



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**AUTOR:**

Boza Portal, Jason Gerbart (Orcid 0000-0002-6222-0629)

**ASESOR:**

Mgr. Diaz Huiza, Luis Humberto (Orcid 0000-0003-1304-5008)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LIMA - PERÚ**

**(2020)**

### Dedicatoria

A mis seres queridos que me enseñaron a ser perseverante y luchar por cumplir mis sueños y objetivos durante mi vida. A mis hermanos por orientarme y confiar en mí siempre y por ser mi inspiración de salir adelante.

### Agradecimiento

A la universidad por brindar la oportunidad de poder realizarme como profesional en la casa de estudios, así mismo agradezco al asesor de la materia de desarrollo de proyecto de investigación por su guía y conocimiento en el tema.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento .....	III
Índice de contenidos .....	IV
Índice de tablas.....	V
Índice de figuras .....	VI
Resumen.....	VII
Abstract .....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA .....	22
3.1. Diseño de investigación.....	22
3.2. Variables, Operacionalización .....	23
3.3. Población y muestra.....	24
3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos. ....	26
3.5. Procedimientos .....	32
3.6. Método de análisis de datos. ....	33
3.7. Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS.....	35
V. DISCUSIÓN.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	69
REFERENCIAS .....	70
ANEXOS .....	74

## Índice de tablas

Tabla 1. <i>Porcentaje de componentes extraídos por el método mecánico</i> .....	19
Tabla 2. <i>Rango y confiabilidad</i> .....	32
Tabla 3. <i>Cálculo de coeficiente de Alfa de Cronbach</i> .....	32
Tabla 4. <i>Ensayo realizado a los agregados grueso</i> .....	35
Tabla 5. <i>Ensayo realizado a los agregados fino.</i> .....	36
Tabla 6. <i>Agregado grueso</i> .....	37
Tabla 7. <i>Agregado fino.</i> .....	39
Tabla 8. <i>Granulometría del caucho</i> .....	41
Tabla 9. <i>Listado de Agregados para la MAC.</i> .....	43
Tabla 10. <i>Resultados de la mezcla asfáltica sin adicionar caucho.</i> .....	44
Tabla 11. <i>Resultados de la mezcla asfáltica adicionando caucho</i> .....	48
Tabla 12. <i>Comparación de densidades</i> .....	51
Tabla 13. <i>Comparación de % de vacíos.</i> .....	52
Tabla 14. <i>Comparación de % de VMA.</i> .....	53
Tabla 15. <i>Comparación de % de VFA</i> .....	53
Tabla 16. <i>Comparación de la estabilidad de la mezcla asfáltica.</i> .....	54
Tabla 17. <i>Comparación del flujo en la mezcla asfáltica.</i> .....	55
Tabla 18. <i>Prueba de normalidad para indicador Flujo</i> .....	56
Tabla 19. <i>Estadísticas descriptivas para el indicador Flujo</i> .....	57
Tabla 21. <i>Prueba de normalidad para indicador Estabilidad</i> .....	58
Tabla 22. <i>Estadísticas descriptivas para el indicador Estabilidad</i> .....	59
Tabla 24. <i>Prueba de normalidad para indicador Vacíos</i> .....	60
Tabla 25. <i>Estadísticas descriptivas para el indicador % de Vacíos</i> .....	61
Tabla 27. <i>Prueba de normalidad para indicador VMA</i> .....	62
Tabla 28. <i>Estadísticas descriptivas para el indicador % de Vacíos de agregado mineral</i> .....	63
Tabla 30. <i>Prueba de normalidad para indicador VFA</i> .....	64
Tabla 31. <i>Estadísticas descriptivas para el indicador vacíos llenos de asfalto.</i> .....	65

## Índice de figuras

Figura 1. Almacenamiento de neumáticos fuera de uso. ....	85
Figura 2. Estructura de pavimento flexible .....	10
Figura 3. Asfalto.....	11
Figura 4. Grano de caucho reciclado.....	12
Figura 5. Proceso de fabricación de la mezcla asfalto – caucho (vía seca) .....	13
Figura 6. Proceso de fabricación de la mezcla asfalto – caucho (vía húmeda).....	14
Figura 7. Componentes del neumático. ....	16
Figura 8. Acopio de neumáticos fuera de uso.....	17
Figura 9. Proceso de mantenimiento .....	20
Figura 10. Muestreo de mezcla asfáltica con caucho reciclado.....	21
figura 11. Formato de análisis granulométrico. ....	28
figura 12. Formato resultado ensayo Marshall .....	29
figura 13. Formato ensayo resultado Marshall.....	30
figura 14. Cuadro de especialistas participantes de juicio de experto. ....	31
figura 15. Curva granulométrica del agregado grueso.....	37
figura 16. Granulometría del agregado fino.....	39
figura 17. Curva granulométrica del caucho. ....	43
figura 18. Variación de la densidad de la mezcla asfáltica sin caucho reciclado. ....	45
figura 19. Variación del porcentaje de vacíos de aire en la mezcla con respecto al % de C.A.....	45
figura 20. Variación de VMA (Vacíos de agregado mineral). ....	46
figura 21. Variación de los vacíos llenos de asfalto (VFA).....	46
figura 22. Variación del flujo. ....	47
figura 23. Variación de la estabilidad .....	47
figura 24. Variación de la densidad de la mezcla asfáltica con caucho reciclado .....	48
figura 25. Variación del porcentaje de vacíos de aire en la mezcla con respecto al % de C.A.....	49
figura 26. Variación de VMA (Vacíos de agregado mineral). ....	49
figura 27. Variación de los vacíos llenos de asfalto (VFA) .....	50
figura 28. Variación del flujo .....	50
figura 29. Variación de la estabilidad .....	51

## Resumen

En el presente informe de investigación se considera las diversas investigaciones realizadas a nivel nacional e internacional, donde en busca de mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica teniendo así de esa forma una alternativa de solución a los daños mecánicos que se puede encontrar en el pavimento flexible.

La presente investigación se realizó con el principal objetivo de analizar las características que se puede encontrar al realizar la adición de caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible, el método de adición de caucho reciclado es por vía húmeda.

El proceso de diseño se realizó haciendo los ensayos granulométricos a los agregados gruesos, finos y caucho reciclado verificando así que cumpla con los parámetros que establece el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, bajo esa condición se procedió con el diseño de pavimento flexible por el Método Marshall. La metodología fue de tipo aplicada, teniendo un diseño de investigación experimental y un método de investigación cuantitativo,

Posterior se realizó un conjunto de muestras llamadas briquetas, que fueron preparadas siendo una mezcla en caliente a temperaturas entre los 140° y 170° C, luego de ser realizadas las briquetas se procede a ensayar mediante la maquinaria Marshall la cual nos dio datos de estabilidad y flujo. Las briquetas que fueron ensayadas por el método Marshall el cual nos dio los resultados necesarios para tabular y ordenar los datos de forma óptima para su posterior presentación mediante gráficas de cada una de sus resultados, obteniendo así los porcentajes óptimos de asfalto del total de la dosificación.

**Palabras Clave:** MEZCLA ASFÁLTICA, CAUCHO RECICLADO, ESTABILIDAD Y FLUJO, GRANULOMETRÍA.

## Abstract

In this research report, the various investigations carried out at national and international level are considered, where in search of improving the properties of the asphalt mixture, thus having an alternative solution to the mechanical damage that can be found in flexible pavement.

The present investigation was carried out with the main objective of analyzing the characteristics that can be found when adding rubberized in the design of flexible pavement, the method of adding recycled rubber is by wet method.

The design process was carried out by carrying out the granulometric tests on the course, fine aggregates and recycled rubber, thus verifying that it complies with the parameters established by the Ministry of Transport and Communications, under that condition the flexible pavement design was proceeded by the Marshall Method. The methodology was applied, taking into account an experimental research design and a quantitative research method,

Subsequently, a set of samples called briquettes was made, which were prepared by being a hot mixture at temperatures between 10 ° and 170 ° C, after the briquettes were made, they proceeded to be tested using the Marshall machinery which gave us stability data and flow. The briquettes that were tested by the Marshall method which gave us the necessary results to tabulate and order the data in an optimal way for later presentation by means of graphs of each of its results, thus obtaining the optimal percentages of asphalt of the total dosage.

**Key Words:** asphalt mixture, recycled rubber, stability and flow, granulometry

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

“Teniendo como finalidad el luchar ante la problemática existente actualmente de cuidar y proteger el medio ambiente, se tiene la idea de buscar un adecuado uso final de los desechos sólidos producidos por el sector automovilístico. Ante tal problemática se originan muchísimos estudios sobre un segundo uso de estos desechos con un procedimiento eficaz, muchas de estas entregas en el sector construcción. Comenzó en búsqueda del reciclaje para los desechos sólidos, porque estos logran un tiempo de desintegración de aproximadamente 450 años, en tanto, su arrojó en los acopios de basura se vuelve cada vez más complejo además conforman el 5% en totalidad de desechos sólidos urbanos, un 4 - 6% tiene como destino a desechos de caucho reticulado (neumático), y un 0,2% termina como EPS (poliestireno expandido). El sector construcción civil para este tipo de desechos son diversos, como la estabilidad de suelos, como por adulteración de concreto hasta llegar al punto de utilizarlo en pavimentos tanto en modificadores del pavimento (base, subbase) o como cambiante del asfalto (materia prima - ligante). La adición de caucho reciclado en los pavimentos flexibles se usa en diversos países del mundo obteniendo resultados favorables; se usan modificadores como el SBS (Estireno butadieno estireno), SBR (Estireno, butadieno, hule), también de utilizar otras formas de mejoras como: látex naturales o sintéticos, cal, azufre, fibras y escorias de fundición, entre otros. En la actualidad son muchas las cantidades en el mercado de adulteradores para el asfalto, diversificando su impregnación, su punto de doblamiento entre otras características físicas mecánicas que se requieren superar” (Ramírez, 2011, p.14)

La construcción de pavimentos resistentes es de suma importancia porque es sabido que muchos accidentes automovilísticos son ocasionados por el deterioro de los pavimentos, para esto se realiza potenciales cambios e investigaciones en el diseño de los pavimentos, de forma que el daño sea generado en la capa superficial del pavimento y no en la estructura, los beneficios de dichos cambios e investigaciones tiene como fin contribuir a la seguridad vial y a la economía. En la actualidad los países desarrollados y en busca de desarrollo tienen un alto grado comercio e industrialización, al año aumentan la cantidad de vehículos pesados,

los cuales al recorrer las rutas tienen mayor impacto en el deterioro del pavimento. Por lo cual en la actualidad se busca un desarrollo estructural óptimo para evitar tareas de mantenimiento y reconstrucción sean cada vez más frecuentes, evitando así embotellamientos, contaminación ambiental y acústica.

## 1.2. Formulación del problema

A continuación, se determinará el problema expuesto en la presente investigación.

### 1.2.1. Problema General

- ¿En qué medida favorece la adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020?

### 1.2.2. Problemas específicos

En el presente proyecto de investigación surgen algunos problemas los cuales tenemos:

- ¿Qué efectos produce la adición de caucho reciclado en el diseño pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020?
- ¿Cuáles son los resultados en las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020?
- ¿Cómo influye el porcentaje de adición de caucho reciclado a la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano villa Leticia Lurigancho 2020?

## 1.3. Justificación

Con el fin de crear una cultura de reciclaje con los neumáticos fuera de uso se realiza esta presente investigación, el cual consiste en dar utilidad a los neumáticos fuera de uso agregándolos como material en las mezclas de pavimento flexible, siendo de mucha utilidad en sus cualidades mecánicas, aumentando la resistencia y alargando la duración del pavimento.

El correcto funcionamiento del caucho con la mezcla asfáltica brindara mejores vías de transporte a la población como también reducción del

impacto ambiental que el pavimento provoca, a la vez impulsara a diversificar el mercado, innovando productos con el uso del caucho reciclado.

#### 1.3.1. Justificación teórica

Además de ser un componente esencial de un vehículo, las llantas tienen variedad de funciones después de su vida útil (en los vehículos)

- Drenajes de campos deportivos y pistas deportivas.
- Planchas para revestimientos y baldosas.
- Guardafango de vehículos.
- Juntas de expansión.
- Fuentes de energía.

El correcto trabajo del caucho proporcionará al pueblo no solo potentes de transporte, sino también, una mayor calidad de vida, debido a la minimización del impacto ambiental. Formulándose así uno de los principales motivos de este proyecto de investigación. Continuamente se tendrá como objetivos plantear opciones de diseño de mezcla asfáltica utilizando el caucho reciclado. (Capcha, 2018, pág. 39)

#### 1.3.2. Justificación tecnológica

La metodología de trituración mecánica, es un procedimiento que carece de efecto al medio ambiente, ya que no contiene emisión de gases, sin presencia de químicos, el cual llega a pasar por el tamiz n°30, el método tiene un procesamiento eficaz para separar en su totalidad el material alambre, textil y caucho reciclado. Además, es el método más frecuente en el mercado.

#### 1.3.3. Justificación económica

La presente investigación, tiene como finalidad reducir los costos de mantenimiento de los pavimentos que por lo general se realiza cada 10 años según diseño los especialistas en pavimentos, con la adición de caucho se busca prolongar de 4 a 6 años más para su respectivo mantenimiento.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La adición del caucho reciclado en el asfalto favorecerá en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

HE1. La adición de caucho reciclado en asfalto tendrá un efecto positivo en el diseño de pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020

HE2. Las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado beneficiarán en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

HE3. El porcentaje de adición de caucho reciclado influirá de manera positiva en la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo general

Determinar el favorecimiento del caucho reciclado en asfalto en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

### 1.5.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

OE1: Determinar los efectos que produce al adicionar caucho en el diseño de pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020

OE2: Determinar los resultados de las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica.

OE3: Determinar la influencia del porcentaje de adición de caucho reciclado en la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Trabajos Previos

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Salamanca,2018) En la tesis titulada “Estudio de contraste del comportamiento de mezcla asfáltica con adición de partículas de caucho nacional, a través de la vía seca, contra mezcla con asfalto modificado con polímeros y asfalto multigrado. zona de prueba: Catapilco – La Laguna”, indicó como objetivo conseguir una comparativa de las características de una mezcla de asfalto modificado con caucho, una mezcla incorporada con polímero y una mezcla de asfalto multigrado, de sus propiedades extraídas por diversos ensayos, con mezcla conseguida in situ y con mezcla realizada en laboratorio. Para ello se procede a la preparación y rastreo del tramo experimental Catapilco – La Laguna, ubicado entre los km 300 y km 1810 de la Ruta E-46. Aplicando la metodología experimental. Obteniendo como resultado para la mezcla multigrado y el asfalto alterado con caucho, aplicándose el método Marshall, normada por 8.302.47 del M.C.-V.8, y para la mezcla con caucho deben tener un procedimiento expresado en 5.420.302 del M.C.-V.5. Por consiguiente, se llegó a la conclusión que el asfalto adicionado con caucho es el doble más rígido que la mezcla multigrado y modificado con polímeros. Se concluyó que el asfalto adulterado con caucho tiene una mejor utilidad a fatiga.

(Aimacaña,2017) En la tesis titulada “Estudio de semejanza de la propiedad a compresión de pavimentos de asfalto con base de PCR y pavimentos flexibles habituales”, indicó como meta analizar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las muestras compactadas, con mezcla de asfalto a base de PCR y mezcla asfáltica habitual. Aplicando la metodología experimental. Obtuvo como resultado utilización del polímero (P.E) molido obtenido del reciclaje de tapas de botellas y usado en reemplazo parcial del agregado fino, permitiendo así conservar las propiedades físico-mecánicas planteadas por las características del diseño Marshall. En la cual se llegó a la conclusión que al agregar el polímero (polietileno P.E) que son tapas recicladas y trituradas, por medio de una máquina moledora de tipo boca, consiguiendo así un material de tamaño adecuado de 0.6

mm a 15 mm, para su posterior uso en la mezcla asfáltica como sustitución de una porción del agregado fino.

(Trujillo,2015) En la tesis titulada “Evaluación de la energía de fractura en mezclas asfálticas con caucho”, indico como objetivo el diseño una mezcla de asfalto con modificación con la mejora de caucho reciclado, que obtenga una mejor solidez a la fisuración a comparación con una mezcla habitual, estableciendo un nivel medio de tránsito, teniendo en cuenta la metodología de la Asociación Mexicana del Asfalto, A.C. (AMAAC). Teniendo como aplicación la metodología experimental. Teniendo como resultado que la mezcla fabricada con el asfalto adulterado con polvo de neumático por vía húmeda, es el que cubre los requerimientos establecidos en esta tesis, debido a que es una mezcla que ofrece una mayor resistencia al fracturamiento. Además de que establece que el proceso de modificación por vía húmeda es el más adecuado para la modificación de mezclas asfálticas con polvo de neumático. En la cual se llegó a la conclusión a mayor contenido de caucho el hinchamiento que se produce es mayor; de acuerdo con las pruebas realizadas, es recomendable utilizar como máximo el 15% de caucho sobre el peso del asfalto, debido a que a mayores contenidos de polvo de neumático, sufre una expansión mayor, provocando deformaciones en la probeta.

#### 2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En la tesis nombrada “Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018”, fijó como objetivo concluir de que metodología la adición de polvo de CR (caucho reciclado) mejora la postura de la mezcla de asfalto habitual en pavimentos flexibles en Ate - Lima, Perú, 2018. Usando la metodología cuantitativa. Además, contribuye a la postura de la mezcla asfáltica habitual en pavimentos flexibles en Ate - Lima, Perú, 2018. Adiciona las propiedades mecánicas en la postura de la mezcla de asfalto en caliente. (Robles, 2018, págs. 32, 84.)

En la tesis titulada “Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, chachapoyas – amazonas – 2017”, fijó como objetivo determinar cómo influye el asfalto con modificación de caucho de llanta

reciclada como base de un polímero, chachapoyas – amazonas – 2017. Usando el método experimental, contribuyó La incorporación de caucho reciclado al asfalto habitual con el mismo tipo de fabricación de las mezclas asfálticas; muestra que a menor adición es la participación del caucho que existe en la mezcla, el asfalto se torna blando y cuanto mayor la incorporación de caucho habido en la mezcla, el asfalto se torna más rígido. (Goicochea, 2017, págs. 5, 44.)

En la tesis nombrada “Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles”, fijó como alcance el análisis de la mezcla asfáltica modificada con materia reciclada de caucho para su consiguiente adición en pavimentos flexibles. Aplicando la metodología experimental, obteniendo como resultado una mezcla asfáltica incorporada con caucho reciclado de llanta no presenta evolución en las características físicas - mecánicas por ninguno de los diversos diseños hechos con caucho reciclado de llanta que se hizo en el laboratorio, a razón de que los resultados obtenidos por la metodología Marshall están en menor medida a comparación de la mezcla de asfalto habitual y sus normativas técnicas a la cual nos adherimos. (Carrizales, 2015, págs. 22, 114.)

## 2.2. Teorías relacionadas al tema

A continuación, se indican las ventajas que involucra el pavimento conteniendo caucho reciclado.

Las mezclas asfálticas que se utilizan en pavimentos, pueden adicionar una porción relevante del caucho obtenido de las llantas desechadas. La incorporación de caucho obtenido de llantas a las mezclas asfálticas es una metodología de reciclaje de tales desechos y adicionar mejoras a las propiedades del pavimento flexible. (Ramírez, Ladino y Rosas, 2014)

En la actualidad los diseños de mezcla de asfalto en el Perú son de mucha relevancia para una nación en desarrollo, ya que el sector automovilístico va

en creciente debido a la gran producción de vehículos y puestos en venta que se establece en mayor medida en las ciudades del país. En los países Europeos se procede a reciclar en un cercano 100 % de las llantas fuera de uso mientras que en los países de sur américa con un 58 %. (Capcha, 2018)

La contaminación a razón de estos desechos contaminantes es un aspecto en el cual no se tiene una planificación ambiental entre los problemas del medio ambiente que en el presente afecta a los países de Latinoamérica. (Ubidia, 2019)



*Figura 1. Almacenamiento de neumáticos fuera de uso.*

Indica (Waste Ideal MAGAZINE, 2007) explica que el almacenamiento de este material es tóxico y que perjudica al medio ambiente, a razón de que genera zonas contaminadas que provoca muchas enfermedades a la población y medio ambiente, el perjuicio es muy dañino para el ser humano.

