



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho  
reciclado en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**AUTORES:**

Condezo Campos, Ricardo Rafael (ORCID: 0000-0001-9529-1776)

Jiménez Lazo, Neyter Luis (ORCID: 0000-0003-4365-4242)

**ASESOR:**

Mg. Robert Wilfredo Sigüenza Abanto (ORCID: 0000-0001-8850-8463)

**LINEA DE INVESTIGACION:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

**2021**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo está dedicado a nuestros padres por su apoyo y confianza que me están brindando para realizar nuestro desarrollo de proyecto aplicando todo lo aprendido en la universidad, y por los profesores.

## **Agradecimiento**

Ante todo, agradecer a dios y a nuestros padres, por saber guiarnos y ser parte de todos nuestros ciclos de carrera, también a agradecer a los profesores por sus enseñanzas y conocimiento que nos brindaron a lo largo de todos estos tiempos en la universidad.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Caratula	
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	24
3.5. Procedimientos.....	25
3.6. Método de análisis de datos.....	25
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
V. DISCUSION.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	62
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Descripción técnica del neumático.....	13
Tabla 2. Propiedades del asfalto.....	17
Tabla 3. Características del caucho.....	19
Tabla 4. Datos de la primera calicata.....	28
Tabla 5. Análisis granulométrico de Calicata 1.....	29
Tabla 6. Datos de la segunda calicata.....	30
Tabla 7. Análisis granulométrico de Calicata 2.....	31
Tabla 8. Descripción de la muestra Calicata 1.....	35
Tabla 9. Descripción de la muestra Calicata 2.....	35
Tabla 10. Compactación próctor modificado Calicata 1.....	37
Tabla 11. Compactación proctor modificado Calicata 2.....	38
Tabla 12. Datos de muestra Calicata 1.....	40
Tabla 13. Determinación de C.B.R. Calicata 1.....	41
Tabla 14. Datos de muestra Calicata 2.....	41
Tabla 15. Determinación de C.B.R. Calicata 2.....	42
Tabla 16. Manual de carreteras: categoría de sub rasante MTC.....	42
Tabla 17. Resumen de Ensayo de CBR.....	43
Tabla 18. Parámetros de Diseño.....	44
Tabla 19. Confiabilidad recomendada por AASHTO 93 (Pag. 99).....	45
Tabla 20. De acuerdo a la AASHTO 93, en la página 84 .....	45
Tabla 21. De acuerdo a la AASHTO 93, en la página 84 .....	46
Tabla 22. Se contemplarán 3 comparativas de diseño.....	48
Tabla 23. Resultados de la capa del diseño.....	49
Tabla 24. Diseño del espesor según su porcentaje de caucho .....	50
Tabla 25. Materiales para el diseño de la mezcla incorporando caucho.....	53

Tabla 26. Parámetros de diseño del método Marshall.....	56
Tabla 27. Análisis granulométrico.....	57
Tabla 28. Análisis granulométrico.....	59
Tabla 29. Resultados del diseño convencional y diseño modificado.....	62

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura de un pavimento.....	15
Figura 2. Proceso de obtención del asfalto.....	16
Figura 3. Neumático, Fuente: GOODYEAR.....	18
Figura 4. Proceso de obtención del asfalto con caucho reciclado.....	20
Figura 5. Recolección de muestras.....	28
Figura 6. Análisis granulométrico calicata 1.....	29
Figura 7. Recolección de muestras.....	30
Figura 8. Análisis granulométrico calicata 2.....	31
Figura 9. Clasificación de suelo.....	32
Figura 10. Muestra de limite liquido.....	34
Figura 11. Muestra de limite plástico.....	34
Figura 12. Proctor modificado primera muestra de suelo.....	36
Figura 13. Relación humedad – densidad.....	37
Figura 14. Relación humedad – densidad.....	38
Figura 15. Muestra del ensayo CBR.....	40
Figura 16. Gráficos de golpes C.B.R.....	40
Figura 17. Determinación de C.B.R.....	41
Figura 18. Gráficos de golpes C.B.R.....	41
Figura 19. Determinación de C.B.R.....	42

