

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO  
COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS  
MOLINOS, ICA, 2022**

**TESIS**

**PRESENTADA POR BACHILLERES**

**MAITA FAJARDO ANGELA LIZETH  
MIRANDA ARONES RUBEN DARIO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**ICA – PERÚ**

**2023**

**ASESOR:**

Mg. Cubas Armas Marlon Robert

## **LINEA DE INVESTIGACION**

- Desarrollo de Nuevos Productos

## **AGRADECIMIENTO**

Primero agradecer a Dios por permitirme tener y disfrutar de nuestras familias, gracias a mi esposo y padres por apoyarme en cada decisión y proyecto dado, gracias a la vida porque cada día nos demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirnos cumplir con excelencia el desarrollo de esta Tesis.

**Angela**

Agradezco al todo poderoso quien hizo este sueño realidad, que a pesar de todas mis fallas y errores nos ayuda hasta el final, Gracias DIOS; agradezco a mi esposa, a mis padres y familia que me dieron la fortaleza de seguir con este proyecto; asimismo a nuestra alma mater nuestra universidad que nos guía e instruye para ser mejor cada día.

**Rubén**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me da la fortaleza para continuar cuando estuve a punto de caer él siempre ha estado allí; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Jehová nuestro Dios. De igual forma, dedicamos esta tesis a mi esposo y a mis Padres que me han sabido formar con buenos hábitos y valores, lo cual nos ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

**Angela**

Este trabajo va dedicado primeramente a nuestro padre Celestial Jehová mi Dios quien me ha ayudado día a día para seguir adelante. De igual Forma dedicamos esta tesis a mi esposa y a mis padres a los que quiero y adoro porque siempre los tengo en mi mente y corazón ya que son parte de mi lucha para seguir buscando la excelencia de ser mejor.

**Rubén**

## RESUMEN

**Objetivo:** Diseñar una mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado como alternativa de rentabilidad para la construcción de pavimentos en el distrito de San José de los Molinos en Ica. **Método:** La investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo, utilizó un diseño experimental con un grupo control y cuatro grupos experimentales, con una muestra de 60 briquetas de prueba, usando como técnicas de recolección de datos a los ensayos de laboratorio para suelos, agregados y mezclas asfálticas. **Resultados:** Se tuvo una caracterización de agregados en los límites inferiores y superiores de la curva granulométrica para una proporción de 43% de piedra chancada y 57% de arena; un diseño de mezcla convencional tipo A, alcanzando un porcentaje óptimo de asfalto de 5.4%; obteniendo como valor de estabilidad para la muestra experimental de adición de 1%C+2%P superior al requerido de 8.15 kN; un resultado comparativo donde la muestra patrón alcanza los valores mínimos de diseño a diferencia de la muestra experimental; y, una reducción del costo de la mezcla con la adición de caucho más plástico de S/ 1.48. por briqueta. **Conclusiones:** Se obtuvo condiciones óptimas de los agregados, la muestra patrón se tiene valores óptimos de diseño, la muestra experimental no logra los parámetros requeridos y se experimenta una reducción del costo de la mezcla con materiales reciclados.

**Palabras clave:** Mezcla asfáltica, caucho, plástico, estabilidad, flujo, vacíos de aire.

## ABSTRACT

**Objective:** Design an asphalt mix with the addition of rubber and recycled plastic as a profitable alternative for the construction of pavements in the district of San José de los Molinos in Ica. **Method:** The research is of an applied type, of an explanatory level, it used an experimental design with a control group and four experimental groups, with a sample of 60 test briquettes, using laboratory tests for soils as data collection techniques, aggregates and asphalt mixes. **Results:** There was a characterization of aggregates in the lower and upper limits of the granulometric curve for a proportion of 43% crushed stone and 57% sand; a conventional type A mix design, reaching an optimum percentage of asphalt of 5.4%; obtaining as stability value for the experimental sample of addition of 1%C+2%P higher than the required one of 8.15 kN; a comparative result where the standard sample reaches the minimum design values unlike the experimental sample; and, a reduction in the cost of the mixture with the addition of rubber plus plastic of S/ 1.48. per briquette. **Conclusions:** Optimal conditions of the aggregates were obtained, the standard sample has optimal design values, the experimental sample does not achieve the required parameters and a reduction in the cost of mixing with recycled materials is experienced.

**Keywords:** Asphalt mix, rubber, plastic, stability, flow, air voids.

## **INTRODUCCIÓN**

El desarrollo de la presente investigación tiene una estructura que responde a la metodología experimental propuesta desde el proyecto, para lo cual se divide en cinco capítulos; el primero de ellos se refiere al problema de estudio, donde se identifica la realidad problemática caracterizada por el avance de los factores contaminantes del ambiente del caucho y plástico y se propone la alternativa estudio en la formulación de los problemas y objetivos a lograr. El segundo capítulo está relacionado con los fundamentos teóricos que sirvieron de soporte para el desarrollo de los objetivos, relacionados con los antecedentes de estudios similares en el diseño de mezclas asfálticas con adición de polímeros de distintas tipologías y porcentajes, además de las bases teóricas y normativas que rigen para el diseño de mezclas en el país. El tercer capítulo muestra los componentes metodológicos que, además de identificar al estudio en el marco de elementos de la investigación científica, han servido para diseñar y orientar el desarrollo experimental del tratamiento de las variables. El cuarto capítulo está referido al análisis de los resultados, donde se presenta las tablas y gráficos producto de los ensayos de laboratorio, ordenados en base a los objetivos propuestos, con la respectiva interpretación de los mismos. El quinto capítulo muestra las conclusiones de la investigación que se sustentan en lo que se propuso en los objetivos y lo que se logró en los resultados desde la experimentación realizada, además de las recomendaciones necesarias para futuros trabajos de investigación que traten el tema de las mezclas asfálticas con propósitos ambientales.

Se deja a consideración de los evaluadores el presente trabajo de investigación de corte experimental.



## INDICE

CARATULA.....	i
ASESOR:.....	ii
LINEA DE INVESTIGACION.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii
INDICE.....	ix
INFORME ANTIPLAGIO.....	xii
LISTA DE TABLAS.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE ANEXOS.....	xvii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.1.1 GENERAL.....	4

1.1.2	ESPECÍFICOS .....	4
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4.	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:.....	5
1.5.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.6.	OBJETIVOS .....	6
1.1.3	GENERAL.....	6
1.1.4	ESPECÍFICOS .....	6
1.7.	PROPÓSITO .....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....		8
2.1.	ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS .....	8
2.2.	BASE TEÓRICA.....	12
2.3.	MARCO CONCEPTUAL .....	20
2.4.	HIPÓTESIS .....	21
2.4.1	GENERAL.....	21
2.4.2	ESPECÍFICAS.....	21
2.5.	VARIABLES.....	22
CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION .....		24
3.1.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	24
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	24

3.3.	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	25
3.4.	DISEÑO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	26
3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	27
3.6.	ASPECTOS ÉTICOS.....	27
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	29
4.1.	RESULTADOS.....	29
4.2.	DISCUSIÓN.....	43
	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
5.1.	CONCLUSIONES.....	48
5.2.	RECOMENDACIONES .....	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	50
	ANEXOS .....	55

## INFORME ANTIPLAGIO

TESIS\_MAITA FAJARDO, ANGELA & MIRANDA ARONES, RUBEN

### INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.upsjb.edu.pe">repositorio.upsjb.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://libros.cecar.edu.co">libros.cecar.edu.co</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://ri-ng.uaq.mx">ri-ng.uaq.mx</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="http://inba.info">inba.info</a> Fuente de Internet	<1%

# INFORME DE SIMILITUD ANTIPLAGIO



UNIVERSIDAD PRIVADA SAN JUAN BAUTISTA  
FACULTAD DE INGENIERIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

## INFORME DE VERIFICACIÓN DE SOFTWARE ANTIPLAGIO

FECHA: 19-06-2023

NOMBRES: ANGELA LIZETH MAITA FAJARDO y RUBEN DARIO MIRANDA ARONES

### TIPO DE PROINVESTIGACIÓN:

- PROYECTO ( )
- TRABAJO DE INVESTIGACIÓN ( )
- TESIS ( X )
- TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ( )
- ARTICULO ( )
- OTROS ( )

INFORMO SER PROPIETARIOS DE LA INVESTIGACIÓN VERIFICADA POR EL SOFTWARE ANTIPLAGIO TURNITIN, EL MISMO TIENE EL SIGUIENTE TÍTULO: **DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADOS COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022**

CULMINADA LA VERIFICACIÓN SE OBTUVO EL SIGUIENTE PORCENTAJE: 18%

Conformidad Autor:

Nombre: Ángela Lizeth Maita Fajardo

DNI: 70057933

Huella:



Conformidad Asesor:

Nombre: **Rubén Darío Miranda Arones**

DNI: 45023273

Huella:



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Características de los polímeros modificadores</i> .....	16
<b>Tabla 2</b> <i>Cantidad de briquetas a utilizar según ensayos</i> .....	24
<b>Tabla 3</b> <i>Normas Técnicas aplicables a los ensayos</i> .....	25
<b>Tabla 4</b> <i>Análisis granulométrico de agregados</i> .....	29
<b>Tabla 5</b> <i>Análisis granulométrico de la piedra chancada</i> .....	30
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis granulométrico de la arena</i> .....	31
<b>Tabla 7</b> <i>Pesos específicos de los materiales</i> .....	31
<b>Tabla 8</b> <i>Resumen de ensayo Marshal para muestra patrón</i> .....	32
<b>Tabla 9</b> <i>Estabilidad, flujo y % de vacíos de las mezclas con caucho y plástico</i> .....	33
<b>Tabla 10</b> <i>Prueba Marshal para grupo experimental y grupo patrón</i> .....	34
<b>Tabla 11</b> <i>Datos descriptivos sobre estabilidad</i> .....	36
<b>Tabla 12</b> <i>ANOVA del factor estabilidad</i> .....	37
<b>Tabla 13</b> <i>Sub conjuntos homogéneos para el factor estabilidad</i> .....	37
<b>Tabla 14</b> <i>Datos descriptivos sobre flujo</i> .....	38
<b>Tabla 15</b> <i>ANOVA del factor flujo</i> .....	38
<b>Tabla 16</b> <i>Sub conjuntos homogéneos para el factor flujo</i> .....	38
<b>Tabla 17</b> <i>Datos descriptivos sobre vacíos de aire</i> .....	39
<b>Tabla 18</b> <i>ANOVA del factor vacíos de aire</i> .....	39
<b>Tabla 19</b> <i>Sub conjuntos homogéneos para el factor vacíos de aire</i> .....	40
<b>Tabla 20</b> <i>Comparativo de costos por metro cúbico de mezcla asfáltica</i> .....	41

**Tabla 21** Rangos de prueba Wilcoxon.....42

**Tabla 22** Contraste de prueba Wilcoxon.....42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura de un pavimento asfáltico.....	12
<b>Figura 2</b> <i>Condiciones de selección del cemento asfáltico</i> .....	14
<b>Figura 3</b> <i>Requisitos para diseño de pavimento asfáltico</i> .....	14
<b>Figura 4</b> <i>Curva granulométrica</i> .....	29
<b>Figura 5</b> <i>Peso unitario muestra patrón vs grupo experimental</i> .....	34
<b>Figura 6</b> <i>Estabilidad muestra patrón vs grupo experimental</i> .....	35
<b>Figura 7</b> <i>Porcentaje de vacíos muestra patrón vs grupo experimental</i> .....	35
<b>Figura 8</b> <i>Flujo muestra patrón vs grupo experimental</i> .....	36



## LISTA DE ANEXOS

Cuadro de operacionalización de variables.....	59
Matriz de consistencia.....	60
Informe de Laboratorio.....	62

## **CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Uno de los problemas ambientales que vive el mundo es el de la acelerada contaminación del suelo, aire y agua; uno de los materiales que mayor contaminación genera es el caucho, por lo que en diversos países se vienen ensayando alternativas sustentables para su reutilización en la industria de la construcción, como es el caso de propuestas técnicas sustentables en la construcción de pavimentos. Para entender el término "sustentable", esto tiene que ver con la capacidad de un pavimento para cumplir con los objetivos de ingeniería, como es conservar y revitalizar los ecosistemas que lo rodean, utilizando recursos humanos, ambientales y financieros disponibles de manera económicamente racional (Tiza et al., 2022); estas soluciones van en coherencia con los problemas de incremento de los niveles de tráfico, cargas más pesadas, condiciones climáticas extremas, generando el deterioro prematuro de las vías, que han instado a las autoridades a desarrollar nuevas soluciones para mejorar las condiciones de los pavimentos ante los efectos adversos de los cambios mecánicos y carga ambiental (Santos et al., 2018).

Una de estas soluciones es la modificación de las mezclas asfálticas mediante adición de caucho, sea nuevo o reciclado, ha demostrado tener potencial para mejorar las propiedades bituminosas. Esta alternativa, desde la consideración de Tang et al. (2020), puede apoyar a la generación de sociedades más sostenibles, ya que la enorme eliminación de desechos de caucho se ha convertido en una tarea desafiante. Un reto de los investigadores viene siendo la modificación de la estructura del pavimento de acuerdo a procedimientos factibles de implementarse en la industria vial; los diversos tipos de modificadores se utilizan principalmente en la mezcla asfáltica permeable, entre ellos, los estudios de los modificadores de caucho, encontrando que una cantidad adecuada de caucho mezclada con asfalto caliente, genera la expansión del volumen de la lata de asfalto caliente: este proceso de hinchazón tiene efectos de rango positivos sobre las propiedades del diseño de mezcla asfáltica (Sha et al., 2021).

Una experiencia alternativa es el uso del caucho de material reciclado de las llantas que se genera a partir del reciclaje de neumáticos de vehículos, una gran parte de estos

desechos se depositan en vertederos donde se almacena una gran cantidad de espacio valioso ocupado, como amenaza contaminante para el suelo y el agua subterránea (Adesina y Das, 2021). Existen diversos experimentos en este campo de la ingeniería, Chissama y Picado-Santos, (2021) recogen las experiencias del caucho desmenuzado de los neumáticos al final de su vida útil utilizados para mejorar las propiedades de las mezclas bituminosas, donde se aplicaron procesos de adición de caucho granulado: adición del caucho por dirección húmeda y por dirección seca obteniendo como resultados que las propiedades volumétricas y de formación de surcos, la susceptibilidad a la humedad, cumplieron con los requisitos de especificación y en los procesos de control de los pavimentos éstos exhibieron buenas condiciones después de tres años de servicio

Otra de las alternativas sustentables es la modificación de mezclas asfálticas con compuestos plásticos, ya que grandes cantidades de desechos plásticos son generados anualmente por entidades públicas y privadas; por lo que el uso sostenible del plástico reciclado tiene numerosas ventajas ambientales y económicas, representando un recurso alternativo para la industria de la construcción que mitigaría los problemas de los vertederos y reduciría significativamente las emisiones globales de carbono (Arulrajah et al., 2017). En esta línea, se ha comprobado que el uso de plástico reciclado en la mezcla asfáltica representa una solución sostenible y económica, que diseñado correctamente podría mejorar la resistencia contra los típicos deterioros de un pavimento flexible; esto se ha demostrado en estudios donde la adición de polímeros plásticos (Estireno-Butadieno-Estireno) a la mezcla asfáltica ha mejorado la rigidez, resistencia al ahuellamiento y a la fatiga (Cardone et al., 2022)

Asimismo, en el análisis comparativo de Assaf y Abu Abdo, (2022) sobre el uso de materiales recuperados de pavimento asfáltico (RAP) y plástico y vidrio reciclado, sostienen que la incorporación de estos materiales reciclados mejora el comportamiento de las mezclas asfálticas además de otros beneficios como el costo y el aporte al medio ambiente, sustentado en estudios que muestran que el plástico tiene un desempeño ambiental superior a RAP. Otra experiencia alternativa es el uso de la masilla de piedra modificada con polímero plástico PET y nano-sílice en mezclas asfálticas en pavimentos, donde los resultados de estudios mostraron que el aumento en el contenido de nano-

sílice con el plástico PET disminuyó con éxito las tasas de drenaje, aumentó la resistencia contra el ahuellamiento y la fatiga (Mashaan et al., 2022)

Existen además otros experimentos con el uso del plástico en mezclas asfálticas, como el uso de residuos de tereftalato de polietileno (PET) y caucho triturado (CR) de neumáticos reciclados, como reemplazo de la arena en la durabilidad y propiedades acústicas de mezclas asfálticas semidensas (SDA), donde se demuestra que se obtienen resultados positivos con la mejora de la ductilidad, sin embargo, no es recomendable el reemplazo de arena por CR y PET debido a que se redujeron los valores de resistencia a la tracción indirecta y la energía de fractura (Mikhailenko et al., 2021). En otro experimento Jiang et al. (2021) propuso aquella estructura de pavimento con un diseño de mezcla asfáltica formado por una capa superficial y una placa de acero y materiales plásticos que funcionan como el principal soporte de carga, donde la estabilidad dinámica de las muestras alcanzaron mayor vida de fatiga, asimismo, el asfalto con masilla de piedra, puede ser prefabricado y ensamblado en el sitio, y por lo tanto puede mejorar en gran medida la eficiencia de la construcción, además de muchas ventajas más sobre los pavimentos tradicionales, como la durabilidad, menor huella ambiental y reciclabilidad.

Como se evidencia, existen diversos estudios que muestran beneficios, como también limitaciones, en la añadidura de componentes plásticos y cauchos en el diseño de mezcla asfáltica por lo que se hace necesario la continuidad de las investigaciones ante el continuo aumento de la carga de tráfico en las vías, donde se recomienda el uso de muestra de pruebas simples de preparar, representativas, fácil de instalar y que tomen el menor tiempo posible, donde en el escenario de prueba se tome en cuenta la caracterización experimental, caracterización mecánica y factor de influencia, como aspectos principales de estudio (Yang y Li, 2021). Estas consideraciones conducen a la realización de la presente investigación, de manera que, con el estudio de las mezclas asfálticas con adición de caucho y plástico en la realidad local, se pueda generar una alternativa de reutilización de residuos contaminantes con el uso de procedimientos tecnológicos en el campo de la ingeniería civil.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1.1 GENERAL**

¿El diseño de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado es una alternativa de rentabilidad en la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?

### **1.1.2 ESPECÍFICOS**

**P.E.1** ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?

**P.E.2** ¿Cuál es la descripción del diseño de mezcla convencional como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?

**P.E.3** ¿Cuál es el análisis de los resultados de la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con la adición de 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con 2%, 3% y 5% de plástico reciclado del grupo experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?

**P.E.4** ¿Cuál es la evaluación de los resultados del grupo experimental versus el grupo patrón y seleccionar el porcentaje óptimo de caucho y plástico reciclado para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?

**P.E.5** ¿Cuál es el contraste de la rentabilidad del diseño la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado con el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

#### **Justificación teórica**

La investigación es justificable teóricamente porque se valida, mediante una aplicación práctica y experimental, las teorías que otorgan ventajas en las propiedades de estabilidad, fatiga y de comportamiento mecánico al usar las mezclas asfálticas con adición de distintos polímeros en pavimentos, de manera que se constituya una alternativa estructural, económica y ambiental para el ámbito de aplicación del estudio.

#### **Justificación práctica**

Teniendo en consideración la excesiva generación de residuos plásticos que contaminan el medio ambiente, la investigación se propuso brindar una alternativa a este problema con el uso de caucho y plástico reciclado como componente estructural de los pavimentos asfálticos, evaluando su rentabilidad a largo plazo, para que sea factible su aplicación en los procesos de pavimentación de zonas urbanas de San José de los Molinos.

