disminución en la estabilidad de las muestras; para continuar con una futura Investigación recomendamos no incrementar mayor al 2% en el caso del caucho reciclado y que el polietileno no es un material óptimo para añadir a la mezcla asfáltica, la inclusión de caucho reciclado si continúa mejorando el diseño patrón , hasta encontrar el valor tope.

### FLUJO

Patrón = 14.2, patron+1%caucho = 12.3, patron+2%caucho = 15, patron+4.5%caucho = 17.5, patron+1%polietileno = 14.8, patron+2%polietileno = 15.5, patron+3%polietileno = 16.9.

Objetivo Específico 2, En la presente investigación al elegirse porcentaje del Aditivo caucho reciclado al 1% se obtuvo un flujo que están dentro de los parámetros Marshall y en caso de los demás porcentajes de aditivo tanto en caucho reciclado y polietileno el flujo se elevó tanto que sobrepaso los parámetros de la normativa; por lo que, recomendamos emplear el caucho reciclado solo hasta un 1% o a lo mucho al 1.5% el cual estaría los resultados dentro de los parámetros del diseño Marshall.

### PORCENTAJE DE VACIOS

Patrón = 4.8%, patron+1%caucho = 5.3%, patron+2%caucho = 5.8%, patron+4.5%caucho = 6.9%, patron+1%polietileno = 5.5%, patron+2%polietileno = 6%, patron+3%polietileno = 6.6%.

Objetivo Específico 3, En la presente investigación al elegirse porcentajes del Aditivo tanto del caucho reciclado como el polietileno que iban desde un 1% hasta un 4.5%, en todas ellas se obtuvo el aumento del % de vacíos para continuar otra Investigación, recomendamos disminuir en cantidades menores al 1% del Aditivo caucho reciclado, hasta obtener el porcentaje óptimo de vacíos.

## REFERENCIAS

1. CARRIZALES, J. *Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015
2. SALAZAR, S. *Incorporación de Caucho Reciclado en las Mezclas Asfálticas para Mejorar Pavimentos Flexibles en la Ciudad de Lima, Perú 2019*. Lima: Universidad César Vallejo, 2019
3. BALLENA, C. *Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío*. Lima: Universidad Señor de Sipán, 2016
4. BURBANO, J. y SALAZAR, J. *Utilización de viruta de pvc en mezclas asfálticas en caliente*. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, 2019
5. VEGA, D. *Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico*. Ecuador: Universidad Técnica De Ambato, 2016
6. ORTIZ, B. *Mezclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017
7. RÀDER, A. *estudo da adição de resíduos de garrafas pet pósconsumo em misturas asfálticas à quente*. Brasil: Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul – UNIJUI, 2018
8. AIMACAÑA, J. *Comparative study of the compressive behavior of flexible asphalt pavements: conventional and with addition of recycled polymers*. Colombia: Universidad de los Andes, 2017
9. ROZY, F. *Pengaruh penggunaan plastik pvc terhadap kinerja campuran aspal beton (AC-WC)*. Indonesia: Universitas Mataram, 2019
10. RAQIQA,R., SHIFENG W., YONG Z., YUE L. y GUANGTAI Z. *Improving the aging resistance of SBS modified asphalt with the addition of highly reclaimed rubber*. China: Universidad de Xinjiang, 2017. vol. 145, pag.126. [consultado el 4

de diciembre de 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817306372>

67

11. CETIN, A. *Thermal Tuning of Surface Plasmon Polaritons Using Liquid Crystals*. 2015. vol. 1, pag.915. [consultado el 3 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/adom.201300303>

12. BEHL, A., SHARMA, G. y KUMAR, G. *A sustainable approach: Utilization of waste PVC in asphaltting of roads*. India: CSIR Central Road Research Institute. 2016. vol. 145, pag.113. [consultado el 5 de diciembre de 2021]. Disponible en: DOI:10.1016/j.conbuildmat.2013.12.050

13. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 313. ISBN 84-481-3998-4

14. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 313. ISBN 84-481-3998-4

15. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 313. ISBN 84-481-3998-4

16. TORRES, R. *Pruebas de desempeño en diferentes mezclas asfálticas*. México: Universidad Iberoamericana León, 2016, pag. 10.

17. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 321. ISBN 84-481-3998-4

18. Paul, C. *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*. Sanfandilla: Instituto Mexicano Del Transporte, 2004, pag. 22

19. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 326. ISBN 84-481-3998-4

20. DONAIRE, P. *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Argentina: Departamento De Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A., 2017, pag 60

21. SMITH, R. *Guía: Plásticos y fuego*. Europa: AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico., 2018, pag 80

22. Maurillo, A. *La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica, vol. 33, no 3, 2008, ISSN 0379-7 082, pag 159
23. Humberto, A. *Metodología de la Investigación*. Huancayo: Universidad Continental, 1ra edición, 2014, ISBN 978-612-4196-9, pag 327
24. DONAIRE, P. *Materiales y compuestos para la industria del neumático*. Argentina: Departamento De Ingeniería Mecánica F.I.U.B.A., 2017, pag 60  
68
25. SMITH, R. *Guía: Plásticos y fuego*. Europa: AIMPLAS Instituto Tecnológico del Plástico, 2018, pag 80
26. KRAEMER, C. *Ingeniería de carreteras Vol. II*. España: Mc Graw Hill/Interamericana de España S.A.U., 2004, pag. 313. ISBN 84-481-3998-4
27. CHAUDHURI, R. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. México: Colegio Mexicano, 2018, ISSN 0002-5151, pag 60
28. CHAUDHURI, R. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. México: Colegio Mexicano, 2018, ISSN 0002-5151, pag 60
29. HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ Y BATISTA. *Metodología de la investigación*. México: Colegio Mexicano, 6ta edición, 2014, ISBN: 978-1-4562-2396-0, pag 60
30. ASTM D6927-15, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures*. United States: ASTM International, 2015 [consultado el 1 de mayo de 2022]. Disponible en: doi:10.1520
31. AHMAD, N., HAROON, W., ABID, M. *Effect of air voids on permeability and durability of hot mix asphalt*. Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka, 2020, vol. 48, no 4
32. CHOUDHARY, R., KUMAR, A., MURKUTE, K. *Properties of waste polyethylene terephthalate (PET) modified asphalt mixes: dependence on PET size, PET content, and mixing process*. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 2018, vol. 62, no 3, pag.5. [consultado el 3 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3311/PPci.10797>



33. TRIPOLI, B. *The Effect of Using PVC as A Mixed Additive Material Asphalt Concrete Wearing Course*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021, pag. 8. [consultado el 29 de enero de 2022]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/17551315/832/1/012030/meta>
34. ADEKEYE, J y PAULINA A. *Applicability of sampling techniques in social sciences*. Net Journal of Social Sciences. 2019, vol. 7, pag.103. [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi: 10.30918/NJSS.74.19.028
35. HASSAN, S. *Islamic-Based research methodology for development studies*. ICIDS 2019, 10 September 2019, Bandar Lampung, Indonesia. 2019, pag. 2. 69 [consultado el 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: doi:10.4108/eai.10-9-2019.2289396
36. MODU, M. Utilization of waste polyvinyl chloride (PVC) for ultrafiltration membrane fabrication and its characterization. Journal of Environmental Chemical Engineering. 2020, ISSN 2213-3437 [consultado el 24 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343719307730>
37. HAICHUAN, J. *Effects of bamboo fiber on the mechanical properties of asphalt mixtures*. Construction and Building Materials. 2021, 289. ISSN 0950 0618 [consultado el 12 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061821009569>
38. JEGATHEESAN, N. *Effect of Polyethylene Terephthalate (PET) Fibres as Binder Additive in Hot Mix Asphalt Concrete*. Annual Sessions of IESL. The Institution of Engineers, Sri Lanka. 2018, pag. 179
39. UEST, G., NAMEY, E y MITCHELL, M . *Collecting Qualitative Data: A Field Manual for Applied Research*. United States: SAGE, 2013. ISBN 978-1-4129-8684-7, pag. 8
40. WEI, R. y ZIMMERMANN, W. *Biocatalysis as a green route for recycling the recalcitrant plastic polyethylene terephthalate*. Microbial Biotechnology. 2017, vol.10, n.6, pp. 1302-1307[consultado el 25 de abril de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12714>

41. Plastics Europe, 2020. *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Plastics - the Facts, 2020 [consultado el 18 de abril de 2022].

## ANEXOS

- Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables
- Anexo 2: Matriz de consistencia
- Anexo 3: Instrumento de recolección de datos  
(Fichas de Recolección de Datos)
- Anexo 4: Fichas de Resultados de Laboratorio  
(Certificados)  
A1 = 1 Ensayo de Marshall – Mezcla Convencional.  
B1 = 1 Ensayo de Marshall – Caucho y polietileno.  
C1 = 1 Ensayos de agregado grueso.  
C2 = 1 Ensayos de agregado fino.  
C3 = 1 Certificado de calibración.
- • Anexo 5: Panel fotográfico
- • Anexo 6: Foto captura %Turnitin

**ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.**

TITULO: Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima 2022

AUTORES: Chávez Chávez, Elvis Erikc  
Zavala Cardozo, Bryan Ivan

Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima- 2022								
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACION	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA		
V. INDEPENDIENTE	Caucho reciclado	Cervera (2016), explica que "La utilización y el procedimiento del caucho es beneficioso en su reciclado para aquellos lugares donde aplican normativas ambientales" (p.30).	Se determinará por medio de sus Dimensiones e Indicadores.	dosificacion	1%	RAZON	Tipo de investigación: <b>APLICADA</b>	
					2%			
					4.50%			Nivel de Investigación: <b>EXPLICATIVO</b>
	1%				Diseño de la Investigación: <b>EXPERIMENTAL</b>			
	2%							
	3%							
polietileno	Wikipedia (2016) explica que "es uno de los plasticos mas comercializados gracias a su bajo precio y de fabricacion"							
V. DEPENDIENTE	Mezcla asfáltica para pavimento flexible	Según (Minaya y Ordoñez, 2006) señala que el objetivo de cada persona al mezclar estos materiales obtendremos un material más óptimo y resistente que el normal, se vuelve un material específicamente elástico y con mayores valores en que corresponde a resistencia al ahuellamiento, por lo que se hace una mezcla asfáltica superior a lo habitual utilizados en construcción	Esta variable se evaluará por medio de sus Dimensiones e Indicadores.	propiedades mecanicas	estabilidad	RAZON	Enfoque: <b>CUANTITATIVO</b>	
					flujo			
					% de vacios			Población: <b>BRIQUETA DE ASFALTO</b>
				propiedades fisicas	granulometria		Muestra: <b>21 BRIQUETA DE ASFALTO</b>	
					Contenido de cemento asfaltico			
					gravedad especifica y absorcion de los agregados			