La incorporación de caucho reciclado optimiza de una manera significativa positiva a las propiedades físico mecánicas, como el alargar el tiempo de vida útil de las pistas, así mismo se a verificado que el uso del caucho reciclado de llantas en el asfalto es un proceso simple y sencillo ya que la materia prima abunda en la región a costo cero, porque las llantas son desechos sólidos. (Goicochea, 2019).

### 2.2.1. Generalidades

Diversos fabricantes y empresarios del sector construcción demuestran lo factible de una vista única y desarrollo sostenible para la construcción de carreteras y edificaciones. La utilización de materia reciclada como el caucho, neumático reciclado y plásticos. En la actualidad, el ingenio audaz encuentran formas prácticas de poder dar uso a materiales orgánicos y desechos sólidos, empezando por selladores de asfalto y bloques de concreto, hasta aisladores, muros y techos. (Association of Equipement Manufactures, 2007).

Por mucho tiempo los investigadores fueron desarrollando la mezcla asfáltica adicionado con fibras vegetales, otros que son reutilizados como polímeros plásticos, caucho de neumáticos fuera de uso, con la finalidad de obtener una mayor credibilidad en cualidades mecánicas, consiguiendo así una mayor resistencia a la deformación por causas de medio ambiente, la meta que se quiere lograr al incorporar caucho a la mezcla se relaciona a la resistencia a altas temperaturas, reduciendo a largo plazo ahuellamientos, esto no requiere un mayor presupuesto. (Angulo Rodríguez, 2008).

- Muy fácil.
- Buena mezcla con el asfalto.
- Aporta resistencia a la flexibilidad.
- Menor costo.

### 2.2.2. Pavimento

Construcción estructural sobre la sub rasante de la vía, hecho para la resistencia y distribución de los esfuerzos creados por los vehículos para tener así una condición segura y cómoda para el tránsito. Suele estar conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 17).

- Capa Base.
- Capa Sub base.
- Superficie de rodadura.
- Compactación de suelo.
- Capa Sub Rasante.
- Mejor drenaje.

### 2.2.3. Pavimento Flexible

El pavimento flexible se determina como un conjunto de multicapas, unas asfálticas y otras granulares. La meta es de resistir las cargas y distribución de las presiones, para que al llegar éstas a la sub-rasante no tiendan a superar la resistencia estructural del pavimento. (Salamanca, 2018, pág. 20) La distribución del pavimento flexible se puede representar como en la siguiente figura.

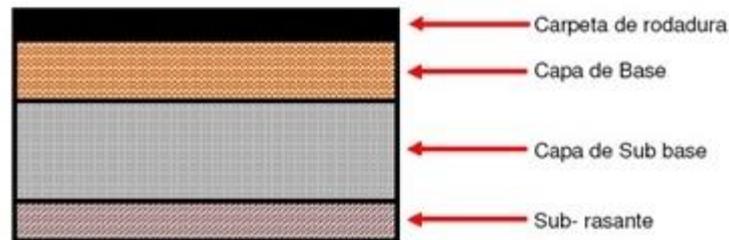


Figura 2. Estructura de pavimento flexible

### 2.2.4. Asfalto

Material con efecto cementante, con un tono de color marrón oscuro a negro, formado de forma primaria por betunes de origen natural u conseguidos por refinación del petróleo. El asfalto se haya en cantidades diversas en la mayoría del crudo de petróleo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, pág. 4)

Este compuesto es asociado de una forma absoluta con la temperatura y alta aplicación y esfuerzos que resiste el pavimento, habiendo casi todo el tiempo problemas de deformación. En una investigación hecha en UPM y con aceptación obteniendo así una reducción de la temperatura con neumáticos fuera de uso, obteniendo así un beneficio mucho mayor a comparación del uso de energía, incluye una alta resistencia a deformaciones. (Capcha, 2018, pág. 20)



*Figura 3. Asfalto*

### 2.2.5. Propiedades

Químicas del asfalto.

- 81,14% de carbón
- 12,35% de Hidrógeno
- 0,73% de Nitrógeno
- 4,98% de Azufre
- 0,21% de Oxígeno
- 1390 ppm de Vanadio
- 108 ppm de níquel

### 2.2.6. Propiedades físicas del asfalto

- Consistente
- Durable
- Adherente
- Cohesivante
- Excelente elasticidad

### 2.2.7. Grano de Caucho Reciclado (GCR)

El GCR es un material que se obtiene de los vehículos automotores los cuales desechan los neumáticos fuera de uso, careciendo este de un escaso uso contra el medio ambiente, rellenos sanitarios, plantas térmicas,

depósitos de basura a cielo abierto, etc, principales causantes del cambio climático. El GCR se obtiene con el moler de las llantas fuera de uso, disminuyendo su tamaño , este material se usa en diversas obras de construcción civil en el rubro, también se usan en rellenos de terraplenes, materiales en el uso de contención, suelos modelos para parques, también como modificador en mezclas de asfalto, entre otros. (Diaz y Castro, 2017, pág. 21)



*Figura 4. Grano de caucho reciclado*

#### 2.2.8. Método Marshall

La idea del método Marshall fue sugerida por Bruce Marshall, ex-Ingeniero de Bitúmenes del Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi. El propósito del método Marshall es definir el contenido óptimo del porcentaje de asfalto para una mezcla ideal de los agregados. La metodología así mismo brinda información sobre propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, y mantiene densidades y contenidos óptimos de vacío que son estándares establecidos durante la construcción del pavimento.

#### 2.2.9. Modificación del asfalto

La temperatura es una condición esencial para aplicar el método de uso del caucho reciclado:

### 2.2.9.1. Por vía seca:

La implicancia del proceso seco en la mezcla de la partícula de caucho reciclado con los agregados antes de añadir al cemento asfáltico. Contrario al proceso por la vía húmeda, esta forma de mezcla tiene altos inconvenientes técnicos. La carencia de estándares, normativas y el rendimiento sin consistencia a resultado en la poca fiabilidad para los estudiosos y profesionales en poder dar un visto bueno a esta forma de modificación, razón por la cual el proceso por vía húmeda es mas común, teniendo en cuenta que esta forma de mezcla tiene mas porcentaje de participación del caucho reciclado en la mezcla.

El proceso seco implica la mezcla del grano de caucho reciclado con agregados antes de agregar el cemento asfáltico a la mezcla. A diferencia del proceso húmedo, este tipo de mezcla tiene grandes inconvenientes técnicos. La falta de estándares de calidad y del rendimiento inconsistente ha dado como resultado la desconfianza para los investigadores y profesionales en aceptar este tipo de modificación, por lo cual se inclinan por el proceso por vía húmeda, a pesar de que tiene el potencial para reciclar más polvo de GCR. (Diaz y Castro, 2017, pág. 33)



Figura 5. Proceso de fabricación de la mezcla asfalto – caucho (vía seca)

### 2.2.9.2. Por vía húmeda:

En este procedimiento el grano de caucho reciclado se mezcla con el ligante para la correcta producción de una mezcla asfalto-caucho, la cual es utilizada de igual forma que un ligante modificado. El porcentaje del grano de caucho reciclado en lo normal se encuentra entre el 8.5% y el 15%, según el ligante, el peso en su totalidad de la mezcla asfalto-caucho. Cuando el cementante asfáltico y grano de caucho reciclado son mezclados y modificados, el grano de caucho reciclado responde con el ligante aumentando en volumen y ablandándose al absorber aceites aromáticos, sin ser esta una reacción tipo química. (Ramírez, Ladino y Rosas, 2014, pág. 17)

A continuación muestra gráficamente en la siguiente figura:



Figura 6. Proceso de fabricación de la mezcla asfalto – caucho (vía húmeda)

Según el concepto ASTM del Libro Anual de ASTM Standards 2001, el caucho reciclado con asfalto es “una mezcla en la mezcla asfáltica, goma de neumático reciclado y varios agregados para la estructuración de llanta reciclada caracterizado por un porcentaje de 15 % según el total del material en mezcla reaccionando en el cemento asfáltico caliente lo suficiente como para provocar una inflamación del caucho de neumático reciclado”. Por definición, el caucho reciclado con asfalto se prepara usando el "por vía húmeda". Las especificaciones técnicas para las propiedades físicas del caucho reciclado más asfalto se encuentran dentro de los parámetros listados en ASTM D 6114.

#### 2.2.10. Procedimiento.

##### 2.2.10.1. El neumático (llanta)

La llanta es un compuesto mecánico obtenido por caucho, compuesto por elementos químicos, material textil, armadura de acero y otros componentes por el cual es procesado y el cual es llenado con fluido comprimible que tiene propiedad de resistir grandes cargas al ser transportada y llevados a mayores esfuerzos. (Capcha, 2018, pág. 26-27)

Están conformadas por tres artículos en base: caucho natural y sintético, acero y fibra textil. EL caucho que se usa en la producción de neumáticos está conformado por un grupo de polímeros como por ejemplo el polisopreno sintético, el polibutadieno y el más común que es el estireno-butadieno, todos estos utilizados en hidrocarburos. (Diaz y Castro, 2017, pág. 21)

El neumático tiene la siguiente estructura:

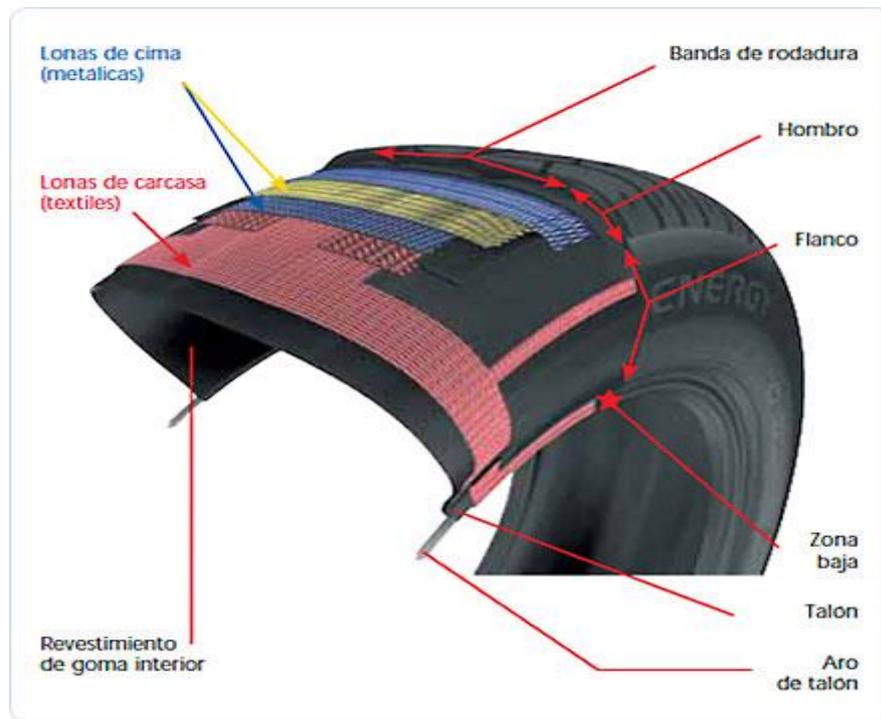


Figura 7. Componentes del neumático.

#### 2.2.10.2. Proceso de moliendo del neumático

El procedimiento, reutilización y reciclaje de desechos sólidos se ha convertido en una forma de ganancia económica a personas que vieron la oportunidad de emprender con este material de una forma prospera por su aumento en la producción y en su demanda, es de mucho beneficio para el AAHH Villa Leticia y la sociedad en general crear puntos de acopio y plantas procesadoras mecánicas para así procesar este material de llanta, a razón de ser una fuente de contaminación ambiental en muchos factores, las personas sin conocimiento de su gran efecto de contaminación suelen quemar las llantas generando mucha contaminación en el medio ambiente que nos rodea. La producción masiva de neumáticos se debe principalmente al boom en ventas automovilísticas, camiones a razón del sector industrial, maquinarias para el sector construcción y minería, Existen demasiadas dificultades para eliminar la llanta una vez terminado su uso el cual genera

mucha problemática ambiental para la sociedad y las entidades que buscan disminuir la contaminación ambiental.

Se tiene como referencia países como estados unidos que es el mayor país desechando una cantidad de 300 millones de llantas al año, así mismo como en Europa tenemos a España con una cantidad de 250 000 toneladas de llantas fuera de uso que provienen de vehículos y maquinaria pesada, el cual causa una problemática de medio ambiente a ser muy considerable. (Capcha, 2018, pág. 28)



*Figura 8. Acopio de neumáticos fuera de uso*

### 2.2.10.3. Trituración Criogénica

Esta metodología requiere de instalaciones muy difíciles de ejecutar lo cual hace que sean poco factibles en economía, así como también el mantenimiento para las cuales se necesita de instalaciones complicadas de ejecutar lo cual deja de ser rentable económicamente. La calidad de los productos es muy baja, es complicado el material y la economía para hacer puro el caucho, el metal y los materiales textiles que conforman la llanta, ocasiona que este método sea poco factible, según diferentes investigadores el proceso es muy costoso económicamente a comparación de la trituración mecánica.

#### 2.2.10.4. Método de Termólisis

Esta metodología tiene como meta final el pulverizar el material a razón por varias piezas por la metodología de estar expuesta a altas temperaturas de los desechos los cuales no poseen oxígeno. Los altos niveles de temperatura y la inexistencia de oxígeno provocan que el material al aire libre se desintegre.

#### 2.2.10.5. Método de pirolisis

La metodología que fija como resultados el conseguir los materiales iniciales de las llantas haciéndole una aplicación de calentamiento en unas dimensiones que no tengan acceso al oxígeno, así eliminando los restos químicos de los neumáticos.

Está poco extendido, debido a problemas de separación de compuestos carbonados que ya están siendo superados. Este procedimiento (fabrica piloto) está operativo en Taiwán desde 2002 con cuatro líneas de pirolisis que permiten reciclar 9000 toneladas / año. En la actualidad el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de neumáticos usados/año, a través de una sola línea. (Castro, 2007, pág. 4)

#### 2.2.10.6. Trituración de neumáticos vía mecánica.

Es un procedimiento mecánico en su totalidad razón por la cual los productos obtenidos son de una calidad muy aceptable sin partículas de impurezas el cual facilita el uso de estos materiales resultantes para nuevos procedimientos y productos. Este método mecánico es por lo general el paso con antelación en los diversos métodos de extracción y rentabilización de los desechos de neumáticos fuera de uso.

Algunos que fabrican indican que el uso de hasta un 10% de GTR en relleno en las llantas no altera sus propiedades y calidad. Hoy en día las llantas contienen un 4% de material reciclado. Hay comentarios que dicen que podrían tener hasta un 30% (Castro, 2007, pág. 5)

Tabla 1. *Porcentaje de componentes extraídos por el método mecánico*

Material	Porcentaje
CAUCHO	80 %
ALAMBRE DE ACERO	15%
FIBRA TEXTIL	5 %

Fuente: Capcha, 2018.

#### 2.2.11. Mantenimiento

Según (Lo Presti), Ensayos realizados en la Universidad Estatal de Arizona hicieron comparativas en las orientaciones de mantenimiento y costos de las empresas para los pavimentos flexibles convencionales y las mezclas de asfalto y caucho. Los resultados demostraron posterior a 4 años el presupuesto de mantenimiento y uso no son muy similares, después de 10 años el presupuesto de mantenimiento comienza a mostrar diferencias, ya que se requiere un mayor presupuesto de mantenimiento para la mezcla convencional. La diferencia de costos de mantenimiento se comienza a percibir en un promedio de 15 años. Teniendo como base un análisis de datos obtenido para las dos mezclas asfálticas, un pavimento de asfalto mas caucho.

Etapas del proceso de mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado procedente de las llantas presenta más rentabilidad que un pavimento habitual con respecto a costos de las autoridades viales y precios fijos a la población. (Lo Presti, 2013)

En Perú no es muy regular el uso de la mezcla de caucho con mezcla asfáltica, sin embargo, por lo mencionado en el párrafo arriba, establece que sería mucho mejor hacerlo, tal cual lo realizan los países vecinos.



*Figura 9. Proceso de mantenimiento*

#### 2.2.12. Impacto ambiental de la mezcla asfáltica con caucho

El impacto ambiental es un acto realizado por el ser humano sobre la naturaleza, este puede tener efectos negativos o positivos, sería cuestión de los trabajos que realiza las personas con el medio ambiente.

En los países de Europa se reutiliza el 98 % de las llantas en desuso a diferencia de países latinoamericanos con un 58 % (Capcha, 2018)

En España anualmente se obtiene 320000 toneladas de llantas usados procedentes de maquinaria y automóviles. El 43% se desecha en vertederos que ni siquiera son controlados, de tal manera que, como veremos, la cantidad de llantas fuera de uso que se puede obtener es realmente grande (Steve, 2012)

#### 2.2.13. Costo

Careciendo de un análisis de costo exhaustivo, se puede sobre entender que los beneficios económicos son existentes, empezando por el hecho que la vida útil del pavimento es mayor (lo que sugiera un menor costo de mantenimientos por fallas del pavimento), el sustituir componentes de la mezcla (como es el caso de los agregados finos por materiales como el

caucho reciclado), entre otros. No obstante, los beneficios económicos son reflejados a largo plazo. (Díaz, 2017, pág. 57)

Según otros investigadores, la mezcla de asfalto con caucho reciclado no solo es viable por el factor ambiente, también lo es por el factor económico, por la vida útil que ofrece la mezcla asfáltico con caucho reciclado.



*Figura 10.* Muestreo de mezcla asfáltica con caucho reciclado.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño de investigación

##### Investigación Aplicada

Según (Vargas, 2009) la investigación aplicada obtiene ese nombre de “investigación práctica o empírica”, porque es caracterizado por la búsqueda de la aplicación de la investigación, así mismo se obtiene otros conocimientos después de hacer un implemento o realización de la práctica enunciada. El conocimiento y los resultados obtenidos de la investigación da como resultado un método riguroso, organizado y sistemático al conocer la realidad.

##### Diseño Experimental

Según (Murillo) En la pesquisa que prioriza el enfoque experimental, el estudioso maneja una o más variables de investigación, tomando el control así del aumento o disminución de las respectivas variables y su relación en los patrones observados. En otras palabras, una investigación experimental consta en hacer una metamorfosis en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto tiende a ocurrir en ocasiones que son controladas de formas rigurosas, con la finalidad de obtener una descripción de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular.

##### Método de utilización

##### Método cuantitativo

La metodología cuantitativa según Angulo (2007), trata en la comparación de conceptos ya investigados a razón de una serie de teorías obtenidas de esta última, habiendo necesidad de conseguir una muestra, ya sea de manera cualquiera o minuciosa, pero siendo representada de una población o un objeto a estudiar. De acuerdo, para realizar estudios cuantitativos es necesario tener con un concepto ya establecido, ya que la metodología científica utilizada en la teoría es el

deductivo; mientras que la metodología cualitativa consta de la edificación o generación de una hipótesis a partir de una serie de propuestas extraídas de un cuerpo teórico que ayudará como punto de partida al investigador, para lo cual no es esencial el extraer una muestra identificado, sino una muestra hipotética conformada por uno o más tipos, y es por ello que utiliza el método inductivo, según el cual se debe empezar con un estado de teoría nulo.

El presente proyecto de investigación tiene como base el respaldo matemático, haciendo el uso de muchas fórmulas, métodos, estadísticas, normas, etc. Afirmando de esa forma que el presente trabajo es completamente cuantitativo.

### 3.2. Variables, Operacionalización

#### Variables

Según (Del Carpio) indica que “la variable es un ente intangible que adquiere distintos conceptos, se refiere a una cualidad, propiedad o característica de un objeto o personas en estudio y varía de un ente a otro o en un mismo sujeto en distintos momentos”.

#### Variable independiente

Según (Pino) Variable independiente “es aquella que el investigador altera a consciencia propia para experimentar si sus alteraciones causan o no transformaciones en las otras variables, en pocas palabras, en variables dependientes”.

La variable independiente a estudiar en el presente proyecto es “caucho reciclado”

#### Variable dependiente

Según (Colás y Hernández) Variable dependiente es aquella que el experimentador espera ser modificado a voluntad para averiguar si sus

modificaciones han sido provocadas a razón de la otra variable, o sea, en variables independientes.