#### **Justificación Social**

En la medida que se propuso el logro de beneficios ambientales y económicos, los resultados de la investigación generan beneficios a la población, así como a las instituciones encargadas de mejorar las condiciones de transitabilidad en el ámbito urbano de la ciudad; por lo que el estudio tiene un carácter social en cuanto a sus propósitos.

### **1.4. DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:**

#### **1.4.1 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA**

El trabajo de investigación se desarrolló en el ámbito distrital de San José de los Molinos, perteneciente a la provincia y departamento de Ica, orientado a los proyectos de pavimentación urbana

## **1.4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL**

Para la ejecución de la investigación, en sus distintas etapas, desde el plan de investigación hasta la obtención de resultados e informe final, se cumplió lo previsto en el año 2022.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

Tomando en consideración los altos costos de la aplicación en tramos de pavimentación, la investigación estuvo limitada al proceso de experimentación a nivel de laboratorio

## **1.6. OBJETIVOS**

### **1.1.3 GENERAL**

Diseñar una mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado como alternativa de rentabilidad para la construcción de pavimentos en San José de los Molinos, Ica, 2022.

### **1.1.4 ESPECÍFICOS**

**O.E.1** Identificar las características de agregados del diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022.

**O.E.2** Describir el diseño de mezcla convencional como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022.

**O.E.3** Analizar la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con la adición de 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con 2%, 3% y 5% de plástico reciclado como parte del grupo experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022.

**O.E.4** Evaluar los resultados del grupo experimental versus el grupo patrón y seleccionar el porcentaje óptimo de caucho y plástico reciclado para

rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022.

**O.E.5** Contrastar la rentabilidad del diseño la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado con el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022.

### **1.7. PROPÓSITO**

El estudio logró validar las ventajas de rentabilidad de la alternativa de eco pavimentos, teniendo en cuenta que todo asfalto modificado implica mayor costo en el proceso constructivo, pero que en sus condiciones de durabilidad a largo plazo pueda constituir también una alternativa económica.



## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS**

#### **Antecedentes internacionales**

Hernández (2019) desarrolló una investigación en México, analizando modelos de daño viscoelástico para casos de mezclas asfálticas, con aplicación experimental, concluyendo que los distintos tipos de propiedades viscoelásticas de una mezcla asfáltica, a partir de los ensayos de fluencia son de utilidad para la evaluación de las características en los casos de asfaltos modificados con adición de polímeros en el análisis del comportamiento estructural de un asfalto base con la adición de un modificador, especialmente cuando se trata de polímeros como aditivos, debido a que es posible la distinción cualitativa de las diferencias de comportamiento de las curvas maestras, con la verificación en los respectivos ensayos de fluencia en laboratorio.

Borja y Cárdenas, (2019) en su trabajo de investigación en Ecuador sobre la identificación de las distintas características de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, se orientaron al objetivo de examinar y poder comparar el procedimiento de mezclas asfálticas convencionales modificadas con adición de polímeros estireno-butadieno-estireno y estirenobutadieno, aplicaron pruebas de deformación plástica, estabilidad y flujo, pérdida por desgaste y tracción indirecta, concluyendo que el comportamiento de estas mezclas asfálticas modificadas con dichos polímeros arrojan mejoras en referencia a las mezclas convencionales, evidenciándose en la depreciación de la susceptibilidad ante la temperatura, reducción de la deformación, mejora de la elasticidad, incremento en valores de resistencia y de durabilidad; teniendo como porcentaje óptimo de adición de polímeros SBS del 2 % y de polímeros SBR de 1%.

Martínez (2019) su tesis sobre el análisis teórico de las mezclas asfálticas adicionadas con polímeros en Colombia, se planteó como objetivo la identificación de las características y propiedades de los asfaltos modificados, además de sus ventajas y desventajas, en una investigación teórica no experimental, tomando como información de base a estudios relacionados a las variables de su investigación, concluyendo que

existen evidencias que confirman el incremento de los valores de resistencia a la flexión y deformación del asfalto modificado, además de mejorar sus propiedades de viscoelasticidad, todo ello teniendo en consideración las características de los agregados y las condiciones de los polímeros, así como los valores de temperatura de la zona de aplicación. En líneas generales son mayores las ventajas que las desventajas aportando hasta el 30% más de durabilidad.

Ortiz (2019) desarrolló la tesis en Ecuador para diseñar mezclas asfálticas con la adición de polímeros tipo I, utilizaron polímero tipo SBS como agregado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica, obteniendo como resultados que se evidencia una mayor resistencia a las deformaciones, además que mayor resistencia a las acciones de la temperatura, igualmente se ha obtenido una mejora significativa en la adherencia entre áridos. Se concluye que el porcentaje óptimo de adición de polímeros en la mezcla debe ser de 4%, con 6,1% de asfalto.

Vila y Jaramillo (2018) en su investigación en Ecuador sobre la influencia del uso de polímeros para la modificación del asfalto, se propusieron evaluar el comportamiento del asfalto al recibir la adición de 3 tipos de polímeros, concluyendo que los asfaltos modificados cumplen los requisitos normativos para su uso; y para el caso de los asfaltos modificados, en el caso de la adición de polímeros SBS clasifican como PG 76-22 y para el caso de adición con polímeros Elvaloy o también con caucho, alcanzan la clasificación PG 76-28, como indicador de mayor rango de temperaturas de trabajo. Sin embargo, en los 3 casos el incremento del rango se considera significativo. En los estudios a temperaturas intermedias, no existió evidencia de mayores variaciones en la adición de los polímeros modificadores. El de mayor rendimiento fue el asfalto modificado con polímeros SBS al 4%.

Aimacaña (2017) en su investigación en Ecuador sobre el comparativo en los valores de compresión en pavimentos asfálticos con agregados de polímeros, utilizó tapones plásticos triturados para la adición de 1% a 3% a una mezcla asfáltica en 60 briquetas que fueron sometidas a pruebas de compresión, concluyendo que la mezcla de mejores resultados en sus propiedades es la que fue modificada con 2% de polímero, cuya dosificación fue de 60% en agregado grueso, 39% en agregado fino y 6.0% de cemento

asfáltico.

Berrío (2017) realizó la tesis en Colombia sobre el desempeño de una mezcla asfáltica con adición de Tereftalato de Polietileno reciclado, en un estudio de tipo experimental para analizar las mezclas con adición de un polímero plástico, desde el establecimiento de los parámetros volumétricos, con aplicación de ensayos de estabilidad y flujo, como también pruebas de módulo resiliente y deformación plástica, encontrando como resultados para una mezcla con 2,0% de adición de polímero plástico (PET) en tamaños inferiores a 2 milímetros, un incremento de 37% en el módulo resiliente y una reducción de 42% en la velocidad de deformación plástica. El estudio concluye que con la prueba de solidez existe baja susceptibilidad frente a sustancias abrasivas, asimismo no hay evidencia de contenido de plasticidad; se puede afirmar que los agregados pétreos tuvieron un comportamiento satisfactorio en base a los requisitos técnicos normativos para la producción de mezclas asfálticas.

### **Antecedentes nacionales**

Caso y De la Cruz, (2021), en su investigación en Huancavelica, diseñaron mezclas asfálticas con la modificación de polímeros HDPE y SBR, para la construcción de pavimentos; se plantearon como propósito el uso de material plástico y caucho reciclado para el diseño de mezclas asfálticas modificadas, en una investigación experimental utilizando 68 probetas en el análisis de laboratorio, concluyendo que la aplicación de polímeros HDPE en 4% de adición y los polímeros SBR con 2%, producen significativas condiciones de estabilidad y flujo Marshall en los pavimentos asfálticos

Alarcón y Cárdenas (2021), en su tesis, en Lima, sobre la modificación de mezclas asfálticas con polímeros SBS, se propusieron como objetivo determinar los beneficios que se logra en la mezcla asfáltica con el agregado del polímero estireno-butadieno-estireno (SBS), relacionados con los indicadores de comportamiento mecánico y rendimiento, en una investigación no experimental, a partir de información bibliográfica que condujo a comparar los datos de asfalto convencional con asfalto modificado, concluyendo que utilizando como porcentajes de adición de polímeros del 2 al 4% se logra una significativa influencia en el grado de penetración, dotando de mayor viscosidad al asfalto y con menos ductilidad conforme se incrementa el porcentaje de

adición de polímeros; en suma se evidencia beneficios del asfalto modificado en el desempeño de los pavimentos frente a las cargas que soporta.

Gastelo y Chávez (2021) en su investigación sobre el comportamiento comparativo en compresión de pavimentos asfálticos modificados de polímeros reciclados en Lambayeque, utilizaron bolsas plásticas para adicionar a las 92 probetas de mezclas asfálticas que utilizaron como muestra de estudio, evaluando las propiedades de resistencia y durabilidad de sus trabajos experimentales, concluyendo que el 6.73% de polímeros logró mejorar de manera significativa la estabilidad de la mezcla en 25.38%, el flujo en un 2.25% y la tracción indirecta en un 13,6%, no encontrando diferencias sustanciales en los pesos unitarios de las dos mezclas experimentales.

Meza y Palomino (2021) en su tesis relacionada con el estudio de las mezclas asfálticas modificada con polímeros en Lima, se propuso como objetivo realizar un comparativo en su comportamiento mecánico y desempeño de las mezclas asfálticas convencionales con las mezclas modificadas con adicción de polímeros de tipo SBS, SBR, EVA, en espacios geográficos donde predomina las altas temperaturas, para lo cual se asumió un tipo de estudio no experimental con datos recabados de investigaciones experimentales que trataron el estudio de estas variables, concluyendo que las principales fallas que presentan los pavimentos con mezcla convencional en zonas de selva se identifican como ahuellamientos y exudaciones, lo cual trae consigo fallas en la resistencia y estabilidad de la estructura; ante este problema se recomienda ensayos para evaluar el comportamiento de las mezclas asfálticas con adición de polímeros, que según investigaciones tomadas en el estudio, los polímeros SBS al 2% y 5% presentan mejor comportamiento, al igual que los polímeros SBR al 2% al 3% de adición.

Broncano y Campos (2021), en su tesis sobre las propiedades del cemento asfáltico modificado con polímeros SBS y ELVALOY en Arequipa, se plantearon como objetivo el estudio de la influencia de los referidos cementos asfálticos modificados en mezclas en caliente, en comparación con una mezcla convencional de tipo PEN 60-70 utilizando de forma experimental la metodología Marshall, para el uso en pavimentos de tránsito pesado, concluyendo que la mezcla asfálticas modificada con adición de polímeros SBS

(5%) producen mejoras en las propiedades volumétricas de la mezcla, además tienen mayor grado de desempeño, lo cual implica un incremento significativo en la vida útil del pavimento.

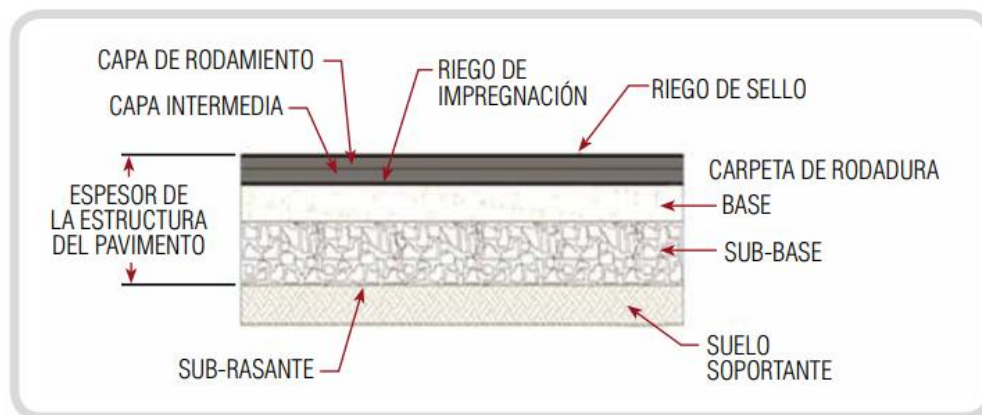
Balbín y Enríquez, (2019), realizaron una investigación para evaluar el comportamiento de mezclas asfálticas con adición de polímeros en Lima, con el propósito de evaluar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas experimentales en vías expuestas a altas temperaturas, partiendo del análisis de las fallas en el comportamiento de los pavimentos convencionales por razones de temperatura, que les permitió realizar los ensayos comparativos de las mezclas convencionales con las que recibieron adición de polímeros, pudiendo concluir que se evidencia significativas mejoras de comportamiento mecánico de los pavimentos con adición de polímeros, en polímeros de tipo SBS en porcentajes de adición del 2% y 4.5%, mientras que en el tipo SBR con porcentaje de adición del 1% al 3%.

## 2.2. BASE TEÓRICA

### 2.2.1 Pavimento asfáltico

Se conoce al pavimento asfáltico como el que se encuentra conformado en su estructura por una carpeta que contiene una mezcla de asfalto sobre dos capas, base y subbase,

**Figura 1** Estructura de un pavimento asfáltico



Fuente: MEF 2015

Es considerado como un pavimento flexible y según el Ministerio de Economía y Finanzas [MEF] (2015) se puede considerar como “mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micro pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente” (p. 14). Los elementos componentes de su estructura se pueden observar en la figura 1

El material que identifica a este tipo de pavimentos es el asfalto, que se caracteriza, según Wulf (2008), por ser de composición bituminosa, color negro y contiene en su estructura interna asfáltenos, aceites y resinas, que al ser sometido a temperatura alta es ablandado hasta pasar a estado líquido, tiene propiedades de consistencia, relacionado con la dureza en base a la temperatura a la que está expuesta; también la propiedad de durabilidad que permite mantener sus condiciones en el tiempo; susceptibilidad térmica, que le posibilita variar sus propiedades ante la temperatura.

Entre los tipos de asfaltos que existen, los utilizados para trabajos de pavimentación se identifican como cemento asfáltico, asfaltos cortados emulsiones asfálticas. Los cementos asfálticos son los que se preparan principalmente para la construcción de pavimentos porque posee propiedades aglomerantes e impermeabilizantes, además presenta características de resistencia, flexibilidad y durabilidad frente a los ácidos y sales existentes en el suelo. Los asfaltos cortados son aquellos que resultan del proceso de diluir el cemento asfáltico con destilados del petróleo, generalmente de uso para bajas temperaturas. Las emulsiones asfálticas consideradas mezclas de cemento asfáltico en agua, utilizadas para carpetas asfálticas en frío (Wulf, 2008).

Conforme a lo dispuesto por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC-EG] (2013) los tipos de cemento asfáltico a utilizar en los procesos de pavimentación estarán en función a la viscosidad y penetración. Así mismo la temperatura ambiental en el ámbito donde se va a aplicar tiene que ver para que el cemento asfáltico funcione en condiciones óptimas.

**Figura 2** Condiciones de selección del cemento asfáltico

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50 ó 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: (MTC EG, 2013)

Para establecer las condiciones de calidad del asfalto a utilizar, desde la experiencia de Monsuru et al. (2020), se efectúan diversos ensayos, como: penetración, punto de ablandamiento y estabilidad de almacenamiento; además de la viscosidad, punto de ignición, ductilidad, peso específico, envejecimiento. Asimismo, existen ensayos para determinar las condiciones de las mezclas asfálticas, que se realizan en base a los propósitos del proyecto de pavimentación, entre los que se tiene al ensayo Marshall, la caracterización de las mezclas bituminosas, el ensayo para determinar la permeabilidad, el módulo dinámico, la fatiga, el ahuellamiento y la adherencia.

**Figura 3** Requisitos para diseño de pavimento asfáltico

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: (MTC, 2013)

En cuanto al método Marshall, con el devenir del tiempo ha tenido ciertas modificaciones. Este método, según Garnica et al. (2004), originariamente de aplicación a mezclas en caliente, se utiliza para pavimentaciones donde los agregados tengan un tamaño máximo de una pulgada; sin embargo, este método modificado se aplica para agregados mayores a 1.5 pulgadas o 38 mm. Su aplicación se realiza en laboratorio con el respectivo control de campo.

Los otros materiales componentes del pavimento asfáltico lo constituyen los agregados pétreos que según la reglamentación del MTC EG (2013), se refieren a partículas granulares utilizados en la base y sub-bases del pavimento; además se utilizan en las mezclas bituminosas con el propósito de evitar que, con la acción del agua y el tránsito, estos se puedan desprender. Entre estos agregados pétreos, el denominado agregado grueso es que se retiene por el tamiz N° 4 (4,75 mm), y el agregado fino corresponde a aquellos que se retienen entre los tamices N° 4 y N° 200 (4,75 mm y 75  $\mu$ m) y el denominado polvo o filler, los que pasan por tamiz N.º 200 (75  $\mu$ m).

### **2.2.2 Pavimento asfáltico modificado con caucho y plástico**

Los cauchos y plásticos son materiales de amplio uso en diversidad de productos industriales, desde los estudios de Murcia y Pardo (2020), se encuentran en una diversidad de accesorios utilizados con fines diversos en todo el mundo, que en su composición poseen propiedades mecánicas y un alto peso molecular, por lo que actualmente han sido insertados en la industria de la construcción, por sus cualidades de peso liviano y de resistencia a la humedad, el impacto y a los ácidos o sustancias alcalinas. En la infraestructura vial, el uso de polímeros en los pavimentos permite la modificación de diseños reduciendo el consumo de material pétreo y alcanzando mejores niveles de comportamiento estructural del pavimento, pudiendo utilizarse en la capa de rodadura o también en las estructuras de soporte de la subrasante, base o la subbase

En similar orientación, desde la experiencia de Avellán (2007), la modificación de los asfaltos con la adición de polímeros permite la modificación de las propiedades físicas y reológicas de la mezcla, con el propósito de para reducir la susceptibilidad ante la



acción de la temperatura, humedad y oxidación, posibilitando el aumento de la adherencia con los agregados pétreos. Este proceso debe permitir el incremento de la resistencia de la mezcla asfáltica ante las deformaciones y esfuerzos de tensión. Según Youtcheff & Lesueur (2013), “la cantidad típica utilizada oscila entre 3 y 6. %, donde mayormente son utilizados elastómeros, plastómeros y polímeros reactivos” (p. 30).

En la procura de asegurar una óptima modificación es necesario que se consiga una correcta compatibilidad del asfalto con el polímero modificador, quiere decir que en lo posible se debe lograr una mezcla monofásica; así, la compatibilidad del asfalto con el polímero se debe evidenciar cuando no se aprecie a simple vista, condiciones de heterogeneidad de la mezcla. Entre los polímeros de mayor uso en los asfaltos modificados se encuentra a los elastómeros, que pueden ser los cauchos, los tipos SBS (estireno-butadieno-estireno), SBR (estireno butadieno) y los isoprenoides; también están los polímeros plastómeros, como el PVC, que brindan elasticidad al asfalto y los termoplásticos (EVA) que aportan mayor resistencia a la mezcla (Avellán, 2007).

**Tabla 1** *Características de los polímeros modificadores*

Polímero	Características
Termoplásticos	Se reblandecen con calor, pueden ser solubles  Al enfriarse se dejan moldear sin perder propiedades  Polietileno, polipropileno, policloruro de vinilo, poliestireno, etc.
Cauchos	Polímeros insaturados, amorfos  Para conseguir propiedades elásticas se debe vulcanizar  Caucho natural, caucho etileno-propileno, butadieno-estireno (SBR)..