Figura 20. Nomograma para estimar el coeficiente estructural.....	48
Figura 21. Curva granulométrica.....	54
Figura 22. Diseño del asfalto método Marshall .....	55
Figura 23. Probetas obtenidas del diseño .....	55
Figura 24. Granulometría del diseño Marshall .....	56
Figura 25. Granulometría del diseño con caucho .....	57
Figura 26. Obtención del caucho reciclado .....	58
Figura 27. Clasificación del caucho .....	58
Figura 28. Clasificación del caucho .....	60
Figura 29. Muestras llevadas al horno .....	60
Figura 30. Muestras llevadas al horno.....	61
Figura 31. Proporciones de estabilidad.....	63
Figura 32. Proporciones de flujo.....	64
Figura 33. Proporciones de vacíos.....	65



## RESUMEN

Este presente desarrollo de investigación titulada “Diseño Estructural del Pavimento Flexible Incorporando Caucho Reciclado en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021”. Tiene como objetivo principal de demostrar que al incorporar el grano de caucho reciclado que tendrá mayor beneficio a una mezcla asfáltica convencional teniendo una mejor reacción a sus propiedades, para ello se generó la siguiente pregunta ¿De qué manera influye la incorporación el caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible ante una mezcla asfáltica convencional?; Siendo una investigación experimental aplicada, cuantitativa. Las muestras establecidas están compuestas por briquetas de asfalto donde una será convencional y otra será mejorada incorporándole el grano de caucho reciclado obtenidos por neumáticos en desechos. Se obtuvo los datos y resultados que se realizó con el apoyo del laboratorio. Donde realizamos un diseño patrón que sería la mezcla asfáltica convencional y para obtener nuestra mezcla modificada hicimos 12 mezclas más con incorporación de caucho reciclado de porcentaje (2% y 4.5%), se tomaron en relación al agregado fino de la mezcla consecutivamente y se apuntan los resultados para obtener lo que estamos buscando para ello saldrá por medio del ensayo del Método Marshall. Obteniendo un mejor comportamiento con el 2% de GCR.

**Palabras claves:** grano de caucho, mezcla asfáltica, diseño convencional, estabilidad y flujo.

## ABSTRAC

This present research development entitled "Structural Design of Flexible Pavement Incorporating Recycled Rubber in Avenue the Sol, Chorrillos 2021". Its main objective is to demonstrate that by incorporating the recycled rubber grain that will have greater benefit to a conventional asphalt mixture having a better reaction to its properties, for this the following question was generated: In what way does the incorporation of recycled rubber influence the structural design of the flexible pavement before a conventional asphalt mix ?; Being an applied, quantitative experimental research. The established samples are made up of asphalt briquettes where one will be conventional and the other will be improved by incorporating the recycled rubber obtained from waste tires. The data and results were obtained and carried out with the support of the laboratory. Where we made a standard design that would be the conventional asphalt mix and to obtain our modified mix we made 12 more mixes with the incorporation of percentage recycled rubber (2% and 4.5%), they were taken in relation to the fine aggregate of the mix consecutively and they are noted The results to obtain what we are looking for will come out through the Marshall Method test. Obtaining a better performance with 2% of GCR.

**Keywords:** rubber grain, asphalt mix, conventional design, stability and flow.

# **I. INTRODUCCION**

En los últimos 50 años, con la necesidad de expandirse hacia todos los horizontes y conectarse con los pueblos más alejados de las ciudades esto llevo la construcción de kilómetros de vías de comunicación.

A nivel global la mayoría de las vías de comunicación ya cumplieron el tiempo de vida útil y ya no cumplen con todas las exigencias de los transportistas de estas vías, por ende, también influye los factores media ambientales como también la seguridad. Con esta necesidad surge implementar nuevas técnicas de metodología y tecnología en la ingeniería de construcción en vías de comunicación. Por ello el diseño de pavimento con polímero reciclado que es el derivado de los neumáticos desgastados con esto podremos lidiar los problemas en las construcciones del pavimento, en el Perú hay un total de 78.200 km de pistas asfaltadas de lo cual el 10 000 km no están asfaltadas, del total de las pistas asfaltadas un cincuenta por ciento se encuentra en un mal estado o no reciben un adecuado mantenimiento.