La variable dependiente a estudiar en el presente proyecto es “asfalto”.

### 3.3. Población y muestra

#### Población

Gómez, Villasís y Miranda (2016) atestiguan que: “El universo o población a investigar es una agrupación o un todo que esta consolidado, es fácil de intervenir y tiene un fin, que viene a ser un antecedente para la consolidación de ciertos estándares en específicos” (p.201). Por lo tanto, la población es un conjunto de individuos donde todos sus participantes congenian en una serie determinada de estándares técnicos.

La ejecución de una metodología de investigación tiene en cuenta que la Población está conformada por las 33 probetas de mezcla asfáltica, los cuales serán sometidos a diversos ensayos a los agregados con normativas del MTC.

$$30 = \frac{N X (1.96)^2 X (0.5)(0.5)}{(0.05)^2 X (N - 1) + (1.96^2) X (0.5)(0.5)}$$

$$N = 32.5$$

Población:

N: 32.5 = 33 Briquetas

En el presente proyecto de investigación para el caucho reciclado se tomó en cuenta los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

- La incorporación del caucho reciclado es por vía seca.
- La mezcla asfáltica debe ser realizada en caliente.
- El caucho reciclado debe tener como orígenes neumáticos fuera de uso.
- El caucho reciclado debe tener un diámetro máximo 0.07 mm.

Criterios de exclusión:

- La adición de caucho reciclado no debe ser realizada por vía húmeda.
- Le mezcla asfáltica no debe ser realizada en frío.

#### Muestra

El estudio experimental, por su naturaleza y necesidad de contar con un dominio sobre las variables, se considera usar muestras menores que suelen ser de por lo menos 30 sujetos, esto de acuerdo con G. Arias (2006) (pág. 87).

La investigación que se llevará a cabo es de las 30 probetas de mezcla de asfalto en caliente, teniendo en cuenta que 15 probetas se le incorporará con porcentajes de asfalto de 4.5%,5%,5.5%,6.5%,7% y 15 probetas de mezcla de asfalto con adiciones de 3%,3.5%, 4.5%,5.5%, 7% de caucho reciclado del total serán 03 probetas por cada porcentaje de mezcla de asfalto con cemento asfáltico teniendo como base técnica la norma ASTM 1559.

Para determinar el tamaño de la muestra se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

Por lo tanto, N = tamaño de la población Z = nivel de confianza, P = probabilidad de éxito, o proporción esperada Q = probabilidad de fracaso D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

$$n = \frac{32.50 \times (1.96)^2 \times (0.5)(0.5)}{(0.05)^2 \times (32.5 - 1) + (1.96^2) \times (0.5)(0.5)}$$

$$n = 30$$

Donde  $n$  = Tamaño de la Muestra = 30

El grano de caucho reciclado será material obtenido por el estudiante, teniendo este material ensayo granulométrico del tamaño mínimo del tamiz #4 al #200, en el cual se adjunta la partícula más fina el cual viene de moliendo de llantas fuera de uso, siendo este último material ensado en la Prensa Marshall según las especificaciones técnicas.

MUESTREO NO PROBABILISTICO (A conveniencia)

Teniendo en cuenta el muestreo NO PROBABILÍSTICO. El proyecto de investigación a ejecutar, la población de estudio es cuantificable y controlable, la muestra tiene los mismos parámetros de cada una de las briquetas para su análisis.

#### 3.4. Técnica e instrumentos de recolección de datos.

Gómez (2016), Atestigua “Son utilidades con las que cuenta el investigador con la finalidad de obtener datos de la rama de estudio, además que forma las bases de información que se requiere”.

El actual proyecto de investigación cuenta como técnica la recolección de información cuantitativa.

##### Técnicas

Según Bernal, C. (2010), atestigua que “Para la recolección de datos existen diversas técnicas para ejecutar en el campo según al tipo de investigación” (p. 192).

Como primer objetivo se considera cual es el tipo de investigación, se ocupará, la observación en los distintos ensayos a realizar en los agregados y mezclas asfálticas, en las instalaciones de GEO BORROVIC, teniendo como base los Ensayos de Materiales-2016.

## Instrumento

Según Hernández (2014), afirma que “Instrumento es aquel que el estudioso usa con el fin de tener una base de datos a través de las pruebas o ensayos teniendo como base las variables que el investigador va a utilizar” (p.199).

La presente investigación tiene como recolección de datos los diversos formatos y registros de ensayos que se realizaron en el laboratorio GEO BORROVIC, los datos obtenidos serán adjuntados en anexos.

- Formatos de laboratorio Geo Borrovic

figura 11. Formato de análisis granulométrico.

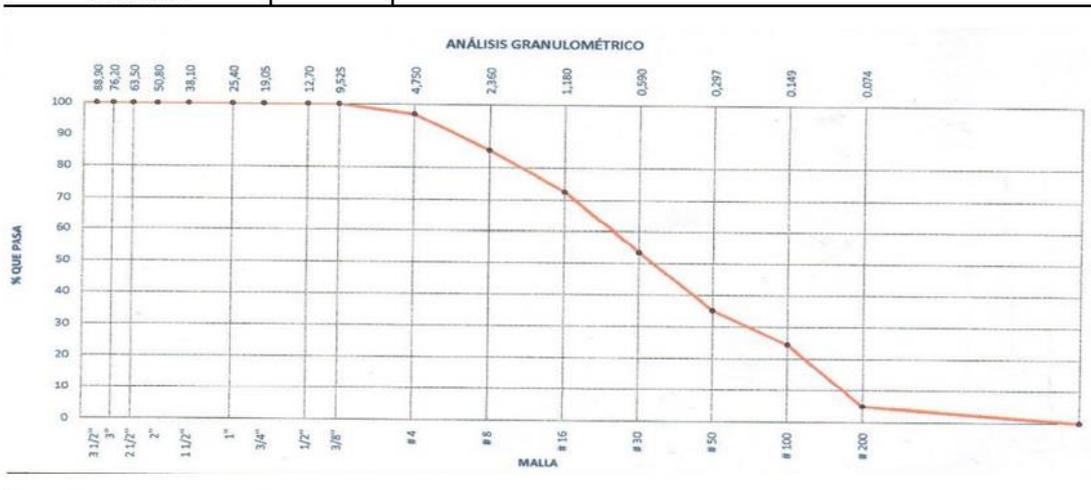


LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ENSAYO F- EMAF-006
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: AGREGADO

N° de certificado: SM-DAF-16434

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA
SOLICITANTE:
ATENCIÓN :
PROYECTO :
UBICACIÓN :
TÉCNICO :
F. EMISIÓN :
CANTERA :
MATERIAL :

AGREGADO FINO - ARENA GRUESO					
MALLA	PESO RET. (gr)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASA ACUM.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
					<b>MÓDULO DE FINEZA</b>
					<b>TAMAÑO MÁXIMO</b>
					<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
					PESO DE TARA (g)
					PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
					PESO DE MUESTRA SECA (g)
					% DE HUMEDAD
					<b>MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200</b>
					PESO DE TARA (g)
					PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
					PESO DE MUESTRA SECA LAVADA (g)
					% Material pasante la malla N° 200
					OBSERVACIONES
FONDO					
PESO TOTAL					



Fuente: Geo Borrovic.

figura 12. Formato resultado ensayo Marshall



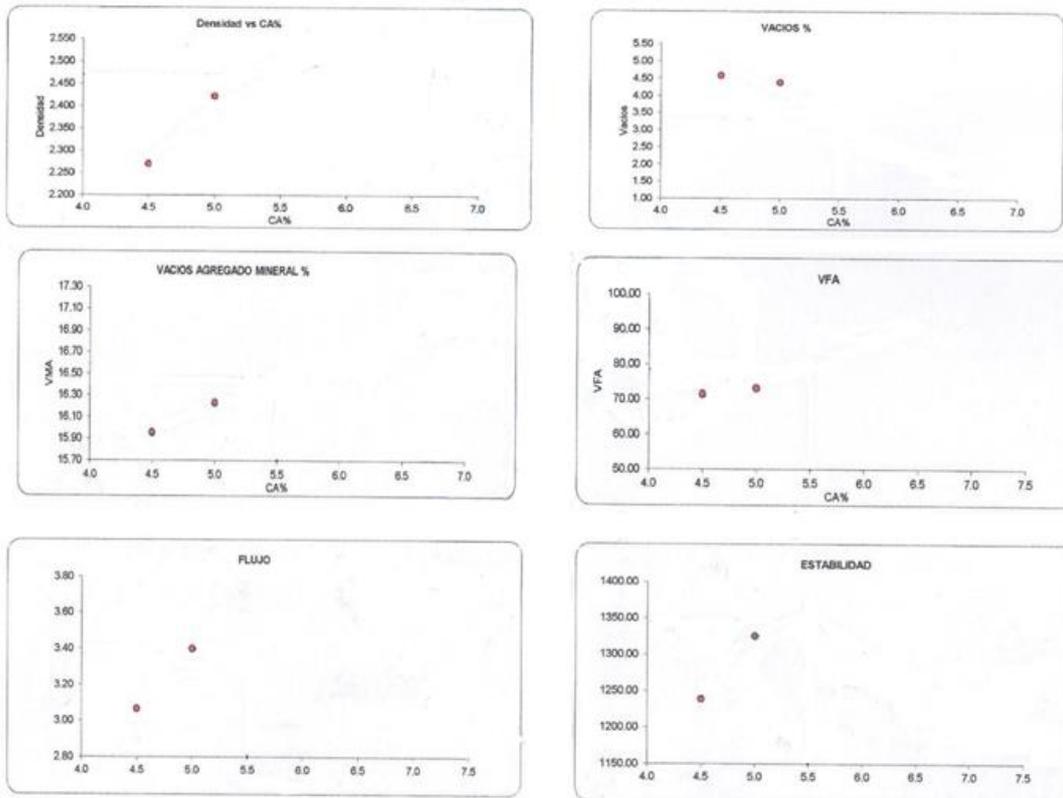
<b>LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO</b>	<b>RESULTADOS F-EMAF-012</b>
<b>RESULTADO DE ENSAYO MARSHALL EN MEZCLA ASFÁLTICA</b> ASTM D1559	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: MEZCLÁS ASFÁLTICAS

**DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA**

SOLICITANTE:  
 ATENCIÓN :  
 PROYECTO :  
 UBICACIÓN :  
 TÉCNICO :  
 F. EMISIÓN :

**RESULTADOS DE BRIQUETAS DE C.A.**

BITUMEN :



Fuente: Geo Borrovic.

figura 13. Formato ensayo resultado Marshall



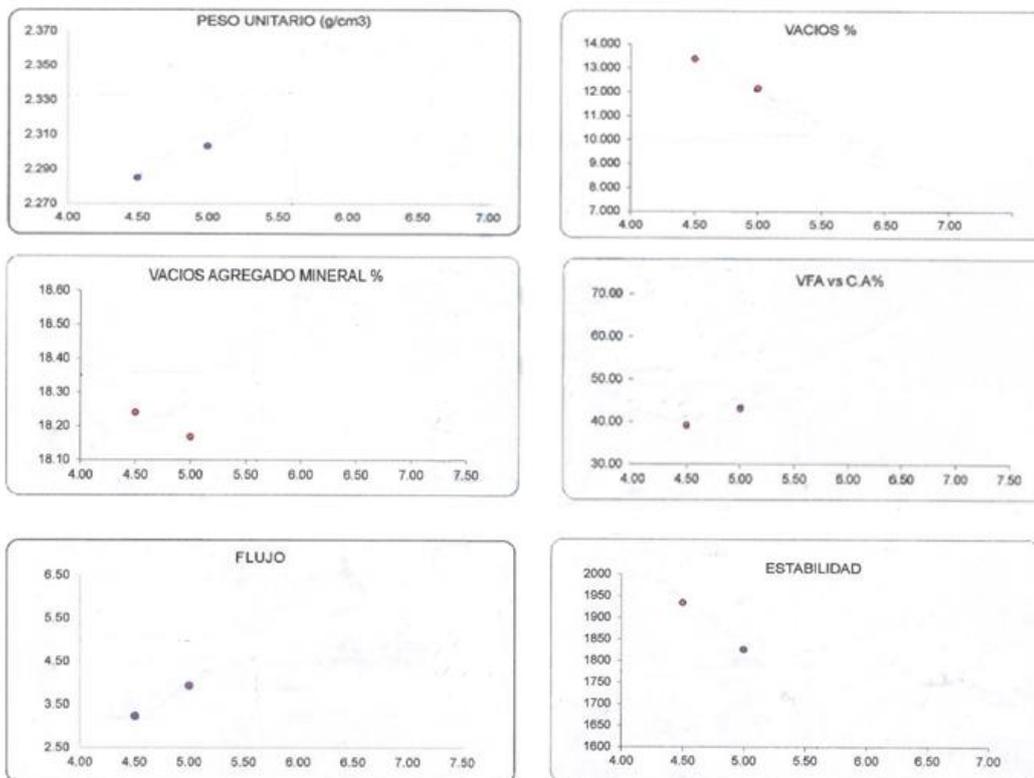
<b>LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO</b>	<b>RESULTADOS F-EMAF-011</b>
<b>RESULTADO DE ENSAYO MARSHALL EN MEZCLA ASFÁLTICA</b> ASTM D1559	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: MEZCLAS ASFÁLTICAS

**DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA**

SOLICITANTE:  
 ATENCIÓN :  
 PROYECTO :  
 UBICACIÓN :  
 TÉCNICO :  
 F. EMISIÓN :

**RESULTADOS DE BRIQUETAS DE C.A.**

BITUMEN :



Fuente: Geo Borrovic.

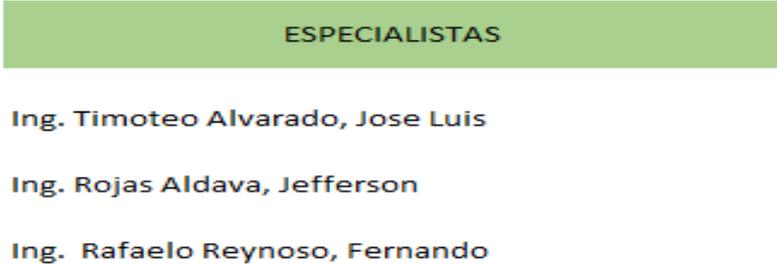
## Validez y confiabilidad

### Validez

Según Hernández (2014), afirma que “La contrastación de información obtenida nos indica el grado de validez de la información a medir” (p.201).

La validación del instrumento a través de juicio de experto en esta investigación, está analizada por tres expertos, lo cual es validado en un cuestionario que tiene relación con los indicadores del tema de investigación.

*figura 14.* Cuadro de especialistas participantes de juicio de experto.



ESPECIALISTAS
<b>Ing. Timoteo Alvarado, Jose Luis</b>
<b>Ing. Rojas Aldava, Jefferson</b>
<b>Ing. Rafaelo Reynoso, Fernando</b>

Fuente: Jason Boza (2020)

### Confiabilidad

Hernández (2014), afirma que “La magnitud aplicada para concluir a un resultado con fundamento de un objeto u persona es la” (p.200)

Tabla 2. Rango y confiabilidad

RANGO	CONFIABILIDAD
0.53 a menos	Confiabilidad nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Herrera (1998)

Tabla 3. Cálculo de coeficiente de Alfa de Cronbach

$\alpha$ :	Coeficiente de confiabilidad del cuestionario	→	<b>0.75</b>
k:	Número de ítems del instrumento	→	10
$\sum_{i=1}^k S_i^2$ :	Sumatoria de las varianzas de los ítems.	→	2.222
$S_t^2$ :	Varianza total del instrumento.	→	6.889

Fuente: Boza (2020)

Según el método de confiabilidad del alfa de Cronbach, el instrumento utilizado es de excelente confiabilidad.

### 3.5. Procedimientos

Mediante el presente estudio de investigación se evalúan los resultados obtenidos para ser analizados estadísticamente mediante gráficos de barras y tablas. Para analizar las diferencias que existen las dos variables agregándole caucho reciclado en ellas, lo cual se desarrolla en los ambientes de Geo Borrovic.

### 3.6. Método de análisis de datos.

Según Gómez (2016), “Consiste en búsqueda de situaciones y resultados relevantes”. El método de análisis de datos el cual es cuantitativos se utilizará un procedimiento de resultado de datos por metodología estadística para así poder explicar, sintetizar y comparar datos ya obtenidos por otros investigadores y entidades que tienen relación con la ingeniería civil, siendo esto a nivel nacional e internacional.

Al analizar datos de un proyecto de investigación cuantitativo nos permite que todos nuestros resultados sean más verídicos.

#### Estadística inferencial

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), afirma que “La forma correcta para llegar a una conclusión, debemos tener una confianza correcta obtenido del procedimiento de muestreo de muestra” (p.299).

En busca de objetividad con los datos obtenidos, se hará uso del software SPSS versión 22, el cual nos ayudará en el proceso de información, a la realización estadística analítica y comparación de las hipótesis por medio de los exámenes realizados que en busca de adivinar las propiedades de una muestra con la aplicación de las matemáticas

#### Estadística descriptiva.

Según Córdoba (2003), afirma que “Se denomina como métodos estadísticos al análisis de los resultados mediante cálculos y gráficos” (p.1)

Se hará estudio las características del muestreo de investigación, por medio de una metodología estadística utilizando la media, mediana, varianza y desviación estándar, el cual será utilizado en las gráficas para interpretar de una manera correcta.

### 3.7. Aspectos éticos

Me baso en la metodología de la Universidad Cesar Vallejo me siento en la obligación en respetar y validar las respuestas obtenidas con fundamento en la normativa técnica nacionales e internacionales que

establecen y a la vez alcanza y representa una adición a la investigación para que pueda utilizarse como referencia. Confirmando así de esta manera hacer un citado correcto de los autores mencionados en el marco teórico y así poder fundamentar la presente investigación.

De acuerdo a los principios establecidos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE Norma (CE. 010 pavimentos Urbanos)), Ministerio de Transportes y Comunicaciones, ASTM (D1559, ASTM D3515), este estudio se desarrollará conforme a los siguientes artículos, incisos y criterios:

- RNE Norma CE. 010 pavimentos urbanos.
- ASTM D1559.
- ASTM D 3515.
- MTC Resolución directorial N° 02-2018-MTC/14

Tal como mencionan los antecedentes en las páginas 2, 3 y 4 los trabajos fueron realizados con probetas con un porcentaje de caucho reciclado al 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, y 3% el presente proyecto de investigación se plantea con los porcentajes de caucho reciclado al 4%,4.5%, 5.5%,6.5%, 7%, constatando así que el presente trabajo de investigación es de mi total autoría.

#### IV. RESULTADOS

##### Material

El componente que se utilizó para ejecutar los distintos diseños de mezcla de asfalto proviene en su totalidad de la cantera JICAMARCA, el material sometido a distintos ensayos cumple con los estándares que implica la normativa del MTC.

Ensayos realizados a los materiales.

Tabla 4. Ensayo realizado a los agregados grueso

ENSAYOS	NORMAS	MTC	RESULTADOS
Análisis granulométrico por tamizado	MTC E 204 Y ASTM D422		Si cumple con las normativas
Peso específico y absorción del agregado grueso	N.T.P. 400.021 Y ASTM C127	Absorción Max: 1%	0.81%
Abrasión de los angeles al desgaste de los Agregados	MTC E 207-2000 Y ASTM C131	Max: 40%	15.00%
Porcentaje de caras fracturadas	ASTM-D5821/MTC E-210	85/50	96.1%/90.3%
Porcentaje de partículas chatas y alargadas	MTC E 223 Y ASTM D4791	Max: 10%	4.40%
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	18% max.	3.63%
Adherencia de los agregados	MTC E 206	95	95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. *Ensayo realizado a los agregados fino.*

ENSAYOS	NORMAS	MTC	RESULTADOS
Equivalente de arena	MTC E 114	60	61.8%
Limites de consistencia (Malla N° 40)	MTC E 111	32NP	NP
Índice de plasticidad /Malla N° 200)	MTC E 111	4 max	2.30%
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	85/50	2.52%
Gravedad específica	MTC E 205	Max: 10%	261.00%
Absorción	MTC E 205	0.5% max	1.28%
Adherencia de los agregados	MTC E 220	4 min	Si cumple con las especificaciones

Fuente: Elaboración propia

Lo obtenido de los ensayos de tamiz del agregado grueso con un peso total 9.379 Kg.