**Fuente:** Adaptación de Tabla 1 de Figueroa et al. (2007)

Entre los ensayos que se recomienda utilizar para las mezclas asfálticas modificadas con polímeros se tiene a los ensayos de penetración, de ablandamiento y de estabilidad de almacenamiento. El ensayo de penetración permite agrupar al cemento asfáltico en

tres niveles, cuando el grado de protección (IP) es mayor a 1, se consideran cementos asfálticos de reducida poca susceptibilidad a la temperatura; inversamente los que tienen IP menor a 1, son los que tienen mayor susceptibilidad a la temperatura, con altos niveles de resinas y de comportamiento ligeramente viscoso. Los cementos asfálticos que posean características intermedias entre estos dos; son los que mayormente son utilizados en la construcción de pavimentos (Martínez, 2019)

El ensayo de ablandamiento, desde el concepto de Martínez (2019), se realiza teniendo en consideración que todo producto bituminoso es un material visco elástico, quiere decir que no experimentan cambios de sólidos a líquidos a una determinada temperatura, sino que progresivamente van tornándose más blandos y pierden su viscosidad en la medida que se incrementa la temperatura. Esta propiedad de ablandamiento es de importancia para la clasificación de los productos bituminosos, además su valor puede ser un indicador de la tendencia a fluir del material frente a elevadas temperaturas elevadas en su periodo de servicio.

La estabilidad de almacenamiento se realiza principalmente para asfaltos modificados, para conocer si éstos llegan a mantener sus propiedades ante los efectos de la sedimentación y el cremado, que se puede presentar cuando la mezcla asfáltica no presenta una óptima compatibilidad en la unión entre el asfalto y los polímeros o si se presenta deficiencias en la dispersión de los polímeros en el proceso de consolidación (Martínez, 2019).

### **Rentabilidad de pavimentos**

La rentabilidad de un pavimento es vista como la relación entre los costos de construcción según el periodo de duración que se tiene previsto para infraestructura, vial, como tal se refiere a una rentabilidad a largo plazo, así también, en el caso de los pavimentos con mezclas asfálticas modificadas con polímeros hay que tener presente las ventajas y desventajas que puede ofrecer esta alternativa de modificación. Según Amado y Gil (2017), lo primero que hay que tener presente son los costos iniciales del proyecto que incluye las partidas a ejecutar en el pavimento, que puede incluir a las obras preliminares, el movimiento de tierras, estructura del pavimento, obras de arte y

drenajes, señalización e impacto ambiental.

En esta determinación de costos por partida, según la clasificación del MEF intervienen, el análisis de costos unitarios, los precios unitarios modulares y el monto global estimado. Estos datos, multiplicados por los metrados calculados, determinan los costos directos de obra. En los costos indirectos intervienen los gastos generales y la utilidad, que por lo general son considerados como porcentajes del total de los costos directos. Todos estos costos llevan a la determinación del costo total de la obra (Ministerio de Economía y Finanzas, 2011).

Un segundo componente está referido a los costos de mantenimiento del pavimento que comprende las acciones orientadas al mantenimiento periódico y rutinario de la vía y comprende todas aquellas actividades que son de necesidad para dar solución a los problemas que se presentan en la superficie del pavimento, de manera que se pueda incrementar la vida útil de la infraestructura vial. Estas fallas superficiales que contiene el catálogo del MTC (2014), se producen por deficiencias constructivas, por deficiencias en la calidad de determinados productos o debido a las condiciones particulares que genera el tráfico de vehículos. Igualmente pueden ser el resultado de la evolución de ciertas fallas estructurales en el pavimento.

Las actividades de mantenimiento vial, son aquellas que se realizan con el fin de mantener en óptimo estado las condiciones físicas de los distintos componentes que conforman una carretera, de forma que se garantice la seguridad, comodidad y economía en el transporte; dentro de este proceso de mantenimiento del camino en general, se identifica el mantenimiento del pavimento que se efectúa para evitar prematuro su deterioro físico, que se pueden clasificar según su frecuencia de uso, así, pueden ser rutinarias y periódicas (MTC, 2014).

Las actividades de mantenimiento rutinario están referidas a las que se realizan de manera repetitiva y continua en los distintos tramos del pavimento; deben tener un carácter preventivo y están incluidas en esta tipología las reparaciones necesarias de los defectos específicos en la plataforma,

Por su parte las actividades de mantenimiento periódico son las que se dan en lapsos

más prolongados de tiempo, durante varios meses o más de un año y tienen como objeto evitar que aparezcan o se agraven defectos mayores en el pavimento, conservando las condiciones superficiales de la vía, así como su integridad estructural de la vía. Entre estas actividades se ubican a las que se realizan para la reconformación de la plataforma vial, así como las reparaciones de los distintos elementos físicos de la vía.

Para el caso de los pavimentos urbanos la Norma Técnica CE, 010 establece la realización de procesos de rehabilitación, como refuerzo estructural cuando el pavimento cumplió su vida de servicio, pero además considera las actividades de mantenimiento rutinario, recurrente, periódico y urgente. En el caso del mantenimiento rutinario, es que es utilizado de forma permanente en las vías, sin tomar en cuenta sus características ni volumen de tráfico, donde se considera acciones de limpieza, mantenimiento de alcantarillas y la señalización, entre otras labores. El mantenimiento recurrente, como el que se aplica en periodos determinado en el transcurso del año, cuya frecuencia está en función al volumen del tráfico, donde están consideradas las reparaciones de baches, bordes, grietas.

El mantenimiento periódico, es el que se aplica cada algunos años, donde se ubican actividades como, el sellado total de la superficie, señalización y reparación de bermas. Por último, el mantenimiento urgente, que se adopta ante alguna emergencia o cualquier problema que necesite de una inmediata atención ya que interrumpen el transito normal de la vía, como el caso de remoción de bloques, señalización de peligros u otras actividades (Ministerio de Vivienda y Construcción, 2010).

Para la determinación de la rentabilidad de un pavimento se debe considerar los dos componentes, los costos de construcción y los costos de mantenimiento, de forma que se pueda evidenciar si un tipo de pavimento tiene un costo mayor que otro a lo largo de su vida útil manteniendo una estructura que cumpla con los requisitos para una adecuada transitabilidad vehicular para la cual fue construido.

### **2.3. MARCO CONCEPTUAL**

#### **Agregado:**

Material granular de origen mineral, como arena, grava, o roca triturada, usadas en mezclas para procesos constructivos (MTC, 2008).

#### **Ahuellamiento:**

Surcos generados en la superficie de rodadura de una vía como resultado del movimiento lateral de los materiales producto del tránsito de vehículos (MTC, 2008).

#### **Bacheo:**

Actividad de mantenimiento rutinario consistente en el relleno y compactación de baches o depresiones que se pueden presentar en la superficie de rodadura (MTC, 2008)

#### **Capa asfáltica de superficie:**

Capa superior de un pavimento asfáltico, denominada también capa de desgaste o capa de rodadura (MVC, 2010)

#### **Capa de sub-rasante:**

Segmento superior del terreno natural, generalmente de 20 centímetros de espesor en vías locales y colectoras y 30 centímetros de espesor compactado en vías arteriales; en ambos casos para pavimentos urbanos (MVC, 2010)

#### **Concreto asfáltico:**

Mezcla conformada por cemento asfáltico y material pétreo graduado, compactada, constituyendo una masa uniforme y densa (MVC, 2010).

#### **Estructura del pavimento asfáltico:**

Capas de mezclas asfálticas, o combinación de ellas y bases granulares, ubicadas sobre la sub-rasante natural o sometida a procesos de estabilización (MVC, 2010)

**Rasante:**

Nivel superior del pavimento concluido, por tanto, la línea de rasante se encuentra ubicada en el eje de la vía (MVC, 2010).

**Superficie de rodadura:**

Plano superficial de un pavimento, que se encarga de soportar de forma directa las cargas del tráfico (MTC, 2008).

**Vida útil:**

Tiempo indicado de duración en una obra vial, el cual se debería prestar el servicio en condiciones adecuadas (MTC, 2008).

**2.4. HIPÓTESIS****2.4.1 GENERAL**

El diseño de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado sí es una alternativa de rentabilidad en la construcción de pavimentos en San José de los Molinos, Ica, 2022

**2.4.2 ESPECÍFICAS**

**He1.** Los agregados poseen características óptimas para el diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022

**He2.** El diseño de la mezcla convencional será de Arena + Piedra + PEN 60/70 al 5.4 %, como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022

**He3.** Los resultados presentan óptimos valores de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, con la adición entre el 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con plástico reciclado entre 2%, 3% y 5% del grupo

experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022

**He4.** El grupo experimental tiene mejor comportamiento estructural que el grupo patrón con el 1% de adición de caucho y 2% de adición plástico reciclado para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022

**He5.** La rentabilidad del diseño de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado es mayor que el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.**

$X_1$  Caucho reciclado

$X_2$  Plástico reciclado

### **2.5.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

Rentabilidad en pavimentos flexibles

### **2.5.3 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE TÉRMINOS**

#### **A. Mezcla asfáltica con caucho y plástico reciclado**

Mezcla asfáltica modificada con determinados porcentajes de adición de caucho y plástico reciclado para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la tracción, rigidez de fluencia y agrietamiento, haciendo uso de métodos y ensayos de laboratorio (Avellán, 2007).

#### **B. Rentabilidad**

Comparativo de costos de una mezcla asfáltica convencional con una mezcla asfáltica modificada con caucho y plástico reciclado, integrando los costos del

proceso de construcción más los costos por mantenimiento, determinados con uso de hojas de costos unitarios y de presupuesto (Amado y Gil, 2017).



## CAPITULO III: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

### 3.1. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se ubicó en el enfoque cuantitativo, fue de tipo aplicada, buscando la puesta en práctica de conocimientos del diseño de pavimentos y de estudio de costos para determinar los valores de cada variable identificada

#### 3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Por sus características, la investigación se ubicó en el nivel explicativo, llegando al nivel experimental

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1. POBLACIÓN

Por el tipo de estudio a realizar, se trata de estudio de caso, por lo que la población estuvo representada por la mezcla asfáltica con adición de plásticos y cauchos según porcentajes determinados en el diseño.

#### 3.2.2. MUESTRA

Se utilizó como muestra de estudio, 60 briquetas para los dos grupos, según el siguiente detalle:

**Tabla 2** Cantidad de briquetas a utilizar según ensayos

Observación	0% C + 0% P	1% C + 2% P	2% C + 3% P	3% + 3% P	3% C+ 5% P	TOTAL
Estabilidad	4	4	4	4	4	20
Flujo	4	4	4	4	4	20
% Vacíos	4	4	4	4	4	20
<b>TOTALES</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>60</b>

### 3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos necesarios para el diseño del pavimento asfáltico fueron los ensayos de laboratorio para suelos, agregados, emulsiones asfálticas, mezclas asfálticas para lo cual se utilizó como instrumentos de recolección a los equipos de laboratorio, reactivos, hojas de cálculo y fichas de informe

Para la determinación de la rentabilidad, los medios utilizados fueron los estudios de costos directos, costos indirectos y utilidad, para lo cual se utilizó como instrumentos las hojas de cálculo de costos unitarios y las hojas de presupuesto para los procesos de construcción de pavimentos y mantenimiento.

#### **Validez y confiabilidad**

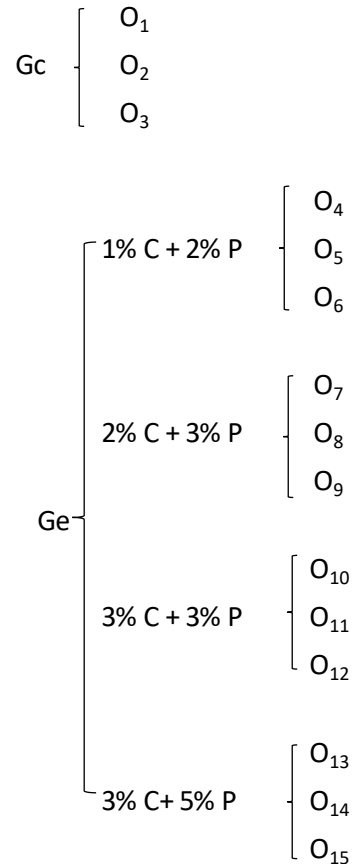
La validez de los instrumentos utilizados se sustentó en las normas técnicas aplicables a los pavimentos flexibles:

**Tabla 3** Normas Técnicas aplicables a los ensayos

<b>Normas</b>	<b>Ensayos</b>
NTP 339.128:1999	Granulometría
NTP 321.027	Asfaltos líquidos de curado medio, de grado MC-30, MC-70 o MC-250
NTP 321.059	Emulsiones asfálticas
NTP 321.028	Asfalto líquido de curado rápido RC-250
MTC E – 504	Ensayo Marshall
MTC E – 502	Contenido de Asfalto

### 3.4. DISEÑO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño pre experimental con pre y post evaluación, con un grupo control como pre prueba y cuatro grupos experimentales de post prueba, según el siguiente esquema:



Donde:

- Gc Grupo control de mezcla asfáltica sin adición de caucho y plástico
- Ge Grupo experimental de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico
- O<sub>1</sub> Estabilidad de Gc
- O<sub>2</sub> Flujo de Gc
- O<sub>3</sub> Porcentaje de vacíos de Gc
- O<sub>4</sub> Estabilidad de Ge 1% C + 2% P
- O<sub>5</sub> Flujo de Ge 1% C + 2% P
- O<sub>6</sub> Porcentaje de vacíos de Ge 1% C + 2% P

- O<sub>7</sub> Estabilidad de Ge 2% C + 3% P
- O<sub>8</sub> Flujo de Ge 2% C + 3% P
- O<sub>9</sub> Porcentaje de vacíos de Ge 2% C + 3% P
- O<sub>10</sub> Estabilidad de Ge 3% C + 3% P
- O<sub>11</sub> Flujo de Ge 3% C + 3% P
- O<sub>12</sub> Porcentaje de vacíos de Ge 3% C + 3% P
- O<sub>13</sub> Estabilidad de Ge 3% C+ 5% P
- O<sub>14</sub> Flujo de Ge 3% C+ 5% P
- O<sub>15</sub> Porcentaje de vacíos de Ge 3% C+ 5% P

### **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Los datos obtenidos en el trabajo de recolección de información en laboratorio merecieron un registro y procesamiento descriptivo para contar con el diseño del pavimento y las propiedades de la mezcla que permitieron el logro de los objetivos propuestos; de igual manera para el análisis inferencial, se aplicó las pruebas Anova para comprobar las hipótesis referidas a la determinación de los porcentajes óptimos de adición de caucho y plástico a la mezcla asfáltica; y, para la evaluación económica, con los datos de costos unitarios, se ha realizado una prueba no paramétrica de Wilcoxon; en ambos casos, con el apoyo del paquete estadístico SPSS versión 25.

### **3.6. ASPECTOS ÉTICOS**

Considerando los principios éticos fundamentales, en todas las etapas de la investigación se ha tomado en cuenta el principio de beneficencia, con los beneficios que traerá a la sociedad el logro de los objetivos propuestos, principalmente en cuanto a las bondades ambientales y económicas que representa un pavimento con materiales reciclados; en lo referido al principio de no maleficencia, las acciones propias del estudio no han originado afectación alguna a todas las personas que han participado de los procesos investigativos; sobre el principio de autonomía, el tema de investigación fue de elección libre de los autores, sin influencia no coerción alguna de terceros, además tuvo el carácter de autofinanciada por los responsables del estudio; en referencia al principio de justicia se ha garantizado la participación justa y equitativa en cuanto a los procesos

desarrollados y los beneficios de los responsables de la investigación, asimismo, por respeto a los derechos de autor, se ha usado las normas APA séptima edición para las citas y referencias

## CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 4.1. RESULTADOS

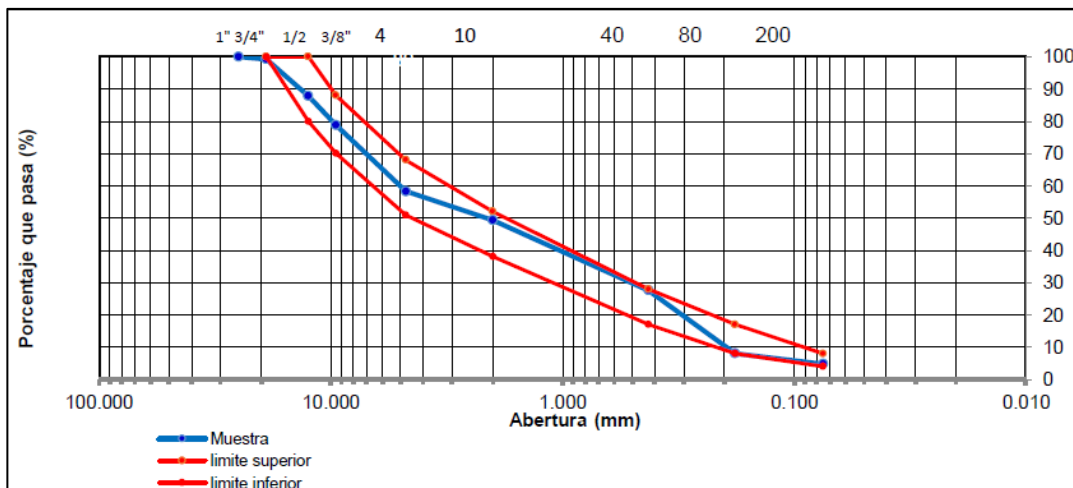
#### 4.1.1 Caracterización de los agregados

**Tabla 4** *Análisis granulométrico de agregados*

Tamiz	Abertura (mm)	% Retención	% Retención Acumulado	% Q. Pasa
1"	25	0		100
3/4"	19	0.8	0.8	99.2
1/2"	12.5	11.4	12.2	87.8
3/8"	9.5	9.1	21.2	78.8
N°4	4.75	20.5	41.7	58.3
N°10	2	9	50.7	49.3
N°40	0.425	21.7	72.4	27.6
N°80	0.18	19.6	92	8.1
N°200	0.075	3.3	95.2	4.8
FONDO		4.8		

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

**Figura 4** *Curva granulométrica*



Para la realización del análisis granulométrico se tomó en consideración los parámetros establecidos por el MTC (2013), para una MAC-2, con una mezcla de 43% de piedra chancada y 57% de arena, se evidenció que la mezcla de agregados cumple con los requisitos establecidos por el MTC ya que, en el análisis por tamizado, que se muestra en la curva granulométrica de la Figura 2, estos agregados se ubican dentro de los límites inferior y superior establecidos por norma técnica.