Según Cardoza Zambrano, (2019). El caucho en la mezcla asfáltica del pavimento ha tenido un buen desempeño en Colombia que, a diferencia de otro país, le dieron un método innovador a la utilización del polímero reciclado, esta tiene unos numerosos beneficios en la utilización del caucho en el periodo de su vida útil tiene mayor resistencia a sus cargas transmitidas que generan los vehículos, también hay que resaltar que el caucho es mayormente utilizado en cuanto a la modificación y mantenimiento de las capas asfálticas de pavimento.

Dicho estudio se conlleva con el documento que estas focalizado en la preparacion del diseño de la mezcla en el país de Ecuador con la implementación del polvo de caucho reciclados ,ya que este tipo de material resulta muy fiable para la mejorar las características del pavimento y combatir con los problemas ambientales que esta ocasionado por el mal manejo de estos residuos, estos generan beneficios para los pavimentos , la mezcla asfáltica incorporado el polvo de caucho reciclado generan beneficios como aumentar su periodo de durabilidad en los pavimentos a diferencia de los materiales convencionales utilizados , este pavimento con polvo de caucho reciclado son económicas a largo plazo porque no requiere un mantenimiento seguido.

En el Perú el uso del polímero reciclado es muy bajo, por lo cual no están incluidos en los procesos constructivos de los pavimentos a diferencia de los otros países de América, en lo que los polímeros reciclados tienen una influencia positiva en la construcción que ha resultado fiable y económico. La norma ASTM (American Society for Testing and Materials) menciona que el caucho incrementa las propiedades físicas y químicas de los pavimentos flexibles, la reutilización de caucho en la construcción de pavimentos presenta nuevos métodos y técnicas innovadoras, la reutilización de caucho en el diseño de pavimentos flexibles las llantas generan gases muy tóxicos que incrementa la pérdida de vidas en nuestro hábitat por ello estamos aplicando esta técnica de reutilización del caucho estamos buscando disminuir la contaminación provocada por los neumáticos.

Ante esta problemática existente la imperiosa necesidad de un mejor desarrollo para el país con la tecnología en el Perú los pavimentos tendrán como finalidad que se logre alcanzar una mejor duración de vida útil para la que serán utilizadas y diseñadas.

En la Avenida el Sol del distrito de Chorrillos nos encontramos con una pavimentación defectuosa, dañada y desgastada, donde es una vía muy transitada por los vehículos, que conecta a la Estación Matellini del Metropolitano siendo un acceso de vía muy transitada para todos.

Esta pavimentación que observamos en la vía principal de Avenida el Sol, es muy accidentada para los vehículos que transitan por esta avenida, donde se puede originar accidentes de tránsito, golpear y malograr los vehículos ya que la transitabilidad es constante y más en horas de ir a sus labores de trabajo, estudios, y esto genera un caos, un embotellamiento de tránsito, un problema por la mala pavimentación que observamos y se ven perjudicados la población, donde el avance de los vehículos no es fluido y es obstaculizado por el desgaste del asfalto.

Para dar una solución a nuestra realidad problemática aplicaremos nuestro diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclable en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021. Innovando y mejorando el desarrollo del país donde también nos ayudará a reducir la contaminación generada por los neumáticos de los vehículos.

Por ello principalmente este presente proyecto de investigación planteamos como problema general: ¿De qué manera influye el caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?, en los problemas específicos tenemos como: ¿De qué manera influye el caucho reciclado en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?, ¿De qué manera influye el diseño del pavimento flexible aplicando caucho reciclado en la mezcla asfáltica del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?, y para finalizar, ¿De qué manera influye la incorporación del caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas ante las cargas del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?.

Este proyecto de investigación tiene como justificación, proporcionar una mejora en beneficio a la sociedad y el avance económico del país, ya que nos permitirá contribuir en los ámbitos de los siguientes sectores como el transporte, salud, educación y como factor principal contribuiremos con la reducción de la contaminación ambiental.

De esta manera brindaremos nuevas alternativas de solución con la incorporación del caucho reciclado en los procesos constructivos utilizando la tecnología y nuevos métodos de construcción.

La vía de comunicación es necesario para el desarrollo y crecimiento de un país, por ello estas vías tienen que ser factibles y transitables y generar menos costo a las vías que son construidas con materiales convencionales, la incorporación del caucho reciclado tiene varios beneficios y propiedades físicas en el pavimento flexible, incrementando su resistencia y la vida útil.