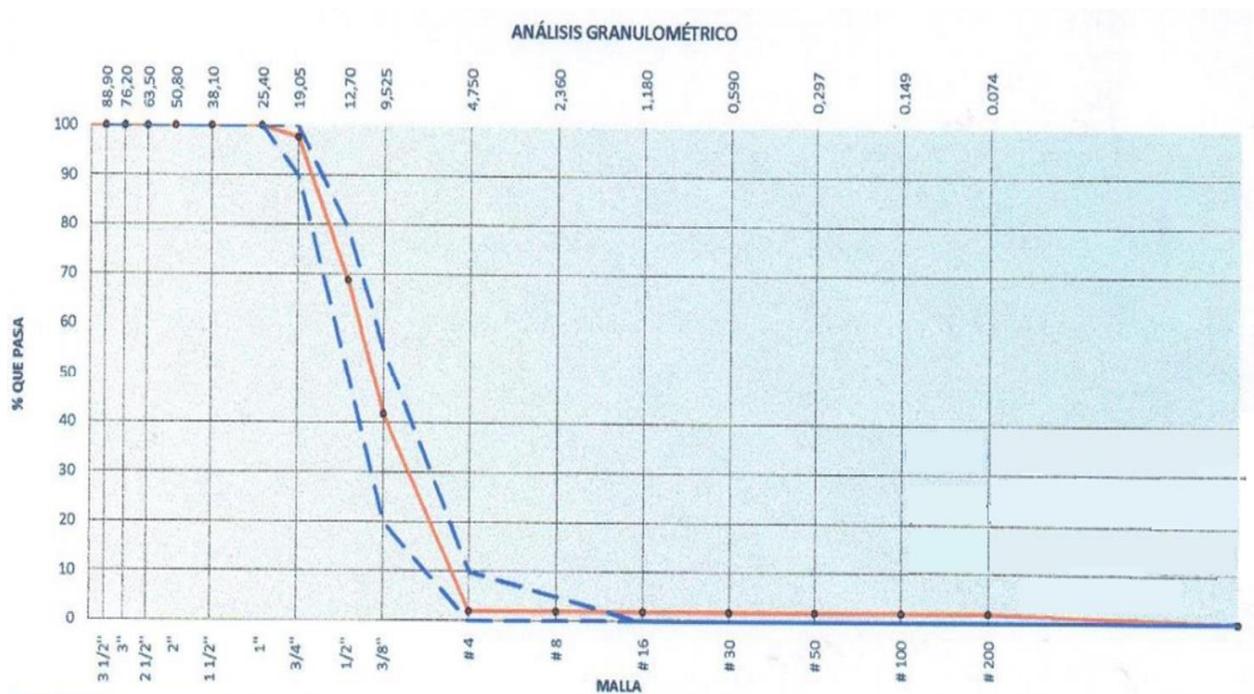
Tabla 6. Agregado grueso

Malla	Peso Reten.(gr)	Peso Reten. (%)	Peso Reten. Acum. (%)	% que pasa acum.
3/4"	19.05	2.38	2.38	97.62
1/2"	12.70	28.79	31.17	68.72
3/8"	9.53	27.01	58.18	41.79
#4	4.75	39.78	97.96	99.54
#8	2.36	0	97.96	86.83
#16	1.18	0	97.96	66.82
#30	0.59	0	97.96	48.33
#50	0.30	0	97.96	33.76
#100	0.15	0	97.96	21.17
#200	0.07	0	97.96	13.26
Fondo	179.00	2.04	100	0.00
PESO TOTAL	9379.00			

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como referencia los ensayos granulométricos realizados, podemos afirmar que el insumo de origen pétreo resultante de la cantera de Jicamarca, es de confianza y obedece a las normativas que ordena el MTC, para hacer el diseño de la mezcla de asfalto.

figura 15. Curva granulométrica del agregado grueso.



Fuente: Geo Borrovic.



# GEO BORROVIC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

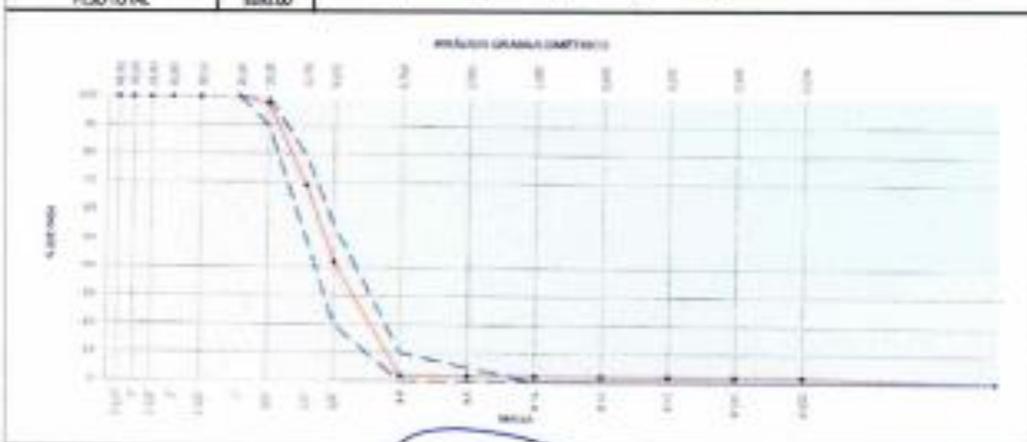
## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMULARIO DE ENSAYO N° 001-M-026
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	MUESTRA N°: MATERIAL AGREGADO

N° de certificado: SM-047-19025

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE:	UDON SERRANT BOLAPOREN
ATENCIÓN:	JASON SERRANT BOLAPOREN
PROYECTO:	ESD
UBICACIÓN:	GEO BORROVIC LABORATORIOS
TÉCNICO:	M. ALVARADO
F. EMISIÓN:	Lima 29 de Septiembre del 2020
CANTINA:	CAJAMARCA
MATERIAL:	AGREGADO GRUESO 10 (1)"

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA									
MALLA		PESO RET. (g)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASA ACTUAL	ASTM "UM SUP"	ASTM "UM INF"	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
1 1/2"	89.00 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	MÓDULO DE FINESZA	0.49
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	TAMAÑO MÁXIMO	1"
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	CONTENIDO DE HUMEDAD	
3/4"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE TARA (g)	3064
3/8"	21.40 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)	8300
1/4"	19.00 mm	124.00	1.38	1.38	97.62	90	100	PESO DE MUESTRA SECA (g)	8145
1/8"	11.75 mm	2724.00	28.80	31.28	68.72	50	75	% DE HUMEDAD	3.82%
3/8"	9.50 mm	2026.00	26.91	58.21	41.79	20	35	MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200	
#4	4.75 mm	5728.00	59.80	98.01	1.99	0.00	10	PESO DE TARA (g)	3064
#6	2.50 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	5	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)	8145
#16	1.18 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	0.00	PESO DE MUESTRA SECA LAVADA (g)	8005
#30	0.60 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	0.00	% Material pasante la malla N° 200	1.98%
#50	0.30 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	0.00	OBTENCIONES	
#100	0.15 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	0.00		
#200	0.075 mm	0.00	0.00	98.01	1.99	0.00	0.00		
FONDO		187.96	1.99	100.00	0.00	0.00	0.00		
PESO TOTAL		9393.00							



M. ALVARADO  
 TÉCNICO LABORATORIO

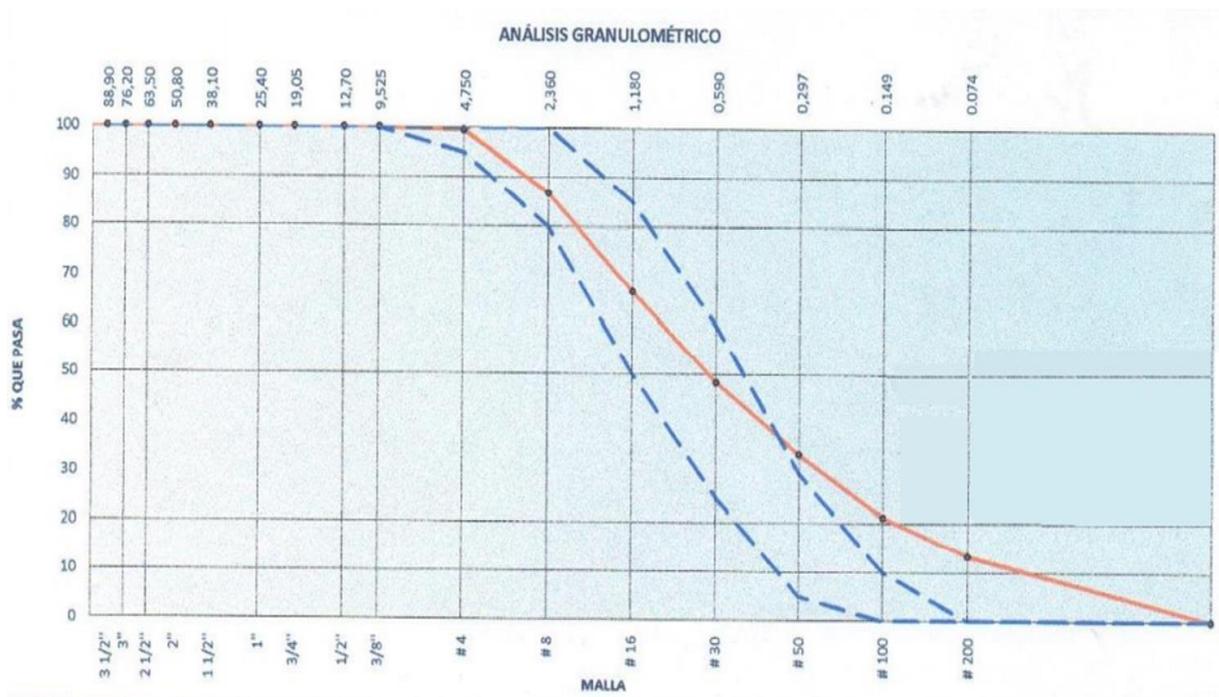
Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho –  
 Chosica – cel. 962565636 [Mejoradadesuelosgeoborrovic@hotmail.com](mailto:Mejoradadesuelosgeoborrovic@hotmail.com)

En el siguiente cuadro se presenta los resultados del agregado fino.

Tabla 7. Agregado fino.

Malla	Peso Reten.(gr)	Peso Reten. (%)	Peso Reten. Acum. (%)	% que pasa acum.
#4	4.40	0.46	0.46	99.54
#8	120.70	12.71	13.17	86.83
#16	190.00	20.01	33.18	66.82
#30	175.00	18.49	51.67	48.33
#50	138.20	14.56	66.24	33.76
#100	119.60	12.59	78.83	21.17
#200	75.10	7.91	86.74	13.26
Fondo	125.90	13.26	100.00	0.00
<b>PESO TOTAL</b>	<b>945.50</b>			

figura 16. Granulometría del agregado fino.



Fuente: Elaboración propia.



# GEO BORROVIC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

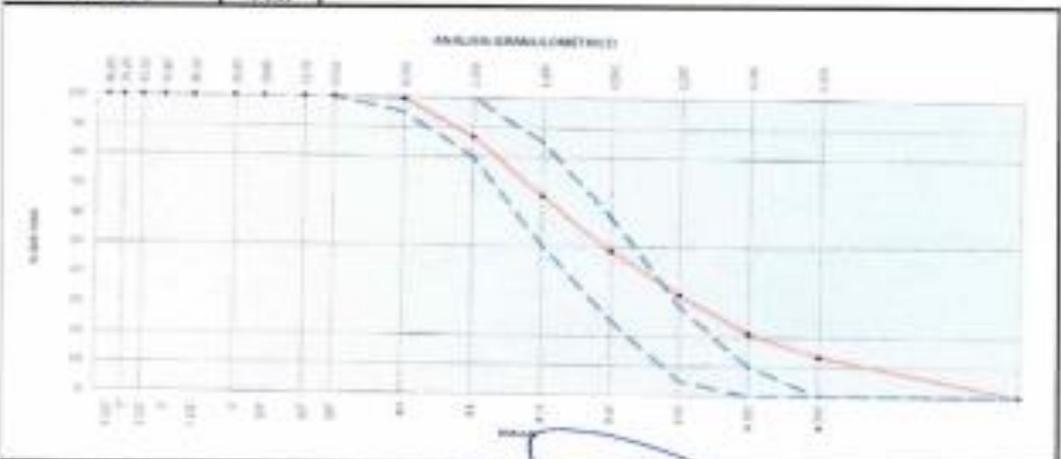
## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMA DE ENSAYO: DM41-06
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	FUNCIÓN L.P. MATERIAL MUESTREO

N° de certificado: SM 041-1645

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
<b>INDICANTE:</b>	ASFO (GRANIT BOSA PORTA)
<b>ATENCIÓN:</b>	ASFO (GRANIT BOSA PORTA)
<b>PROYECTO:</b>	TESIS
<b>UBICACIÓN:</b>	GEO BORROVIC LABORATORIOS
<b>TÉCNICO:</b>	M. AGUIRRE
<b>F. EJECUCIÓN:</b>	Lunes 28 de Setiembre del 2010
<b>CIUDAD:</b>	CAJAMARCA
<b>MATERIAL:</b>	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA							
MALLA	POSO RET. (g)	POSO RET. (%)	PESO RET. N(UM. N)	% PASA ADUM.	ADUM "UM SUP."	ADUM "UM INT."	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
4"	101.40 mm	0.00	0.00	100	100	100	
1 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	100	100	100	MÓDULO DE FINESZA 1.45
3"	76.20 mm	0.00	0.00	100	100	100	TAMAÑO MÁXIMO 1.5"
1 1/4"	63.50 mm	0.00	0.00	100	100	100	
2"	50.80 mm	0.00	0.00	100	100	100	CONTENIDO DE HUMEDAD
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	100	100	100	POSO DE TARA (g)
1"	25.40 mm	0.00	0.00	100	100	100	POSO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	100	100	100	POSO DE MUESTRA SECA (g)
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	100	100	100	% DE HUMEDAD 0.00%
3/8"	9.51 mm	0.00	0.00	100	100	100	MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #300
#4	4.75 mm	4.80	4.46	96.20	95.00	100	POSO DE TARA (g)
#6	2.50 mm	130.75	12.71	13.17	86.46	80.00	POSO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
#10	1.18 mm	190.00	18.01	19.38	72.83	50.00	POSO DE MUESTRA SECA (LAVADA) (g)
#20	0.85 mm	174.80	16.49	16.67	59.47	25.00	% Material pasante la malla N° 300 12.68%
#40	0.425 mm	137.00	12.96	14.33	35.17	5.00	OBSERVACIONES
#60	0.25 mm	119.60	11.59	11.82	24.52	0.00	
#100	0.075 mm	74.30	7.21	7.43	4.97	0.00	
TONDO		129.80	12.25	12.68	0.00	0.00	
PESO TOTAL		965.90					



Ing. M. Aguirre  
 T. 054 2 222 2222

**Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho – Chosica – cel. 962565636 Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com**

Se procedió a realizar los respectivos ensayos granulométricos al caucho reciclado iniciando en la malla N°4 hasta la malla N° 200 con fines de implantar los parámetros del material teniendo como referencia la norma NTP. 339.128 y ASTM D422 obteniendo un peso de muestra de 1052.60.

Tabla 8. *Granulometría del caucho*

Malla	Peso Reten.(gr)	Peso Reten.		Peso Reten. Acum. (%)	% que pasa acum.
		(%)	(%)		
#4	4.75	32.40	3.08	3.08	86.92
#8	2.36	120.50	11.46	14.54	85.46
#16	1.18	135.20	12.66	27.39	72.61
#30	0.59	201.30	19.14	46.53	53.47
#50	0.30	192.40	18.29	64.83	35.17
#100	0.15	112.00	10.65	75.48	24.52
#200	0.07	205.60	19.55	96.03	4.97
Fondo		53.20	4.97	100.00	0.00
PESO TOTAL		1052.60			

Fuente: Elaboración propia.

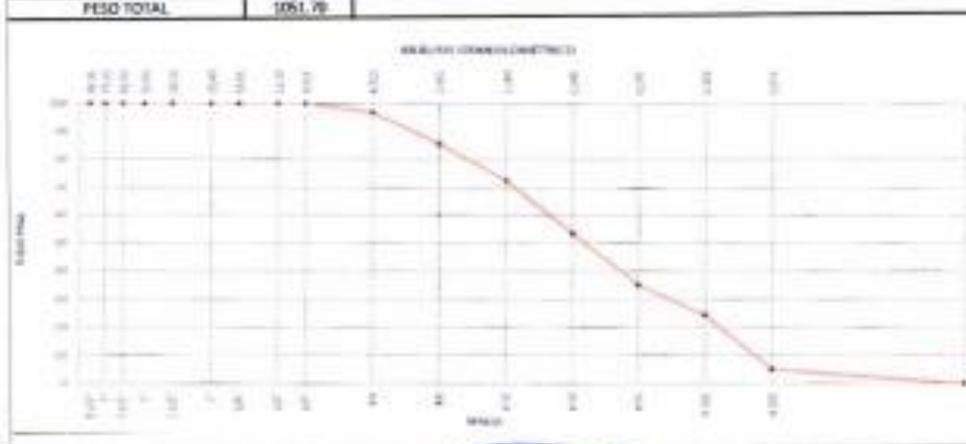
**GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE TRABAJO TMAF-206
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	REVISOR: L.E. MATERIAL: AGREGADO

N° de certificado: SM-DAF-16434

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
SOLICITANTE:	INGEN. GERMÁN BOZA PORTAL
ATENCIÓN:	INGEN. GERMÁN BOZA PORTAL
PROYECTO:	YESO
UBICACIÓN:	GEO BORROVIC LABORATORIOS
TÉCNICO:	M. ALBORNOZ
F. EMISIÓN:	Lima 28 de Setiembre del 2023
CANTERA:	CAJAMARCA
MATERIAL:	CAJADO

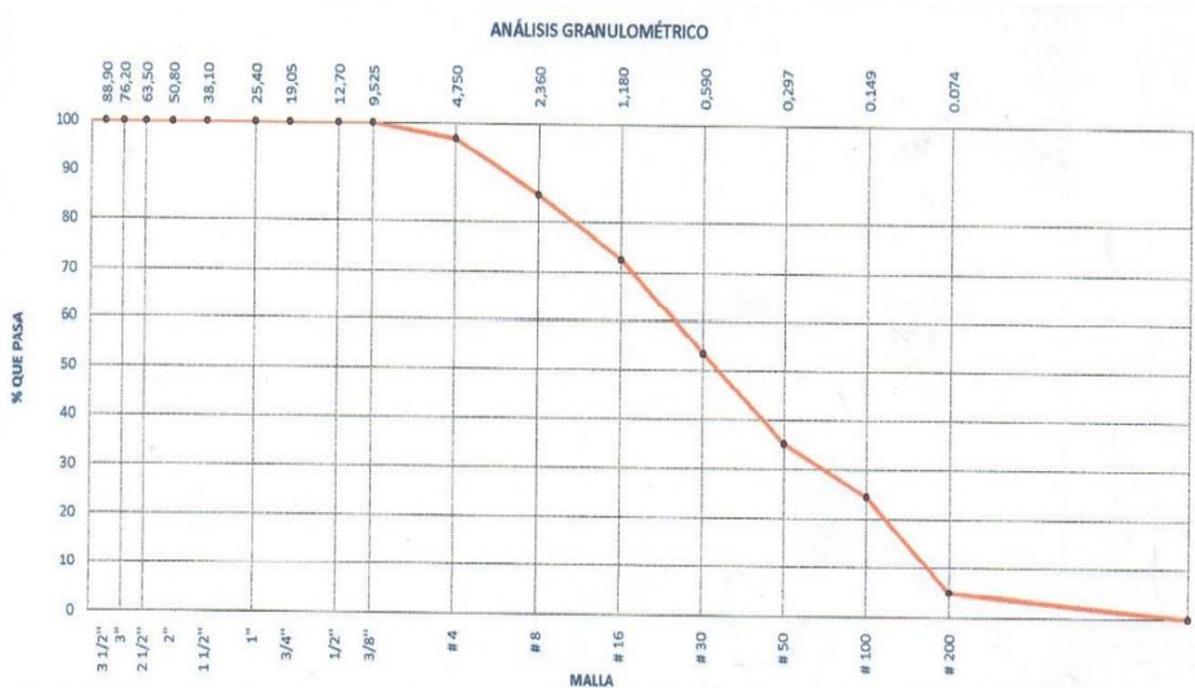
AGREGADO FINO - ARENA GRUESA						
MALLA		PESO RET. (g)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASA ACUM.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
4"	101.60 mm	0.00	0.00	0.00	100	
3 1/2"	88.90 mm	0.00	0.00	0.00	100	MÓDULO DE FINEZA
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100	TAMAÑO MÁXIMO
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE TARA (g)
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE MUESTRA SECA (g)
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100	% DE HUMEDAD
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100	
<b>MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200</b>						
#4	4.75 mm	32.40	3.08	3.08	96.92	PESO DE TARA (g)
#6	2.36 mm	130.50	12.46	14.54	85.46	PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
#10	1.18 mm	135.20	12.86	27.40	72.60	PESO DE MUESTRA SECA LAVADA (g)
#20	0.85 mm	201.30	19.14	46.54	54.47	% Material pasante la malla N° 200
#40	0.425 mm	182.40	17.29	64.83	35.17	
<b>OBSERVACIONES</b>						
#60	0.25 mm	112.00	10.65	75.48	24.52	
#100	0.15 mm	205.60	19.55	95.03	4.97	
FONDO		52.30	4.97	100.00	0.00	
PESO TOTAL		1061.20				



*[Firma manuscrita]*

Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho – Chosica – cel. 962565636 [Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com](mailto:Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com)

figura 17. Curva granulométrica del caucho.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1. Ensayo Marshal a la mezcla Patrón

Siguiendo el respectivo procedimiento para obtener cual es el peso ideal en la composición de los insumos y pudiendo concluir una mezcla “patrón”, se realizan acoples en las siguientes distribuciones: 4.5%, 5%, Cronograma de ejecución del proyecto de investigación.