**Tabla 5** *Análisis granulométrico de la piedra chancada*

Tamiz	Abertura (mm)	% Retención	% Retención Acumulado	% Q. Pasa
1"	25			100
3/4"	19	1.78	1.8	98.22
1/2"	12.5	26.48	28.3	71.74
3/8"	9.5	21.08	49.3	50.66
N°4	4.75	44.75	94.1	5.91
N°10	2	5.17	99.3	0.74
N°40	0.425	0.41	99.7	0.33
N°80	0.18	0.3	100	0.03
N°200	0.075	0	100	0.03
FONDO		0.03		

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

Respecto del ensayo granulométrico para la piedra chancada que se utilizó en la elaboración de las briquetas, se realizó el tamizado del material por cada una de las mallas, obteniendo los porcentajes de retención y pasantes de cada tamiz, cumpliendo con los requerimientos necesarios para la mezcla asfáltica

**Tabla 6** Análisis granulométrico de la arena

Tamiz	Abertura (mm)	% Retención	% Retención Acumulado	% Q. Pasa
3/8"	9.5			100
N°4	4.75	2.13	2.1	97.87
N°10	2	11.89	14	85.98
N°40	0.425	37.79	51.8	48.19
N°80	0.18	34.09	85.9	14.1
N°200	0.075	5.75	91.7	8.35
FONDO		8.35		

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

Para el caso del agregado fino utilizado en las briquetas, el tamizado granulométrico se realizó cumpliendo los parámetros requeridos para la mezcla asfáltica

**Tabla 7** Pesos específicos de los materiales

Material	p.e.
PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.519
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.52
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO	1.15

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

En los pesos específicos de los materiales componentes de la mezcla asfáltica, se ha asumido los valores estándares para los pesos específicos del cemento asfáltico, plástico y caucho; para la determinación de los pesos específicos de los agregados, se aplicó el ensayo que permitió determinar el peso específico bruto, tomando como base la muestra saturada con superficie seca, el peso específico aparente y el porcentaje de absorción del agregado.



#### 4.1.2 Diseño de mezcla convencional como grupo patrón

**Tabla 8** Resumen de ensayo Marshal para muestra patrón

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5	5.5	6	6.5
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.238	2.243	2.253	2.273
ESTABILIDAD (kg)	1104.4	1243.8	1195.8	1073
FLUJO (mm)	2.3	2.7	3.6	4
ESTABILIDAD -FLUJO (Kg/cm)	4817.8	4663.6	3321.2	2678
RELACION POLVO-ASFALTO	1	0.9	0.8	0.7
VACIOS DE AIRE (%)	5.4	4.5	3.7	2.8
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.2	18.4	18.5	18.2
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	70.4	75.8	80	85

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

La mezcla convencional considerada como grupo patrón en la presente investigación se ha realizado con una compactación de 75 golpes por cara, una corrida de diseño incrementando 0.5% el peso del cemento asfáltico entre el 5% y 6.5%; con el propósito de lograr el resultado óptimo de diseño y la correspondiente determinación del contenido óptimo de asfalto.

#### 4.1.3 Estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica

La estabilidad de la mezcla se determinó mediante el ensayo Marshall ASTM D 6927, como valor de máxima resistencia a la deformación a una carga aplicada a los especímenes de diseño, en ese proceso se mide asimismo el flujo registrado como valor de flujo final expresado en milímetros. Luego se procedió también al análisis de vacíos por cada espécimen de prueba; con todo lo cual se pudo obtener los valores promedios de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos por cada mezcla, según los porcentajes de adición de caucho y plástico.

**Tabla 9** Estabilidad, flujo y % de vacíos de las mezclas con caucho y plástico

<b>DISEÑO METODO MARSHALL</b>				
<b>GRUPO EXPERIMENTAL</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	<b>5.7</b>	5.7	5.7	5.7
% DE PLASTICO EN PESO DE MEZCLA	<b>2</b>	3	3	5
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	<b>1</b>	2	3	3
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	39.26	38.4	37.97	37.11
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	52.04	50.9	50.33	49.19
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.136	2.051	2.004	1.936
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.136	2.051	2.004	1.936
% DE VACIOS PROMEDIOS	8.2	11.5	12.9	15.4
% VACIOS PROM.DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	20	22.3	22.3	23.7
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	58.9	46.8	42.2	35.1
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.1	5.4	5.1	7.5
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (Kg)	991.1	758	713.2	786.6

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

Los resultados que se presentan en la Tabla 10, muestran que las magnitudes resultantes de la aplicación del ensayo Marshall; en el caso de la estabilidad se evidencia variación de acuerdo con los porcentajes de adición de caucho y plástico en la mezcla asfáltica; así, mientras mayor contenido de estos aditivos tiene la mezcla, se reduce los valores de estabilidad. Una situación distinta se observa en la última muestra de 3% de caucho + 5% de plástico, con una estabilidad ligeramente mayor que las dos muestras anteriores.

El flujo Marshall, como medida de la deformación de la mezcla asfáltica, determinado con el ensayo muestra una tendencia inversa de magnitudes que, en el caso de la estabilidad, los valores se van incrementando cuanto mayor porcentaje de adición de caucho y plástico experimenta la mezcla.

En cuanto al porcentaje de vacíos en la mezcla, se muestra un comportamiento similar con el flujo, los valores se incrementan en la medida que la mezcla recibe mayor adición de porcentajes de caucho y plástico.

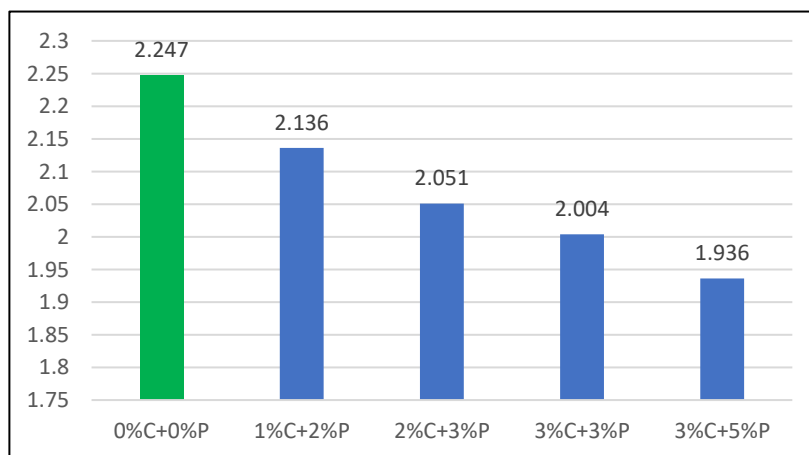
#### 4.1.4 Resultados del grupo experimental versus el grupo patrón

**Tabla 10** Prueba Marshal para grupo experimental y grupo patrón

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75	76
DISEÑO	0%C+0%P	1%C+2%P	2%C+3%P	3%C+3%P	3%C+5%P
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
PLASTICO Y CAUCHO (%)	0	3	5	6	8
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.247	2.136	2.051	2.004	1.936
ESTABILIDAD (kg)	1198.5	991.1	758	713.2	786.6
FLUJO (mm)	2.9	4.1	5.4	5.1	7.5
ESTABILIDAD -FLUJO (Kg/cm)	4148.3	2431.1	1406	3	1052.4
RELACION POLVO-ASFALTO	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
VACIOS DE AIRE (%)	4.2	8.2	11.5	12.9	15.4
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.5	20	21.5	22.3	23.7
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	77.4	58.9	46.8	42.2	35.1

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los ensayos de laboratorio

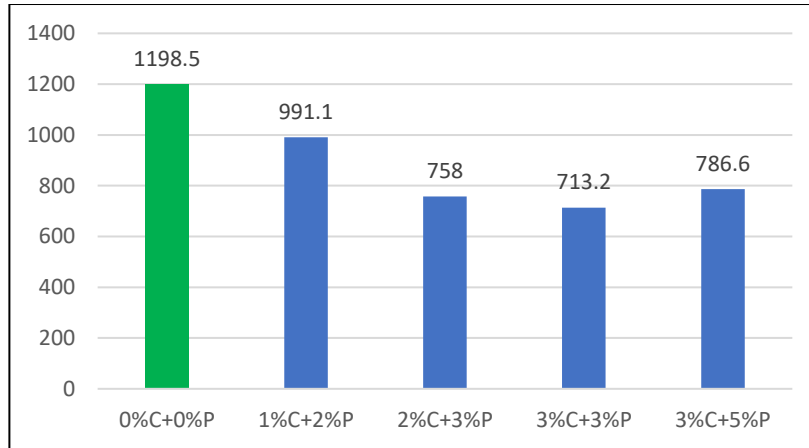
**Figura 5** Peso unitario muestra patrón vs grupo experimental



El peso unitario de la mezcla patrón presenta un valor superior a los pesos unitarios de todas las muestras con adición de caucho y plástico, además se evidencia que estos

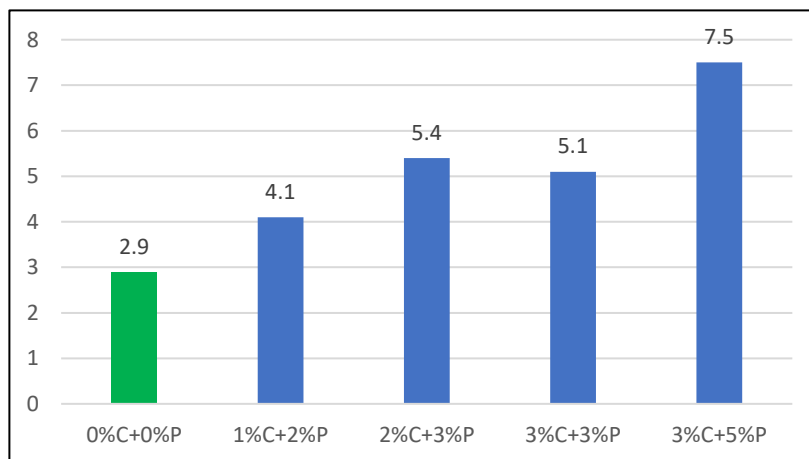
valores se van reduciendo en la medida que el porcentaje de adición de caucho + plástico se incrementa.

**Figura 6** Estabilidad muestra patrón vs grupo experimental



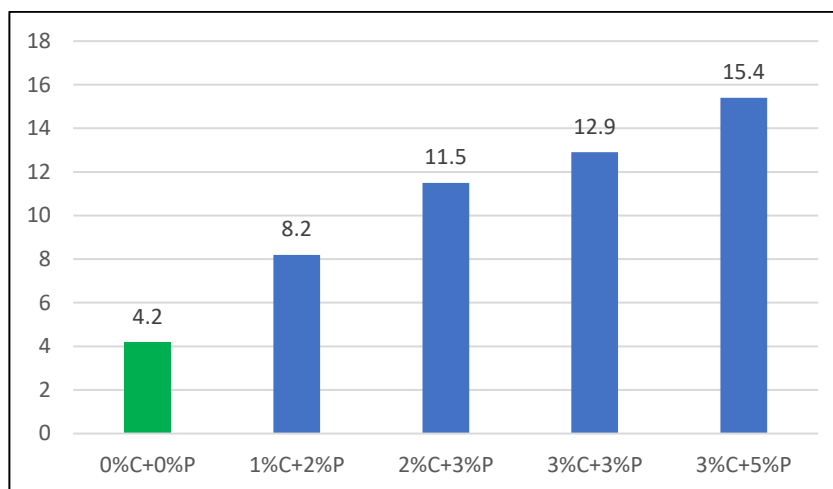
La estabilidad de la muestra patrón tiene un valor mayor que las muestras adicionadas con caucho + plástico.

**Figura 7** Porcentaje de vacíos muestra patrón vs grupo experimental



El porcentaje de vacíos en la muestra patrón es inferior a los vacíos en las muestras adicionadas con caucho y plástico, igual comportamiento se evidencia en el porcentaje de vacíos de agregado mineral; consecuentemente el porcentaje de vacíos llenos de asfaltos es mayor en la muestra patrón.

**Figura 8** Flujo muestra patrón vs grupo experimental



El flujo, como capacidad de la mezcla asfáltica de resistir al asentamiento y deformación sin llegar al agrietamiento, es menor en la muestra patrón y va elevando sus valores a mayor adición de caucho + plástico en la mezcla.

#### 4.1.5 Determinación de porcentaje óptimo de adición de caucho y plástico

Con los resultados de las pruebas de laboratorio, se ha aplicado pruebas ANOVA para determinar el porcentaje óptimo de adición de caucho más plástico, teniendo como base los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire en la mezcla.

**Tabla 11** Datos descriptivos sobre estabilidad

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Grupo control	4	1198.5475	88.06962	44.03481	1058.4091	1338.6859	1080.29	1290.00
Experimental 1	4	991.1000	105.80485	52.90242	822.7409	1159.4591	913.41	1147.10
Experimental 2	4	757.9850	76.20203	38.10101	636.7306	879.2394	671.83	826.12
Experimental 3	4	713.1825	126.95406	63.47703	511.1703	915.1947	584.82	867.18
Experimental 4	4	786.5900	13.33978	6.66989	765.3634	807.8166	767.83	798.80
Total	20	889.4810	202.92449	45.37530	794.5094	984.4526	584.82	1290.00

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 12 ANOVA del factor estabilidad**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	659229.758	4	164807.440	20.073	.000
Dentro de grupos	123158.868	15	8210.591		
Total	782388.627	19			

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 13 Sub conjuntos homogéneos para el factor estabilidad**

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Experimental 3	4	713.1825		
Experimental 2	4	757.9850		
Experimental 4	4	786.5900		
Experimental 1	4		991.1000	
Grupo control	4			1198.5475
Sig.		.780	1.000	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

*Nota:* Elaboración propia

Los resultados de la aplicación de la prueba estadística para el factor estabilidad, muestran en la Tabla 11 que la muestra patrón es la que alcanza mayor valor de estabilidad, asimismo, en la Tabla 12 se evidencia el valor de significación menor que 0,05, con lo cual se afirma que existen promedios diferentes, donde la muestra patrón tienen valores de estabilidad distintos a las muestras experimentales; y, en la Tabla 13 se observa que los grupos experimentales 2,3 y 4 forman un grupo homogéneo de menor valor de estabilidad, mientras que el grupo experimental 1 (1% de caucho + 2% de plástico) presenta un valor medio y la muestra patrón el mayor valor de estabilidad.

**Tabla 14** Datos descriptivos sobre flujo

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Grupo control	4	2.8925	.05377	.02689	2.8069	2.9781	2.82	2.95
Experimental 1	4	4.0775	.28652	.14326	3.6216	4.5334	3.78	4.37
Experimental 2	4	5.3925	.79659	.39830	4.1249	6.6601	4.57	6.10
Experimental 3	4	5.1075	.26462	.13231	4.6864	5.5286	4.88	5.49
Experimental 4	4	7.4750	.80293	.40147	6.1974	8.7526	6.60	8.31
Total	20	4.9890	1.63249	.36504	4.2250	5.7530	2.82	8.31

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 15** ANOVA del factor flujo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	46.333	4	11.583	40.380	.000
Dentro de grupos	4.303	15	.287		
Total	50.636	19			

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 16** Sub conjuntos homogéneos para el factor flujo

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Grupo control	4	2.8925			
Experimental 1	4		4.0775		
Experimental 3	4		5.1075	5.1075	
Experimental 2	4			5.3925	
Experimental 4	4				7.4750
Sig.		1.000	.098	.940	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

*Nota:* Elaboración propia

Los resultados de la aplicación de la prueba estadística para el factor flujo, muestran en la Tabla 14 que la muestra patrón es la que tiene menor valor de flujo, asimismo, en la Tabla 15 se evidencia el valor de significación menor que 0,05, con lo cual se afirma que existen promedios diferentes, donde la muestra patrón tienen valores de flujo distintos a las muestras experimentales; y, en la Tabla 16 se observa que los grupos experimentales 2 y 3 y los grupos experimentales 3 y 4 forman grupos homogéneos de valores de flujo; además, el grupo experimental 1 (1% de caucho + 2% de plástico) presenta el menor valor de flujo entre los grupos experimentales.

**Tabla 17** Datos descriptivos sobre vacíos de aire

	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Grupo control	4	4.1700	.43027	.21514	3.4853	4.8547	3.70	4.72
Experimental 1	4	8.2500	1.00747	.50374	6.6469	9.8531	7.19	9.56
Experimental 2	4	13.7200	4.29074	2.14537	6.8925	20.5475	9.98	19.81
Experimental 3	4	12.9400	1.36538	.68269	10.7674	15.1126	11.16	14.44
Experimental 4	4	15.3800	1.06116	.53058	13.6915	17.0685	14.54	16.93
Total	20	10.8920	4.62146	1.03339	8.7291	13.0549	3.70	19.81

*Nota:* Elaboración propia

**Tabla 18** ANOVA del factor vacíos de aire

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	337.998	4	84.499	18.694	.000
Dentro de grupos	67.803	15	4.520		
Total	405.801	19			

*Nota:* Elaboración propia



**Tabla 19** Sub conjuntos homogéneos para el factor vacíos de aire

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Grupo control	4	4.1700	
Experimental 1	4	8.2500	
Experimental 3	4		12.9400
Experimental 2	4		13.7200
Experimental 4	4		15.3800
Sig.		.099	.506

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

*Nota:* Elaboración propia

Los resultados de la aplicación de la prueba estadística para el factor vacíos de aire, muestran en la Tabla 17 que la muestra patrón es la que tiene menor porcentaje de vacíos de aire en la mezcla, asimismo, en la Tabla 18 se evidencia el valor de significación menor que 0,05, con lo cual se afirma que existen promedios diferentes, donde la muestra patrón tienen valores de vacíos de aire distintos a las muestras experimentales; y, en la Tabla 19 se observa que el grupo control con el grupo experimental 1 (1% de caucho + 2% de plástico) conforman un grupo homogéneo con menores porcentajes de vacíos, a diferencia de los grupos experimentales 2, 3 y 4 que forman un grupo homogéneo de mayores porcentajes de vacíos de aire en la mezcla.

Con estos resultados estadísticos se evidencia que el grupo experimental 1 es el que mejor comportamiento posee para su uso, con la adición de 1% de caucho + 2% de plástico a la mezcla asfáltica.

#### **4.1.6 Contraste de rentabilidad de diseños**

Para alcanzar la evaluación de rentabilidad de la mezcla asfáltica, se ha realizado un comparativo de los costos unitarios de la muestra patrón vs la muestra de 1% de caucho + 2% de plástico, por ser la que tiene mejores valores de resistencia, flujo y porcentaje de vacíos.

**Tabla 20** Comparativo de costos por metro cúbico de mezcla asfáltica

Descripción Recurso	Unidad	MUESTRA PATRÓN				MUESTRA C/CAUCHO Y PLÁSTICO			
		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
OPERARIO	hh	0.0823	0.6586	22.94	15.11	0.0823	0.6586	22.94	15.11
PEON	hh	0.1500	1.2000	16.39	19.67	0.15	1.2000	16.39	19.67
					<b>34.78</b>				<b>34.78</b>

ASFALTO LÍQUIDO	gln		0.4200	250.00	105.00		0.4200	250.00	105.00
FLETE DE ASFALTO LÍQUIDO MC	gln		0.3000	30.00	9.00		0.3000	30.00	9.00
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.3300	52.00	17.16		0.1895	52.00	9.85
ARENA GRUESA	m3		0.3200	35.00	11.20		0.1860	35.00	6.51
PLASTICO MOLIDO							0.1452	22.80	3.31
CAUCHO							0.1293	55.80	7.21
					<b>142.36</b>				<b>140.89</b>

HERRAMIENTAS MANUALES	hm		0.0500	34.78	<b>1.74</b>		0.0500	34.78	<b>1.74</b>
--------------------------	----	--	--------	-------	-------------	--	--------	-------	-------------

TOTALES					<b>178.88</b>				<b>177.40</b>
---------	--	--	--	--	---------------	--	--	--	---------------

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados del análisis de costos unitarios

Del resultado del análisis de costos unitarios se observa que la muestra patrón tiene un costo mayor de S/ 1.48 por cada briqueta de mezcla asfáltica.