Como objetivo general tenemos que: Determinar de qué manera influye el caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021, y como objetivo específico tenemos que: Determinar de qué manera influye el caucho reciclado en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del diseño del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021; Determinar el diseño del pavimento flexible aplicando caucho reciclado en la mezcla asfáltica de la Avenida el Sol Chorrillos 2021; y para finalizar; Determinaremos de qué manera influye la

incorporación del caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas ante las cargas del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.

A continuación, mencionaremos la hipótesis general: El caucho reciclado influye satisfactoriamente en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.

En las hipótesis específicas: El caucho reciclado influye satisfactoriamente en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021; El diseño de la mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado favorece satisfactoriamente en el pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021; y para finalizar; La estabilidad de la mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado influye satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.

## **II. MARCO TEORICO**



A continuación, hablaremos de los antecedentes, iniciando con los internacionales, nacionales y locales en las cuales nos brindara información sobre nuestra investigación.

Según Herrera Moreno, (2021) Este proyecto “Análisis comparativo de los parámetros para la estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica MDC-25 con una mezcla asfáltica modificada con grano de caucho reciclado”, se enfoca en la comparación de la estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica MDC-25 y otra modificada con agregado de grano de caucho reciclado, ofreciendo una mejor opción de solución a las dificultades medio ambientales, de salud y aquellos que afectan al asfalto. En los principales problemas medio ambientales y de salud que causan las llantas desechadas están: la quema al aire libre y daño en la capa de ozono, estas pueden ser ideales para la reproducción de mosquitos que causa el dengue. Por otra parte, los problemas que afectan al asfalto son: deformación permanente y fisuramiento. Para la elaboración de la mezcla asfáltica MDC-25 se propuso un 5,5% de asfalto óptimo para realizar las diferentes briquetas que serán ensayadas por el método Marshall para obtener los resultados del flujo y la estabilidad en cada muestra. Con base en los resultados obtenidos se puede mencionar que se obtuvo la combinación de porcentaje de grano de caucho reciclado que cumplió con todas las perspectivas del diseño establecidos en la normativa INVIAS, lo cual indica una alta resistencia a la deformación.

León, Meneses y Torres, (2021) Este trabajo de investigación “Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con granulado de neumático reciclado, incorporado como reemplazo parcial del agregado fino”, tiene como visión principal analizar las diferencias que se producen en las propiedades de la mezcla asfáltica convencional, con la modificada de 3, 2 y 1% de granulado de caucho de tamaño máximo nominal 2.36 mm, al ser incorporado como parte del agregado fino. Para este fin, en la cual se desarrolló el diseño con el método Marshall y se interpretó los resultados de Flujo y Estabilidad, Módulo Resiliente a diferentes temperaturas y Tracción Indirecta. Debido a la falta de cohesión entre el caucho y el asfalto, se utilizó un aditivo de adherencia. Después de realizar un minucioso análisis de resultados, se

comprobó que las mezclas modificadas con 1 y 2% de caucho presentaron una mayor resistencia a las deformaciones permanentes, alto valor de estabilidad, alto valor de módulo resiliente, mayor elasticidad, buena resistencia a los esfuerzos de tensión y compresión. El pavimento que contenga mezcla modificada con caucho a diferencia del convencional, será mayormente resistente al fenómeno de ahuellamiento y fatiga, más resistente al agrietamiento a bajas temperaturas, más durable, tendrá una mayor vida útil y una menor necesidad de mantenimiento.

Según Avendaño Contreras, (2020) El presente trabajo de investigación “Evaluación técnica de un pavimento utilizando una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho”, se valoró el estudio de una MDC con GCR con la finalidad de diseñar una estructura de pavimento flexible. Continuando con el estudio se realizó un análisis estructural típica de pavimento con una mezcla MDC 19. Donde también se realizó un análisis de sensibilidad del diseño de las variables (espesor de la capa de rodadura, sub-rasante, materiales granulares). Se analizó la influencia las mezclas asfálticas, en la cual se realizó ensayos que determinarían el modulo dinámico de la mezcla MDC-GCR con el fin de determinar su rigidez de la mezcla asfáltica. Para finalizar se definió el consumo de pavimento, ante cualquier agrietamiento por fatiga de la superficie asfáltica.