Tabla 9. Listado de Agregados para la MAC.

PORCENTAJE DE ASFALTO (gr)	4.50%	5%	5.50%	6.5%	7%
Peso de asfalto	55.00	60	66	72.00	77
Peso de piedra	458.70	456	453.7	451.60	392.5
Peso de arena	687.70	684	680.3	676.70	729.5
Peso de briqueta (gr)	1201.40	1200	1200	1200.3	1199

Fuente: Elaboración propia.

Se procede con el respectivo ensayo de peso de los agregados 1210 g, posteriormente se insertan al interior del horno para obtener un agregado seco

a temperaturas de 105°C - 110°C, se realizó la mezcla de 3 briquetas de mezcla asfáltica teniendo como referencia el incremento de cemento asfáltico en 4.5% al 5% por siguiente son insertados en los moldes y se procede así al proceso de compactación de manera tradicional (manual) con 50 impactos por cada lado, como siguiente paso se ejecuta a desmoldear las probetas (briquetas) para así tomar nota la información obtenida del peso específico, por consiguiente se continua a realizar la respectiva compresión (rotura) de las probetas consiguiendo así la información de la estabilidad, el flujo, el % de vacíos del agregado mineral y el % de vacíos llenos con cemento asfáltico. Este proceso se realizó en los ambientes y con las inmediaciones y con los equipos del laboratorio de suelos Geo Borrovic.

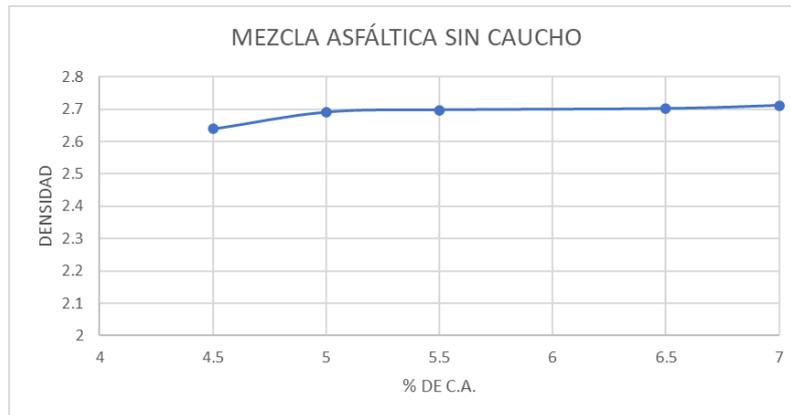
Mediante el procedimiento realizado se obtienen los datos en que se concluyen demostrando mediante gráficos según la cantidad de asfalto que se utiliza.

Tabla 10. Resultados de la mezcla asfáltica sin adicionar caucho.

ASFALTO 60/70 %	Caucho %	DENSIDAD (gr/cc)	% DE VACÍOS	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (VMA) %	VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) %	ESTABILIDAD (kg)	FLUJO (mm)
4.5	3	2.639	5.342	16.89	68.81	1322	2.63
5	3.5	2.69	4.925	16.93	70.83	1383	3.64
5.5	4.5	2.697	3.984	16.98	76.86	1429	4.09
6.5	5.5	2.701	2.921	17.14	84.01	1411	4.91
7	7	2.71	1.578	17.21	91.63	1403	4.64

Fuente: Elaboración propia.

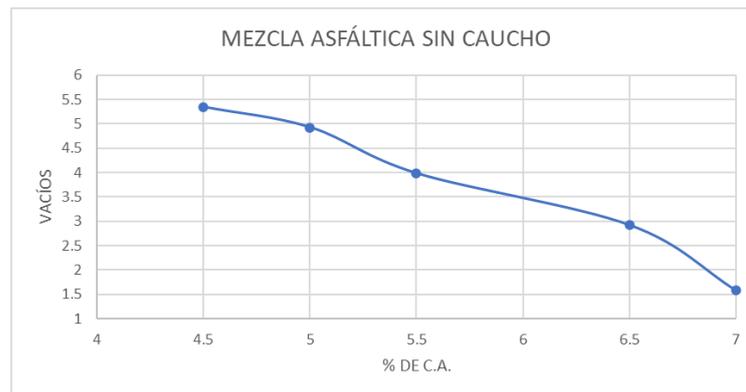
figura 18. Variación de la densidad de la mezcla asfáltica sin caucho reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica se aprecia el resultado de la densidad va en sentido ascendente al aumento de % de C.A.

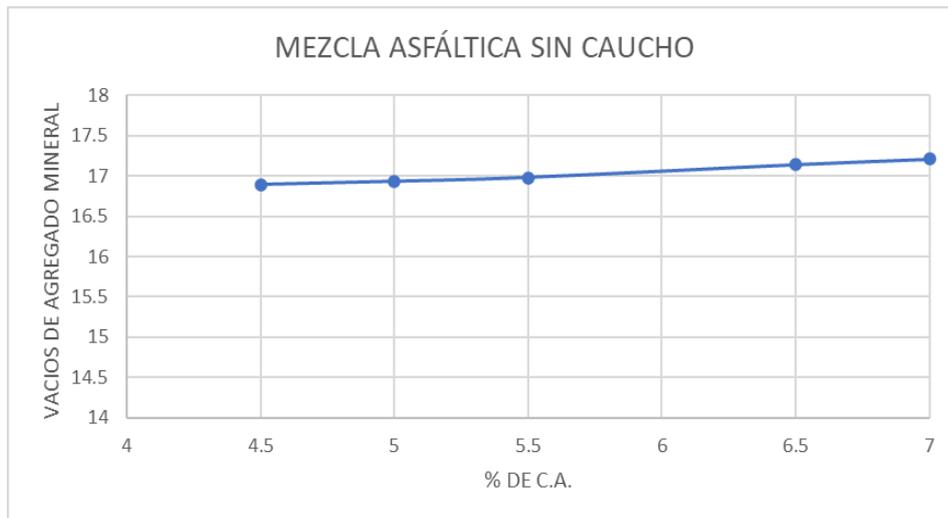
figura 19. Variación del porcentaje de vacíos de aire en la mezcla con respecto al % de C.A.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica se aprecia el % de vacíos decreció al aumento de % de C.A. sin caucho reciclado

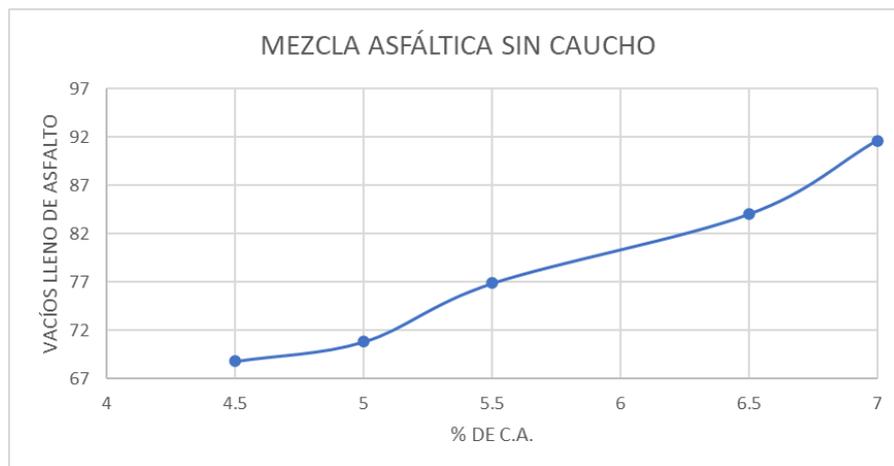
figura 20. Variación de VMA (Vacíos de agregado mineral).



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se aprecia el % de vacíos de agregado mineral decreció al aumento de % de C.A sin caucho reciclado.

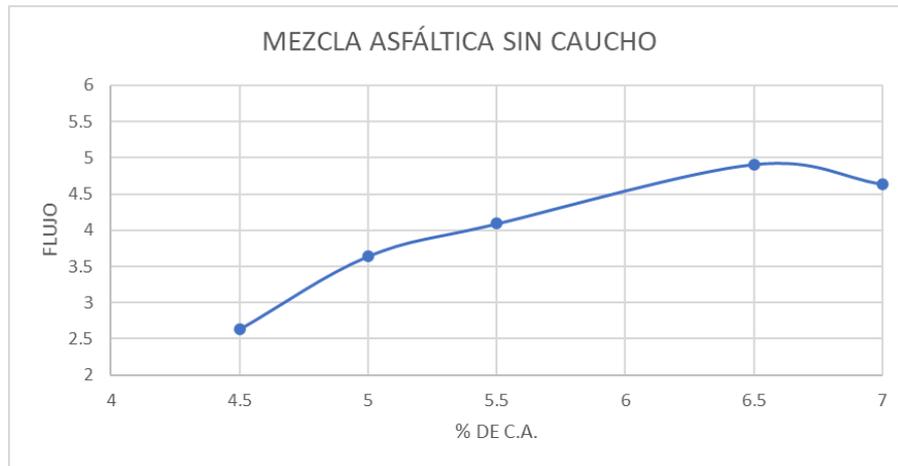
figura 21. Variación de los vacíos llenos de asfalto (VFA)



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se aprecia que el % de vacíos llenos de asfalto aumenta sin caucho reciclado.

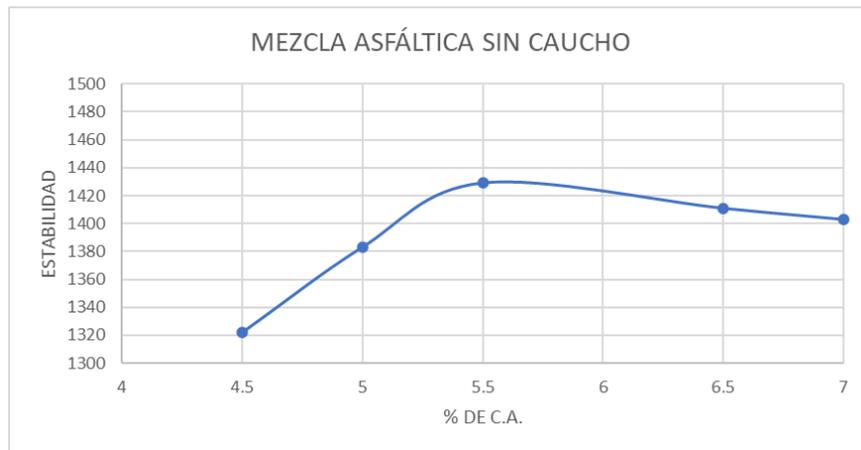
figura 22. Variación del flujo.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica se observa que el flujo es mayor al aumento de % de C.A sin caucho reciclado.

figura 23. Variación de la estabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica podemos observar que la estabilidad aumenta mientras mayor sea el % de C.A sin caucho reciclado.

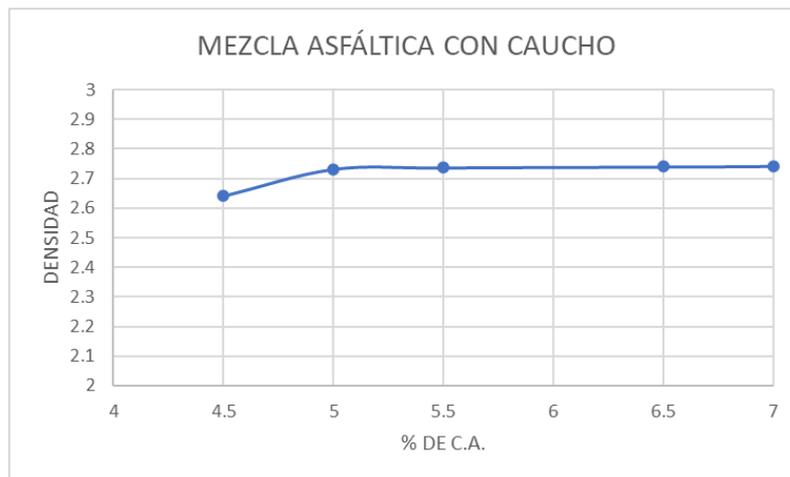
Mediante el procedimiento realizado se obtienen los datos en que se concluyen demostrando mediante gráficos según la cantidad de asfalto adicionando caucho que se utiliza.

Tabla 11. Resultados de la mezcla asfáltica adicionando caucho.

ASFALTO 60/70 %	Caucho %	DENSIDAD (gr/cc)	% DE VACÍOS	VACÍOS DE AGREGADO MINERAL (VMA) %	VACÍOS LLENOS DE ASFALTO (VFA) %	ESTABILIDA D(kg)	FLUJO (mm)
4.5	3	2.641	8.432	15.354	46.96	2026	3.65
5	3.5	2.732	7.238	15.195	54.21	1986	4.01
5.5	4.5	2.737	5.41	14.971	64.93	1815	5.04
6.5	5.5	2.74	3.96	14.863	74.21	1728	5.81
7	7	2.742	2.64	14.878	83.97	1932	6.15

Fuente: Elaboración propia.

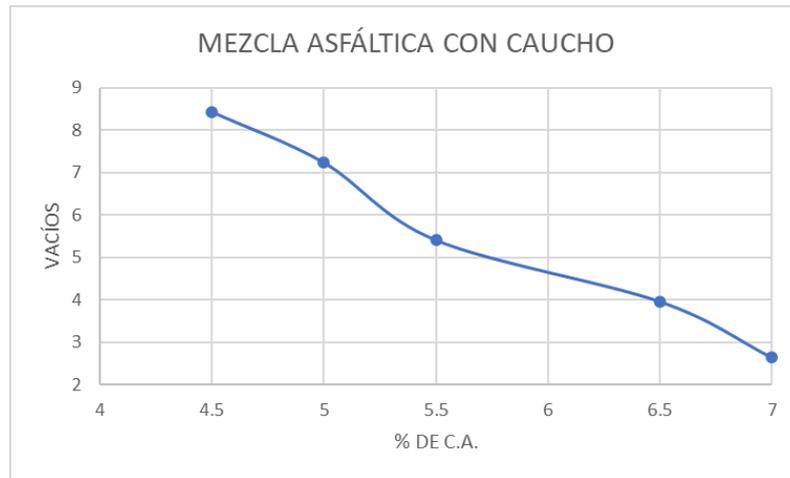
figura 24. Variación de la densidad de la mezcla asfáltica con caucho reciclado.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica se observa el resultado de la densidad va en sentido ascendente al aumento de % de C.A adicionando caucho reciclado.

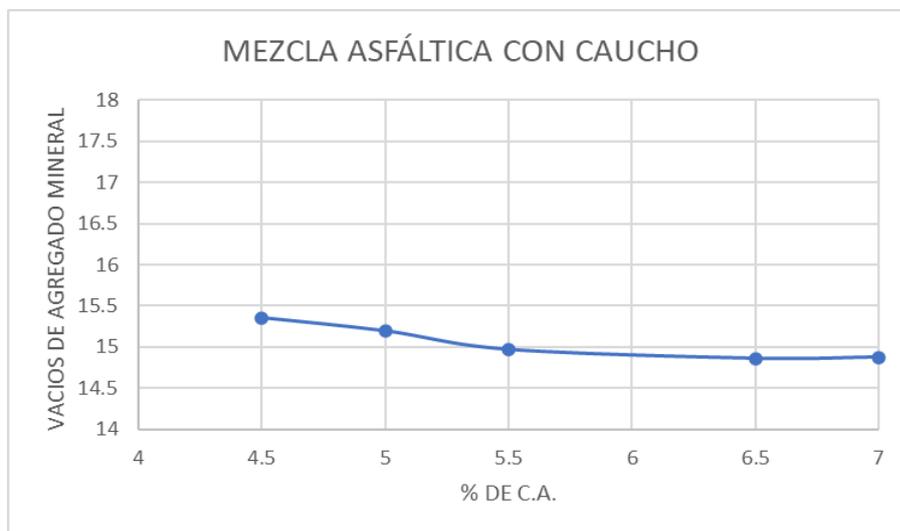
figura 25. Variación del porcentaje de vacíos de aire en la mezcla con respecto al % de C.A.



Fuente: Elaboración propia.

Según la gráfica se observa el % de vacíos decreció en menor % al aumento de % de C.A con adición de caucho

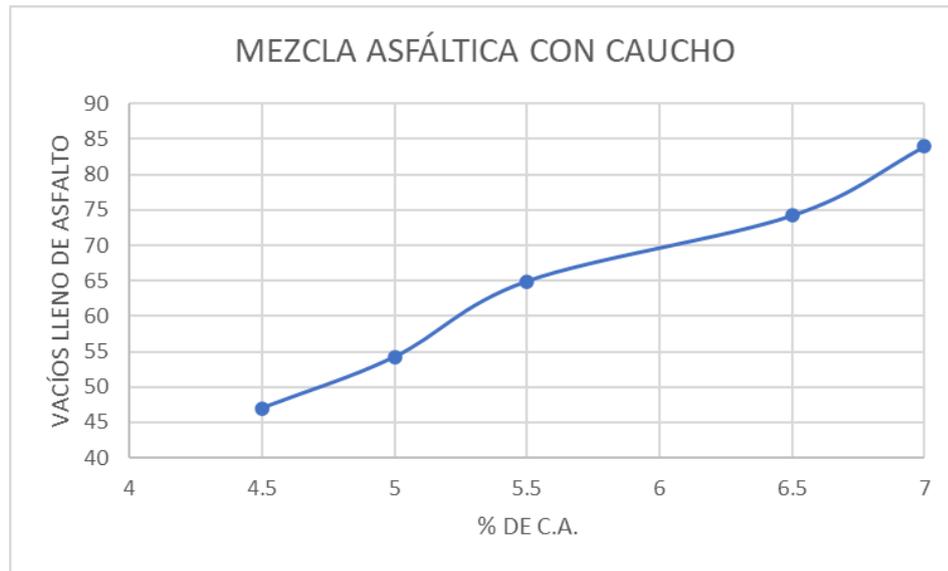
figura 26. Variación de VMA (Vacíos de agregado mineral).



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se muestra el % de vacíos de agregado mineral ascendió al aumento de % de C.A con adición de caucho reciclado.