Para contrastar la prueba de hipótesis y evaluar si existen diferencias significativas con la aplicación de grupo experimental, se ha aplicado una prueba no paramétrica de Wilcoxon, para lo cual se parte de una hipótesis negativa que no existen diferencias en los costos de ambas variables, son iguales.

**Tabla 21 Rangos de prueba Wilcoxon**

	N	Rango promedio	Suma de rangos	
Adición C+P - Patrón	Rangos negativos	5 <sup>a</sup>	3.00	15.00
	Rangos positivos	0 <sup>b</sup>	0.00	0.00
	Empates	2 <sup>c</sup>		
	Total	7		

a. Adición < Patrón

b. Adición > Patrón

c. Adición = Patrón

*Nota:* Elaboración propia a partir de los resultados de los costos unitarios más los costos extrapolados a determinadas magnitudes del pavimento para contar con los datos suficientes para la aplicación de la prueba.

**Tabla 22 Contraste de prueba Wilcoxon**

Adición C+P - Patrón	
Z	-2,023 <sup>b</sup>
Sig. asintótica (bilateral)	.043

a. Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo

b. Se basa en rangos positivos.

*Nota:* Elaboración propia

Con los resultados obtenidos, luego de la aplicación de la prueba de Wilcoxon se evidencia que el valor de la significación bilateral es de 0.043, menor que el estadístico de referencia 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula de igualdad y se acepta la hipótesis alterna, que establece una diferencia significativa entre la pre y post prueba, o en otros términos la aplicación de caucho más plástico trae una reducción significativa en los costos de la mezcla asfáltica.

## 4.2. DISCUSIÓN

Para evaluar las propiedades de los materiales componentes de la mezcla asfáltica, se ha tomado como referencia técnica el Manual de especificaciones técnicas, aprobado por RD-03-2013-MTC-14 para la elaboración de mezclas asfálticas, a partir se realizó el ensayo granulométrico, lográndose establecer las cantidades de los agregados gruesos y finos en base al tamaño de las partículas de cada material, medidos por tamices de abertura cuadrada, La distribución de las partículas se realizó con una muestra seca de los agregados, por separación mediante tamices de mayor a menor abertura sucesivamente. Con este ensayo se logró obtener las proporciones de agregados que fueron utilizados en el diseño de la mezcla asfáltica quedando determinada en la proporción de 43% de piedra chancada y 57% de arena. Conforme al análisis granulométrico se tiene como resultado que los agregados se ubican en los parámetros de gradación establecidos por el MTC (2013), para una MAC 2, con un tamaño máximo nominal del agregado de 3/4".

En la selección del cemento asfáltico, se tuvo en cuenta las especificaciones del MTC (2013) que considera asumir como criterio las características climáticas y teniendo en cuenta que según datos del SENHAMI, el distrito de San José de los Molinos tiene una temperatura media anual de 22°C, se ha asumido el uso del cemento asfáltico PEN 60-70, considerando además las especificaciones técnicas establecidas en las normas técnicas nacionales.

Los polímeros reciclados que fueron seleccionados para el estudio fueron, el SBR o caucho como polímero sintético que principalmente se utiliza en la producción de neumáticos de un peso específico de 1.15; como también el polímero DDPE (plástico) proveniente de botellas recicladas; en ambos casos, libres de residuos metálicos u otros residuos que puedan contaminar la mezcla asfáltica.

El segundo objetivo del estudio, referido al diseño de la mezcla convencional, fue realizado con la aplicación del ensayo Marshall, según requisitos que establece el MTC (2016), para cumplir con el objetivo de este ensayo de establecer el tamaño de la mezcla y determinar mediante los cálculos previstos sus parámetros de rendimiento a través de

la preparación de una mezcla asfáltica para muestras pavimentación. El diseño se realizó para una mezcla de clase A, que corresponde a un volumen alto de tráfico, con energía de compactación de 75 golpes por cara; en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto, se han considerado las curvas mostradas en los gráficos, obteniéndose el contenido de asfalto en base a los datos de las curvas de vacíos totales vs CA, estabilidad vs CA, flujo vs CA y peso específico vs CA que se muestran en el informe del Laboratorio que se presenta en anexos. Con esta información se ha adoptado los puntos medios para asumir el mejor porcentaje posible que cumplan los valores mínimos establecidos en la norma técnica. El porcentaje óptimo adoptado es de 5.4% de cemento asfáltico para la mezcla.

Con referencia al tercer objetivo sobre los valores de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico, los valores de estabilidad resultantes de los ensayos mostraron variaciones significativas de acuerdo a los porcentajes de adición de caucho y plástico en la mezcla asfáltica, es así que en muestras de mayor contenido de adición de los polímeros se experimentó valores menores de estabilidad, con el mismo contenido de asfalto y las mismas características de los agregados, lo cual puede llevar a inferir que la adición de caucho y plástico reduce la estabilidad de la mezcla; una apreciación distinta la tienen Borja y Cárdenas (2019), cuando como resultado de su investigación de mezclas asfálticas con polímeros, consideran que la estabilidad, como resistencia estructural, está relacionado con la calidad de los agregados; esto solo sería posible si se trata de pruebas con muestras de distintas calidades de agregados, pero en el caso del uso de agregados homogéneos para las briquetas utilizadas no tiene sentido lógico esta aseveración; por tanto en la presente investigación solo la adición de 1%C+2%P supera el mínimo valor de estabilidad de (8.15 kN) según lo normado por el MTC (2013); el no haber logrado los valores mínimos de estabilidad requeridos por el resto de porcentajes de adición en las pruebas de ensayo, obedece al mayor porcentaje de adición de caucho y plástico en la mezcla.

Con referencia al flujo se pudo evidenciar que los valores se incrementaron de forma progresiva con el aumento porcentual de caucho y plástico en la mezcla y los 4 valores no están dentro de los parámetros que establece el MTC (2013) mostrados en la Figura

3, donde además se establece que no será permitido que los valores del flujo se encuentren fuera de los límites establecidos.

En cuanto al porcentaje de vacíos sucede una situación similar a los valores del flujo, los porcentajes se han ido incrementando con el aumento de porcentajes de adición de caucho y plástico, es así que los resultados de las pruebas con distintos porcentajes de adición evidencian porcentajes de vacíos de aire entre el 4.2% y 15.4%; en todos los casos se obtuvo resultados fuera del rango que establece las normas del MTC (2013) entre 3% y 5%.

En los resultados del cuarto objetivo específico, comparando los resultados del grupo patrón con el grupo experimental, considerando que el valor mínimo de estabilidad en la mezcla asfáltica es de 8.5 kN equivalente a 866.76 Kg (MTC, 2013), se evidencia que la muestra patrón supera este parámetro, al igual que la muestra experimental con adición de 1%C+2%P, sin embargo las otras dosificaciones de no alcanzan este parámetro mínimo establecido, por lo que son consideradas como inadecuadas, principalmente cuando se tengan que utilizar en zonas de temperaturas bajas.

Para el caso del comparativo de los parámetros de flujo y vacíos de aire en la mezcla, los resultados muestran aceptables valores para la muestra patrón y valores fueran de los rangos establecidos por el MTC (2013) para todas las muestras experimentales con distintas proporciones de caucho más plástico (C+P), como indicadores que esta adición genera mezclas muy plásticas y poco densas no aptas para los pavimentos. Los resultados diferenciados que se encuentran en otras investigaciones obedecen a que en la casi totalidad de los estudios se ha aplicado adición de cauchos o plásticos por separado; así por ejemplo en el caso de la investigación de Borja y Cárdenas, (2019), encuentra mejor comportamiento de mezclas modificadas con polímeros en el comparativo con las mezclas convencionales, con el aumento de los valores de resistencia y durabilidad, porque tuvo como muestras experimentales la adición por separado de polímeros SBS en 2% y polímeros SBR en 1%.

Una situación similar se observa en la tesis de Sánchez (2021) que cuando adiciona 1% de caucho, encuentra mejoras en las propiedades mecánicas de la mezcla, además de

mejoras en la susceptibilidad al agua y deformación permanente, con relación a la muestra convencional; y encontró que, con la adición de 2% de caucho, estas mejoras se veían disminuidas; concluyendo que, a menor porcentaje de caucho, mayor rendimiento de las mezclas asfálticas. Otro estudio de Aimacaña (2017), adicionó en las mezclas experimentales plásticos reciclados en proporción del 1% a 3%, encontrando como porcentaje óptimo de adición al 2%, sin embargo, el valor de la estabilidad fue menor que la mezcla convencional, resaltando que el mayor aporte de su investigación radica en el beneficio ambiental con el uso de material reciclado.

En otro sentido, la investigación de Ortiz (2019) encuentra mayores niveles de resistencia a las deformaciones, a la acción de la temperatura y a la adherencia entre áridos, en un porcentaje óptimo de adición del 4%, pero utilizando polímero líquido a razón de 3 galones por metro cúbico de mezcla asfáltica, lo cual implica un costo excesivamente mayor que la mezcla convencional, no constituyendo alternativa alguna en materia económica y tampoco ambiental.

En suma, los resultados encontrados en la presente investigación muestran que la adición de C+P en la mezcla asfáltica reduce la estabilidad que a pesar de no existir un valor ideal de esta magnitud solo se ubica en los límites aceptables a la adición de 1%C+2%P; en cuanto al flujo las 4 muestras con las dosificaciones experimentales de C+P, se pueden considerar como demasiado plásticas o inestables no aceptables para su uso; y, los porcentajes de vacíos de aire de estas 4 muestras indican mezclas poco densas para su utilización; asimismo, los estudios tomados como antecedentes muestran ventajas de la adición de polímeros principalmente en materia económica y ambiental, y aceptables en los límites normativos como resultados de porcentajes bajos de adición de polímeros por separado, sin la mezcla de caucho más plástico.

En cuanto al comparativo de rentabilidad de la muestra patrón con la muestra experimental, asumiendo la primera muestra de 1%C+2%P; calculados los costos unitarios por cada una de las muestras, se obtuvo como resultado que la elaboración de una briqueta de muestra patrón cuesta S/ 178.88 y la muestra experimental S/ 177.40, haciendo una diferencia de S/ 1.48. Teniendo en cuenta que el volumen del cilindro fue

de 5301.45 cm<sup>3</sup>, se tiene que por cada metro cúbico de mezcla asfáltica se puede alcanzar un ahorro de S/ 279.17.



## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

El análisis por tamizado de los agregados utilizados para el diseño de mezclas asfálticas de la experimentación muestra que los agregados se ubican dentro de los límites inferiores y superiores de la curva granulométrica establecidos por norma técnica, por lo que ha cumplido con los requisitos para su óptimo uso en la mezcla asfáltica en una proporción para una mezcla asfáltica en caliente tipo 2.

El diseño de la mezcla convencional utilizada como grupo patrón se realizó para una mezcla de clase A, mediante el ensayo Marshall MTC E 504, con una compactación de 75 golpes por cara, una corrida de diseño incrementando 0.5% el peso del cemento asfáltico entre el 5% y 6.5%; logrando parámetros óptimos de diseño, para un contenido óptimo de asfalto de 5.4% para la mezcla experimental.

Los parámetros de diseño en la mezcla asfáltica con adición de caucho más plástico (C+P) en porcentajes de 1%C+2%P, 2%C+3%P, 3%C+3%P y 3%C+5%P, evidenciaron que con la aplicación del ensayo Marshall, los valores de estabilidad muestran disminución con la adición de C+P en la mezcla, alcanzando el mínimo valor aceptable solo la mezcla de 1%C+2%P; en cuanto al flujo los valores aumentan progresivamente con la adición de C+P; y, en vacíos de aire, igualmente los porcentajes se incrementan conforme se adiciona mayor porcentaje de C+P. corroborado ello con la aplicación de las pruebas estadísticas ANOVA

El comparativo de resultados del grupo patrón con el grupo experimental, evidencia que la muestra patrón cumple con los parámetros de diseño establecidos por el MTC (2013) para la estabilidad de la mezcla, a diferencia de la muestra experimental, donde solo la muestra de 1%C+2%P alcanza el parámetro aceptable, mientras que las otras combinaciones C+P no alcanzan valores óptimos; en los casos del flujo y porcentajes de vacíos, la muestra patrón cumple con los parámetros de diseño, mientras que las muestras experimentales no alcanzan valores aceptables en las normas técnicas; en resumen a mayor adición de C+P, se produce menor rendimiento de la mezcla asfáltica.

Evaluados los costos de las muestras patrón y experimental (al 1%C+2%P) se evidencia que existe un costo menor de la muestra experimental S/ 1.48 por briqueta, que llevado a volúmenes mayores se tiene que por cada metro cúbico de mezcla asfáltica se puede alcanzar un ahorro de S/ 279.17.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

La Facultad de Ingeniería de la UPSJB debe orientar futuras investigaciones, con el uso de metodologías alternativas al Marshall, sobre el uso de residuos de caucho y plástico en pavimentos, para contar con un mejor comparativo de resultados en el diseño de mezclas.

En los futuros estudios se debe insertar la opción de 1%C+1%P como adición a la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta que los resultados de 1%C+2%P tiene resultados cercanos a los parámetros aceptables para el diseño de la mezcla.

Es necesario que desde la Escuela de Ingeniería Civil se continúe con la opción de dar uso a los polímeros reciclados en estructuras de ingeniería para los trabajos de investigación, principalmente de neumáticos, para contribuir a la solución de los procesos de contaminación ambiental que genera la inadecuada disposición final que se le da actualmente a estos productos de desecho.

En las nuevas investigaciones se recomienda someter a prueba el uso de polímeros reciclados, pero con partículas de distintas dimensiones, en el supuesto que se podría obtener mejores resultados de rendimiento en los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aimacaña, J. (2017). *Estudio Comparativo Del Comportamiento a Compresión De Pavimentos Asfálticos a Base De Polímeros Y Pavimentos Flexibles Tradicionales* (Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato). <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25265>
- Akinleye, T. , Alaro, J. & Adewale, L. (2020). A performance characteristic models of properties of dissolved plastic bottle modified bitumen for hot mix asphalt production. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 05(02), 047–056. <https://doi.org/10.30574/gjeta>
- Alarcón, D. y Cárdenas, M. (2021). *Mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS para la optimización de las propiedades de la mezcla asfáltica* (Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma). <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3352005>
- Amado, K., y Gil, O. (2017). Análisis del costo en el ciclo de vida para dos alternativas de pavimento. *Jurnal Keperawatan. Universitas Muhammadiyah Malang*, 4 (1). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/en/mdl-20203177951%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0887-9%0Ahttp://dx.doi.org/10.1038/s41562-020-0884-z%0Ahttps://doi.org/10.1080/13669877.2020.1758193%0Ahttp://serisc.org/journals/index.php/IJAST/article>
- Arulrajah, A., Yaghoubi, E., Wong, Y. & Horpibulsuk, S. (2017). Recycled plastic granules and demolition wastes as construction materials: Resilient moduli and strength characteristics. *Construction and Building Materials*, 147, 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.178>
- Assaf, H., & Abu Abdo, A. (2022). Life cycle assessment of incorporating recycled materials in pavement design. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2022.04.001>
- Avellán, M. (2007). *Asfaltos Modificados Con Polímeros*. (Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala). [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2705\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2705_C.pdf)

- Balbín, M., & Enríquez, R. (2019). Influencia de la mezcla asfáltica modificada con polímeros en zonas cálidas de Perú. (Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma).
- Berrío, A. (2017). *Diseño y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica tipo MSC-19 con incorporación de Tereftalato de Polietileno reciclado como agregado constitutivo*. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia). <http://bdigital.unal.edu.co/63583/1/1128439758.2017.pdf>
- Borja, T. y Cárdenas, C. (2019). *Caracterización de mezclas asfálticas en caliente, elaborados con el uso de cemento asfáltico modificado con polímero SBR y SBS*. (Tesis pre grado, Universidad Central del Ecuador) <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/18757>
- Broncano, J., & Campos, D. (2021). *Influencia del cemento asfáltico/modificado con polímeros sbs y elvaloy sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa)
- Cardone, F., Spadoni, S., Ferrotti, G., & Canestrari, F. (2022). Asphalt mixture modification with a plastomeric compound containing recycled plastic: laboratory and field investigation. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 55(3), 1–12. <https://doi.org/10.1617/s11527-022-01954-4>
- Caso, S., y De la Cruz, G. (2021). Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica. (Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica).
- Chissama, K. & Picado, L. G. (2021). Assessment of crumb rubber Stone Mastic asphalt potential to be used in Angola. *Case Studies in Construction Materials*, 15(March), e00598. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00598>
- Figueroa, A., Reyes, F., Hernandez, Diana, Jiménez, C., & Bohórquez, N. (2007). Análisis de un asfalto modificado con icopor y su incidencia en una mezcla asfáltica densa en caliente 1 Analysing polystyrene-modified asphalt and its incidence in a heat-. *Revista Ingeniería E Investigación*, 27(3), 5–15. <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327302.pdf>
- Garnica, P., Delgado, H., Gómez, J. A., Romero, S. A., & Alarcón, H. A. (2004). Aspectos

- del diseño volumétrico de mezclas asfálticas. In *Secretaría De Comunicaciones Y Transportes* (Issue 246).
- Gastelo, R. y Chavez, N. (2021). *Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos flexibles: convencional y con adición de polímeros reciclados*. (Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo).
- Hernández, N. (2019). *Modelo simplificado de daño viscoelástico continuo aplicado al análisis de mezclas asfálticas*. (Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México).
- Jiang, W., Yuan, D., Sha, A., Huang, Y., Shan, J., & Li, P. (2021). Design of a novel road pavement using steel and plastics to enhance performance, durability and construction efficiency. *Materials*, 14(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/ma14030482>
- Martínez, C (2019). *Revisión teórica de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros en Colombia*. (Tesis de grado, Universidad Santo Tomás). <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37812/2021carlosmartinez1.pdf?sequence=8>
- Mashaan, N., Chegenizadeh, A., & Nikraz, H. (2022). Performance of PET and nano-silica modified stone mastic asphalt mixtures. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e01044. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01044>
- Meza L. y Palomino, K. (2021). *Mezcla asfáltica modificada con polímeros para el mejoramiento del pavimento asfáltico en zona de selva*. (Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma).
- Mikhailenko, P., Piao, Z., Kakar, M. R., Athari, S., Bueno, M., & Poulikakos, L. D. (2021). Effect of waste PET and CR as sand replacement on the durability and effect of waste PET and CR as sand replacement on the durability and acoustical properties of semi dense asphalt (SDA) mixtures. *Sustainable Materials and Technologies*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00295>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*.