## ANEXO 2: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Título:	Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima- 2022								
Autores:	ZAVALA CARDOZO, BRYAN IVAN CHAVEZ CHAVEZ, ELVIS ERIKC								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA		
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	INDEPENDIENTE	dosificación	1%	Ficha de recolección de Datos	<b>Método</b>		
¿Cuál es la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall?	Determinar la influencia del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica en caliente mediante los parámetros del diseño Marshall.	La incorporación del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica para pavimento flexible aumenta el comportamiento de los parámetros mediante el diseño Marshall.	Caucho reciclado		2%		<b>Tipo de Investigación</b>	(Científico)	
					Polietileno			4.50%	(Aplicada)
								1%	<b>Nivel de Investigación:</b>
			2%					<b>Diseño de</b>	
			3%		<b>Enfoque:</b>				
			Problemas Específicos	Objetivo Específicos	Hipotesis Específico	DEPENDIENTE		DIMENSIONES	INDICADORES
¿Cuál es el porcentaje de Caucho reusado que se debe incorporar a la mezcla asfáltica para cumplir un comportamiento ideal de los parámetros del diseño Marshall?	Establecer el porcentaje óptimo adicionando 1%, 2% y 4.5% de Caucho reusado y polietileno al 1% 2% y 3% que se debe incorporar al concreto asfáltico para lograr una resistencia ideal de los parámetros del diseño Marshall.,	El porcentaje óptimo de Caucho reusado que se debe adicionar a la composición asfáltica debe cumplir un comportamiento ideal de los parámetros Marshall.	Mezcla asfáltica para pavimento flexible	propiedades mecánicas	estabilidad	Ensayos marshall a la mezola asfáltica	Todas las briquetas de mezcla asfáltica		
					flujo		<b>Muestra:</b>	21 briquetas de asfalto	
					% de vacíos			<b>Muestreo:</b>	No Probabilístico
¿Cómo influye el concreto asfáltico al incorporar Caucho reusado y Polietileno en el flujo Marshall.	Evaluar el efecto del concreto asfáltico al incorporar caucho reciclado y polietileno en el flujo Marshall.	La inclusión del caucho reusado y polietileno en la composición asfáltica aumenta el flujo Marshall.		propiedades físicas	granulometria		ficha de resultado de laboratorio / ensayo ASSHTO T88/ASTM D422	<b>Técnica</b>	Observación Directa
¿Cuál es la influencia de la agregación de caucho reusado y Polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico?	Demostrar la influencia de la agregación de caucho reusado y polietileno en relación con el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico.	La inclusión del caucho reusado y el polietileno incrementa el porcentaje de vacíos de aire del concreto asfáltico.			Contenido de cemento asfáltico		ficha de resultado de laboratorio / ensayo de metodo de Marshall ASTM D1553	<b>Instrumentos</b>	Ficha de recolección de Datos.
					gravedad específica y absorción de los agregados		ficha de resultado de laboratorio / ensayo ASSHTO 84 85/ASTM C127 C 128		Ficha de Resultados de Resultados de laboratorio

### ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS. (FICHAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS).



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de caucho reciclado y polietileno Reciclado

"Estudio del comportamiento de la mezcla asfáltica para pavimentos flexibles con adición de caucho reciclado y polietileno, Lima 2022"

#### Parte A: Datos generales

Tesista 01: Chávez ~~Chávez~~, Elvis ~~Elvis~~

Tesista 02: Zavala Cardozo, Bryan ~~Ivan~~

Fecha: Lima, abril del 2022

#### Parte B: Dosificación de caucho reciclado

1%	OK
2%	OK
4.5%	OK

Tesis: Salazar, S. (2019) Dosificación PVC Reciclado: 2.5%, 3.5%, 4.5%

#### Parte C: Dosificación de polietileno reciclado

1%	OK
2%	OK
3%	OK


Tesis: ~~Cojuna~~, L. y ~~Servilveda~~, C. (2017) Dosificación polietileno Reciclado: 1%, 4%, 10%

VALIDACION DE INSTRUMENTO		
Apellidos: Salinas Ponce Nombres: <del>Edinson</del> Anthony Título: Ingeniero Civil Grado: Ingeniero Nº Reg. CIP: 195370 Firma:  EDINSON ANTHONY SALINAS PONCE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 195370	Apellidos: Santa Cruz Aguilar Nombres: Fernando Anthony Título: Ingeniero Civil Grado: Ingeniero Nº Reg. CIP: 155917 Firma:  FERNANDO ANTHONY SANTA CRUZ AGUILAR INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 155917	Apellidos: Quiñones Quispe Nombres: Ronald Francisco  Civil Nº Reg. CIP: 15734 Firma:  RONALDO FRANCISCO QUIÑONES QUISPE INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 15734

# ANEXO 4: FICHAS DE RESULTADOS DE LABORATORIO (CERTIFICADOS)

A1 = 1 Ensayo de Marshall – Mezcla Convencional

a) Granulometría

	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		Fecha: 28-04-2022
			Página: 2 de 21

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS  
 : FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022  
**REGISTRO N°:** TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN  
**REALIZADO POR :** N.A.Z.S.  
**REVISADO POR :** J.C. A.V.  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac  
**FECHA DE ENSAYO :** 28/04/2022

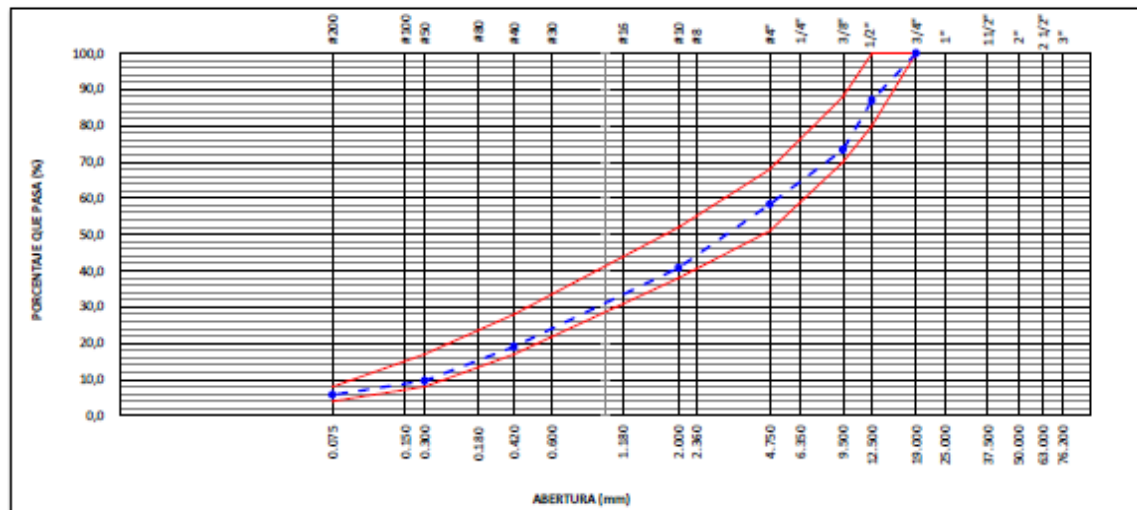
**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 GUSTAVO GARCÍA BERNALDO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL. CIP: 68884


### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	Peso Retenido	Porcentaje			Formula de trabajo	ESPECIFICACIÓN MAC-2		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumulado	Passante				
3"	75.200				100,0			Peso total: 1983,0 g	
2 1/2"	63.000							Fración finos: 534,4 g	
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000				100				
3/4"	19.000		0,0	0,0	100,0	100	100		
1/2"	12.500	258,0	13,0	13,0	87,0	80	100		
3/8"	9.500	270,0	13,6	26,6	73,4	70	88		
1/4"	6.350		0,0	26,6	73,4				
#4	4.750	298,0	15,0	41,7	58,3	51	68	Observaciones: Según especificación técnica MTC EG-2013 (Sección 423) Pavimento de concreto asfáltico en caliente. Mezcla agregados diseño asfalto MAC-2	
#8	2.360	135,0	14,7	56,4	43,6	38	52		
#10	2.000	25,5	2,8	59,2	40,8				
#16	1.180	78,3	8,5	67,7	32,3				
#30	0.600	82,1	9,0	76,7	23,3				
#40	0.420	39,2	4,3	81,0	19,0	17	28	Bolonería > 3"	
#50	0.300	37,4	4,1	85,1	14,9			Grava 3" - Nº 4: 41,85 %	
#80	0.180	48,5	5,3	90,3	9,7	8	17	Arena Nº4 - Nº 200: 52,68 %	
#100	0.150	13,7	1,5	91,8	8,2			Finos < Nº 200: 5,76 %	
#200	0.075	21,9	2,4	94,2	5,8	4	8		
>200		52,8	2,7	96,9					

### CURVA GRANULOMETRICA



b) Informe Marshall con 4.5% C.A.

	INFORME		
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		Fecha
			28-04-2022
		Página	3 de 21

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LM8-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. AV  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las Instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022


**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - GEOTECNIA - ASFALTO  
  
**INGENIERO ROBERTO BERMÚDEZ**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL, CIP. 88884

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
TAMCOS ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	100,0	40,8	19,0	14,9	9,7	
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8	
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					4,5				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,78				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,77				
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,96				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629				
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,883				
11	Altura promedio de la briqueta cm					5,80				
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1190,5	1189,6	1196,3			
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1190,5	1190,3	1197,4			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685,0	682,3	685,4			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				508,5	508,0	512,0			
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,345	2,342	2,337	<b>2,330</b>		
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,543				
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7,8	7,9	8,1	<b>8,0</b>	3 - 5	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,864				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,736				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,00				
22	% de Asfalto Efectivo					3,54				
23	Relación Polvo/Asfalto					1,0			0,6 - 1,3	
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				15,9	16,1	16,2	<b>16,1</b>	14	
25	% Vacios llenos con C.A.				51,1	50,7	49,9	<b>50,6</b>		
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				12,3	12,5	12,1	<b>12,3</b>	8 - 14	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1488	1580	1488			
28	Factor de estabilidad				1,04	1,02	1,04			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1525	1612	1548	<b>1562</b>	MIN 815	
30	Estabilidad / Flujo				4959	5158	5117	<b>5078</b>	1700 - 4000	



c) Informe Marshall con 5% C.A.