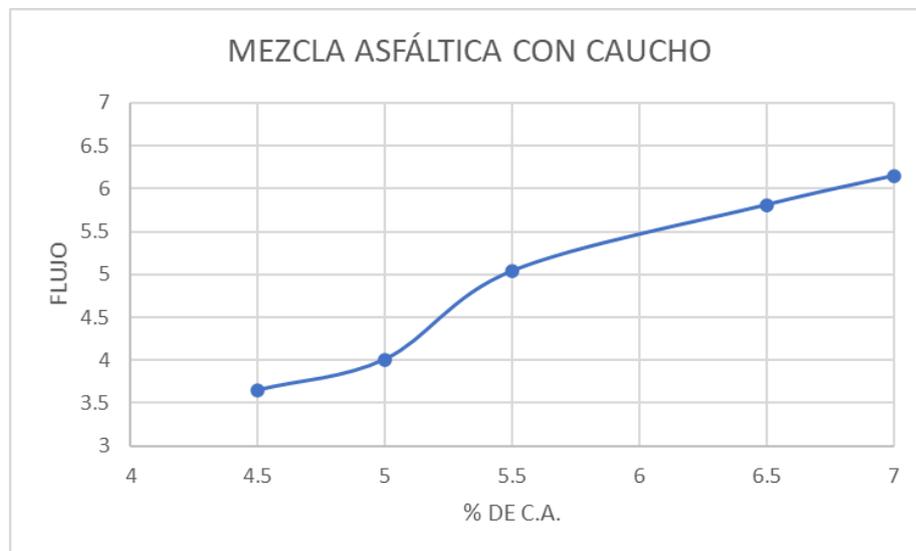
figura 27. Variación de los vacíos llenos de asfalto (VFA)



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se observa que el % de vacíos llenos de asfalto es casi similar al aumento de C.A. con caucho reciclado.

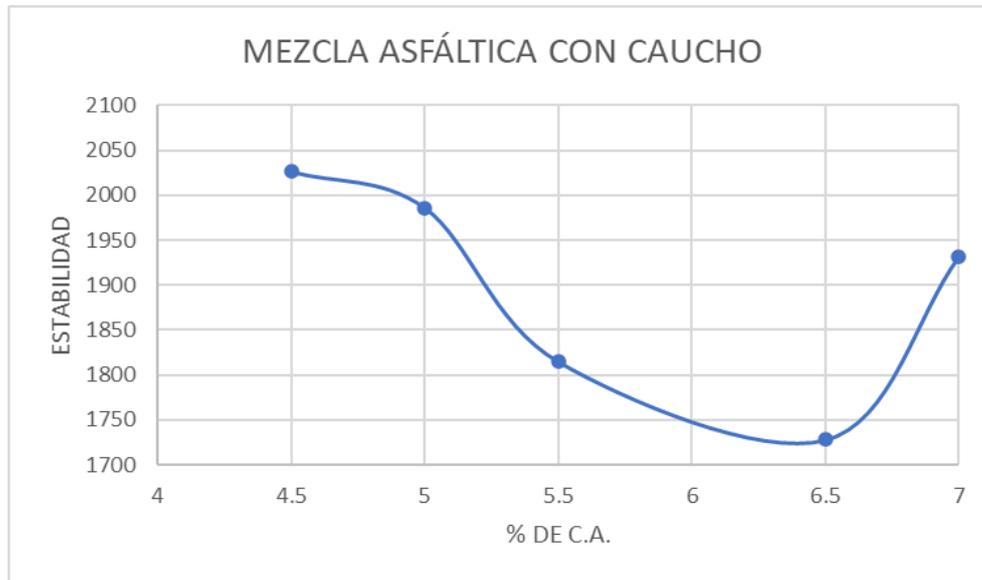
figura 28. Variación del flujo.



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se muestra que el flujo es mayor al aumento de % de C.A con caucho reciclado.

figura 29. Variación de la estabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico se puede observar que la estabilidad aumenta mientras mayor sea el % de C.A. con adición de caucho reciclado.

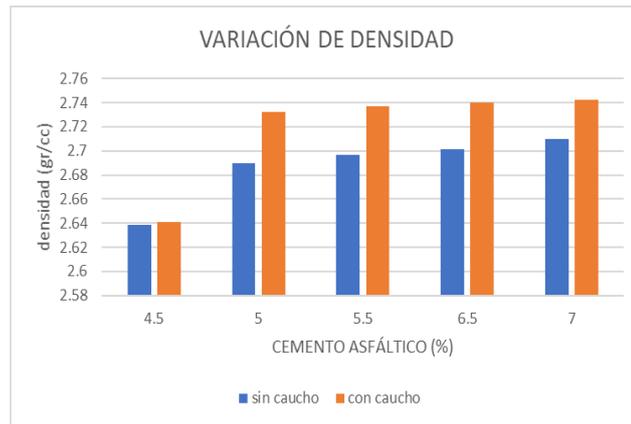
En la posterior tabla se observan los resultados de las densidades.

Tabla 12. Comparación de densidades.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	DENSIDAD sin caucho (gr/cc)	DENSIDAD con caucho (gr/cc)
4.5	3	2.639	2.641
5	3.5	2.69	2.732
5.5	4.5	2.697	2.737
6.5	5.5	2.701	2.74
7	7	2.71	2.742

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30. Variación de la densidad



Fuente: Elaboración propia

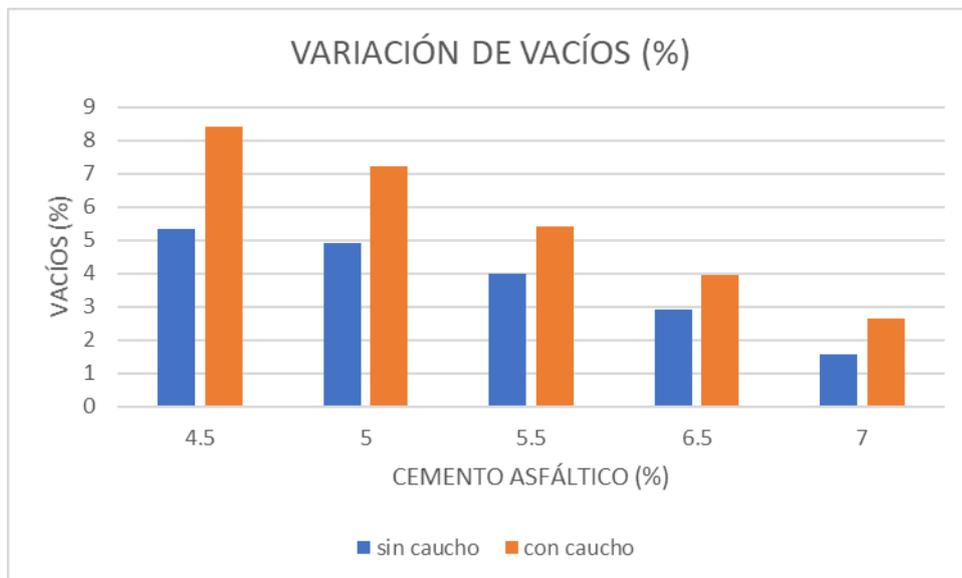
En la posterior tabla se observan los resultados respecto a los % de vacíos.

Tabla 13. Comparación de % de vacíos.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	VACÍOS sin caucho (%)	VACÍOS con caucho (%)
4.5	3	5.342	8.432
5	3.5	4.925	7.238
5.5	4.5	3.984	5.41
6.5	5.5	2.921	3.96
7	7	1.578	2.64

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Variación de los porcentajes de vacíos.



Fuente: Elaboración propia

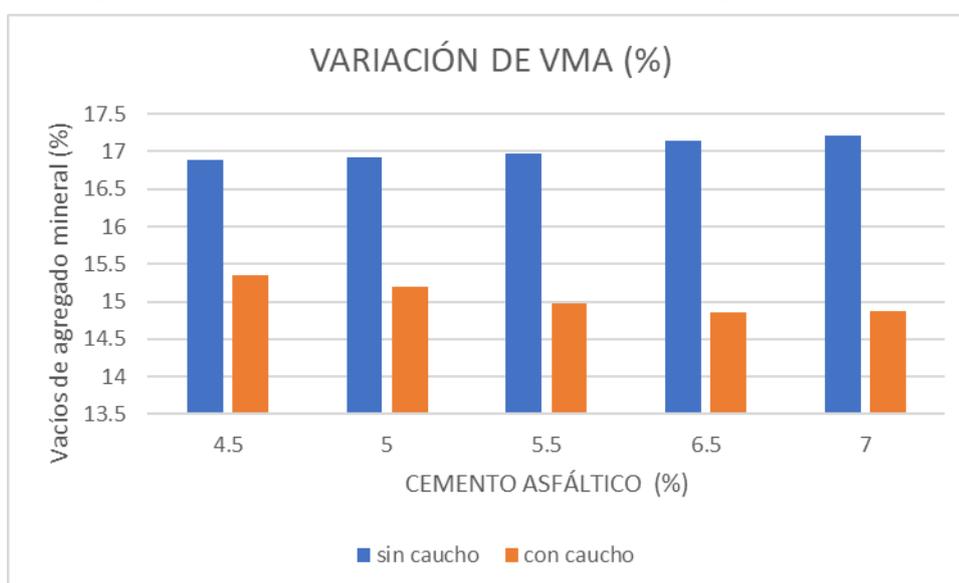
En la posterior tabla se muestran los resultados respecto a los % de VMA.

Tabla 14. Comparación de % de VMA.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	VMA sin caucho (%)	VMA con caucho (%)
4.5	3	16.89	15.354
5	3.5	16.93	15.195
5.5	4.5	16.98	14.971
6.5	5.5	17.14	14.863
7	7	17.21	14.878

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Variación de los porcentajes de vacíos de agregado mineral.



Fuente: Elaboración propia

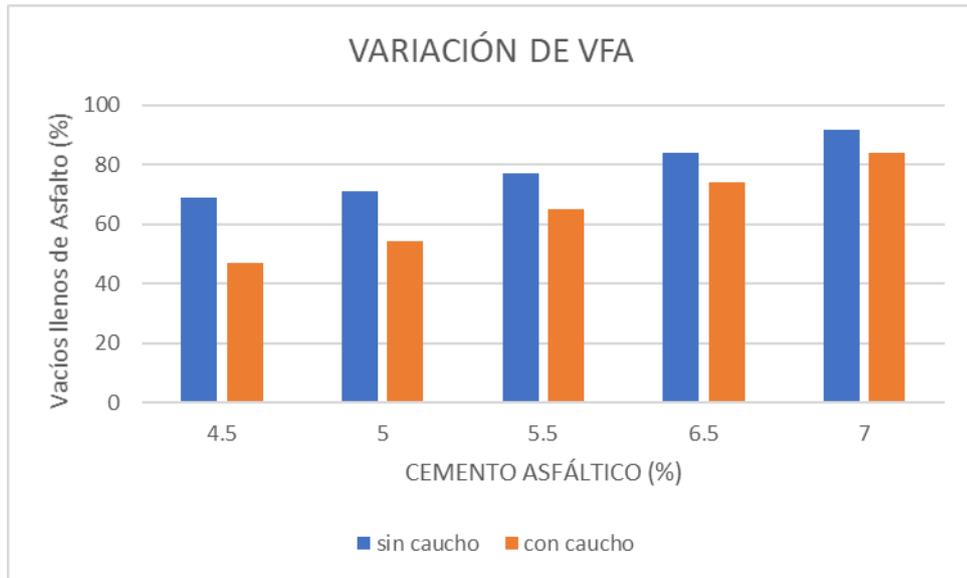
En la posterior tabla se observan los resultados de los % de VFA.

Tabla 15. Comparación de % de VFA.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	VFA sin caucho (%)	VFA con caucho (%)
4.5	3	68.81	46.96
5	3.5	70.83	54.21
5.5	4.5	76.86	64.93
6.5	5.5	84.01	74.21
7	7	91.63	83.97

Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Variación de los porcentajes de vacíos llenos de asfalto.



Fuente: Elaboración propia

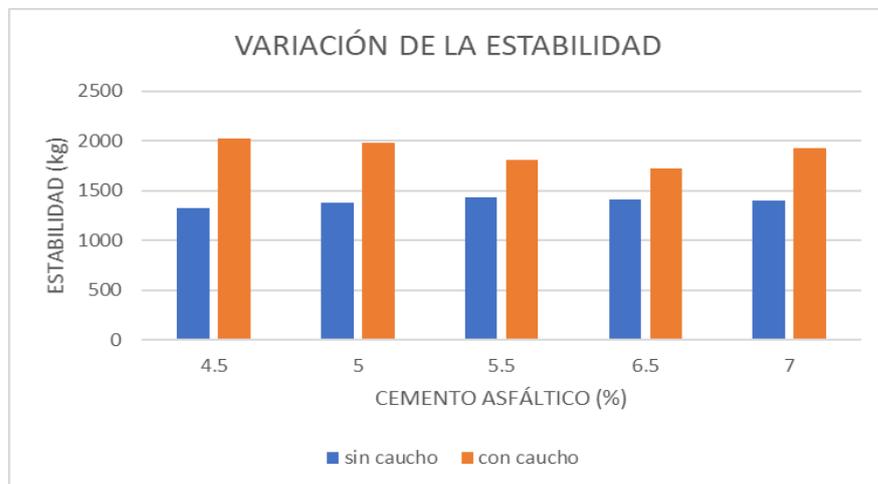
En la siguiente tabla se observan los resultados de la estabilidad en a la mezcla de asfalto.

Tabla 16. Comparación de la estabilidad de la mezcla asfáltica.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	Estabilidad sin caucho (kg)	Estabilidad con caucho (kg)
4.5	3	1322	2026
5	3.5	1383	1986
5.5	4.5	1429	1815
6.5	5.5	1411	1728
7	7	1403	1932

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Variación de la estabilidad en la mezcla asfáltica.



Fuente: Elaboración propia.

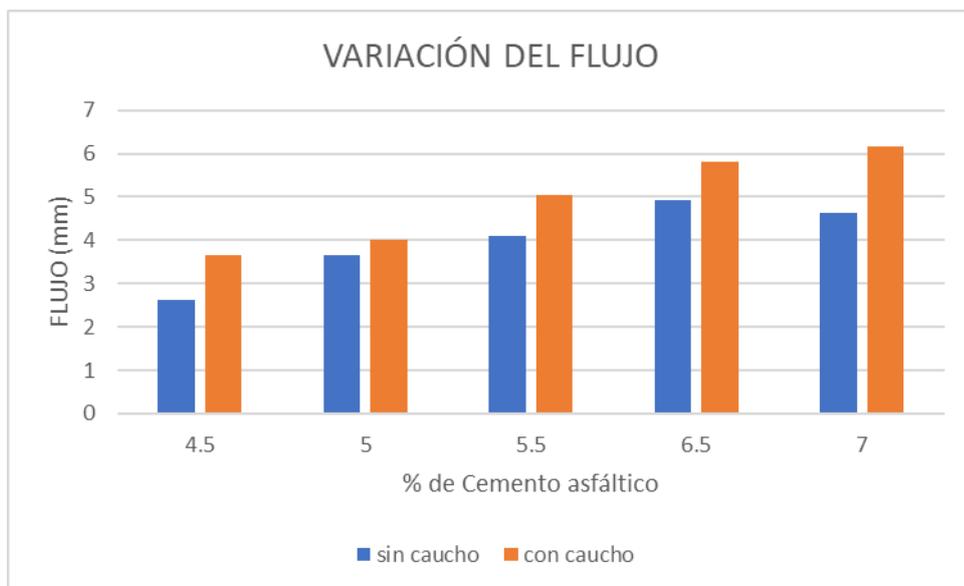
En la posterior tabla se observan los resultados del flujo en la mezcla de asfalto.

Tabla 17. Comparación del flujo en la mezcla asfáltica.

Porcentajes % de C.A.	% de caucho	flujo sin caucho (mm)	flujo con caucho (mm)
4.5	3	2.63	3.65
5	3.5	3.64	4.01
5.5	4.5	4.09	5.04
6.5	5.5	4.91	5.81
7	7	4.64	6.15

Fuente: Elaboración propia.

Figura 35. Variación del flujo en la mezcla asfáltica.



Fuente: Elaboración propia

#### Análisis de hipótesis específica 1

➤ Indicador: Flujo

Se utilizará las siguientes fórmulas en el análisis de hipótesis en cada indicador:

t= estadística de prueba

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{Sc_2}{n_1} + \frac{Sc_2}{n_2}}}$$

Donde:

X1 = Promedio de la muestra sin caucho reciclado = 3.866 mm

X2 = Promedio de la muestra con caucho reciclado = 4.680 mm

n1= 30

n2= 30

Sc2 = Varianza Común

$$Sc2 = \frac{(n1 - 1)S1^2 + (n2 - 1)S2^2}{n1 + n2 - 2}$$

Sx = Varianza muestral

$$Sx = \frac{\sum_{i=0}^n (x1-x2)^2}{N-1}$$

gl= grado de libertad

Sig = Significancia

$$Sig = \frac{X - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \text{ donde:}$$

X = Promedio del resultado de la variable analizada.

$\mu$  = Promedio poblacional de la variable a estudiar

S = Desviación estándar.

N = Tamaño de S

Sig sin caucho reciclado = 0,805

Sig con caucho reciclado = 0,422

- Prueba de Normalidad

Tabla 18. Prueba de normalidad para indicador Flujo

Prueba de normalidad				
Flujo	forma de la administración de la mezcla asfáltica	estadístico	Shapiro - wilk	
			gl	sig
	Sin caucho reciclado	0,958	5	0,805
	Con caucho reciclado	0,904	5	0,422

Fuente: Elaboración propia

La significancia fue de 0,805 sin caucho reciclado, mientras que la significancia fue 0,422 con caucho reciclado teniendo, así como resultado dos significancias superiores a 0,05 de manera que se interpreta que hay una existente normalidad en ambos análisis de las distribuciones, llegando a la conclusión que se debe usar la prueba de T de student para muestras independientes.

- Prueba de T de Student para muestras independientes.
  - Hipótesis
    - Ho: La adición de caucho reciclado no influye en el flujo de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
    - H1: La adición de caucho reciclado influye en el flujo de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
  - Nivel de significancia
    - $\alpha : 0,05$ .
  - Regla de rechazo
    - Si la relevancia (sig) <  $\alpha$ : se niega la Ho
    - Si la relevancia (sig) >  $\alpha$ : no se niega la Ho
  - Resultados

Tabla 19. Estadísticas descriptivas para el indicador Flujo

Estadísticas de grupo					
Flujo	Formas de administración de la mezcla asfáltica	N	MEDIA	Desv. Estándar	Desv. Error
					promedio
	Sin caucho reciclado	5	3.8597	0,90187	0,40352
	Con caucho reciclado	5	4.6780	139,764	0,63017

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra a nivel descriptivo que el indicador Flujo descriptivo sin caucho es menor al indicador descriptivo con caucho: 3,8597 mm < 4,6780 mm.

Tabla 20. Prueba de T de Student de muestras independientes para el indicador Flujo.

Fuente: Elaboración propia

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Sig bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig	t	gl				Inferior	Superior
FLUJO	Se asumen varianzas iguales	2.393	0.159	1.989	8	0.195	0.816	0.740	0.25204	0.8937

- Decisión

En conclusión con la relevancia dio 0,195 que a comparación de 0,05 (Margen de error del 5%) se decide rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se puede afirmar que la adición de caucho reciclado afecta a la propiedad del flujo de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible del Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

- Indicador: Estabilidad

- Prueba de Normalidad

Tabla 21. Prueba de normalidad para indicador Estabilidad

		Prueba de normalidad		
forma de la administración de la mezcla asfáltica		estadístico	Shapiro - wilk gl	sig
Estabilidad	Sin caucho reciclado	0,926	5	0,577
	Con caucho reciclado	0,955	5	0,800

Fuente: Elaboración propia

La significancia fue de 0,577 sin caucho reciclado, mientras que la significancia fue 0,800 con caucho reciclado teniendo, así como resultado dos significancias superiores a 0,05 de manera que se interpreta que hay una existente normalidad

en ambos análisis de las distribuciones, llegando a la conclusión que se debe usar la prueba de T de student para muestras independientes.