- [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf)
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2011). *Caminos Vecinales*. 57. [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/transporte/guiacaminos1.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/transporte/guiacaminos1.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Vice Ministerio de Transportes. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación Vial*. Vice Ministerio de Transportes. [www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción*. R.D. N° 22-2013-Mtc/14 [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTCNORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_10EG2013.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTCNORMAS/ARCH_PDF/MAN_10EG2013.pdf)
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial*. [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_1556.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf)
- Ministerio de Vivienda y Construcción. (2010). *Norma técnica ce. 010 pavimentos urbanos*. <http://www.vivienda.gob.pe/%5Cnhttp://app.knovel.com/>
- Murcia, E., y Pardo, S. (2020). Factibilidad De Desarrollar Pavimentos Con Plástico Reciclado. *Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería*, 9. <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/853>
- Ortiz, N. (2019). *Diseño de mezclas asfálticas con agregados pétreos y polímeros tipo i aplicado al pavimento flexible*. (Tesis de grado, Universidad de Especialidades Espíritu Santo)
- Santos, J., Cerezo, V., Soudani, K., & Bressi, S. (2018). A Comparative Life Cycle Assessment of Hot Mixes Asphalt Containing Bituminous Binder Modified with

- Waste and Virgin Polymers. *Procedia CIRP*, 69(May), 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.046>
- Sha, A., Liu, Z., Jiang, W., Qi, L., Hu, L., Jiao, W., & Barbieri, D. M. (2021). Advances and development trends in eco-friendly pavements. *Journal of Road Engineering*, 1(December), 1–42. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2021.12.002>
- Tang, Z., Li, W., Tam, V. W. Y., & Xue, C. (2020). Advanced progress in recycling municipal and construction solid wastes for manufacturing sustainable construction materials. *Resources, Conservation and Recycling: X*, 6(March), 100036. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100036>
- Tiza, T. M., Mogbo, O., Singh, S. K., Shaik, N., & Shettar, M. P. (2022). Bituminous pavement sustainability improvement strategies. *Energy Nexus*, 6(January), 100065. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100065>
- Vila Romani, R., & Jaramillo Briceño, J. G. (2018). Incidencia del empleo de polímeros como modificadores del asfalto. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 315–326. <https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a24>
- Wulf, F. (2008). Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero. (*Tesis de Grado, Universidad Austral de Chile*). <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/doc/bmfciw961a.pdf>
- Yang, K., & Li, R. (2021). Characterization of bonding property in asphalt pavement interlayer: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 374–387. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.10.005>
- Youtcheff, J., & Lesueur, D. (2013). Asphalt Pavement Durability. In *Environmental Degradation of Advanced and Traditional*.

## **ANEXOS**



Variables	Dimensiones	Indicadores	Escala
<b>Independiente:</b>  Pavimento asfáltico con adición de polímeros	Propiedades de agregados	Gradación	De razón
		Límites mínimos y máximos	
		Proporciones	
	Propiedades de mezclas asfálticas	Peso específico	
		Estabilidad	
		Flujo	
		Porcentaje de vacíos	
		Diferencias comparativas	
<b>Dependiente:</b>  Rentabilidad	Costos del proceso constructivo	Costos unitarios	De razón
		Presupuesto	

### CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala	
<b>Independiente:</b>  Mezcla asfáltica con adición de polímeros	Mezcla asfáltica modificada con determinados porcentajes de adición de caucho y plástico reciclado para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas, como resistencia a la tracción, rigidez de fluencia y agrietamiento, haciendo uso de métodos y ensayos de laboratorio (Avellán, 2007)	Mezcla experimental ensayada en laboratorio con cuatro fórmulas de porcentajes de adición de caucho más plástico reciclados en San José de los Molino, Ica	Propiedades de agregados	Gradación Límites mínimos y máximos Proporciones	De razón	
			Propiedades de mezclas asfálticas	Peso específico Estabilidad Flujo Porcentaje de vacíos Porcentaje óptimo de CA		
<b>Dependiente:</b>  Rentabilidad	Comparativo de costos de una mezcla asfáltica convencional con una mezcla asfáltica modificada con caucho y plástico reciclado, integrando los costos del proceso de construcción más los costos por mantenimiento, determinados con uso de hojas de costos unitarios y de presupuesto (Amado y Gil, 2017)	Estudio comparativo de los costos de la muestra patrón con los costos de la muestra experimental de mejor comportamiento estructural, según los ensayos realizados.	Costos del proceso constructivo	Costos unitarios  Presupuesto		De razón

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
<p><b>Problema general</b> ¿El diseño de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclados es una alternativa de rentabilidad en la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Diseñar una mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclado como alternativa de rentabilidad para la construcción de pavimentos en San José de los Molinos, Ica, 2022.</p>	<p><b>Hipótesis general</b> El diseño de mezcla asfáltica con adición de caucho y plástico reciclados sí es una alternativa de rentabilidad en la construcción de pavimentos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>	Pavimento asfáltico con adición de polímeros	Gradación
<p><b>Problemas específicos</b> ¿Cuáles son las características de los agregados para el diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> Caracterizar de agregados del diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b> Los agregados poseen características óptimas para el diseño de mezclas asfálticas para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>		Límites mínimos y máximos
				Proporciones
				Peso específico
<p>¿Cuál es la descripción del diseño de mezcla convencional como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>	<p>Describir el diseño de mezcla convencional como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>	<p>El diseño de la mezcla convencional será de Arena + Piedra + PEN 60/70 al 5.4%, como grupo patrón para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>		Estabilidad
<p>¿Cuál es el análisis de los resultados de la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con la adición de 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con 2%, 3% y 4% de plástico reciclado del grupo experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>	<p>Analizar la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica con la adición de 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con 2%, 3% y 4% de plástico reciclado como parte del grupo experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022.</p>	<p>Los resultados presentan óptimos valores de estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, con la adición entre el 1%, 2% y 3% de caucho reciclado en combinación con plástico reciclado entre 2%, 3% y 5% del grupo experimental para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>		Flujo
				<p>¿Cuál es la evaluación de los resultados del grupo experimental versus el grupo patrón y seleccionar el porcentaje óptimo de caucho y plástico reciclado para rentabilizar la construcción de pavimentos asfálticos en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>
<p>¿Cuál es el contraste de la rentabilidad del diseño del pavimento con adición de caucho y plástico reciclado con el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022?</p>	<p>Contrastar la rentabilidad del diseño del pavimento con adición de caucho y plástico reciclado con el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>	<p>La rentabilidad del diseño del pavimento con adición de caucho y plástico reciclado es mayor que el diseño convencional en San José de los Molinos, Ica, 2022</p>		Porcentaje óptimo de CA
				Costos unitarios
				Rentabilidad

Metodología	Población y muestra	Técnicas e instrumentos
<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada, experimental</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Explicativo</p>	<p><b>Población</b></p> <p>Estudio de caso, representada por los pavimentos urbanos de San José de los Molinos, en el departamento de Ica.</p> <p><b>Muestra:</b> 60 probetas de muestras astáticas en los ensayos para los pavimentos urbanos de San José de los Molinos, en el departamento de Ica</p>	<p><b>Técnicas</b></p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Estudios de costos</p> <p><b>Instrumentos</b></p> <p>Equipos de laboratorio, reactivos, hojas de cálculo y fichas de informe</p> <p>Hojas de cálculo de costos unitarios y las hojas de presupuesto</p>

## **INFORME DE LABORATORIO**

**INFORME DE LABORATORIO**  
**ESTUDIO PARA SACAR EL PATRON MUESTRA GENERAL**

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARGONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DITD. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

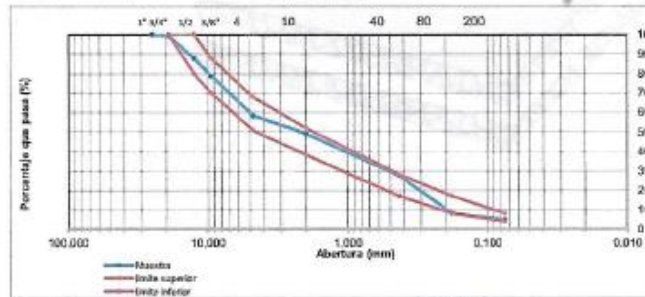
**GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS**

PIEDRA CHANCADA : 43.0 %  
 ARENA : 57.0 %

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000	0		100.0	
3/4"	19.000	0.8	0.8	99.2	
1/2"	12.500	11.4	12.2	87.8	
3/8"	9.500	9.1	21.2	78.8	
N°4	4.750	20.5	41.7	58.3	
N°10	2.000	9.0	50.7	49.3	
N°40	0.425	21.7	72.4	27.6	
N°80	0.180	19.6	92.0	8.1	
N°200	0.075	3.3	95.2	4.8	
FONDO		4.8			

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas En Proyectos De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L  
 Angel R. C. Huancaborda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - D.PTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
1"	25.000				100
3/4"	19.000	1.78	1.8		98.22
1/2"	12.500	26.48	28.3		71.74
3/8"	9.500	21.08	49.3		50.66
N°4	4.750	44.75	94.1		5.91
N°10	2.000	5.17	99.3		0.74
N°40	0.425	0.41	99.7		0.33
N°80	0.180	0.3	100.0		0.03
N°200	0.075	0	100.0		0.03
FONDO		0.03			

#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret.	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3/8"	9.500				100
N°4	4.750	2.13	2.1		97.87
N°10	2.000	11.89	14.0		85.98
N°40	0.425	37.79	51.8		48.19
N°80	0.180	34.09	85.9		14.1
N°200	0.075	5.75	91.7		8.35
FONDO		8.35			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L

Angel Roxan Huanca Borda  
MSC. ING. CIVIL CIP 53304



**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PRDV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA SSS SUMERGIDA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

1	2	3
1022	810	912
1038	822	928
632	507	569
2.54		
2.58		
2.65		
1.60		

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA FIOLA+AGUA  
 MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

1	2	3
246.4	247.1	245.8
250	250	250
660.3	671.2	651.9
817	827.8	808.8
2.64		
2.68		
2.75		
1.45		



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

	1			2			3			4			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	D
<b>DISEÑO METODO MARSHALL</b>													
<b>BRIQUETA</b>													
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50	6.50
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	40.85	40.85	40.85	40.63	40.63	40.63	40.42	40.42	40.42	40.20	40.20	40.20	40.20
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	54.15	54.15	54.15	53.87	53.87	53.87	53.58	53.58	53.58	53.30	53.30	53.30	53.30
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1170	1181	1173	1187	1179	1173	1182	1182	1181	1181	1175	1177	1193
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1174	1184	1178	1184	1183	1177	1180	1199	1199	1183	1186	1186	1198
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	643	658	654	658	658	657	664	661	670	665	674	665	673
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	531	526	524	522	531	525	520	526	516	522	525	518	511
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.203	2.245	2.239	2.264	2.235	2.246	2.256	2.236	2.264	2.272	2.250	2.268	2.272
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>2.238</b>												
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.366	2.366	2.366	2.348	2.348	2.348	2.340	2.340	2.340	2.338	2.338	2.338	2.338
% DE VACIOS	6.87	5.10	5.39	4.30	4.80	4.36	3.93	4.78	3.27	2.90	3.87	4.87	2.98
% DE VACIOS PROMEDIO	<b>5.4</b>												
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599	2.599
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	19.45	17.92	18.16	17.22	18.73	18.33	17.97	18.70	18.12	17.81	18.63	19.48	18.24
% VACIOS PORO DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	<b>18.2</b>												
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	64.66	71.52	70.34	75.06	74.37	76.24	78.14	74.43	81.97	83.69	79.24	74.99	84.61
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	<b>70.4</b>												
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.54	2.55	2.55	2.55	2.57	2.57
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.88	0.88	0.88	0.88	0.92	0.92	0.92	0.92	0.76	0.76	0.76	0.48	0.48
% ASFALTO EFECTIVO	4.12	4.12	4.12	4.12	4.38	4.58	4.58	4.58	5.24	5.24	5.24	6.02	6.02
FLUJO (g/m)	90	94	80	97	100	105	111	104	154	130	147	136	166
FLUJO (mm)	2.29	2.39	2.03	2.46	2.54	2.67	2.82	2.64	3.91	3.30	3.73	3.45	4.22
FLUJO PROMEDIO (mm)	<b>2.3</b>												
ESTABILIDAD SIN CORRIGIR (kg)	1095.3	1145.5	1185.6	1128.3	1208.4	1196.2	1403.4	1316.0	999.1	1206.1	1204.5	1480.9	1073.2
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	0.96	0.96	0.96	1.00	0.96	0.96	1.00	0.96	1.00	1.00	0.96	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1051.49	1099.68	1138.18	1128.30	1160.06	1148.35	1403.40	1263.36	999.10	1206.10	1156.32	1421.66	1043.84
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	<b>1104.4</b>												
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	<b>1243.8</b>												
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	<b>1195.8</b>												
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	<b>1073.0</b>												

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y CONCRETO .E.I.R.L.  
 Angel Tosan Huancha Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304  
 EPICRET / [Facebook] [Instagram] [LinkedIn] [YouTube]

Prolongación Av. Matías Montañilla N° 905, Ica  
 epicretperu@gmail.com  
 +51 946 971128

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DFTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

#### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

##### A. MEZCLA DE AGREGADOS

- PIEDRA CHANCADA : 43 %  
 - ARENA : 57 %

##### B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.0	5.5	6.0	6.5
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.238	2.243	2.253	2.273
ESTABILIDAD (kg)	1104.4	1243.8	1195.8	1073.0
FLUID (mm)	2.3	2.7	3.6	4.0
ESTABILIDAD - FLUID (kg/cm)	4817.8	4663.6	3321.2	2678.0
RELACION POLVO - ASFALTO	1.0	0.9	0.8	0.7
VACIOS DE AIRE (%)	5.4	4.5	3.7	2.8
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.2	18.4	18.5	18.2
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	70.4	75.8	80.0	85.0



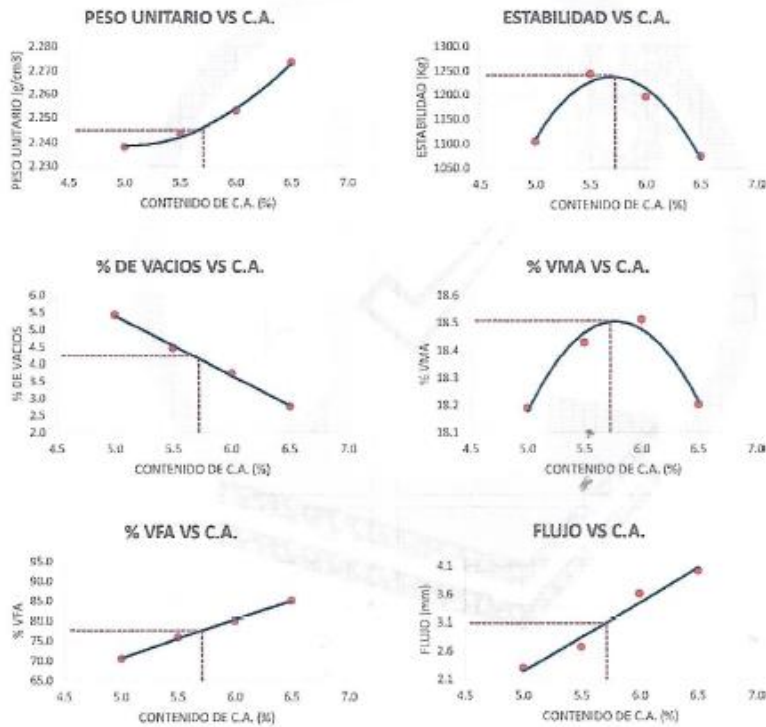
Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Posar Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL - CIP 53304

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DITO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70



Especialistas En Proyectos De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rivas Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** SEPTIEMBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1	:	Piedra Chancada
Muestra 2	:	Arena
Cemento Asfáltico	:	PEN 60/70

#### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

##### CARACTERISTICAS DE LA MEZCLA:

Numero de golpes por cara	:	75
Contenido optimo de cemento asfáltico (%)	:	5.7
Peso especifico Bulk (gr/cm <sup>3</sup> )	:	2246.000
Relacion polvo - Asfalto	:	0.9
Estabilidad (kg)	:	1240
Flujo (mm)	:	3.1
Estabilidad - Flujo (kg/cm)	:	4000.0
Vacios (%)	:	4.2
Vacios llenos con cemento asfáltico VFA (%)	:	75
Vacios de agregado mineral VMA (%)	:	18.5

##### PROPORCIONES DE AGREGADOS

Piedra chancada	:	43 %
Arena	:	57 %

##### CONTENIDO DE ASFALTO

Cemento asfáltico	:	PEN 60/70
Contenido optimo de cemento asfáltico	:	5.7 %

##### NOTA:

Las muestras de agregados y cemento asfáltico fueron traídas por el solicitante hacia nuestra representada  
 Un contenido de Cemento asfáltico lejos del optimo (+/- 0.3%) puede ocasionar problemas en las características resistentes, exudación del asfalto, problemas con la fricción entre los neumáticos y la superficie del pavimento, etc.



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel F. Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.0% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	90	94	80	97
FLUJO (mm)	2.29	2.39	2.03	2.46
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.29			

	DISEÑO CON 5.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1095.3	1145.5	1185.6	1128.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	531	526	524	522
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	0.96	0.96	1.00
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1051.49	1099.68	1138.18	1128.30
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1104.4			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosar Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	100	105	111	104
FLUJO (mm)	2.54	2.67	2.82	2.64
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.67			

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1208.4	1196.2	1403.4	1316.0
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	531	525	520	526
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	0.96	1.00	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1160.06	1148.35	1403.40	1263.36
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1243.8			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rosari Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.0% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	154	130	147	136
FLUJO (mm)	3.91	3.30	3.73	3.45
FLUJO PROMEDIO (mm)	3.60			

	DISEÑO CON 6.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	999.1	1206.1	1204.5	1480.9
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	516	522	529	531
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	0.96	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	999.10	1206.10	1156.32	1421.66
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1195.8			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	159	162	166	144
FLUJO (mm)	4.04	4.11	4.22	3.66
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.01			

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1087.3	1190.0	1028.0	1073.2
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	525	518	511	525
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.96	1.00	1.00	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1043.81	1190.00	1028.00	1030.27
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1073.0			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.0% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1170	1181	1173	1182
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1174	1184	1178	1184
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	643	658	654	662
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	531	526	524	522
ABSORCIÓN (%)	0.34	0.25	0.43	0.17
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.203	2.245	2.239	2.264
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.238			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angela Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 5.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 5.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1187	1179	1173	1176
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1190	1183	1177	1180
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	659	658	657	654
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	531	525	520	526
ABSORCIÓN (%)	0.25	0.34	0.34	0.34
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.235	2.246	2.256	2.236
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.243			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
*Angel Rosalinda Miranda Arones*  
 Angel Rosalinda Miranda Arones  
 MSC. ING. CIVIL. C. 14. 000

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.0% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.0% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1168	1186	1190	1182
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1177	1192	1196	1190
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	661	670	667	659
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	516	522	529	531
ABSORCIÓN (%)	0.77	0.51	0.50	0.68
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.264	2.272	2.250	2.226
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.253			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
  
 Angel Rosar Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** SETIEMBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON 6.5% DE ASFALTO

	DISEÑO CON 6.5% DE ASFALTO			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1181	1175	1177	1193
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1199	1183	1186	1198
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	674	665	675	673
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	525	518	511	525
ABSORCIÓN (%)	1.52	0.68	0.76	0.42
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.250	2.268	2.303	2.272
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.273			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rosar Huanca Borda  
 MSC.ING. CIVIL. CIP 53304

**INFORME DE LABORATORIO  
PORCENTAJE DE CAUCHO Y PLASTICO**

**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - D.PTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfaltico : PEN 60/70

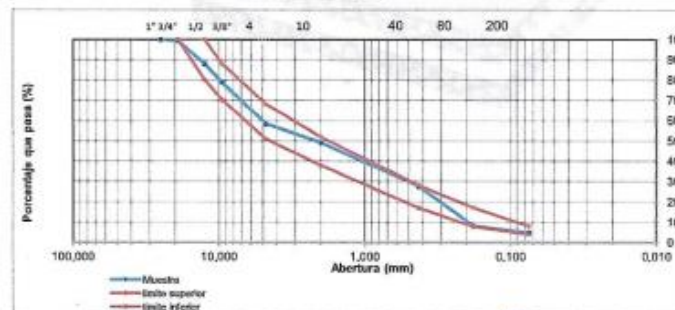
**GRANULOMETRIA PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS**