	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		Fecha	28-04-2022
			Página	4 de 21


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
: ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
SHALLOO - CORDOBA - ARELLANO  
  
**GUILLERMO DURÁN BERMEJO**  
**JEFE DE LABORATORIO**  
ING. CIVIL CIP 98884

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
100										
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200	
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	75,4	58,3	40,9	19,0	14,9	9,7	
ESPECIFICACIONES	100	90 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 46	14 - 25	8 - 17	4 - 8	
<b>BRQUETA N°</b>					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,0				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,57				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,46				
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629				
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683				
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,80				
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1196,5	1196,6	1192,5			
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1197,2	1196,7	1193,4			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691,0	691,4	689,5			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506,2	505,3	503,9			
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)				2,364	2,367	2,367	<b>2,366</b>		
17	Peso Especifico Maximo - Rho (ASTM D 2041)					2,530				
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3202)				6,6	6,5	6,5	<b>6,5</b>	3 - 5	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,744				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,11				
22	% de Asfalto Efectivo					3,95				
23	Relacion Filler/Seton					1,3				0,5 - 1,3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				15,7	15,6	15,6	<b>15,7</b>	14	
25	% Vacios llenos con C.A.				58,2	58,6	58,6	<b>58,5</b>		
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				13,4	12,9	14,2	<b>13,5</b>	8 - 14	
27	Estabilidad sin correje (kg)				1471	1467	1438			
28	Factor de estabilidad				1,04	1,02	1,04			
29	Estabilidad Correjeada 27 * 28				1530	1496	1496	<b>1507</b>	MIN 815	
30	Estabilidad / Flujo				4867	4639	4214	<b>4473</b>	1700 - 4000	

d) Informe Marshall con 5.5% C.A.

	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>	Fecha	28-04-2022
		Página	5 de 21


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las Instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 GUINDO BARRIN BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL OIP 00594

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
TAMCENOS ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	58,3	40,8	19,0	14,9	9,7	
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8	
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO		ESPESOR
1	% C.A. en peso de la Mezcla					5,5				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19				
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629				
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683				
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,80				
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1202,0	1204,0	1206,5			
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1203,5	1205,6	1207,8			
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				702,0	701,0	701,3			
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				301,5	304,6	306,5			
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)				2,397	2,396	2,382	<b>2,388</b>		
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2,510				
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3003)				4,5	4,9	5,1	<b>4,8</b>		3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10				
22	% de Asfalto Efectivo					4,46				
23	Relacion Hiler/Reten					1,3				0,6 - 1,3
24	V.M.A. (vacíos en el agregado mineral)				15,0	15,4	15,5	<b>15,3</b>		14
25	% Vacíos llenos con C.A.				69,9	67,9	67,1	<b>68,3</b>		
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				13,9	14,5	14,2	<b>14,2</b>		8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1286	1489	1386			
28	Factor de estabilidad				1,02	1,04	1,03			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1312	1549	1397	<b>1419</b>		MÍN 815
30	Estabilidad / Flujo				3775	4272	3934	<b>3994</b>		1700 - 4000

e) Informe Marshall con 6% C.A.

	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		<b>Fecha</b>	<b>28-04-2022</b>
			<b>Página</b>	<b>6 de 21</b>


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOSO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
SUELOS - CONCRETOS - ASFALTOS  
  
**GUINZO BARRERA BERNARDO**  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL CIP 6884

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	75,4	58,3	40,3	19,0	14,9	5,7
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6,0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,15			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53,91			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,94			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1189,6	1187,4	1190,2		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1190,4	1188,4	1191,4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				689,0	690,0	687,0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				501,4	498,4	504,4		
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)				2,373	2,382	2,380	<b>2,372</b>	
17	Peso Especifico Máximo - Roca (ASTM D 2041)					2,484			
18	% de Vacíos = (17-16)/(16)17 (ASTM D 3203)				4,5	4,1	5,0	<b>4,5</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,738			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					0,99			
22	% de Asfalto Efectivo					5,07			
23	Relacion Ffley(Betun)					1,5			0,5 - 1,3
24	V.M.A. (vacíos en el agregado mínimo)				16,3	15,9	16,7	<b>16,3</b>	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				72,4	74,2	70,0	<b>72,2</b>	
26	Flujo (0,075)(0,25 mm)				16,0	15,0	15,0	<b>15,3</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregr (Kg)				1244	1286	1387		
28	Factor de estabilidad				1,04	1,04	1,04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1294	1340	1442	<b>1359</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3234	3572	3847	<b>3551</b>	1700 - 4000

f) Porcentaje óptimo de C.A.

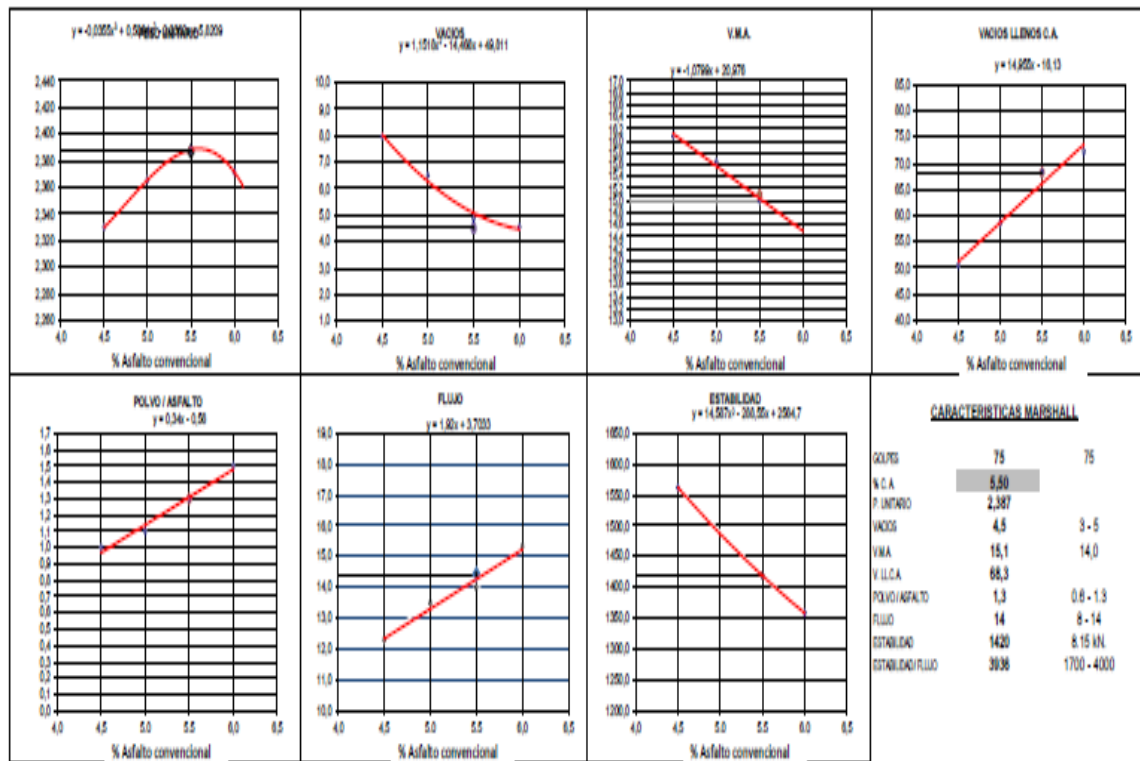
	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		<b>Fecha</b> 28-04-2022
			<b>Página</b> 7 de 21

TEBIS	: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022	REGISTRO N°: TEC 24-MS-01-04
TEBISTAS	: CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN	REALIZADO POR : N.A.Z.B. REVISADO POR : J.C.A.V
UBICACIÓN DE PROYECTO	: Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac	FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022


Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)



**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO  
CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**

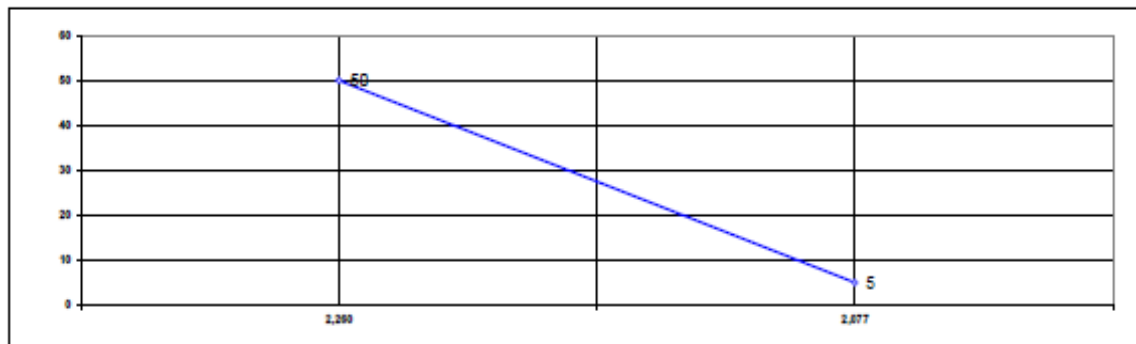


g) Índice de compactibilidad.

	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		<b>Fecha</b> 28-04-2022
			<b>Página</b> de 21 8

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, UMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
: ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las Instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022

<b>Tipo de muestra</b>	: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)	
<b>Identificación</b>	: Mezcla de agregados	
<b>Descripción</b>	: Diseño MAC (Asfalto convencional)	
<b>INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD</b>		




Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Bruto al Aire	1194,6	1187,4	1187,5	1190,5
2.- Peso Bruto Saturado con Superf. Seca	1198,6	1188,6	1198,2	1199,2
3.- Peso por Desplazamiento	869,4	863,9	824,5	827,9
4.- Volumen de la Briqueta	529,2	524,7	573,6	571,3
5.- Peso Unitario ( Gr/lo )	2,287	2,283	2,070	2,094
<b>PROMEDIOS</b>	2,289		2,877	

2,289	2,877
50	5

1
0,183
G(0,075) - G(0,075)

IC =	5,45
------	------

## h) Ensayo de resistencia conservada.

	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		
	Fecha	28-04-2022	
	Página	9 de 21	


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOSO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : Diseño MAC (Asfalto convencional)


**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BEMORIO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98584

INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283) Lotman Test Modificado							
N° DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo			
	01	02	03	04	05	06	
1	Diámetro	10,15	10,17		10,15	10,15	
2	Espesor	6,70	6,68		6,70	6,70	
3	Contenido de Cemento Asfáltico	5,50	5,50		5,50	5,50	
4	Peso Probeta al Aire	1189,6	1189,6		1187,4	1190,3	
5	Peso de la Probeta Saturada (60°)	1190,3	1190,1		1190,5	1191,3	
6	Peso de la Probeta en el Agua	670,0	670,0		670,0	670,0	
7	Volumen de la Probeta	510,3	512,1		510,5	512,3	
8	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2,331	2,323		2,326	2,323	
9	% de Vacíos = (17-18)x100/17 (ASTM D 3203)	7,1	7,4		7,3	7,4	
10	Estabilidad sin corregir	270	204		232	229	
11	Factor Estabilidad	1,00	1,00		1,00	1,00	
12	Estabilidad corregida (kg)	270	204		232	229	
13	Resistencia a la compresión	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>				
14	Resistencia retenida	<b>83</b>	<b>81</b>				
15	Promedio Estabilidad ( 30 Minutos ) (kg)		201				
16	Promedio Estabilidad ( 24 Horas ) (kg)					231	
17	Resistencia conservada ( % )				<b>82</b>		

i) Ensayo de gravedad específica.