Cardoza, Palomino y Angulo, (2019) Esta investigación tiene como objetivo primordial recabar información sobre el grano de caucho que se recicla y cómo es usado en las mezclas de asfalto en Colombia, donde se ha implementado mostrando grandes avances por sus beneficios ambientales y económicos, esta investigación se basó en un modelo descriptivo y documental, por cuanto se revisaron documentos donde se realizaron pruebas con estos materiales y analizar los resultados de ellos. La suma importancia de la implementación de la tecnología innovadora para un recurso que se puede implementar con aquellos problemas de forma mecánico en la cual son frecuentes en el pavimento flexible y de la misma manera, mitigar los problemas de contaminación ambientales en la cual es generada por los neumáticos desechos una vez culminada su vida útil.

Según Díaz Castro, (2017) en su proyecto de investigación titulado “Implementación de grano de caucho reutilizado (GCR) provenientes de neumáticos usados para mejorar las mezclas asfálticas y asegurar pavimentos sostenibles en Bogotá” donde el principal propósito es incorporar el caucho reciclado en los pavimentos para disminuir las fallas del ahuellamiento que es una de las fallas más frecuentes en un pavimento, esta disminuye los contenidos de aire con una buena compactación durante el vaciado del material.

Acosta y Vega, (2017) El presente trabajo de investigación se menciona el “Procedimiento seco donde se emplea para conseguir el asfalto modificado en polvo de caucho”, obtenido por los neumáticos desechados. Por lo tanto, para diseñar las mezclas se realizó con el método Marshall, donde se podrá analizar los resultados originados. Con la mezcla asfalto-caucho para el proceso seco se implementó el 1, 2 y 3% de polvo de caucho para reemplazar una parte del agregado fino, donde se evaluó las mezclas asfálticas fabricadas, efectuándose los ensayos de gravedad específica máxima teórica, la densidad de la mezcla asfáltica y el porcentaje de los vacíos de agregados compactados.

Según Díaz y Castro, (2017) El presente documento de investigación donde tiene a demostrar que la “Implementación del grano de caucho reciclado en los pavimentos flexibles”, es una de las opciones para dar solución a los problemas de forma mecánico en los pavimentos y disminuir la contaminación ambiental, en la cual es generada por la mala gestión de los neumáticos desechos. La implementación del caucho reciclado que modifica a las mezclas asfálticas, se producirá una enorme cantidad de beneficios, debido a los antecedentes científicos que se han realizado en los últimos años, se ha concluido que este tipo de implementaciones es más durable con diferencia a las convencionales, son económicas a un periodo de tiempo largo, en la cual se disminuirá los mantenimientos y aumentara su durabilidad, por otro lado contribuirá a la mitigación de impactos negativos en el medio ambiente en las cuales son, en la quema de los neumáticos desechados dando como resultado a las emisiones de CO<sub>2</sub>, Donde es uno de los gases más tóxicos y contaminables para el mundo causando el calentamiento global.

Siguiendo con nuestros antecedentes nacionales.

Salazar Stephanye (2019) Según su investigación de “Incorporación de Caucho reutilizado en Mesclas Asfáltica para Mejorar Pavimentos Flexibles en la Ciudad de Lima, Perú 2019”. Como principal propósito se tiene que demostrar que al incorporar caucho reciclado se obtendrá una mezcla asfáltica tradicional donde mejoraría sus componentes de dicha mezcla, y se formuló la siguiente pregunta ¿de qué manera influye incluir el caucho reutilizado para aumentar sus propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica convencional? La prueba se realiza por briquetas de asfalto una convencional y otra mejorada con grano de caucho reutilizado procedente de neumático en desuso.

Ubidia Lucia (2019) La presente tesis se dedicó al “Diseño del agregado asfáltico convencional y mejorado con polvo de caucho reutilizado”, para ser comparadas. De esta forma se aprovecharía los desechos sólidos que tienen en si los neumáticos gastados, donde el objetivo principal es dar una nueva opción como solución a las fallas que dañan al asfalto y a la carpeta asfáltica. Por otro lado, la problemática ambiental actual está afectando nuestro país, causada esta contaminación por los residuos sólidos que aún no se ha dado un adecuado manejo.