PIEDRA CHANCADA : 43.0 %  
 ARENA : 57.0 %

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3"	75.000				
2"	50.000				
1 1/2"	37.500				
1"	25.000	0			100.0
3/4"	19.000	0.8	0.8		99.2
1/2"	12.500	11.4	12.2		87.8
3/8"	9.500	9.1	21.2		78.8
N°4	4.750	20.5	41.7		58.3
N°10	2.000	9.0	50.7		49.3
N°40	0.425	21.7	72.4		27.6
N°80	0.180	19.6	92.0		8.1
N°200	0.075	3.3	95.2		4.8
FONDO		4.8			

MAC - 2	
TAMIZ	% QUE PASA
3/4"	100
1/2"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8



Especialistas En Proyectos De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOUNOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DITTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - PIEDRA CHANCADA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
1"	25.000				100
3/4"	19.000	1.78	1.8		98.22
1/2"	12.500	26.48	28.3		71.74
3/8"	9.500	21.08	49.3		50.66
N°4	4.750	44.75	94.1		5.91
N°10	2.000	5.17	99.3		0.74
N°40	0.425	0.41	99.7		0.33
N°80	0.180	0.3	100.0		0.03
N°200	0.075	0	100.0		0.03
FONDO		0.03			

#### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - ARENA

Tamiz	Abertura (mm)	% Ret	% Ret. Acum.	%Q.	Pasa
3/8"	9.500				100
N°4	4.750	2.13	2.1		97.87
N°10	2.000	11.89	14.0		85.98
N°40	0.425	37.79	51.8		48.19
N°80	0.180	34.09	85.9		14.1
N°200	0.075	5.75	91.7		8.35
FONDO		8.35			



Especialistas En Proyectos De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L  
 Angel Roxan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304



**INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE**

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGEILA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : FEN 60/70

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - PIEDRA CHANCADA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA SSS SUMERGIDA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

1	2	3
1022	810	912
1038	822	928
632	507	569
<b>2.54</b>		
<b>2.58</b>		
<b>2.65</b>		
<b>1.60</b>		

**ENSAYO DE PESO ESPECIFICO - ARENA**

MASA SECA  
 MASA SSS  
 MASA FIOLA+AGUA  
 MASA FIOLA+AGUA+MUESTRA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SECA  
 PESO ESPECIFICO BULK BASE SATURADA  
 PESO ESPECIFICO APARENTE  
 ABSORCION (%)

1	2	3
246.4	247.1	245.8
250	250	250
660.3	671.2	651.9
817	827.8	808.8
<b>2.64</b>		
<b>2.68</b>		
<b>2.75</b>		
<b>1.45</b>		



Especialistas En Proyectos De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			
BRIQUETA	A	B	C	D
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.70	5.70	5.70	5.70
% DE PLASTICO EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	0.00	0.00	0.00	0.00
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	40.55	40.55	40.55	40.55
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	53.75	53.75	53.75	53.75
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.15	1.15
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1166	1172	1173	1181
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1172	1177	1179	1187
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	654	658	654	661
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	518	519	525	526
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.251	2.258	2.234	2.245
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.247			
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.345	2.345	2.345	2.345
% DE VACIOS	4.01	3.70	4.72	4.25
% DE VACIOS PROMEDIO	4.2			
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.599	2.599	2.599	2.599
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.32	18.05	18.92	18.52
%VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	18.5			
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	78.11	79.50	75.05	77.04
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	77.4			
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.54	2.54	2.54	2.54
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.85	0.85	0.85	0.85
% ASFALTO EFECTIVO	4.85	4.85	4.85	4.85
FLUJO (dlv)	116	114	114	111
FLUJO (mm)	2.95	2.90	2.90	2.82
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.9			
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1290.0	1228.7	1245.0	1125.3
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	0.96	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1290.00	1228.70	1195.20	1080.29
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	1198.5			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Roxan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

## INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			
BRIQUETA	A	B	C	D
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.70	5.70	5.70	5.70
% DE PLASTICO EN PESO DE LA MEZCLA	2.00	2.00	2.00	2.00
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	1.00	1.00	1.00	1.00
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	39.26	39.26	39.26	39.26
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	52.04	52.04	52.04	52.04
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.15	1.15
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1158	1184	1133	1179
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1166	1192	1142	1187
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	616	644	614	634
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	550	548	528	553
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.105	2.161	2.146	2.132
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.136			
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.328	2.328	2.328	2.328
% DE VACIOS	9.56	7.19	7.83	8.42
% DE VACIOS PROMEDIO	8.2			
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.519	2.519	2.519	2.519
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	21.17	19.10	19.66	20.17
%VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	20.0			
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	54.84	62.35	60.19	58.27
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	58.9			
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.52	2.52	2.52	2.52
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.06	0.06	0.06	0.06
% ASFALTO EFECTIVO	5.64	5.64	5.64	5.64
FLUJO (div)	149	153	168	172
FLUJO (mm)	3.78	3.89	4.27	4.37
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.1			
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1026.3	1079.2	1194.9	1060.0
FACTOR DE CORRECIÓN PARA ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.96	0.89
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	913.41	960.49	1147.10	943.40
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	991.1			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
 Angel Rosal Juanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

## INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			
BRIQUETA	A	B	C	D
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.70	5.70	5.70	5.70
% DE PLASTICO EN PESO DE LA MEZCLA	3.00	3.00	3.00	3.00
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	2.00	2.00	2.00	2.00
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	38.40	38.40	38.40	38.40
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	50.90	50.90	50.90	50.90
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.15	1.15
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1168	1180	1138	1166
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1182	1195	1158	1181
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	622	624	591	611
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	560	571	567	570
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.086	2.067	2.007	2.046
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.051			
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.317	2.317	2.317	2.317
% DE VACIOS	9.98	10.81	13.38	11.71
% DE VACIOS PROMEDIO	11.5			
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.465	2.465	2.465	2.465
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	20.20	20.93	23.21	21.73
%VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	21.5			
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	50.58	48.36	42.36	46.10
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	46.8			
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.51	2.51	2.51	2.51
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.73	0.73	0.73	0.73
% ASFALTO EFECTIVO	4.97	4.97	4.97	4.97
FLUJO (div)	180	191	238	240
FLUJO (mm)	4.57	4.85	6.05	6.10
FLUJO PROMEDIO (mm)	5.4			
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	951.1	960.6	781.2	832.6
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	0.86	0.86	0.86	0.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	817.95	826.12	671.83	716.04
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	758.0			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

## INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			
	A	B	C	D
BRIQUETA				
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.70	5.70	5.70	5.70
% DE PLASTICO EN PESO DE LA MEZCLA	3.00	3.00	3.00	3.00
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	3.00	3.00	3.00	3.00
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	37.97	37.97	37.97	37.97
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	50.33	50.33	50.33	50.33
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.15	1.15
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1168	1180	1171	1162
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1188	1196	1191	1192
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	606	619	604	602
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	582	577	587	590
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.007	2.045	1.995	1.969
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.004			
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.302	2.302	2.302	2.302
% DE VACIOS	12.82	11.16	13.34	14.44
% DE VACIOS PROMEDIO	12.9			
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.434	2.434	2.434	2.434
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	22.24	20.76	22.71	23.69
%VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	22.3			
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	42.36	46.24	41.24	39.03
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	42.2			
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.49	2.49	2.49	2.49
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.95	0.95	0.95	0.95
% ASFALTO EFECTIVO	4.75	4.75	4.75	4.75
FLUJO (div)	192	198	216	198
FLUJO (mm)	4.88	5.03	5.49	5.03
FLUJO PROMEDIO (mm)	5.1			
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	919.2	1044.8	722.0	787.4
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	0.83	0.83	0.81	0.81
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	762.94	867.18	584.82	637.79
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	713.2			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Construcción .E.I.R.L  
 Angel Rosas Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

## INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**Muestra 1** : Piedra Chancada  
**Muestra 2** : Arena  
**Cemento Asfáltico** : PEN 60/70

DISEÑO METODO MARSHALL	1			
	A	B	C	D
BRIQUETA				
% DE C.A EN PESO DE LA MEZCLA	5.70	5.70	5.70	5.70
% DE PLASTICO EN PESO DE LA MEZCLA	5.00	5.00	5.00	5.00
% DE CAUCHO EN PESO DE LA MEZCLA	3.00	3.00	3.00	3.00
% DE PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	37.11	37.11	37.11	37.11
% DE ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	49.19	49.19	49.19	49.19
PESO ESPECIFICO DEL C.A (g/cm <sup>3</sup> )	1.023	1.023	1.023	1.023
PESO ESPECIFICO BULK DE LA PIEDRA (g/cm <sup>3</sup> )	2.54	2.54	2.54	2.54
PESO ESPECIFICO BULK DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.64	2.64	2.64
PESO ESPECIFICO BULK DEL PLASTICO (g/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.39	1.39	1.39
PESO ESPECIFICO BULK DEL CAUCHO (g/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.15	1.15
PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1173	1160	1181	1148
PESO DE LA BRIQUETA SSS AL AIRE (g)	1190	1183	1197	1175
PESO DE LA BRIQUETA SSS SUMERGIDA (g)	586	587	593	571
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	604	596	604	604
P.E BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	1.942	1.946	1.955	1.901
P.E BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	1.936			
PESO ESPECIFICO MAXIMO (RICE) (g/cm <sup>3</sup> )	2.288	2.288	2.288	2.288
% DE VACIOS	15.12	14.93	14.54	16.93
% DE VACIOS PROMEDIO	15.4			
PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.392	2.392	2.392	2.392
% VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	23.45	23.29	22.93	25.08
% VACIOS PROM. DEL AGREGADO MINERAL (VMA)	23.7			
VACIOS LLENADOS CON C.A (VFA)	35.53	35.87	36.59	32.51
VACIOS LLENADOS CON C.A PROMEDIO (VFA)	35.1			
PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.47	2.47	2.47	2.47
ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.39	1.39	1.39	1.39
% ASFALTO EFECTIVO	4.31	4.31	4.31	4.31
FLUJO (div)	260	276	314	327
FLUJO (mm)	6.60	7.01	7.98	8.31
FLUJO PROMEDIO (mm)	7.5			
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1015.7	972.2	1024.1	984.4
FACTOR DE CORRECCION PARA ESTABILIDAD	0.78	0.81	0.78	0.78
ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	792.25	787.48	798.80	767.83
ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (kg)	786.6			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L  
 Angel Rosan Ruanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO REICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** D.TTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTD. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

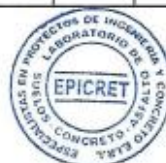
#### DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE - METODO MARSHAL ASTM D 6927

##### A. MEZCLA DE AGREGADOS

- PIEDRA CHANCADA : 43 %  
 - ARENA : 57 %

##### B. CARACTERISTICAS DEL ENSAYO MARSHALL

N° DE GOLPES DE CAPA	75	75	75	75	76
DISEÑO	0%C+0%P	1%C+2%P	2%C+3%P	2%C+3%P	3%C+5%P
CEMENTO ASFALTICO (%)	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
PLASTICO Y CAUCHO (%)	0.00	3.00	5.00	6.00	8.00
PESO ESPECIFICO (g/cm <sup>3</sup> )	2.247	2.136	2.051	2.004	1.936
ESTABILIDAD (kg)	1198.5	991.1	758.0	713.2	786.6
FLUJO (mm)	2.9	4.1	5.4	5.1	7.5
ESTABILIDAD - FLUJO (kg/cm)	4148.3	2431.1	1406.0	3.0	1052.4
RELACION POLVO - ASFALTO	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
VACIOS DE AIRE (%)	4.2	8.2	11.5	12.9	15.4
VACIOS DE AGREGADO MINERAL (%)	18.5	20.0	21.5	22.3	23.7
VACIOS LLENOS DE C.A (%)	77.4	58.9	46.8	42.2	35.1



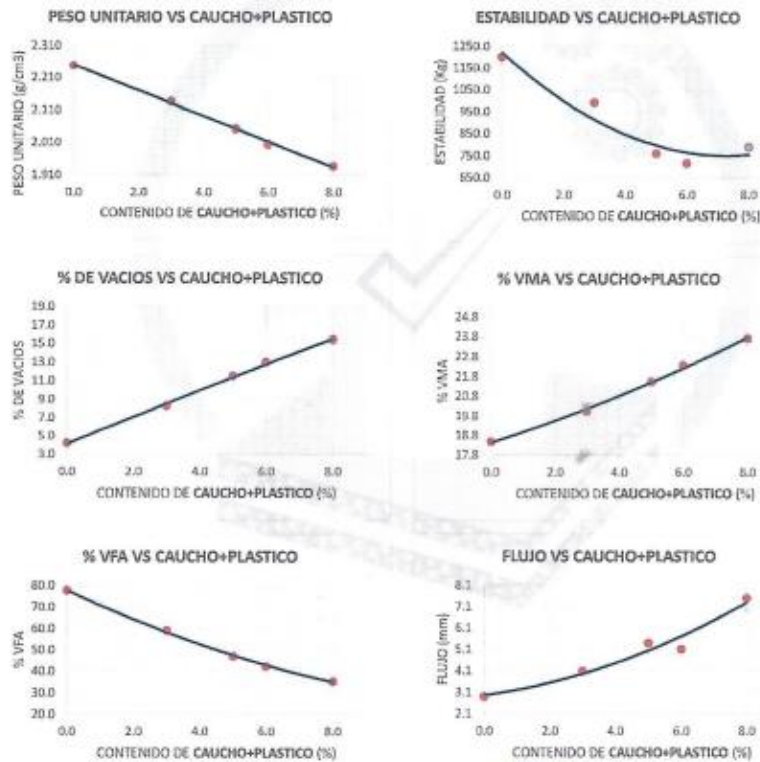
Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

### INFORME DE DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE

**SOLICITANTE:** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON CAUCHO Y PLASTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSE DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**UBICACION:** DTTO. DE ICA - PROV. DE ICA - DPTO. DE ICA  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

#### REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Piedra Chancada  
 Muestra 2 : Arena  
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70



Especialistas En Proyectos De Ingeniería y Construcción E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304



**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 0% DE CAUCHO Y 0% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 0%C + 0%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	116	114	114	111
FLUJO (mm)	2.95	2.90	2.90	2.82
FLUJO PROMEDIO (mm)	2.89			

	DISEÑO 0%C + 0%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1290.0	1228.7	1245.0	1125.3
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	518	519	525	526
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	1.00	1.00	0.96	0.96
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	1290.00	1228.70	1195.20	1080.29
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	1198.5			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería y Concreto .E.I.R.L  
 Angel Kusan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 1% DE CAUCHO Y 2% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 1%C + 2%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	149	153	168	172
FLUJO (mm)	3.78	3.89	4.27	4.37
FLUJO PROMEDIO (mm)	4.08			

	DISEÑO 1%C + 2%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1026.3	1079.2	1194.9	1060.0
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	550	548	528	553
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.89	0.89	0.96	0.89
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	913.41	960.49	1147.10	943.40
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	991.1			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L.  
  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 2% DE CAUCHO Y 3% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 2%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	180	191	238	240
FLUJO (mm)	4.57	4.85	6.05	6.10
FLUJO PROMEDIO (mm)	5.39			

	DISEÑO 2%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	951.1	960.6	781.2	832.6
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	560	571	567	570
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.86	0.86	0.86	0.86
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	817.95	826.12	671.83	716.04
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	758.0			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 \_\_\_\_\_  
 Angel F. San Juanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 3% DE CAUCHO Y 3% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 3%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	192	198	216	198
FLUJO (mm)	4.88	5.03	5.49	5.03
FLUJO PROMEDIO (mm)	5.11			

	DISEÑO 3%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	919.2	1044.8	722.0	787.4
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm <sup>3</sup> )	582	577	587	590
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.83	0.83	0.81	0.81
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	762.94	867.18	584.82	637.79
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	713.2			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L  
 \_\_\_\_\_  
 Angela Rosal Huanca Borda  
 MSc. ING. CIVIL. CIP 53304

**ESTABILIDAD Y FLUJO MARSHALL  
MTC E504 - ASTM D6927**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 3% DE CAUCHO Y 5% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 3%C + 5%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
FLUJO (div)	260	276	314	327
FLUJO (mm)	6.60	7.01	7.98	8.31
FLUJO PROMEDIO (mm)	7.47			

	DISEÑO 3%C + 5%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg)	1015.7	972.2	1024.1	984.4
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (cm3)	604	596	604	604
FACTOR DE CORRECCIÓN PARA ESTABILIDAD	0.78	0.81	0.78	0.78
ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg)	792.25	787.48	798.80	767.83
ESTABILIDAD CORREGIDA PROM. (Kg)	786.6			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 0% DE CAUCHO Y 0% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 0%C + 0%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1166	1172	1173	1181
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1172	1177	1179	1187
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	654	658	654	661
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	518	519	525	526
ABSORCIÓN (%)	0.51	0.43	0.51	0.51
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.251	2.258	2.234	2.245
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.247			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L  
 Angel Rosan Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 1% DE CAUCHO Y 2% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 1%C + 2%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1158	1184	1133	1179
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1166	1192	1142	1187
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	616	644	614	634
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	550	548	528	553
ABSORCIÓN (%)	0.69	0.68	0.79	0.68
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.105	2.161	2.146	2.132
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.136			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería y Concreto E.I.R.L.  
 Angel Rosan Juanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL. CIP 53304

**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.  
**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.  
**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.  
**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022  
**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 2% DE CAUCHO Y 3% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 2%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1168	1180	1138	1166
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1182	1195	1158	1181
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	622	624	591	611
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	560	571	567	570
ABSORCIÓN (%)	1.20	1.27	1.76	1.29
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.086	2.067	2.007	2.046
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.051			



Especialistas En Proyectos  
 De Ingeniería Y Concreto .E.I.R.L  
 Angel Oscar Huanca Borda  
 MSC/ING. CIVIL. CIP 53304



**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO REICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 3% DE CAUCHO Y 3% DE PLÁSTICO REICLADO

	DISEÑO 3%C + 3%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1168	1180	1171	1162
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1188	1196	1191	1192
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	606	619	604	602
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	582	577	587	590
ABSORCIÓN (%)	1.71	1.36	1.71	2.58
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.007	2.045	1.995	1.969
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	2.004			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L  
*Angel Rosan Huanca Borda*  
MSC. ING. CIVIL CIP 53304



**ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE BRIQUETA MARSHALL**

**SOLICITANTE(S):** MAITA FAJARDO, ANGELA LIZETH - MIRANDA ARONES, RUBEN DARIO.

**PROYECTO:** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON CAUCHO Y PLÁSTICO RECICLADO COMO ALTERNATIVA DE RENTABILIDAD EN SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS, ICA, 2022.