	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		Fecha	28-04-2022
			Página	10 de 21

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. ALV  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 28/04/2022


<b>Tipo de muestra</b> : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) <b>Identificación</b> : Mezcla de agregados <b>Descripción</b> : Diseño MAC (Asfalto convencional)	 <b>LAB. TECNILAB S.A.C.</b> SUELOS - CONCRETO - ASFALTO GUSTAVO RUBEN BENDICHO JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL OIP 98594
--	--

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	6046,0	6046,0	6046,0	6046,0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8190,0	8190,0	8190,0	8190,0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO ( 04 ) - ( 05 )	7718,2	7715,3	7711,5	7707,0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8918,2	8916,3	8912,5	8907,0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1200,0	1201,0	1201,0	1200,0	
6.- AGUA DESPLAZADA ( 2 ) - ( 3 )	471,8	474,7	476,5	483,0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA ( 5 ) / ( 6 )	2,543	2,530	2,510	2,464	
CONTENIDO % C.A.	4,50	5,00	5,50	6,00	

Observaciones:

# B1 = 1 ENSAYO DE MARSHALL – CAUCHO Y POLIETILENO

a) Ensayo Marshall – caucho 1%.

	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		
	Fecha	06-05-2022	
	Página	12 de 21	

**TECNI** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 05/05/2022


**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado al 1%

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 GUANO BUENA VENTURA  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL GIP 00554

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMCOS ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	36,3	40,8	19,0	14,5	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,98			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,765			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					5,67			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1205,3	1202,3	1204,1		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1206,3	1204,5	1206,3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				699,7	697,9	699,2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				506,6	506,6	507,1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,379	2,379	2,374	<b>2,376</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,510			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3003)				5,2	5,4	5,4	<b>5,3</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,46			
23	Relacion Piler/Betas					1,39			0,6 - 1,3
24	V.M.A. (vacios en el agregado mineral)				15,8	15,8	15,8	<b>15,7</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				66,6	65,6	65,6	<b>66,0</b>	
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				13,0	11,0	13,0	<b>12,3</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				2098	2012	2123		
28	Factor de estabilidad				0,89	0,92	0,93		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1832	1851	1974	<b>1886</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				56,96	6731	6075	<b>6147</b>	1700 - 4000



b) Ensayo Marshall – caucho 2%.


	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		
	Fecha	6-06-2022	
	Página	13 de 21	

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOSO BRYAN NAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 05/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) **LAB. TECNILAB S.A.C**  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado al 2% GRUPO RUBEN BENIGNO  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL 00004

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PAGA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	75,4	59,3	40,8	19,0	14,9	5,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,030			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,70			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1198,2	1190,5	1196,3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 (gr)				1201,4	1193,1	1199,4		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				694,0	691,2	692,3		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				507,4	501,9	507,1		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,361	2,372	2,389	<b>2,364</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Real (ASTM D 3041)					2,510			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				5,9	5,5	6,0	<b>5,8</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,46			
23	Relacion Filler/Seton					1,29			0,8 - 1,3
24	V.M.A. (vacios en el agregado minimo)				16,2	15,9	16,3	<b>16,1</b>	14
25	% Vacios llenos con C.A.				63,6	65,4	63,2	<b>64,0</b>	
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				15,0	16,0	14,0	<b>15,0</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				2180	1826	2002		
28	Factor de estabilidad				0,88	0,99	0,94		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1918	1807	1888	<b>1871</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				5116	4517	5394	<b>5009</b>	1700 - 4000

c) Ensayo Marshall – caucho 4.5%.

	INFORME			
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		Fecha	06-06-2022
			Página	14 de 21

TESIS : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
 TESISISTAS : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 05/05/2022


Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
 Identificación : Mezcla de agregados  
 Descripción : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado al 4.5%

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 GUIDO BUREN BERNHARD  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP 50054


**INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)**

TAMOS ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PAGA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	50,3	40,8	19,0	14,9	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2		PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en peso de la Mezcla					5,50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					30,36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,708			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					5,80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1193,6	1194,5	1197,8		
13	Peso de la briqueta al agua por 60"(gr)				1197,2	1197,5	1201,3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685,7	686,1	685,1		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				511,5	511,4	512,2		
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)				2,334	2,336	2,339	<b>2,336</b>	
17	Peso Especifico Máximo - Roca (ASTM D 2041)					2,510			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3003)				7,0	6,9	6,8	<b>6,9</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,46			
23	Relación Piler/Reten					1,30			0,6 - 1,3
24	V.M.A. (vacíos en el agregado mineral)				17,2	17,2	17,1	<b>17,1</b>	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				59,2	59,5	60,0	<b>59,6</b>	
26	Flujo 0,25"(0,25 mm)				16,9	17,6	18,0	<b>17,5</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1182	1202	1218		
28	Factor de estabilidad				0,96	0,97	1,02		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1106	1186	1242	<b>1171</b>	MÍN 815
30	Estabilidad / Flujo				2617	2651	2760	<b>2676</b>	1700 - 4000

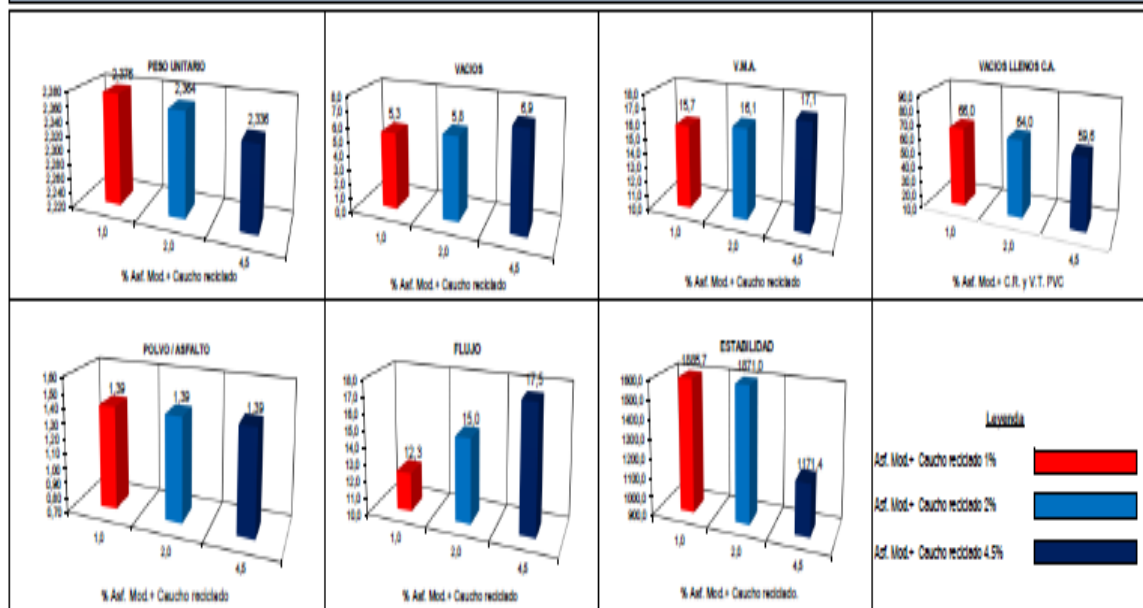
d) Comparativo de caucho reciclado.

	INFORME		
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		Fecha: 06-06-2022
			Página: 16 de 21


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : NAZ.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 05/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado al 1%, 2% y 4.5%
 
**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBEN BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP- 98864

**COMPARATIVO VARIANDO EL PORCENTAJE DE CAUCHO RECICLADO  
GRÁFICOS DE BARRAS**



e) Resumen de los porcentajes de caucho reciclado.

	INFORME		
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		Fecha
			06-06-2022
		Página	16 de 21

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 05/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado al 1%, 2% y 4.5%

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BERNIGNO**  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL, CEPY BSCA

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE  
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO  
(RESUMEN)**

**1.- Mezcla de agregados (Dosisfación)**

Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"


**2.- Ligante asfáltico**

Tipo de asfalto : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de caucho reciclado  
 % óptimo de asfalto residual : 6.60%

**3.- Características marshall modificado**

Parámetros de diseño				Especificación EG 2013
CAUCHO RECICLADO	%	1,00%	2,00%	4,50%
CEMENTO ASFÁLTICO	%	6,46	6,46	6,46
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2,378	2,384	2,338
VACIOS	%	6,3	6,8	6,8
V.M.A.	%	16,7	18,1	17,1
V. L.L.C.A.	%	88,0	84,0	88,8
POLVO / ASFALTO	%	1,4	1,4	1,4
FLUJO	mm	12,3	16,0	17,6
ESTABILIDAD	kN	1886,7	1871,0	1171,4
ESTABILIDAD FLUJO	kg/cm	8116,7	4888,4	2877,6
				1700 - 4000

f) Ensayo Marshall – polietileno 1%.


	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		<b>Fecha</b>	<b>12-06-2022</b>
			<b>Página</b>	<b>17 de 21</b>

**TECNOLOGÍA** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESTISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 12/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) **LAB. TECNILAB S.A.C**  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
**Identificación** : Mezcla de agregados **GIFFINO RUBEN BENEVIDO**  
JEFE DE LABORATORIO  
ING. CIVIL OUP 98594  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno 1%

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 60	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	50,3	40,8	19,0	14,9	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	40 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,96			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) g/cc					1,020			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) g/cc					2,705			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) g/cc					2,629			
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) g/cc					3,110			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) g/cc					2,750			
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) g/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,80			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1192,3	1194,5	1196,3		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1194,2	1196,5	1198,7		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691,9	693,1	694,0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				502,3	503,4	504,7		
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)				2,374	2,373	2,370	<b>2,372</b>	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 3041)					2,510			
18	% de Vacíos = (17-16)/(100/17) (ASTM D 3003)				5,4	5,5	5,6	<b>5,5</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,46			
23	Relacion Aire/Betun					1,39			0,6 - 1,3
24	V.M.A.				15,8	15,8	15,9	<b>15,9</b>	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				65,7	65,5	65,1	<b>65,4</b>	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				15,2	15,0	14,2	<b>14,8</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1524	1389	1466		
28	Factor de estabilidad				0,96	1,00	0,96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1463	1389	1407	<b>1420</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3850	3704	3964	<b>3839</b>	1700 - 4000

g) Ensayo Marshall – polietileno 2%.