- Prueba de T de Student para muestras independientes.
  - Hipótesis
    - Ho: La adición de caucho reciclado no influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
    - H1: La adición de caucho reciclado influye en la estabilidad de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
  - Nivel de significancia
    - $\alpha : 0,05$ .
  - Regla de rechazo
    - Si la relevancia (sig) <  $\alpha$ : se niega la Ho
    - Si la relevancia (sig) >  $\alpha$ : no se niega la Ho
  - Resultados

Tabla 22. Estadísticas descriptivas para el indicador Estabilidad

Estadísticas de grupo					
	Formas de administración de la mezcla asfáltica	N	MEDIA	Desv. Estándar	Desv. Error promedio
Estabilidad	Sin caucho reciclado	5	1352.5180	78.27800	35.00289
	Con caucho reciclado	5	1849.1980	111.02565	49.65221

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observa a nivel descriptivo que el indicador Estabilidad descriptivo sin caucho es menor al indicador descriptivo con caucho: 1352.5180 < 1849.1980.

Tabla 23. Prueba de T de Student de muestras independientes para el indicador Estabilidad.

Fuente: Elaboración propia

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Sig bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig	t	gl				Inferior	Superior
ESTABILIDAD	Se asumen varianzas iguales	0.610	0.46	-8.361	8	0.219	53.1829	6.163	66.18320	37.9816

- Decisión

En conclusión con la relevancia dio 0,219 que a comparación de 0,05 (Margen de error del 5%) se decide rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se puede afirmar que la adición de caucho reciclado afecta a la propiedad de estabilidad de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible del Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

- Indicador: Vacíos

- Prueba de Normalidad

Tabla 24. Prueba de normalidad para indicador Vacíos.

Prueba de normalidad				
forma de la administración de la mezcla asfáltica		estadístico	Shapiro - wilk gl	sig
Vacíos	Sin caucho reciclado	0,928	5	0,597
	Con caucho reciclado	0,978	5	0,917

Fuente: Elaboración propia

La significancia fue de 0,928 sin caucho reciclado, mientras que la significancia fue 0,978 con caucho reciclado teniendo, así como resultado dos significancias superiores a 0,05 de manera que se interpreta que hay una existente normalidad en ambos análisis de las distribuciones, llegando a la conclusión que se debe usar la prueba de T de student para muestras independientes.

- Prueba de T de Student para muestras independientes.

- Hipótesis  
 Ho: La adición de caucho reciclado no influye en los vacíos de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.  
 H1: La adición de caucho reciclado influye en los vacíos de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
- Nivel de significancia  
 $\alpha : 0,05$ .
- Regla de rechazo  
 Si la relevancia (sig) <  $\alpha$ : se niega la Ho  
 Si la relevancia (sig) >  $\alpha$ : no se niega la Ho
- Resultados

Tabla 25. Estadísticas descriptivas para el indicador % de Vacíos

Estadísticas de grupo					
Formas de administración de la mezcla asfáltica		N	MEDIA	Desv. Estándar	Desv. Error promedio
% de vacíos	Sin caucho reciclado	5	3.6750	1.49768	0.66978
	Con caucho reciclado	5	5.3857	2.30579	1.03117

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra a nivel descriptivo que el indicador Vacíos descriptivo sin caucho es menor al indicador descriptivo con caucho:  $3.6750 < 5.3857$ .

Tabla 26. Prueba de T de Student de muestras independientes para el indicador Vacíos.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Sig bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig	t	gl				Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales		1.083	0.34	-1.379	8	0.202	-170.989	122.958	454.469	112.648

Fuente: Elaboración propia

- Decisión

El resultado de la significancia dio 0,202 que a comparación de 0,05 (Margen de error del 5%) se decide rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se puede afirmar que la adición de caucho reciclado afecta a la propiedad de vacíos de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible del Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

- Indicador: VMA (Vacíos de agregado mineral)

- Prueba de Normalidad

Tabla 27. Prueba de normalidad para indicador VMA.

Prueba de normalidad				
	forma de la administración de la mezcla asfáltica	Shapiro - wilk		
		estadístico	gl	sig
VMA	Sin caucho reciclado	0,935	5	0,644
	Con caucho reciclado	0,914	5	0,487

Fuente: Elaboración propia

La significancia fue de 0,644 sin caucho reciclado, mientras que la significancia fue 0,487 con caucho reciclado teniendo, así como resultado dos significancias superiores a 0,05 de manera que se interpreta que hay una existente normalidad

en ambos análisis de las distribuciones, llegando a la conclusión que se debe usar la prueba de T de student para muestras independientes.

- Prueba de T de Student para muestras independientes.
  - Hipótesis
    - Ho: La adición de caucho reciclado no influye en los vacíos de agregado mineral de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
    - H1: La adición de caucho reciclado influye en los vacíos de agregado mineral de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
  - Nivel de significancia
    - $\alpha : 0,05$ .
  - Regla de rechazo
    - Si la relevancia (sig) <  $\alpha$ : se niega la Ho
    - Si la relevancia (sig) >  $\alpha$ : no se niega la Ho
  - Resultados

Tabla 28. Estadísticas descriptivas para el indicador % de Vacíos de agregado mineral.

Estadísticas de grupo					
Formas de administración de la mezcla asfáltica		N	MEDIA	Desv. Estándar	Desv. Error promedio
% de VMA	Sin caucho reciclado	5	16.8257	0.26459	0.11829
	Con caucho reciclado	5	15.0421	0.29541	0.13210

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra a nivel descriptivo que el indicador Vacíos de agregado mineral descriptivo sin caucho es menor al indicador descriptivo con caucho:  $16.8257 > 15.0421$ .

Tabla 29. Prueba de T de Student de muestras independientes para el indicador Vacíos.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Sig bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig	t	gl				Inferior	Superior
% VMA	Se asumen varianzas iguales	0,06	0.8	10.058	8	0.001	178.398	0,17738	137.508	219.293

Fuente: Elaboración propia

- Decisión

En conclusión con la relevancia dio 0,001 que a comparación de 0,05 (Margen de error del 5%) se decide rechazar la hipótesis nula y por lo tanto se puede afirmar que la adición de caucho reciclado afecta a la propiedad de vacíos de agregado mineral de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible del Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

- Indicador: VFA (Vacíos llenos de asfalto)

- Prueba de Normalidad

Tabla 30. Prueba de normalidad para indicador VFA.

		Prueba de normalidad		
forma de la administración de la mezcla asfáltica		estadístico	Shapiro - wilk gl	sig
VFA	Sin caucho reciclado	0,944	5	0,677
	Con caucho reciclado	0,973	5	0,904

Fuente: Elaboración propia

La significancia fue de 0,677 sin caucho reciclado, mientras que la significancia fue 0,904 con caucho reciclado teniendo, así como resultado dos significancias superiores a 0,05 de manera que se interpreta que hay una existente normalidad en ambos análisis de las distribuciones, llegando a la conclusión que se debe usar la prueba de T de student para muestras independientes.

- Prueba de T de Student para muestras independientes.
- Hipótesis
  - Ho: La adición de caucho reciclado no influye en los vacíos llenos de asfalto de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
  - H1: La adición de caucho reciclado influye en los vacíos llenos de asfalto de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020.
- Nivel de significancia
  - $\alpha : 0,05$ .
- Regla de rechazo
  - Si la relevancia (sig) <  $\alpha$ : se niega la Ho
  - Si la relevancia (sig) >  $\alpha$ : no se niega la Ho
- Resultados

Tabla 31. Estadísticas descriptivas para el indicador vacíos llenos de asfalto.

Estadísticas de grupo					
	Formas de administración de la mezcla asfáltica	N	MEDIA	Desv. Estándar	Desv. Error promedio
VFA	Sin caucho reciclado	5	78.0878	9.19171	4.11065
	Con caucho reciclado	5	64.4179	14.75669	6.59943

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observa a nivel descriptivo que el indicador Vacíos de agregado mineral descriptivo sin caucho es menor al indicador descriptivo con caucho:  $78.0878 > 64.4179$ .

Tabla 32. Prueba de T de Student de muestras independientes para el indicador "Vacíos".

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		t	gl	Sig bilateral	Diferencia de medias	Diferencia de error Estandar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
	F	Sig	Inferior						Superior	
VFA	Se asumen varianzas iguales	1.122	0.32	1.761	8	0.116	1.368	777.495	425.904	315.9901

Fuente: Elaboración propia

- Decisión

En conclusión con la relevancia dio 0,116 que a comparación de 0,05 (Margen de error del 5%) se decide rechazar la hipótesis nula, consecuentemente se puede afirmar que la adición de caucho reciclado afecta a la propiedad de vacíos llenos de asfalto de la mezcla asfáltica en el diseño de pavimento flexible del Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.

## V. DISCUSIÓN

- Según (Salamanca, 2018) estableció que la mezcla de asfalto con adición de partículas de caucho reciclado es dos veces más rígida que una mezcla convencional, en la presente investigación se tuvo como resultado a comparación de una mezcla asfáltica con partículas de caucho reciclado es un 23% más rígida a comparación de mezcla de asfalto convencional.
- Según (Aimacaña,2017) indicó que la adición de PCR influye en un 50% en la estabilidad y flujo de la mezcla de asfalto, con la presente investigación en los resultados porcentuales de la estabilidad y flujo son del 29.5 % de la mezcla asfáltica, lo cual si es un indicio de influencia positiva en la propiedad estabilidad y flujo.
- Según (Trujillo,2015) afirma que la partícula de caucho reciclado tiende a denegar beneficios a las propiedades físicas de estabilidad y flujo a partir del 4.5% de adición de caucho, en la presente investigación se comprobó que a partir del 5.5% de adición de caucho se empieza a revertir el beneficio a la mezcla asfáltica.
- Según (Robles,2018) planteó que la partícula de caucho reciclado influye de manera positiva significativamente en las propiedades granulométricas de la mezcla de asfalto, los resultados de los ensayos niegan esta afirmación, porque la influencia de las propiedades granulométricas solo es de 0.04 gr/cc que en porcentaje sería 1.15%.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1. Se determinó con los ensayos realizados que el caucho reciclado favoreció positivamente en el diseño de pavimento flexible a razón de que las propiedades físicas que establece el método Marshall tuvieron mejoras como un 23% en flujo, 36% en estabilidad, reducción del % de VFA en un 14%, reducción VMA en un 12%, aumento de % de Vacíos.
- 6.2. Se determinó que los efectos que produce al adicionar caucho reciclado tuvieron un efecto positivo al diseño de pavimento flexible por el método Marshall es el de mejora de propiedades físicas como flujo siendo este un 23% más rígido, reducción de VFA en un 14% y VMA en un 12% teniendo como consecuencia una mezcla asfáltica menos permeable.
- 6.3. Se determinó que las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado no fueron beneficiados en el diseño de pavimento flexible al momento de realizar los ensayos, a causa de que el porcentaje de influencia es apenas del 1.15%.
- 6.4. Se determinó que la influencia del porcentaje de adición de caucho reciclado fue positiva en la dosificación hasta el 5.5% de adición de caucho, a partir del 6% de adición de caucho se empieza a revertir la mejora de la propiedad física estabilidad y flujo.

## VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la adición de partículas de caucho reciclado en la mezcla asfáltica de manera frecuente para las obras de pavimentos y mantenimientos de carreteras.
- Se recomienda adicionar caucho reciclado con fines de mejora exclusivamente como propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con un porcentaje de 5% siendo este el óptimo según el método Marshall.
- Es recomendable no considerar las propiedades granulométricas como mejora al adicionar caucho reciclado a la mezcla asfáltica a razón de que en los ensayos realizados solo se vio un 1.15% de beneficio en las propiedades granulométricas.

## REFERENCIAS

Aspectos del diseño Volumétrico de mezclas asfálticas. **Garnica, Paul, y otros. 2004.** 246, México : s.n., 2004.

**Capcha, Karla. 2018.** Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado,. Lima Perú : s.n., 2018.

**Carrizales, J. 2015.** Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos. Perú. : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

**Castro, Guillermo. 2007.** Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos. España : s.n., 2007.

Compactadas con martillo Marshall y compactador giratorio. **Universidad, Javeriana. 2014.** Bogotá : s.n., 2014.

**Díaz, Cesar. 2017.** IMPLEMENTACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR). Bogotá : s.n., 2017.

**Fernandez, Fredy. 2019.** Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas - Amazonas - 2017. Chachapoyas : s.n., 2019.

**Galeano, Nestor. 2016.** COMPORTAMIENTO, VIABILIDAD Y COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE. Bogotá D.C. : Universidad la gran colombia, 2016.

**Guamanquispe, F. 2017.** Análisis de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas con adición de caucho de llanta reciclado. Ecuador. : Universidad Técnica de, 2017.

**Hernandez, R. , Fernandez, R. y Baptista, P. 2014.** Metodología de la investigación. México : Edamsa Impresiones, 2014.

**Llago, R. 2015.** Empleo en mezclas asfálticas de caucho recuperado de neumáticos fuera de uso. Valencia, España. : s.n., 2015.

**Lo Presti, D. 2013.** Recycled tyre rubber modified bitumens for road asphalt mixtures: a literatura review. Construction and Building materials. [En línea] 29 de Setiembre de 2013.

[http://eprints.nottingham.ac.uk/3124/1/Lo\\_Presti\\_Recycled\\_tyre\\_rubber\\_modified\\_bitumens.pdf%20con%20asfalto%2080-100](http://eprints.nottingham.ac.uk/3124/1/Lo_Presti_Recycled_tyre_rubber_modified_bitumens.pdf%20con%20asfalto%2080-100).

**Maila, M. 2013.** Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (eva). Ecuador : Universidad Central, 2013.

**Montgomery, D. 2004.** Diseño y análisis de experimentos. 2da. Ed., 2004.

**MTC. 2018.** Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Resolución directorial N° 02-2018-MTC/14, 2018.

**—. 2016.** Manual de ensayo de materiales. Lima, Perú. : Dirección general de caminos y ferrocarriles., 2016.

**Nuñez, M. 2007.** Las Variables: Estructuras y Función en la hipótesis. 2007.

**Orellana, S. 2016.** Análisis del comportamiento y beneficios de las mezclas asfálticas tibias. Lima, Perú : Universidad Nacional de Ingeniería, 2016.

**Pereda, R. 2015.** Investigación de los asfaltos modificados con el uso del caucho reciclado de Llantas y su comparación técnica - económico con los asfaltos tradicionales. Trujillo, Perú. : s.n., 2015.

**Ramirez, Armando, Ladino, Ingrid y Rosas, Juan. 2014.** DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO CAUCHO TECNOLOGÍA GAP. Bogotá : s.n., 2014.

**Ramirez, L. M. 2011.** Pavimentos con polimeros reciclados. Antioquia, Colombia. : s.n., 2011.

**Ramirez, M. 2015.** Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera de la cantera san martin con cemento asfaltico pen 60/70 y emulsion asfaltica css-1hp. Trujillo, Perú. : Universidad Privada Antenor Orrego , 2015.

**Ramirez, N. 2006.** Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Chile. : Universidad de Chile, 2006.

**Rodriguez, K. 2005.** Mejora de una mezcla asfáltica drenante con adición de caucho e incorporación. Colombia : Pontificia Universidad Javierana Bogotá,, 2005.

**Ruiz, R. 2007.** El método científico y sus etapas. México D.F., México. : s.n., 2007.

**Santiago, A. 2018.** Prezi. [En línea] 29 de Mayo de 2018. <https://prezi.com/fviasedob7na/metodo-experimental/>.

**Silvestre, D. 2017.** Comparación técnica y económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima - 2017. Lima, Perú. : s.n., 2017.

**Torres, C. 2007.** Orientaciones básicas de metodología de la investigación científica. Novena Ed. Lima, Perú. : Libros y Publicaciones, 2007.

**Ubidia, Lucía. 2019.** Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chavez cdr. 01 - 09 Ciudad de Tarapoto - San Martín. Tarapoto - Perú : s.n., 2019.

**Valderrama, S. 2014.** Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. . Lima : San Marcos, 2014.

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** Especificaciones técnicas generales para construcción. 2013. Lima, Perú.

**RAY, S. y JHONSTON, D.** Chemical Engineering Desing Project, 1 edición, Glasgow, Bell and Bain, 1989, pag 87-97.

**Hernandez, R.** Diseño de una planta a nivel semipiloto para la preparación de mezclas azufro-asfálticas, tesis de grado. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 1999.

**Alcaldía mayor de bogota D.C. instituto de desarrollo urbano y universidad de los andes.** Estudio de las mejoras mecánicas de mezclas asfálticas con desechos de llantas. Bogota. 2002.

**Montgomery, D.** Diseño y análisis de experimentos (Segunda ed.). México, D.F., México: Limusa. 2004.

**American Society for Testing and Materials,** Standard Specification for Asphalt-Rubber Binder. ASTM D6114 / D6114M-09. West Conshohocken, Estados Unidos. 2009.

**Pérez, F y Rolando M.** Desarrollo de un Nuevo Procedimiento para la Evaluación del comportamiento a Fatiga de las Mezclas Bituminosas a Partir de su

Caracterización en un Ensayo a Tracción. Primer Premio Internacional a la Innovación en Carreteras Juan Antonio Fernández del Campo. España, 2005.

**Gonzales, D.** Beneficios de la adición de neumáticos reciclados en mezcla asfáltica. Ecuador, 2017.

**Alarcón, H.** Aspecto del diseño Volumétrico de Mezclas Asfálticas. México, 2004.

**Ramirez A.** Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología gap graded para la ciudad de Bogotá. Bogotá D.C. Colombia, 2014.

ANEXOS

**ANEXO 1**

---

**DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR**

Yo, Díaz Huiza, Luis Humberto, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo - Ate, revisor (a) del proyecto de investigación titulada

“Adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020”, del (de los) estudiante(s) Boza Portal, Jason Gerbart, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima, 23 de junio del 2020

.....  
Firma

Díaz Huiza, Luis Humberto

DNI: 08196873

## ANEXO 2

Adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia Lurigancho 2020						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización de Variables			METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Indicadores	
¿En qué medida favorece la adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020?	Determinar el favorecimiento del caucho reciclado en asfalto en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020	La adición del caucho reciclado en el asfalto favorecerá en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.	C a u c h o  r e c i c l a d o	Caucho	Granulometría	Tipo de estudio: Aplicada.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			Dosificación	Diseño de investigación: Experimental
¿Qué efectos produce la adición de caucho reciclado en el diseño pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020?	Determinar los efectos que produce al adicionar caucho en el diseño de pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020	La adición de caucho reciclado en asfalto tendrá un efecto positivo en el diseño de pavimento flexible por el método Marshall en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica 2020	A s f a l t o	Método Marshall	Flujo	Método de investigación: Cuantitativo
¿Cuáles son los resultados en las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020?	Determinar los resultados de las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho Chosica .	Las propiedades granulométricas al adicionar caucho reciclado beneficiarán en el diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020			Estabilidad	
¿Cómo influye el porcentaje de adición de caucho reciclado a la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano villa Leticia Lurigancho 2020?	Determinar la influencia del porcentaje de adición de caucho reciclado en la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano Villa Leticia Lurigancho 2020.	El porcentaje de adición de caucho reciclado influirá de manera positiva en la dosificación del diseño de pavimento flexible en el Asentamiento Humano villa Leticia Lurigancho 2020.			ASTM 3515	Granulometría
						Muestreo: No probabilístico (A conveniencia)
						Muestra: 30 briquetas.

**ANEXO N°4.**

Título de investigación:

**Adición de caucho reciclado en asfalto para el diseño de pavimento flexible en el asentamiento humano Villa Leticia uriganchó 2020”**

Apellidos y Nombres del investigador: Boza Portal, Jason Gerbart.