**PROCEDENCIA:** DISTRITO SAN JOSÉ DE LOS MOLINOS - PROVINCIA ICA - DEPARTAMENTO ICA.

**FECHA:** OCTUBRE DEL 2022

**MUESTRA:** DISEÑO DE MEZCLA CON ADICIÓN DE 3% DE CAUCHO Y 5% DE PLÁSTICO RECICLADO

	DISEÑO 3%C + 5%P			
	M-1	M-2	M-3	M-4
PESO SECO DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1173	1160	1181	1148
PESO SSS DE LA BRIQUETA AL AIRE (g)	1190	1183	1197	1175
PESO SSS SUMERGIDA DE LA BRIQUETA (g)	586	587	593	571
VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g)	604	596	604	604
ABSORCIÓN (%)	1.45	1.98	1.35	2.35
P.E. BULK DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	1.942	1.946	1.955	1.901
P.E. BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm <sup>3</sup> )	1.936			



Especialistas En Proyectos  
De Ingeniería Y Concreto E.I.R.L  
  
 Angel Rosa Huanca Borda  
 MSC. ING. CIVIL / CIP 53304

## **CERTIFICADO DE CALIBRACION DE EQUIPOS**



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA  
Calibration Certificate – Laboratory of Force

**OBJETO DE PRUEBA:**

*Instrument*  
**Rangos**  
*Measurement range*  
**FABRICANTE**  
*Manufacturer*  
**Modelo**  
*Model*  
**Serie**  
*Identification number*  
**Ubicación de la máquina**  
*Location of the machine*  
**Norma de referencia**  
*Norm of used reference*  
**Intervalo calibrado**  
*Calibrated interval*  
**Solicitante**  
*Customer*  
**Dirección**  
*Address*  
**Ciudad**  
*City*  
**PATRON(ES) UTILIZADO(S)**  
*Measurement standard*  
**Tipo / Modelo**  
*Type / Model*  
**Rangos**  
*Measurement range*  
**Fabricante**  
*Manufacturer*  
**No. serie**  
*Identification number*  
**Certificado de calibración**  
*Calibration certification*  
**Incertidumbre de medida**  
*Uncertainty of measurement*  
**Método de calibración**  
*Method of calibration*  
**Unidades de medida**  
*Units of measurement*  
**FECHA DE CALIBRACIÓN**  
*Date of calibration*  
**FECHA DE EXPEDICIÓN**  
*Date of issue*

**MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN**

**5 000 kgf**  
**A&A INSTRUMENTS**  
**STM – 1**  
**130811**  
LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
NTC – ISO 7500 – 1 ( 2007 – 07 – 25 )  
Del 10% al 100% del Rango  
**ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L**  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA  
ICA  
  
T71P / DEF – A  
5000 kgf  
OHAUS / KELI  
B504530209 / AGB8505  
N° CC – 1752 – 2021  
0.062 %  
Comparación Directa  
Sistema Internacional de Unidades ( SI )  
**2022 – 01 – 19**  
**2022 – 01 – 22**

Pág. 1 de 3

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**  
*Number of pages of the certificate and documents attached*

3

**FIRMAS AUTORIZADAS**  
*Authorized Signatures*

**SUPERVISOR**  
**LABORATORIO**  
Téc. Gilmer Huapán Poquioma  
Responsable Laboratorio de Metrología



Teléfono: (01) 622 – 5814  
Celular: 992 – 302 – 883 / 962 – 227 – 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

NÚMERO **019-2022 GLF**  
Pág. 2 de 3

Método de Calibración: FUERZA INDICADA CONSTANTE  
Tipo de Instrumento: MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y CBR

**DATOS DE LA CALIBRACIÓN**

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.02 kgf

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kgf	1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
10	500.0	505.6	500.8		507.2	
20	1000.0	1007.8	1000.4		1009.0	
30	1500.0	1507.2	1498.6		1506.0	
40	2000.0	2002.0	1993.2		1999.8	
50	2500.0	2493.8	2484.2	No Aplica	2490.2	No Aplica
60	3000.0	2982.4	2971.8		2977.4	
70	3500.0	3467.4	3455.0		3459.6	
80	4000.0	3947.6	3936.2		3940.8	
90	4500.0	4424.6	4411.0		4416.8	
100	5000.0	4986.5	4976.8		4982.4	
Indicación después de Carga		0.0	0.0		0.0	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kgf	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	500.0	-0.90	1.27			0.004	0.769
20	1000.0	-0.57	0.86			0.002	0.544
30	1500.0	-0.26	0.57			0.001	0.371
40	2000.0	0.08	0.44			0.001	0.282
50	2500.0	0.43	0.39	No Aplica	No Aplica	0.001	0.245
60	3000.0	0.77	0.36			0.001	0.228
70	3500.0	1.14	0.36			0.001	0.231
80	4000.0	1.48	0.29			0.001	0.194
90	4500.0	1.87	0.31			0.000	0.203
100	5000.0	0.36	0.19			0.000	0.149
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 30.5 °C Humedad Mínima: 40.0 %HR  
Temperatura Máxima: 30.6 °C Humedad Máxima: 40.0 %HR



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 019-2022 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios acces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
1,87	0,86	No Aplica	No Aplica	0,00	0,002

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizado patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEM-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 1752 – 2021.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de medición.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 019-2022 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

*[Firma]*  
**Téc. Glicerio Huapán Poquiloma**  
 Responsable de Metrología





LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2022-01-22

**1. SOLICITANTE** : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

**DIRECCIÓN** : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

**2. EQUIPO DE MEDICIÓN:** HORNO ELÉCTRICO

**MARCA** : A&A INSTRUMENTES

**MODELO** : ATHX-2A

**NÚMERO DE SERIE** : 15787

**PROCEDENCIA** : NO PRESENTA

**IDENTIFICACIÓN** : NO PRESENTA

**UBICACIÓN** : LABORATORIO

### Descripción del Termómetro del Equipo

**Tipo** : Digital

**Alcance de Indicación** : 1 °C a 250 °C

**División de Escala** : 0.1 °C

### 3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Calibrado el 2022-01-19

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L.

### 4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009, del SNM-INDECOPI - Perú.

### 5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	30.6	30.6
Humedad Relativa %HR	38	38

### 6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocuplas	CC - 6319 - 2021

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 %.

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 u a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.



Teléfono: (01) 622 - 5834  
Celular: 992 - 302 - 683 / 962 - 227 - 658

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



### 8. OBSERVACIONES

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocouplados calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(\*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

#### NOTA:

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.

### 9. FOTOGRAFÍA DEL INTERIOR DEL EQUIPO

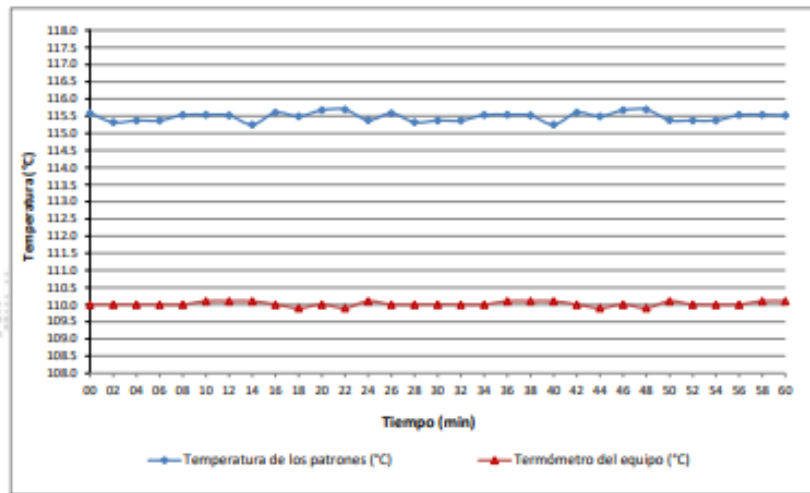




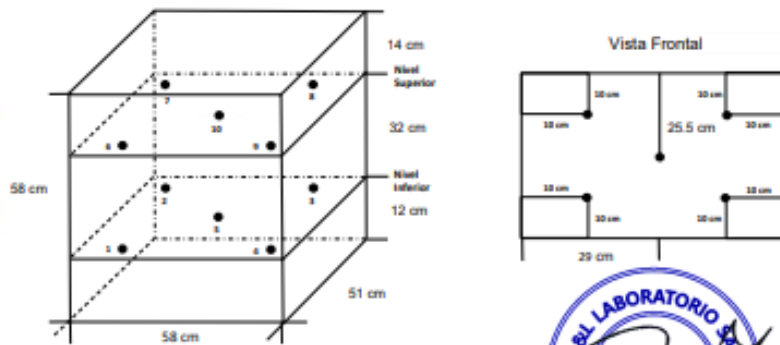


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°020-2022 GLT  
Página 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO  
TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 110 °C ± 10 °C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.





LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 022-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN	: 2022-01-22
1. SOLICITANTE	: ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L
DIRECCIÓN	: PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	: BALANZA
MARCA	: OHAUS
MODELO	: R21PE30ZH
NÚMERO DE SERIE	: B846372653
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 30000 g
DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN	: 1 g
DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e)	: 10 g
PROCEDENCIA	: CHINA
IDENTIFICACIÓN	: NO PRESENTA
TIPO	: ELECTRÓNICA
UBICACIÓN	: LABORATORIO
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-01-19

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 %.

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.

G & L LABORATORIO 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.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 3ª - ENERO, 2009.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA



Teléfono: (01) 622 - 5894  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.0 °C	17.1 °C
Humedad Relativa	39 %	41 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de <b>DM - INACAL TOTAL WEIGHT</b>	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 428 - 2021 CM - 1411 - 2021 CM - 1412 - 2021 CM - 1413 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 30002 g. Se ajustó y se procedió a su 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 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15,000 g f(g)	Inicial 30.0		Final 30.0		
		ΔL(g)	E(g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)
1	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
3	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
6	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
7	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
8	14,999	0.5	-1.0	30,000	0.6	-0.1
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
10	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
	Error Máximo		1.0			0.1
	Error Máximo permitido ±		20 g			30 g





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 022 - 2022 GLM  
Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>1</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E <sub>1</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	9,999	0.5	-1.0	-1.0
2		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1
3		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1

Temp. (°C) Inicial: 30.0 Final: 30.0

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E <sub>1</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)	l(g)	ΔL(g)	E <sub>1</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)	
10	10	0.5	0.0						10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	5,000	0.6	-0.1	-0.1	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,004	0.5	4.0	4.0	10,004	0.5	4.0	4.0	20
15,000	15,006	0.5	6.0	6.0	15,006	0.5	6.0	6.0	20
20,000	20,004	0.6	3.9	3.9	20,004	0.5	4.0	4.0	20
25,000	25,005	0.6	4.9	4.9	25,005	0.6	4.9	4.9	30
30,000	30,007	0.7	6.8	6.8	30,007	0.7	6.8	6.8	30

Temp. (°C) Inicial: 17.1 Final: 17.1

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 002E-04 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{3,952E-04 g^2 + 1,308E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>1</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico    E-xx = 10<sup>xx</sup>    (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)





## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 023-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-01-22

1. SOLICITANTE : ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L

DIRECCIÓN : PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA – ICA – ICA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : SPS4001F

NÚMERO DE SERIE : 71310600861

ALCANCE DE INDICACIÓN : 4100 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-01-19

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 %.

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.

G & L LABORATORIO 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.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ESPECIALISTAS EN PROYECTOS DE INGENIERIA Y CONCRETO E.I.R.L  
PRO.MATIAS MANZANILLA NRO. 905 ICA

Gilmer Ancochea Huamani Paquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:  
(01) 622 - 5834  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	30.3 °C	30.3 °C
Humedad Relativa	40 %	40 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 428 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 4000 g la balanza indicó 3999.5 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrología Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

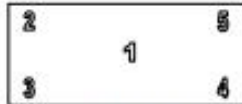
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
DECLARACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	30.3	30.3

Medición N°	Carga L1= 2,000.0 g			Carga L2= 4,000.0 g		
	J(g)	Δ L (g)	E (g)	J(g)	Δ L (g)	E (g)
1	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043
2	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.005	0.044
3	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.002	0.048
4	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.007	0.043
5	2,000.0	0.006	0.044	4,000.0	0.005	0.045
6	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.003	0.047
7	2,000.0	0.005	0.045	4,000.0	0.003	0.047
8	2,000.0	0.006	0.044	4,000.0	0.006	0.044
9	2,000.0	0.007	0.043	4,000.0	0.007	0.043
10	2,000.0	0.004	0.046	4,000.0	0.008	0.042
Error Máximo			0.003			
Error Máximo permitido ±			0.2 g	± 0.3 g		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (g)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	0.1	0.1	0.005	0.045	1,400.0	1,400.0	0.007	0.043	-0.002
2		0.1	0.007	0.043		1,400.0	0.004	0.046	0.003
3		0.1	0.003	0.047		1,400.0	0.005	0.045	-0.002
4		0.1	0.008	0.042		1,400.0	0.004	0.046	0.004
5		0.1	0.005	0.045		1,400.0	0.007	0.043	-0.002

(\*) valor entre 0 y 10 g

Error máximo permitido = ± 200.0 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δ L (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	l(g)	Δ L (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
0.1	0.1	0.006	0.044						0.100
0.5	0.5	0.006	0.044	0.000	0.5	0.008	0.044	0.000	0.100
1.0	1.0	0.008	0.042	-0.002	1.0	0.005	0.045	0.001	0.100
10.0	10.0	0.008	0.044	0.000	10.0	0.007	0.043	-0.001	0.100
100.0	100.0	0.007	0.043	-0.001	100.0	0.006	0.044	0.000	0.100
500.0	500.0	0.006	0.044	0.000	500.0	0.004	0.046	0.002	0.100
800.0	800.0	0.007	0.043	-0.001	800.0	0.005	0.045	0.001	0.200
1,000.0	1,000.0	0.004	0.046	0.002	1,000.0	0.006	0.044	0.000	0.200
2,000.0	2,000.0	0.006	0.044	0.000	2,000.0	0.003	0.047	0.003	0.200
3,000.0	3,000.0	0.007	0.043	-0.001	3,000.0	0.005	0.045	0.001	0.300
4,000.0	4,000.0	0.008	0.042	-0.002	4,000.0	0.008	0.042	-0.002	0.300

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 028E-08 \times R$$

$$U_x = 2 \sqrt{017E-04 \text{ g}^2 + 002E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error en caso    Error en caso    E<sub>c</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico    E-xx = 10<sup>xx</sup>    (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)



## **PANEL FOTOGRAFICO**





Panel fotográfico 01: Granulometría fino



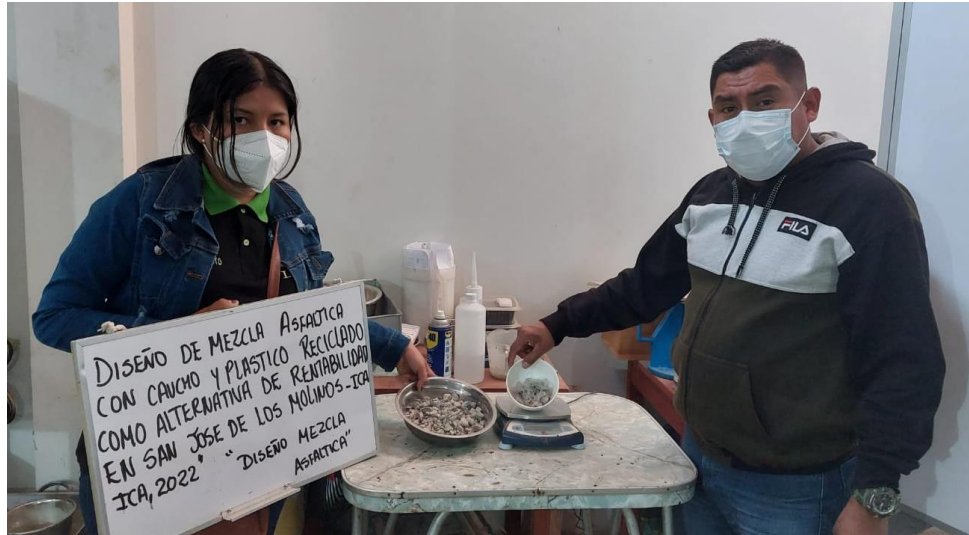
Panel fotográfico 02: Granulometría fino



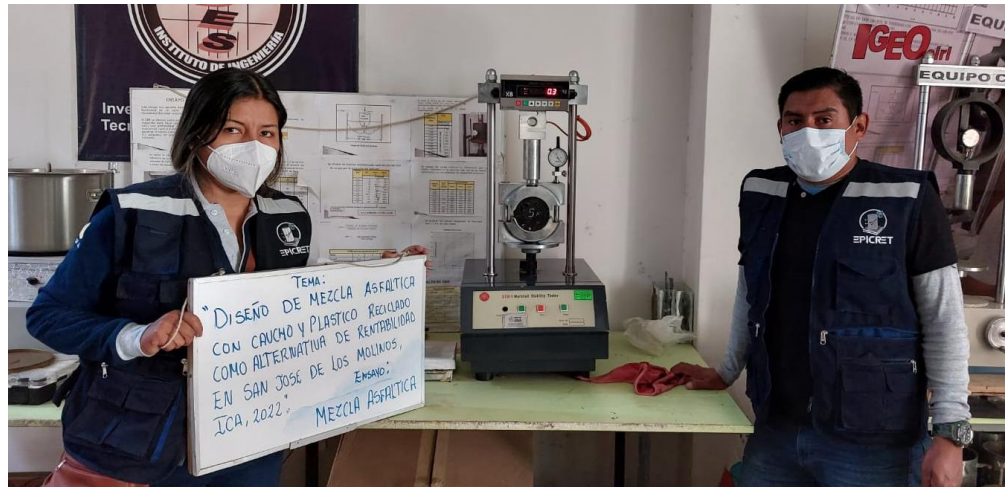
Panel fotográfico 03: Gravedad Especifica



Panel fotográfico 04: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 05: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 06: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 07: Mezcla Asfáltica



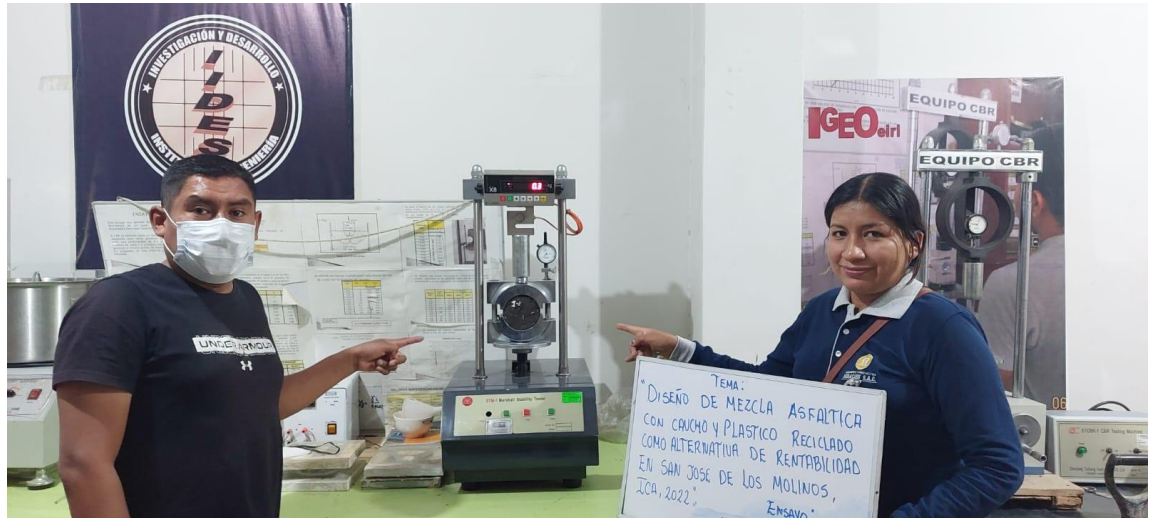
Panel fotográfico 08: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 09: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 10: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 11: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 12: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 13: Mezcla Asfáltica



Panel fotográfico 14: Mezcla Asfáltica