	<b>INFORME</b>		
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		
	Fecha	12-05-2022	
	Página	18 de 21	

**TEBIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
REVISADO POR : J.C. A.V  
 UBICACIÓN DE PROYECTO : Realizado en las Instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 12/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) **LAB. TECNILAB S.A.S.**  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
**Identificación** : Mezcla de agregados GABRIEL BARRERA BARRERA  
JEFE DE LABORATORIO  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno 2% ING. CIVIL GIPU 00004

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200	
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	58,3	40,8	19,0	14,9	12	
ESPECIFICACIONES	100	90 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8	
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,50				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19				
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629				
8	Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750				
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683				
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,20				
12	Peso de la briqueta al aire (gr)					1202,3	1204,2	1196,6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60° (gr)					1205,3	1207,0	1201,3		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)					695,2	696,5	693,5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)					510,1	510,5	507,8		
16	Peso especifico Bulk de la briqueta = (12/15)					2,357	2,359	2,360	<b>2,359</b>	
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2,510				
18	% de Vacíos = (17-16)<100/17 (ASTM D 3003)					6,1	6,0	6,0	<b>6,0</b>	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2,664				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10				
22	% de Asfalto Efectivo					4,46				
23	Relacion Hiler/Betun					1,39				0,6 - 1,3
24	V.H.A.					16,4	16,3	16,3	<b>16,3</b>	14
25	% Vacíos llenos con C.A.					62,8	63,1	63,4	<b>63,1</b>	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)					15,2	15,4	15,9	<b>15,5</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1324	1378	1480		
28	Factor de estabilidad					0,96	0,96	0,96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28					1271	1323	1392	<b>1329</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo					3345	3436	3502	<b>3428</b>	1700 - 4000

h) Ensayo Marshall – polietileno 3%.

	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		Fecha	12-06-2022
			Página	18 de 21


**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. A.V  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 12/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno 3%

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUINDO BARRERA BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL OPI 00004

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100,0	100,0	87,0	73,4	55,3	40,8	15,0	14,9	3,2
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROBADO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5,50			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39,36			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54,19			
4	% Cemento Portland en peso de la Mezcla					0,95			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1,020			
6	Peso específico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2,705			
7	Peso específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2,629			
8	Peso Específico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc					3,110			
9	Peso específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc					2,750			
10	Peso específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc					2,683			
11	Altura promedio de la briqueta cm					6,30			
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1197,8	1202,3	1204,6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60" (gr)				1200,2	1204,5	1207,6		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				691,0	691,9	694,5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				511,2	512,6	513,1		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2,343	2,345	2,348	<b>2,345</b>	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2,510			
18	% de Vados = (17-16)x100/17 (ASTM D 3020)				6,6	6,6	6,5	<b>6,6</b>	3 - 5
19	Peso específico Bulk Agregado Total					2,664			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2,743			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1,10			
22	% de Asfalto Efectivo					4,46			
23	Relacion Hiler/Betun					1,39			0,6 - 1,3
24	V.M.A.				15,3	15,4	15,8	<b>15,6</b>	14
25	% Vados llenos con C.A.				96,6	97,5	99,1	<b>97,7</b>	
26	Flujo 0,075(0,25 mm)				16,7	17,2	16,9	<b>16,9</b>	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1232	1246	1189		
28	Factor de estabilidad				1,04	1,04			
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1281	1296	1237	<b>1271</b>	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3069	3011	2927	<b>3002</b>	1700 - 4000

i) Comparativo de polietileno reciclado.

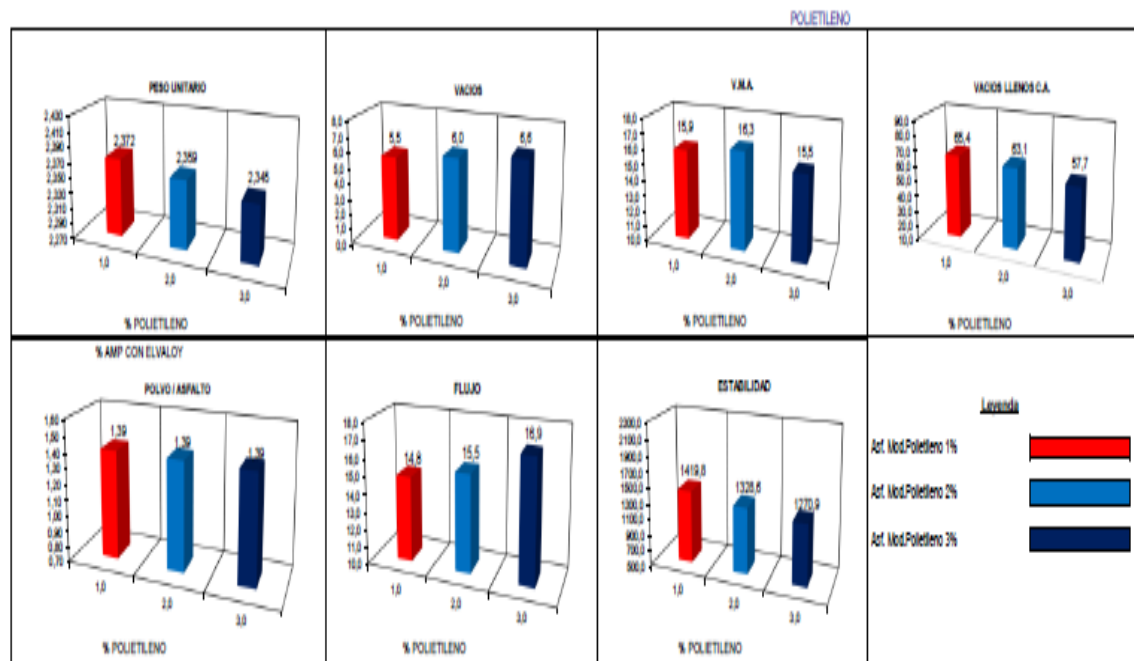
	INFORME		
	DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL		
	Fecha	12-06-2022	
	Página	20 de 21	

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022  
**REGISTRO N°**: TEC 22-LIM-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK  
**REALIZADO POR** : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN  
**REVISADO POR** : J.C.A.V.  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac  
**FECHA DE ENSAYO** : 12/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Optimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno 1%, 2% y 3%


**LAB. TECNILAB S.A.C.**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 QUINDI BARRIO BARRIO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98884

**COMPARATIVO VARIANDO EL PORCENTAJE DE POLIETILENO  
GRÁFICOS DE BARRAS**





j) Resumen de los porcentajes de polietileno reciclado.

	<b>INFORME</b>			
	<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MÉTODO DE ILLINOIS - MARSHALL</b>		Fecha	12-06-2022
			Página	21 de 21

**TESIS** : ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 REGISTRO N°: TEC 22-LMS-01-04  
**TESISTAS** : CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK REALIZADO POR : N.A.Z.S.  
 : ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN REVISADO POR : J.C. ALV  
**UBICACIÓN DE PROYECTO** : Realizado en las instalaciones de Laboratorio de suelo tecnilab sac FECHA DE ENSAYO : 12/05/2022

**Tipo de muestra** : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)  
**Identificación** : Mezcla de agregados  
**Descripción** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno 1%, 2% y 3%

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENTON**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL OPI 90594

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE  
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO  
(RESUMEN)**

**1.- Mezcla de agregados (Docificación)**

**Gradación** : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

**2.- Ligante asfáltico**


**Tipo de asfalto** : % Óptimo de Asfalto Modificado con adición de Polietileno  
**% óptimo de asfalto residual** : 6.60%

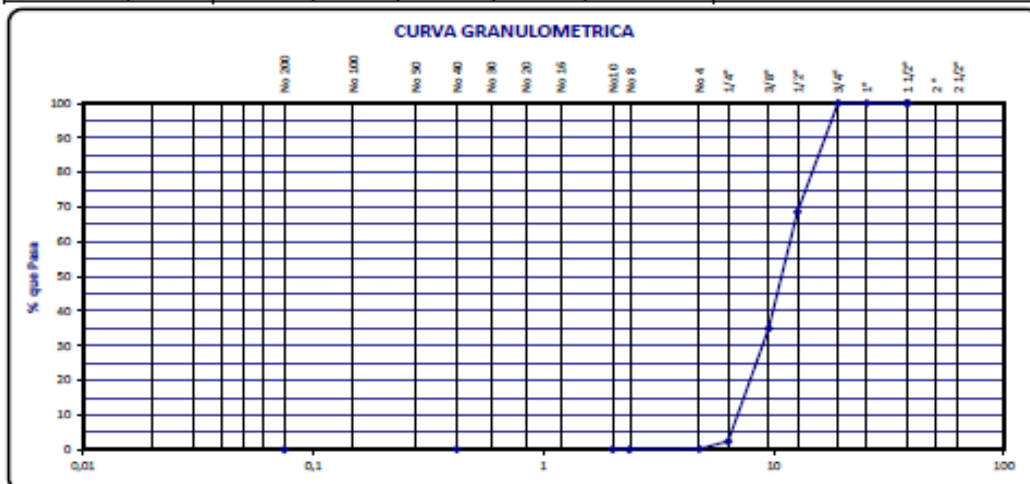
**3.- Características marshall modificado**

Parámetros de diseño					Especificación EO 2013
POLIETILENO	%	1,0	2,0	3,0	
CEMENTO ASFÁLTICO	%	6,60	6,60	6,60	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2,372	2,369	2,346	
VACIOS	%	6,6	8,0	8,8	3 - 5
V.M.A.	%	16,9	18,3	16,6	14
V. L.L.C.A.	%	86,4	83,1	67,7	
POLVO / ASFALTO	%	1,4	1,4	1,4	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	14,8	16,6	18,8	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	1418,8	1328,8	1270,8	6,15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3837,3	3428,7	3002,1	1700 - 4000

# C1 = 1 ENSAYOS DE AGREGADO GRUESO.


a) Análisis granulométrico.

 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 98							
DATOS DE LA MUESTRA							
TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLETILENO, LIMA 2022						
TESISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN						
CANTERA	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA					F. MUESTREO :	29/04/22
MUESTRA	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 12"					FECHA :	29/04/22
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	PESO RET. (gr)	RETENIDO		PASANTE (%)	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)			
3"	76,200						Tamaño Máximo : 3/4" pulg.
2 1/2"	63,500						Humedad : 0,36 %
2"	50,800						Piedra : 99,8 %
1 1/2"	38,100						Arena : 0,2 %
1"	25,400				100,0		Modulo de Fineza : 6,6 -
3/4"	19,050				100,0		
1/2"	12,700	559,0	31,4	31,4	68,6		
3/8"	9,525	598,0	33,6	55,0	35,0		
1/4"	6,350	579,5	32,6	97,6	2,4		Peso Especifico : 2,721 gr/cm <sup>3</sup>
No. 4	4,750	39,0	2,2	99,8	0,2		Absorcion : 0,60 %
No. 6	2,360	2,0	0,1	100	0,0		F. U. S : 1347 kg/m <sup>3</sup>
No. 10	2,000						F. U. C : 1491 kg/m <sup>3</sup>
No. 15	1,190						Sales solubles : 0,02 %
No. 20	0,834						
No. 30	0,600						Abrasion : 13,5 %
No. 40	0,420						Part. Chatas y Alarg. : 4,03 %
No. 60	0,300						Caras fracturadas : 85,1 %
No. 60	0,250						
No. 80	0,177						
No. 100	0,149						PESO TOTAL (Gr) : 1777,5
No. 200	0,075						SUCS : GW
-200							



**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
 GUSTO BUENOS BONGONO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP 9834

b) Contenido de humedad.