Apellidos y Nombre del experto:

N°	Cuestionario	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi Nunca	Nunca
1	¿De acuerdo a su Experiencia cree Ud. que los resultados del adicionar caucho reciclado a una mezcla asfáltica diseñada por el método Marshall influye positivamente en la mezcla asfáltica?					
2	¿De acuerdo a su Experiencia cree Ud. que los resultados del adicionar caucho reciclado a una mezcla asfáltica mejoran la propiedad del flujo de los especímenes compactados por el método Marshall?					
3	¿De acuerdo a su Experiencia cree Ud. que influye positivamente el adicionar caucho reciclado a una mezcla asfáltica mejoran la propiedad de estabilidad de los especímenes compactados por el método Marshall?					
4	¿De acuerdo a su Experiencia cree Ud. que los resultados del adicionar caucho reciclado a una mezcla asfáltica mejoran la propiedad en relación a los vacíos de los especímenes compactados por el método Marshall?					
5	¿De acuerdo a su Experiencia cree Ud. que los resultados del adicionar caucho reciclado a una mezcla asfáltica mejoran la propiedad granulométrica de los especímenes compactados por el método Marshall?					
6	¿En su experiencia cree Ud. que el adicionar caucho reciclado en un 3% a la mezcla asfáltica influye de forma positiva en el pavimento flexible?					
7	¿En su experiencia cree Ud. que el adicionar caucho reciclado en un 3.5% a la mezcla asfáltica influye de forma positiva en el pavimento flexible?					
8	¿En su experiencia cree Ud. que el adicionar caucho reciclado en un 4.5% a la mezcla asfáltica influye de forma positiva en el pavimento flexible?					
9	¿En su experiencia cree Ud. que el adicionar caucho reciclado en un 5.5% a la mezcla asfáltica influye de forma positiva en el pavimento flexible?					
10	¿En su experiencia cree Ud. que el adicionar caucho reciclado en un 7% a la mezcla asfáltica influye de forma positiva en el pavimento flexible?					

Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:      Aplicable [  ]      Aplicable después de corregir [  ]      No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez evaluador: \_\_\_\_\_ DNI: \_\_\_\_\_

Especialidad del evaluador: \_\_\_\_\_

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

\_\_\_\_\_  
Firma del Experto

**GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

<b>LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO</b>	<b>FORMATO DE ENSAYO F-ENAF-001</b>
<b>PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b> ASTM D1558 / ARIHTD	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: MEZCLAS ASFÁLTICAS

**DATOS DEL CUENTE Y MUESTRA**

**SOLICITANTE:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**ATENCIÓN:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**PROYECTO:** TESIS  
**UBICACIÓN:** GEO BORROVIC LABORATORIOS  
**TÉCNICO:** M. ALBORNOZ  
**F. EMISIÓN:** Miércoles 30 de Setiembre del 2020

**COMPONENTES DE LA MUESTRA**

**BITUMEN:** Contenido Óptimo cemento asfáltico PEN 60/70 (en peso de la mezcla asfáltica total)  
 Rice: 4.5% de MAC + 3% de adición de caucho (peso del contenido óptimo del cemento asfáltico)

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	UNO	1
1.- Peso del material	gr.	1762
2.- Peso de agua + frasco	gr.	11498
3.- Peso de agua + frasco + material	gr.	13040
4.- Peso de agua + material + frasco (ensayo)	gr.	12428.4
5.- Volumen	gr.	494.2
<b>PESO ESPECÍFICO MÁXIMO MAC. g/cm<sup>3</sup></b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.638</b>

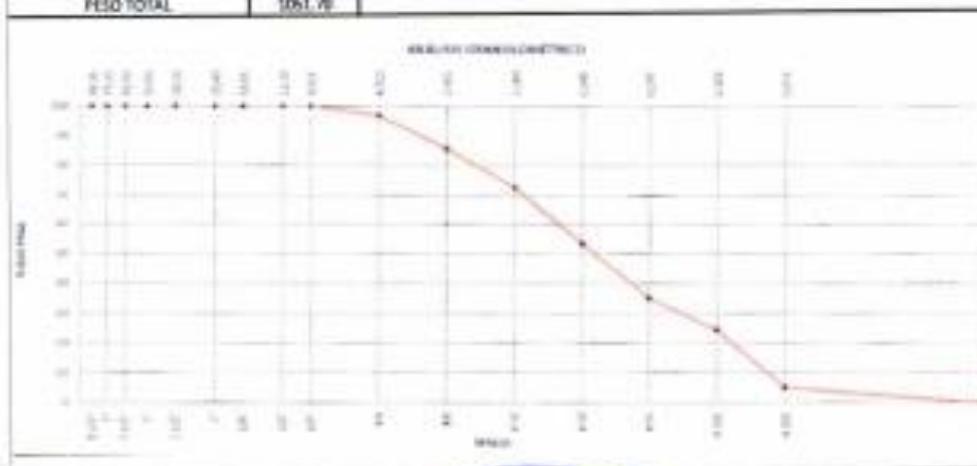
## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FORMATO DE ORDEN N° EMAF-206
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	SECCIÓN: L.0 MATERIAL: AGREGADO

N° de certificación: SM-DAT-16434

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA
<b>SOLICITANTE:</b> UGON GERBART BOZA PORTAL <b>ATENCIÓN:</b> UGON GERBART BOZA PORTAL <b>PROYECTO:</b> TESIS <b>UBICACIÓN:</b> GEO BORROVIC LABORATORIOS <b>TÉCNICO:</b> M. ALBORNOZ <b>E. EMISIÓN:</b> Lunes 28 de Setiembre del 2023 <b>CANTERA:</b> CAJAMARCA <b>MATERIAL:</b> CAUDO

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA						
MALLA	PESO RET. (g)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASA ACUM.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
4"	121.60 mm	0.00	0.00	0.00	100	<b>MÓDULO DE FINEZA</b> 2.32 <b>TAMAÑO MÁXIMO</b> 3/8"
3 1/2"	89.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	
3"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100	
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
2"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100	
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100	
1"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE TARA (g)
3/4"	19.05 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
1/2"	12.70 mm	0.00	0.00	0.00	100	PESO DE MUESTRA SECA (g)
3/8"	9.53 mm	0.00	0.00	0.00	100	% DE HUMEDAD
40	4.75 mm	32.48	3.08	3.08	96.92	<b>MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200</b>
60	2.50 mm	120.50	11.46	14.54	85.46	
#100	1.18 mm	185.20	17.86	32.40	67.60	PESO DE MUESTRA HÚMEDA (g)
#200	0.85 mm	201.30	19.14	51.54	48.47	PESO DE MUESTRA SECA LAVADA (g)
#50	0.30 mm	182.40	17.29	68.83	31.17	% Material pasante la malla N° 200
#300	0.25 mm	112.00	10.65	79.48	20.52	<b>OBSERVACIONES</b>
#400	0.075 mm	205.60	19.55	99.03	0.97	
FONDO		52.80	4.97	100.00	0.00	
<b>PESO TOTAL</b>		<b>1061.70</b>				




## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	FIRMA DEL INGENIERO E-001-004
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL	FIRMA DEL MATERIAL MUESTREADO

N° de certificado: 001-041-19425

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA
<b>SOLICITANTE:</b> JACOB ORIBERT BELLA PORTA <b>ATENCIÓN:</b> JACOB ORIBERT BELLA PORTA <b>PROYECTO:</b> EDS <b>UBICACIÓN:</b> GEO BORROVIC LABORATORIOS <b>TÉCNICO:</b> M. BACHINO <b>F. EMISIÓN:</b> Lima 28 de Setiembre del 2023 <b>CANTON:</b> CAJAMARCA <b>MATERIAL:</b> AGREGADO GRUESO TIPO IV

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA								CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
MALLA	PESO RET. (g)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASEA ACUM.	ASTM "UM SUP."	ASTM "UM INF."			
4"	82.52 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
1 1/2"	89.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	MÓDULO DE FINEZA	
2"	76.20 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	TAMAÑO MÁXIMO	
2 1/2"	63.50 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
3"	50.80 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100		
1 1/2"	38.10 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	CONTENIDO DE HUMEDAD	
2"	25.40 mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE TARA (g)	3064
3/4"	19.05 mm	124.00	1.98	1.98	97.62	99	100	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)	8300
1/2"	11.75 mm	2704.00	28.80	31.28	66.72	10	79	PESO DE MUESTRA SECA (g)	8145
3/8"	9.50 mm	2536.00	26.49	56.21	41.79	23	55	% DE HUMEDAD	3.82%
#4	4.75 mm	5738.00	59.80	96.31	1.99	0.00	10	MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200	
#6	2.50 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	1	PESO DE TARA (g)	1094
#16	1.18 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	0.25	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)	8145
#30	0.50 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	0.08	PESO DE MUESTRA SECA LAVADA (g)	8005
#60	0.25 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	0.00	% Material pasado la malla # 200	1.98%
#100	0.15 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	0.00	OBSERVACIONES	
#200	0.075 mm	0.00	0.00	96.31	1.99	0.00	0.00		
FOLDO		147.36	1.99	100.00	0.00	0.00	0.00		
PESO TOTAL		9263.00							



  
 Ing. M. Bachino  
 Técnico de Laboratorio



# GEO BORROVIC

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	EMAF-004
ENSAYO DE ABRASION - MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	REVISIÓN 1.0 MATERIAL: AGREGADO

N° de certificado: EDA-MDA-13364

### DATOS DEL CUENTE Y MUESTRA

SOLICITANTE: JASON GERBART BOZA PORTAL  
 ATENCIÓN : JASON GERBART BOZA PORTAL  
 PROYECTO : TESIS  
 UBICACIÓN : GEO BORROVIC LABORATORIOS  
 TÉCNICO : M. ALBORNOZ  
 F. ENSAYO : Lunes 28 de Setiembre del 2020  
 F. EMISIÓN : Miércoles 30 de Setiembre del 2020  
 CANTERA : JICAMARCA  
 MUESTRA : AGREGADO GRUESO TM 4"  
 UBICACIÓN : CAJAMARQUILLA

TAMIZ QUE PASA		TAMIZ RETENIDO		GRADUACIONES			
(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	A	B	C	ND
75 mm	3"	63 mm	2 1/2"				
63 mm	2 1/2"	50 mm	2"				
50 mm	2"	37.5 mm	1 1/2"				
37.5 mm	1 1/2"	25 mm	1"				
25 mm	1"	19 mm	3/4"				
19 mm	3/4"	12.5 mm	1/2"				
12.5 mm	1/2"	9.50 mm	3/8"		2498.1		
9.5 mm	3/8"	6.30 mm	1/4"		2499		
6.30 mm	1/4"	4.75 mm	N° 4				
4.75 mm	N° 4	4.75 mm	N° 8				

PESO TOTAL	4997.1		
PESO DESPUÉS DEL ENSAYO	4438.0		
PERDIDA OBTENIDA	548.00		
N° DE ESFERAS	11		
N° DE REVOLUCIONES	500		
PESO DE LAS ESFERAS	4573.00		
PORCENTAJE OBTENIDO	10%		

Observaciones: La muestra fue proporcionada por el cliente.

Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho –  
 Chosica – cel. 962565636 Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com



# GEO BORROVIC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

<b>LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO</b>	<b>FORMATO DE ENSAYO F-ENAF-001</b>
<b>PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b> ASTM D1558 / ASFALTO	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: MEZCLAS ASFÁLTICAS

### **DATOS DEL CUENTE Y MUESTRA**

**SOLICITANTE:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**ATENCIÓN:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**PROYECTO:** TESIS  
**UBICACIÓN:** GEO BORROVIC LABORATORIOS  
**TÉCNICO:** M. ALBORNOZ  
**F. EMISIÓN:** Miércoles 30 de Setiembre del 2020

### **COMPONENTES DE LA MUESTRA**

**BITUMEN:** Contenido Óptimo cemento asfáltico PEN 60/70 (en peso de la mezcla asfáltica total)

rica: 5% (peso del contenido óptimo del cemento asfáltico)

<b>IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA</b>	<b>UND</b>	<b>3</b>
1.- Peso del material	gr.	1749
2.- Peso de agua + frasco	gr.	11490
3.- Peso de agua + frasco + material	gr.	13048
4.- Peso de agua + material + frasco (ensayo)	gr.	12423.8
5.- Volumen	gr.	490.1
<b>PESO ESPECÍFICO MÁXIMO MAC. g/cm<sup>3</sup></b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.569</b>

**Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho – Chosica – cel. 962565636 Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com**

**Chosica – cel. 962565636 Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com**

**GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

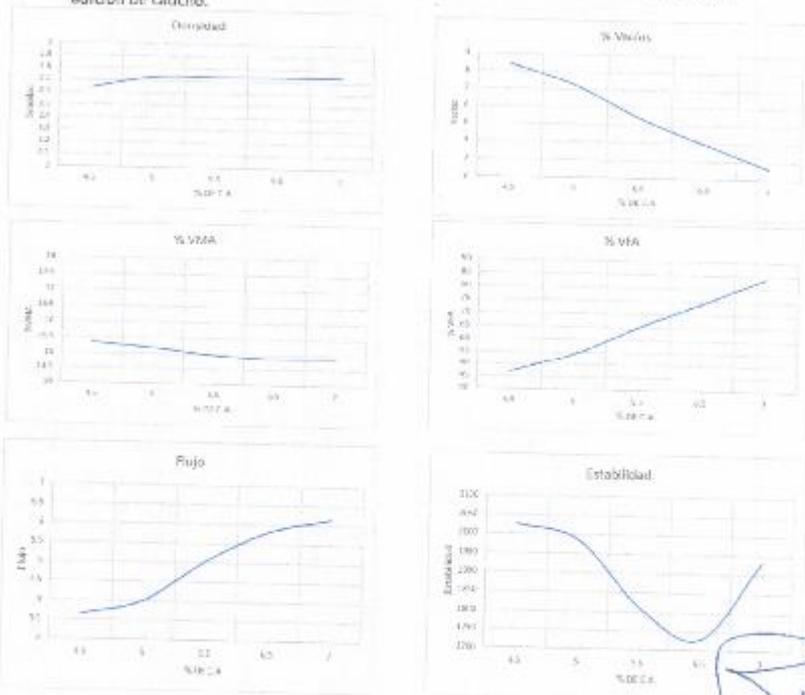
LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO	RESULTADOS F-EMAS-002
RESULTADO DE ENSAYO MARSHALL EN MEZCLA ASFÁLTICA AFIM 0358	REVISIÓN 1.0 MATERIAL: MEZCLAS ASFÁLTICAS

**DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA**

**SOLICITANTE:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**ATENCIÓN:** JASON GERBART BOZA PORTAL  
**PROYECTO:** TESIS  
**UBICACIÓN:** GEO BORROVIC LABORATORIOS  
**TÉCNICO:** M. ALBORNOZ  
**F. EMISIÓN:** Viernes 20 de Noviembre del 2020

**RESULTADOS DE BRIQUETAS DE C.A.**

**BITUMEN:** Conteniendo Óptimo cemento asfáltico PEN 60/10 (en peso de la mezcla asfáltica total) + adición de caucho.



Dirección. Av. Cajamarquilla 15798 Parcela N° 4 Lurigancho –  
 Chosica – cel. 962565636 Mecanicadesuelosgeoborrovic@hotmail.com

**GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

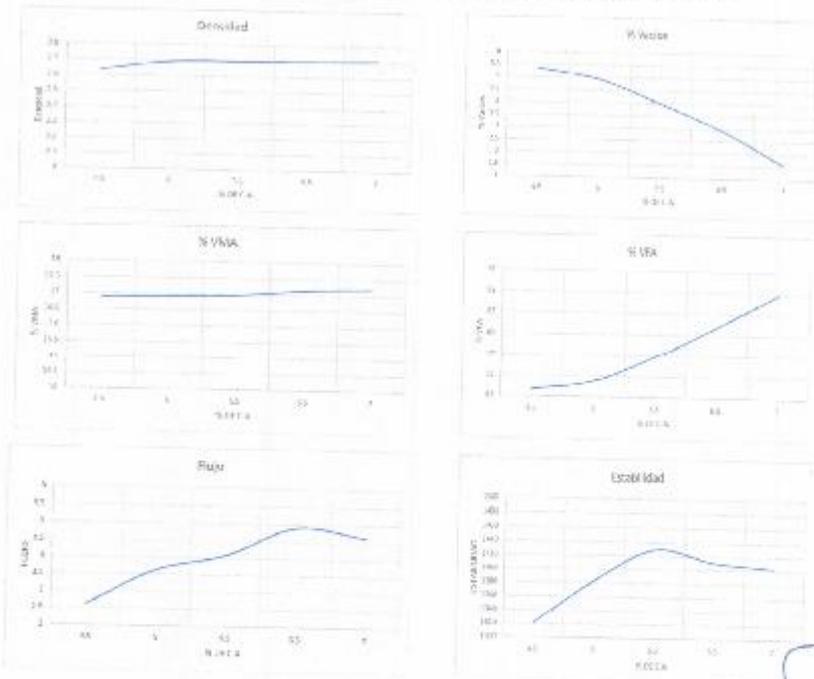
<b>LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y ASFALTO</b>	<b>RESULTADOS I-EMAF-011</b>
<b>RESULTADO DE ENSAYO MARSHALL EN MEZCLA ASFÁLTICA</b> ASTM D1559	REVISIÓN: 1.0 MATERIAL: MEZCLAS ASFÁLTICAS

**DATOS DEL CUENTE Y MUESTRA**

SOLICITANTE: JASON GERBART BOZA PORTAL  
 ATENCIÓN : JASON GERBART BOZA PORTAL  
 PROYECTO : TESIS  
 UBICACIÓN : GEO BORROVIC LABORATORIOS  
 TÉCNICO : M. ALBORNOZ  
 F. EMISIÓN : Viernes 20 de Noviembre del 2020

**RESULTADOS DE BRIQUETAS DE C.A.**

**BITUMEN** : Contenido Óptimo cemento asfáltico PEN 60/70 (en peso de la mezcla asfáltica total)



*[Handwritten signature]*

**GEO BORROVIC LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

LABORATORIO DE SUELOS, AGREGADOS Y AGRICULTO	FORMA DE ENSAYO: 1 (2014-06)
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO, GRUESO Y GLOBAL</b>	ESTACIÓN: 1.0 MATERIAL: AGREGADO

Nº de certificado: IM-DAL-1605

DATOS DEL CLIENTE Y MUESTRA	
<b>INDICATIVO:</b>	LAGÓN GERBERT AGUA PORTA
<b>FECHA:</b>	LAGÓN GERBERT AGUA PORTA
<b>PROYECTO:</b>	TES
<b>UBICACIÓN:</b>	GEO BORROVIC LABORATORIOS
<b>TÉCNICO:</b>	M. ALBORNOZ
<b>FECHA DE EMISIÓN:</b>	Sept. 29 de Septiembre del 2020
<b>CANTIDAD:</b>	100000
<b>MATERIAL:</b>	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA								
MALLA		PESO RET. (g)	PESO RET. (%)	PESO RET. ACUM. (%)	% PASA ACUM.	ASTM "UM SUP."	ASTM "UM INT."	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS
4"	101.60mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	
3 1/2"	88.90mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	MÓDULO DE FINEZA
3"	76.20mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	TAMAÑO MÁXIMO
2 1/2"	63.50mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	
2"	50.80mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	CONTENIDO DE HUMEDAD
1 1/2"	38.10mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE TARA (g)
1"	25.40mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)
3/4"	19.05mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	PESO DE MUESTRA SECA (g)
1/2"	12.50mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	% DE HUMEDAD
3/8"	9.53mm	0.00	0.00	0.00	100	100	100	MATERIAL PASANTE DE LA MALLA #200
#20	4.75mm	4.40	0.46	0.46	99.54	99.54	100	PESO DE TARA (g)
#40	2.36mm	120.79	12.71	13.17	87.29	87.29	100	PESO DE MUESTRA HUMEDA (g)
#60	1.18mm	196.30	20.04	33.21	70.00	70.00	100	PESO DE MUESTRA SECA (LAJADA) (g)
#80	0.59mm	174.80	18.49	51.70	48.30	48.30	100	% Material pasante la malla N° 200
#100	0.30mm	137.90	14.36	66.06	33.94	33.94	100	OBSERVACIONES
#200	0.15mm	119.80	12.59	78.65	21.35	21.35	100	
#300	0.075mm	74.30	7.81	86.46	13.54	13.54	100	
FONDO		129.80	13.35	100.00	0.00	0.00	0.00	
PESO TOTAL		965.90						



*[Firma manuscrita]*  
 M. ALBORNOZ  
 Técnico Laboratorio

## REGISTRO FOTOGRÁFICO



*Figura 30. Ensayo granulométrico (Peso de agregados)*



*Figura 31. Ensayo granulométrico (Peso de caucho)*



*Figura 32. Ensayo de abrasión los Ángeles.*



*Figura 33. Asentamiento del agregado fino*



*Figura 34. Secado de materiales (salida de horno)*