Según Goicochea Fernández (2017) en esta presente investigación que se realizó en la ciudad de Chachapoyas, en la cual se hizo un estudio del efecto que genera la adicción de caucho de neumáticos reciclado en el asfalto, mejorando las propiedades físicas y mecánicas, donde influye la reducción del presupuesto que genera una combinación asfáltica en caliente. Para comprobar esto se obtuvo como prueba control al asfalto y pruebas del laboratorio, elaboradas con el aumento de 10%, 15%, 20% de caucho y 2% de azufre, elaboradas a 160°C, 180°C y 200°C, respectivamente, logrando producir nueve agregados asfálticos en global, a cada prueba elaborada se hizo ensayos de perforación, punto de ablandamiento, también como el cálculo del índice de perforación; con las pruebas obtenidas que se realizó a través del ensayo, se observó que el aumento del caucho reutilizados, teniendo los resultados que se obtuvo en los ensayos, donde se pudo observar que el aumento de caucho reciclado

aumenta su resistencia ante las deformaciones, bajando su susceptibilidad térmica donde aumenta su rigidez al asfalto conservando su elasticidad.

Según Álvarez y Carrera (2017) este presente estudio como principal objetivo tiene a identificar la influencia que facilita la incorporación de los triturados de restos de neumáticos, como material para la mezcla asfáltica. Donde se realizó un desarrollo de actividades experimentales, por la cual inicialmente se diseñara una dosificación analítica de agregados por medio de un conteo indicando por la norma Ministerio de Transporte y Comunicaciones, luego preparar una serie de pruebas llamadas briquetas, realizadas en caliente a temperaturas entre los 140° y 170° C, para luego ser elaboradas se realiza un ensayo mediante la maquina Marshall, en la cual dio datos de estabilidad y flujo, como resultado de ello se tuvo el objetivo específico de la investigación.

Zamora (2017), el siguiente proyecto de investigación tiene como finalidad determinar la "Implementación del método reciclaje para el pavimento flexible en la carpeta asfáltica", en la cual se quiere elaborar un asfalto modificado presentando un tipo de diseño que tenga mayor durabilidad, flexibilidad y que sea económico. Para ello utilizamos instrumentos de ensayos ejecutados en el laboratorio, con esta forma, el proceso del reciclaje donde se reutilizo al pavimento flexible, consiguiéndose resultados positivos comparando con un asfalto convencional, donde observaron la estabilidad del asfalto reciclado y así mismo incorporaron fibra de caucho 1.5%, aumentando su estabilidad dándole una respuesta optima a su firmeza de 1606 kg con asfalto reutilizado. Para recalcar que es fundamental el asfalto reutilizado donde se obtiene mejor firmeza en un 14.34%. A diferencia de un agregado usual, consiguiendo la carpeta asfáltica con mayor resistencia a cualquier deformación permanente que se generan por las cargas que se transmiten.

Para finalizar, hablaremos de nuestros antecedentes locales.

Según Chipana y Medina (2019) En el siguiente trabajo se investigó los detalles del desarrollo de evaluación del pavimento asfaltico correspondiendo a una distancia de la Avenida Prolongación Defensores del Morro, donde se realizó un énfasis en la

estimación de las reacciones de la capacidad estructural y reacción superficial, obtenidos por los métodos de Pavement condition index y el de Viga Benkelman, correspondientemente. Como objetivo principal del proceso es del de analizar las reacciones y resultados obtenidos, para proponer el tipo de inversión al pavimento clasificado con el estado muy pobre.

Según Yupanqui (2018), La finalidad de esta investigación fue analizar la seguridad vial de la carretera que se dirige al Morro Solar en el distrito de Chorrillos. En el presente trabajo tiene como un diseño metodológico de investigación no experimental, donde se da a conocer los datos obtenidos en el campo a través de un levantamiento topográfico que se ejecutó, por congruente se ejecuta dicha transformación como al estado de la geometría, las señalizaciones, y a la estructura del pavimento.