 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
<b>METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD</b> <small>NORMAS TÉCNICAS: MTC E 109 ASTM D 2216</small>						
DATOS DE LA MUESTRA						
DESCRIPCION:	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022					
TESTISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN					
	F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22					
Nº MUESTRA:	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"					
DATOS						
DESCRIPCION	UND.	MUESTRA. - 1				PROMEDIO
Recipiente	Nº	1				
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	1600,00				
Recipiente + Suelo Seco	gr.	1484,80				
Peso del Recipiente	gr.	0,00				
Peso del Agua	gr.	6,40				
Peso del Suelo Seco	gr.	1484,80				
Humedad	%	0,38				0,38

OBSERVACIONES:

---




---



---


**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP 68584

c) Gravedad específica y absorción.

 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205-206, ASTM C 127-128 AASHTO 84-85						
DATOS DE LA MUESTRA						
<b>TESIS</b> 0 <b>TESISTAS</b> 0 <b>CANTERA</b> <b>MUESTRA</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"					
F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22						
<b>AGREGADO GRUESO MTC E 206</b>						
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Aire )	(gr)	6000,0	6000,0		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca ( En Agua )	(gr)	3187,0	3168,0		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B	(gr)	1833,0	1842,0		
D	Peso material seco en estufa (105°C)	(gr)	4988,0	4972,0		
E	Vol. de masa = C - ( A - D )	(cm³)	1801,0	1814,0		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	(gr/cm³)	2,710	2,699		2,705
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	(gr/cm³)	2,728	2,714		2,721
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	(gr/cm³)	2,758	2,741		2,750
	Absorción = (( A - D ) / D * 100)	(%)	0,644	0,563		0,804
Observaciones:						



**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBEN BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 REG. CIVIL OIP: 98594

d) Peso unitario y vacíos.


 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO							
PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29-91							
DATOS DE LA MUESTRA							
TE818	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022						
TE818TAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN						
CANTERA	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA						F. MUESTREO: 28/04/22
MUESTRA	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"						FECHA: 29/04/22
PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO							
CANTERA :							
MUESTRA :							
MOLDE :	N°	SUELTO			VARILLADO		
DETERMINACION N°		1	2	3	4	6	8
Peso del molde más agregado seco ( gr )		28102	28135	28078	30105	30142	30196
Peso del molde ( gr )		8993			8993		
Peso del agregado seco ( gr )		19109	19142	19085	21112	21149	21203
Volumen del molde ( cm³ )		14187			14187		
Peso específico Bulk del agregado ( gr/cm³ )		2,721			2,721		
Absorción del agregado ( % )		0,60			0,60		
Peso Unitario en condición SSS ( kg/m³ )		1355	1357	1353	1497	1500	1504
Vacíos en el agregado ( % )		50,4	50,3	50,5	45,2	45,1	45,0
Peso Unitario en condición Seca ( kg/m³ )		1347	1349	1345	1488	1491	1495
Peso Unitario Seco promedio ( kg/m³ )		1347			1491		

LAB. TECNILAB S.A.C  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBÉN SERIGNIO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL OIP: 98594

e) Abrasión los Ángeles.

 <h1 style="margin: 0;">TECNiLAB</h1> <p style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS S.A.C</p> <p style="margin: 0; font-size: small;">Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.</p>									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO									
<b>ABRASIÓN LOS ÁNGELES</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 207, ASTM C 131, AASHTO T 96									
DATOS DE LA MUESTRA									
<b>TEBIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022								
<b>0</b>									
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK								
<b>0</b>	ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN								
<b>CANTERA</b>	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA								
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"								
		PESOS Y GRANULOMETRIAS REQUERIDOS				PESOS Y GRANULOMETRIAS EMPLEADOS			
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	A	B	C	D	A	B	C	D
1 1/2"	1"	1250 ± 25							
1"	3/4"	1250 ± 25							
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10				2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10				2501 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10					
1/4"	Nº 4			2500 ± 10					
Nº 4	Nº 8				5000 ± 10				
PESO TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5001 ± 10			
Nº de Esferas		12	11	8	6	11			
Peso de las Esferas ( gr )		390 - 445	391 - 445	392 - 445	393 - 445	391 - 445			
Peso Retenido en la malla Nº 12					( gr )	4.325			
Peso que pasa en la malla Nº 12					( gr )	675,9			
Desgaste					( % )	13,6%			
OBSERVACION: _____									
_____									
_____									
_____									
_____									
<b>LAB. TECNILAB S.A.C</b> SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  GERARDO DURÁN BERROSPI JEFE DE LABORATORIO ING. CIVIL CEP. 00004									

f) Sales solubles totales.

 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO			
SALES SOLUBLES TOTALES			
DATOS DE LA MUESTRA			
TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022		
TESISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN		
CANTERA	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. I	F. MUESTREO:	28/04/22
MUESTRA	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	FECHA:	29/04/22
MUESTRA GRAVA		1	2
Peso de Tara	(gr)	145,00	158,00
Peso tara + agua + sal	(gr)	245,80	258,80
Peso tara + sal	(gr)	145,02	158,03
Peso sal	(gr)	0,020	0,030
Peso agua	(gr)	100,58	100,77
Sales solubles totales	(%)	0,020	0,030
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)		0,025	

OBSERVACION: \_\_\_\_\_

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 20594

g) Partículas chatas y alargadas.



Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS											
DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS											
NORMA TÉCNICA: ASTM D 4751											
DATOS DE LA MUESTRA											
TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS										
0	FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022										
TESISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK										
0	ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN										
CANTERA	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA								F. MUESTREO:	28/04/22	
MUESTRA	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"								FECHA:	29/04/22	
FORMA DEL AGREGADO :	ANGULAR										
RELACION DE ENSAYO :	1 : 3										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS						
TAMIZ	ABERTURA	RETENIDO ORIGINAL (%)	PESO MUESTRA (gr)	NUMERO DE PARTICULAS	EN PESO			NUMERO DE PARTICULAS			
					PESO (gr)	%	CORREGIDO	PARTICULAS	%	CORREGIDO	
(µg)	(mm)										
3"	76,200										
2 1/2"	63,500										
2"	50,800										
1 1/2"	38,100										
1"	25,400										
3/4"	19,050										
1/2"	12,700	31,4	1138,0	118	88,8	7,9	2,47	12	10,2	3,19	
3/8"	8,750	33,8	1048,0	111	48,8	4,6	1,56	10	9,0	3,03	
1/4"	6,350	32,8									
Total:		97,6	2184	229	138		4,03	22		6,22	

OBSERVACION:


LAB. TECNILAB S.A.C  
SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
SUCIO RUBEN BERNARDO  
JEFE DE LABORATORIO  
I.D.G. CIVIL CDP: 99354

Ca. A Mz. "K1" Lt. 32 - Barrio 2 -Sector 1 - IV Etapa -Urb. Pachacamac - Villa el Salvador Entel: 955340085 - Ruc 20600192184

E-mail: laboratorio\_tecnilab@hotmail.com




h) Determinación de caras facturadas.

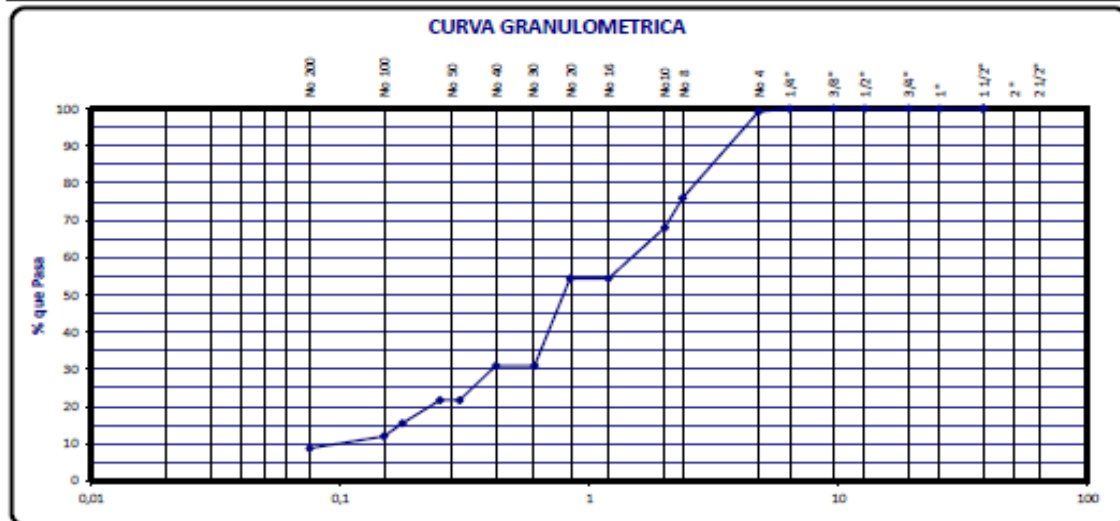
 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.						
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>						
<b>DETERMINACIÓN DE CARAS FRACTURADAS</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 210, ASTM D 5821						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>TESIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS					
<b>0</b>	FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022					
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK				F. MUESTREO: 28/04/22	
<b>0</b>	ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN				FECHA: 29/04/22	
<b>CANTERA</b>	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA					
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO GRUESO - PIEDRA CHANCADA DE 1/2"					
<b>CON UNA O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>						
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A) (gr)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B) (gr)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. BA*100 (C) (%)	RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D) (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C'D (E)
1 1/2"	1"					
1"	3/4"	1500,0 g	1478,2 g	98,6%	0,0%	0,0
3/4"	1/2"	500,0 g	479,6 g	95,9%	31,4%	3011,9
1/2"	3/8"	200,0 g	149,8 g	74,9%	33,6%	2516,6
TOTAL		2200			65,0%	5528,5
% con una o más caras fracturadas (E/D)						85,1%
<b>CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS</b>						
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ	PESO DE LA MUESTRA (A) (gr)	PESO MUESTRA CON CARAS FRACT. (B) (gr)	PORCENTAJE DE CARAS FRACT. BA*100 (C) (%)	RETENIDO GRADACIÓN ORIGINAL (D) (%)	PROMEDIO DE CARAS FRACT. C'D (E)
1 1/2"	1"				0,0%	
1"	3/4"	1500,0 g	849,6 g	56,6%	0,0%	0,0
3/4"	1/2"	500,0 g	248,6 g	49,7%	31,4%	1561,2
1/2"	3/8"	200,0 g	96,8 g	48,4%	33,6%	1626,2
TOTAL		2200			65,0%	3187,5
% con dos o más caras fracturadas (E/D)						49,0%
OBSERVACION: _____						
_____						

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBEN BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98894

## C2 = 1 ENSAYOS DE AGREGADO FINO.


a) Análisis Granulométrico.

 Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 98							
DATOS DE LA MUESTRA							
TEBIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022						F. MUESTREO : 29/04/22
TEBISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA						FECHA : 29/04/22
MUESTRA	AGREGADO FINO						
TAMIZ	ABERTURA ( mm.)	PESO RET. (gr)	RETENIDO		PASANTE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM			PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	(%)		
3"	76,200						
2 1/2"	63,500						Tamaño Máximo : 1/4" pulg.
2"	50,800						Humedad : 0,65 %
1 1/2"	38,100						Piedra : 0,8 %
1"	25,400						Arena : 99,2 %
3/4"	19,050						Modulo de Fineza : 3,06 -
1/2"	12,700				100,0		Malta 200 : 3,9 %
3/8"	9,525				100,0		Equiv. Arena : 80 %
1/4"	6,350				100,0		Peso Especifico : 2,649 gr/cm <sup>3</sup>
No. 4	4,760	27,0	0,8	0,8	99,2		Absorcion : 0,76 %
No. 6	2,360	745,0	23,2	24,0	76,0		P. U. B : 1489 kg/m <sup>3</sup>
No. 10	2,000	266,0	8,0	32,0	68,0		P. U. C : 1642 kg/m <sup>3</sup>
No. 16	1,190	435,0	13,6	45,6	54,4		Sales solubles : 0,02 %
No. 20	0,834						Durabilidad : 8,61 %
No. 30	0,600	750,0	23,4	69,0	31,0		
No. 40	0,420						
No. 50	0,300	297,0	9,3	78,3	21,7		
No. 60	0,250						Indice de durabilidad : 80,7 %
No. 80	0,177	200,0	6,2	84,5	15,5		PESO TOTAL (Gr) : 3208,0
No. 100	0,149	113,0	3,5	88,0	12,0		
No. 200	0,075	103,0	3,2	91,2	8,8		SUCS : SP
-200		282,0					



Observaciones: \_\_\_\_\_

b) Equivalente de arena.

 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
EQUIVALENTE DE ARENA NORMAS TÉCNICAS: MTC E 114, ASTM D 2419, AASHTO T 176						
DATOS DE LA MUESTRA						
<b>TESIS</b> ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO REICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022 <b>TESISTAS</b> CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK <span style="float: right;">F. MUESTREO: 28/04/22</span> ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN <span style="float: right;">FECHA: 29/04/22</span> MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA <b>MUESTRA</b> AGREGADO FINO						
DESCRIPCION		IDENTIFICACION				Promedio %
		1	2	2		
Tamaño máximo (pasa tamiz N°4)	(mm)	4,76	4,76	4,76		
Hora de entrada a saturación		12:00	12:02	12:04		
Hora de salida de saturación (mas 10')		12:10	12:12	12:14		
Hora de entrada a decantación		12:12	12:14	12:16		
Hora de salida de decantación (mas 20')		12:32	12:34	12:36		
Altura máxima de material fino	(plg)	4,40	4,60	4,40		
Altura máxima de la arena	(plg)	3,80	3,60	3,80		
Equivalente de Arena	(%)	82	78	82		80

Observaciones:

---




---



---

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98884


c) Contenido de humedad.

 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.						
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>						
<b>METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 108 ASTM D 2216						
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>						
<b>TESIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022					
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN				<b>F. MUESTREO:</b> 28/04/22	<b>FECHA:</b> 29/04/22
<b>MUESTRA</b>	MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA AGREGADO FINO					
<b>DATOS</b>						
<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND.</b>	<b>MUESTRA. - 1</b>				<b>PROMEDIO</b>
Recipiente	Nº	1				
Recipiente + Suelo Humedo	gr.	900,00				
Recipiente + Suelo Seco	gr.	884,20				
Peso del Recipiente	gr.	0,00				
Peso del Agua	gr.	5,80				
Peso del Suelo Seco	gr.	884,20				
Humedad	%	0,66				0,66

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 REG. CIVIL CIP: 88394

d) Peso específico.

 <b>TECNiLAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS NORMAS TÉCNICAS: MTC E 205-206, ASTM C 127-128 AASHTO 84-85					
DATOS DE LA MUESTRA					
TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022				
TESISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN				
	F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22				
MUESTRA	AGREGADO FINO				
DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco ( en Aire ) (gr)	500,00	500,00		
B	Peso Frasco + agua (gr)	678,20	677,50		
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1178,20	1177,50		
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	989,60	988,60		
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	188,60	188,90		
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	496,15	496,33		
G	Vol de masa = E - ( A - F ) (cm <sup>3</sup> )	184,75	185,23		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E (gr/cm <sup>3</sup> )	2,63	2,63		2,629
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E (gr/cm <sup>3</sup> )	2,651	2,647		2,648
	Pe aparente ( Base Seca ) = F/G (gr/cm <sup>3</sup> )	2,686	2,680		2,683
	Absorción = ((A - F)/F) * 100 (%)	0,776	0,739		0,758
Observaciones:					

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBEN BERNIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98884

e) Peso unitario y vacío.

 <h1 style="margin: 0;">TECNiLAB</h1> <p style="margin: 0;">LABORATORIO DE SUELOS S.A.C</p> <p style="margin: 0;">Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.</p>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>	
<b>PESO UNITARIO Y VACIO DE LOS AGREGADOS</b> NORMAS TÉCNICAS: MTC E 203, ASTM C 29-91	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>TESIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK <span style="float: right;">F. MUESTREO: 28/04/22</span> ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN <span style="float: right;">FECHA: 29/04/22</span> MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO FINO

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO							
DETERMINACION N°		SUELTO			VARILLADO		
		1	2	3	4	5	6
Peso del molde más agregado seco	( gr )	6922	6934	6868	7345	7326	7348
Peso del molde	( gr )		2713			2713	
Peso del agregado seco ( gr )	( gr )	4209	4221	4155	4632	4613	4635
Volumen del molde	( cm³ )		2818			2818	
Peso específico Bulk del agregado	( gr/cm³ )		2,649			2,649	
Absorción del agregado	( % )		0,76			0,76	
Peso Unitario en condición SSS	( kg/m³ )	1505	1509	1498	1656	1649	1657
Vacios en el agregado	( % )	43,5	43,3	44,2	37,8	38,1	37,8
Peso Unitario en condición Seca	( kg/m³ )	1494	1498	1474	1644	1637	1645
Peso Unitario Seco promedio	( kg/m³ )		<b>1489</b>			<b>1642</b>	

Observaciones:

---

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP: 98594

f) Sales solubles totales.

 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO	
<b>SALES SOLUBLES TOTALES</b>	
DATOS DE LA MUESTRA	
TESIS	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022
TESISTAS	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN
	F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22
MUESTRA	AGREGADO FINO

MUESTRA ARENA		3	4
Peso de Tara	(gr)	56,25	83,26
Peso tara + agua + sal	(gr)	156,20	183,24
Peso tara + sal	(gr)	56,27	83,27
Peso sal	(gr)	0,020	0,010
Peso agua	(gr)	99,93	99,97
Sales solubles totales	(%)	0,020	0,010
Promedio de Sales Solubles Tot. (%)		0,015	

Observaciones: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL CIP/ 88884

g) Inalterabilidad.

 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de ingeniería.	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO</b>	
<b>INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS</b> NORMAS TÉCNICAS: ASTM C88, AASHTO T 104, MTC E 209	
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>TESIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN MINERA LA GLORIA S.A. - CARR. CENTRAL KM14.8 UR. LA GLORIA GRANDE - ATE - LIMA
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO FINO
F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22	

TABLA 1 DATOS DEL ENSAYO

TAMIZ	PESO REQUERIDO (gr)	TAMANO DEL ARIDO	GRANUL. ORIGINAL % RET.	PESO FRACCION		PASANTE DESPUES DEL ENSAYO (gr)	PERDIDA TOTAL %	PERDIDA CORREGIDA %
				ANTES DEL ENSAYO (gr)	DESPUES DEL ENSAYO (gr)			


INALTERABILIDAD DEL AGREGADO FINO									
3/8"	Nº 4	300	No 4	5,1	300,0	286,0	15,0	5,00	0,26
	Nº 4	100	No 8	12,8	100,0	82,0	8,0	8,00	1,02
	Nº 8	100	No 16	10,4	100,0	81,0	9,0	9,00	0,94
	Nº 16	100	No 30	27,2	100,0	80,0	10,0	10,00	2,72
	Nº 30	100	No 50	17,4	100,0	80,0	10,0	10,00	1,74
	Nº 50	100	No 100	17,6	100,0	88,0	11,0	11,00	1,94
	< Nº 100			223,0					
<b>TOTALES</b>				<b>308,4</b>	<b>800</b>	<b>462,0</b>			<b>8,81</b>

Observaciones:

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
**GUIDO RUBEN BENIGNO**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 ING. CIVIL, CIP: 08594



h) Índice de durabilidad.

 <b>TECNILAB</b> LABORATORIO DE SUELOS S.A.C. Laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto y ensayos especiales. Estudio de suelos para pavimentaciones, edificaciones, suministro de equipos para laboratorio de Ingeniería.					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO					
<b>INDICE DE DURABILIDAD DE AGREGADOS</b>					
DATOS DE LA MUESTRA					
<b>TESIS</b>	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFALTICA PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES CON ADICION DE CAUCHO RECICLADO Y POLIETILENO, LIMA 2022				
<b>TESISTAS</b>	CHAVEZ CHAVEZ ELVIS ERICK ZAVALA CARDOZO BRYAN IVAN			F. MUESTREO: 28/04/22 FECHA: 29/04/22	
<b>MUESTRA</b>	AGREGADO FINO				
<b>INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO FINO</b>					
TAMAÑOS DE MALLAS			AGITACION DE MUESTRA	CONTENIDO DE AGUA DESTILADA	MUESTRA LATA
PASA	RETENIDO	PESO (gr)	(10 minutos)	(ml)	(ml)
# 4	fondo	500	10'	1000,0	85
DESCRIPCION			IDENTIFICACION		
N° DE ENSAYO			1	2	PROMEDIO
Hora de entrada a saturación			11:12	11:22	
Hora de salida de saturación (mas 10')			11:22	11:32	
Hora de entrada a decantación			11:34	11:44	
Hora de salida de decantación (mas 20')			11:54	12:04	
Altura máxima de la arcilla (pulg. 0.1")			4,30	4,40	
Altura máxima de la arena (pulg. 0.1")			3,52	3,50	
Índice de Durabilidad (Df = L arena/L arcilla*100 )			<b>81,8</b>	<b>78,6</b>	<b>80,7</b>
Observaciones:					

**LAB. TECNILAB S.A.C**  
 SUELOS - CONCRETO - ASFALTO  
  
 GUIDO RUBEN BENIGNO  
 JEFE DE LABORATORIO  
 INGEN. CIVIL. CIP: 98594

## C3 = 1 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN  
INACAL-DA CON REGISTRO N° LC-005



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0022-LM-2022

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-01-10	La Incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La Incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la Incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
EXPEDIENTE	: 00762	
1. SOLICITANTE	: LABORATORIO DE SUELO TECNILAB S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
DIRECCIÓN	: CAL. A MZA. K1 LOTE 32 P.J. PACHACAMAC BA 2 ETP 4 SEC 1 - VILLA EL SALVADOR.	
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: BALANZA	Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
MARCA	: NO INDICA	
MODELO	: SF-550	CADENT S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
NÚMERO DE SERIE	: NO INDICA	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 30 kg	
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	: 0,001 kg	
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e )	: 0,01 kg (")	
PROCEDENCIA	: NO INDICA	
IDENTIFICACIÓN	: B056 (")	
TIPO	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: NO INDICA	
CLASE DE EXACTITUD	: III	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-01-03	
3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN	PC-001, Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y IIII. SNM-INDECOPI, 3ra edición, Enero 2009.	
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN	Laboratorio de Calibración N° 2 de CADENT S.A.C. Jr. Llumpa N° 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos.	

Firmado digitalmente  
por Luis Zerpa Lopez  
Fecha: 2022-01-10  
15:02:41

Supervisor de Laboratorio

RTD-LM0-M02  
Versión: 12

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"  
Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

Fecha: 2020-07-08  
Aprobado por: JA

ventas@cadentsac.com.pe  
(+51) 994622122

operaciones@cadentsac.com.pe  
(+51) 989250611

calidad@cadentsac.com.pe  
(01) 6276601 (112)

www.cadentsac.com.pe  
(+51) 998376923

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0022-LM-2022

Página 2 de 3

### 5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Mínima	Máxima
Temperatura (°C)	19,7	20,2
Humedad Relativa (%hr)	49,2	49,9

### 6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesa de clase M <sub>1</sub>	M - 1213 - 2020
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesa de clase M <sub>1</sub>	M - 0170 - 2021
Patrones de referencia de INACAL - DM	Juego de Pesas de clase E <sub>2</sub>	LM-C-139-2021
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesa de clase F <sub>2</sub>	M - 0782 - 2021
Patrones de referencia de METROIL S.A.C.	Pesa de clase F <sub>2</sub>	M - 0781 - 2021

### 7. OBSERVACIONES

(\*) El valor de división de verificación "e", capacidad mínima y clase de exactitud fueron tomados de acuerdo a la NMP- 003.

Se realizó el ensayo de precarga, con una carga de 10,000 kg, la indicación del equipo fue 9,982 kg.

Antes de la calibración, se procedió con el ajuste externo de la balanza con las pesas patrones empleadas en la calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrología Peruana 003.

(\*\*) Indicado en una etiqueta adherida al instrumento.

La balanza se calibró hasta 10 kg a solicitud del cliente.

El presente documento reemplaza al Certificado de Calibración N° 0001-LM-2022 emitido el 2022-01-08 por corrección en la fecha de calibración.

### 8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)			Temp. (°C)		
	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2	20,2
	[***] Carga L1 = 5,000 (kg)			[***] Carga L2 = 10,000 (kg)		
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	4,999	0,7	-1,2	10,002	0,7	1,8
2	5,000	0,7	-0,2	10,000	0,7	-0,2
3	5,000	0,8	-0,3	10,002	0,8	1,7
4	4,999	0,7	-1,2	10,000	0,7	-0,2
5	4,999	0,8	-1,3	10,000	0,7	-0,2
6	5,002	0,7	1,8	10,000	0,7	-0,2
7	5,002	0,8	1,7	10,000	0,8	-0,3
8	4,999	0,7	-1,2	10,000	0,7	-0,2
9	4,999	0,8	-1,3	10,001	0,7	0,8
10	4,999	0,7	-1,2	10,000	0,8	-0,3
Diferencia Máxima	3,1			2,1		
Error máximo permitido	± 10 g			± 20 g		

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0022-LM-2022

2	5
1	
3	4

Página 3 de 3

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	(***) Carga Mínima* (kg)	I (kg)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	(***)Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	0,100	0,100	0,6	-0,1	3,000	2,999	0,7	-1,2	-1,1
2		0,099	0,7	-1,2		3,000	0,8	-0,3	0,9
3		0,099	0,7	-1,2		2,998	0,6	-2,1	-0,9
4		0,099	0,7	-1,2		2,999	0,7	-1,2	0,0
5		0,099	0,7	-1,2		2,998	0,6	-2,1	-0,9

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 10 g

### ENSAYO DE PESAJE

(**) Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp (**) (± g)
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0,100	0,100	0,6	-0,1						10
0,200	0,199	0,6	-1,1	-1,0	0,201	0,7	0,8	0,9	10
0,400	0,398	0,5	-2,0	-1,9	0,399	0,7	-1,2	-1,1	10
0,500	0,500	0,8	-0,3	-0,2	0,496	0,5	-4,0	-3,9	10
1,000	1,000	0,7	-0,2	-0,1	0,999	0,7	-1,2	-1,1	10
2,000	2,000	0,8	-0,3	-0,2	1,998	0,6	-2,1	-2,0	10
3,000	3,000	0,8	-0,3	-0,2	2,998	0,6	-2,1	-2,0	10
4,000	3,999	0,7	-1,2	-1,1	3,998	0,6	-2,1	-2,0	10
5,000	4,999	0,7	-1,2	-1,1	5,000	0,7	-0,2	-0,1	10
7,000	6,998	0,6	-2,1	-2,0	7,001	0,8	0,7	0,8	20
10,000	10,000	0,7	-0,2	-0,1	10,000	0,7	-0,2	-0,1	20

(\*\*) error máximo permitido

(\*\*\*) Carga convencionalmente verdadera

### LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	=	$R + 1,59E-04 \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times (2,80E-06 \text{ kg}^2 + 5,21E-08 \times R^2)^{1/2}$

donde el símbolo E-xx significa potencia de 10. Ejemplo: E-03 = 10<sup>-3</sup>

I, R : Indicación de la balanza  
ΔL: Carga incrementada  
E: Error encontrado  
E<sub>0</sub>: Error en cero  
E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin de documento

Fecha de emisión : 2022/04/05  
Solicitante : LABORATORIO DE SUELO TECNILAB S.A.C  
Dirección : CAL. A MZA. K1 LOTE 32 P.J. PACHACAMAC BA 2 ETP  
4 SEC 1 - VILLA EL SALVADOR.

Instrumento de medición: PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA

Identificación : NO INDICA  
Marca Prensa : C & M  
Modelo : NO INDICA  
Serie : PRCBR-01  
Capacidad : 5 t  
Celda de carga : ZEMIC  
Indicador : HIGH WEIGHT  
Modelo : 315-X5  
Serie : NO INDICA

Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

Fecha de calibración : 2022/04/09

**Método/Procedimiento de calibración**

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.



Gerente General

Firmado digitalmente  
por Diego Moreno  
Prado  
Fecha: 2022-03-30  
13:40:57

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6801  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6800

[ventas@cadentsac.com.pe](mailto:ventas@cadentsac.com.pe)

[cadentsacperu@hotmail.com](mailto:cadentsacperu@hotmail.com)

[operaciones@cadentsac.com.pe](mailto:operaciones@cadentsac.com.pe)

web: [www.cadentsac.com.pe](http://www.cadentsac.com.pe)

INFORME DE VERIFICACIÓN N° 0011-COE-2022

**Fecha de emisión** : 2022/01/10  
**Solicitante** : LABORATORIO DE SUELO TECNILAB S.A.C.  
**Dirección** : CAL.A MZA. K1 LOTE. 32 P.J. PACHACAMAC BA 2 ETP4 SEC1  
(FRENTE A TIENDA MAS) LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

**Instrumento de medición** : TAMIZ 3/4"

**Identificación** : NO INDICA  
**Marca** : ARSOU  
**Modelo** : NO INDICA  
**Serie** : 081N21  
**Diámetro** : 8"  
**Estructura** : ACERO  
**Procedencia** : PERÚ

**Lugar de calibración** : LABORATORIO DE CADENT S.A.C.

**Fecha de calibración** : 2022/01/06

**Método/Procedimiento de calibración**

La verificación se realizó por comparación directa utilizando instrumentos patrones calibrados trazables ante el INACAL.



Firmado digitalmente  
por Luis Zerpa Lopez  
Fecha: 2022-01-10  
11:54:06

Supervisor de Laboratorio

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Liumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

INFORME DE VERIFICACIÓN N° 0032-COE-2022

**Fecha de emisión** : 2022/01/10

**Solicitante** : LABORATORIO DE SUELO TECNILAB S.A.C.

**Dirección** : CALA MZA. K1 LOTE. 32 P.J. PACHACAMAC BA 2 ETP4 SEC1  
(FRENTE A TIENDA MAS) LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

**Instrumento de medición** : TAMIZ N° 10

**Identificación** : NO INDICA

**Marca** : ARSOU

**Modelo** : NO INDICA

**Serie** : 068821

**Diámetro** : 8"

**Estructura** : ACERO

**Procedencia** : PERÚ

**Lugar de calibración** : LABORATORIO DE CADENT S.A.C.

**Fecha de calibración** : 2022/01/06

**Método/Procedimiento de calibración**

La verificación se realizó por comparación directa utilizando instrumentos patrones calibrados trazables ante el INACAL.



Firmado digitalmente  
por Luis Zerpa Lopez  
Fecha: 2022-01-10  
11:58:03

Supervisor de Laboratorio

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**  
Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600

INFORME DE VERIFICACIÓN N° 0023-COE-2022

**Fecha de emisión** : 2022/01/10

**Solicitante** : LABORATORIO DE SUELO TECNILAB S.A.C.

**Dirección** : CALA MZA. K1 LOTE. 32 P.J. PACHACAMAC BA 2 ETP4 SEC1  
(FRENTE A TIENDA MAS) LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR

**Instrumento de medición** : TAMIZ N° 20

**Identificación** : NO INDICA

**Marca** : ARSOU

**Modelo** : NO INDICA

**Serie** : 026C21

**Diámetro** : 8"

**Estructura** : ACERO

**Procedencia** : PERÚ

**Lugar de calibración** : LABORATORIO DE CADENT S.A.C.

**Fecha de calibración** : 2022/01/06

**Método/Procedimiento de calibración**

La verificación se realizó por comparación directa utilizando instrumentos patrones calibrados trazables ante el INACAL.



**Cadent**  
METROLOGÍA | LABORATORIO | INDUSTRIAL

Firmado digitalmente  
por Luis Zerpa Lopez  
Fecha: 2022-01-10  
11:57:08

Supervisor de Laboratorio

**"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO"**

Capacitación y Desarrollo de Nueva Tecnología S.A.C. - Metrología  
Laboratorio: Jr. Llumpa 1352 Urb. Parque Naranjal - Los Olivos Telf.: 627-6601  
Ventas: Av. Defensores del Morro 2435 - Chorrillos Telf.: 627-6600



## ANEXO 5: PANEL FOTOGRAFICO.