Las bases teóricas relacionadas a nuestro proyecto es el avance de la tecnología juntamente con la ciencia, una gran cantidad de investigadores han realizado diversos métodos y técnicas para mejorar el asfalto con diferentes tipos de materiales como polvo de caucho reciclado y materiales vegetales para mejorar las propiedades para disminuir las fallas ocasionado por las cargas de los vehículos y los diferentes factores climáticos.

Según Rodríguez, (2018). Lo que quiere demostrar al “Incorporar en caucho molido reciclado a la mezcla del asfalto”, esto presentan líquidos viscosos que generan un buen comportamiento favorable ante las fuertes temperaturas con el único propósito mejorar las resistencias del pavimento, el autor menciona que al incorporar el caucho reciclado se llegar a optimizar costos bajos, el pavimento tendrá mayor tiempo de durabilidad.

Donde también, según la Ficha Técnica de Neumáticos fuera de uso (2010). Nos indica que entre el 50% y el 60% de un neumático está compuesta de caucho natural o sintético. En la cual en el menor porcentaje presenta dificultad al incorporar al betún que al de mayor porcentaje.

**Tabla 1.** Descripción técnica del neumático.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL NEUMÁTICO	
Densidad	0.15 t/m <sup>3</sup>
Forma del caucho	Partículas de forma irregular
Tamaño del grano	0.50 mm – 0.85 mm
% de textil	0.10%
% de acero	0.10%

Fuente: propia

Sus propiedades del material procesado son:

En sus propiedades físicas, su componente procedente del neumático troceado es plano, de manera desigual y puede, o no, incluir retazos metálicos adquirido de las bandas de acero de la carcasa. Donde puede variar el tamaño de este material entre 25 y 300 mm. La criba que se ponga va a depender del tamaño medio. El material obtenido con su densidad sin compactar va hacer variable en función a las dimensiones de los trozos, obteniendo resultados entre 390 y 535 kg/m<sup>3</sup>.

En las propiedades químicas tenemos que los principales componentes del material procesado son: sintético y natural, azufre, negro de carbono, óxido de zinc y aditivos.

Según Lina, Laura y Jessyca (2012). En su investigación nos menciona que el pavimento se encuentra conformado por un grupo de capas superpuestas, de forma horizontales, en la cual se va a diseñar y constituir técnicamente con componentes correctamente compactados y apropiados. Las estructuras se apoyarán sobre la subrasante de una vía que se obtuvo a través del movimiento de tierras con el proceso de exploración en la cual debe resistir perfectamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito que generan durante el tiempo en la que está diseñada la estructura del pavimento. Todo pavimento tiene que realizar correctamente sus funciones en la cual deben juntar los parámetros siguientes:

- Tener resistencia a las acciones de las cargas generadas a través del tránsito.
- Tener resistencia a los agentes de intemperismo. Donde se presenta una textura superficial en la cual se adaptarán a las velocidades de acuerdo a la

circulación de los vehículos, en la cual tiene una importancia al influir en la seguridad vial. Por ello, debería ser resistente al a ver un desgaste generado por el efecto abrasivo de los neumáticos de los vehículos.

- Tener una regularidad superficial, como longitudinal y transversal, permitiendo la comodidad de los usuarios a través de la velocidad de circulación y longitudes de onda de las deformaciones.
- Tener una durabilidad
- Tener un presupuesto económico
- Debe ser de forma moderado el ruido de la rodadura, así como en el interior y exterior de los vehículos para que no afecte al usuario.
- Tener una adecuada seguridad al tránsito, como en el color apropiado para evitar deslumbramiento y reflejos.

Según Gómez Vallejos (2014). El pavimento flexible está formado por una carpeta bituminosa donde se apoya frecuentemente sobre dos capas no rígidas, la subbase y base. Por otro lado, las necesidades particulares de cada obra pueden prescindirse de cualquiera de estas dependencias. El pavimento flexible debe estar proporcionado a la superficie de rodamiento uniforme, debe ser resistente a la acción del tránsito, y otros agentes perjudiciales, a la vez se transmitirán a las terracerías los esfuerzos por la generación de las cargas del tránsito vehicular. Donde la metodología permite fijar las técnicas y métodos que se relacionan con la durabilidad que está relacionada a los factores sociales y económicos

Según Vergara, (2014). El diseño de agregados asfáltico; consiste en seleccionar las mezclas en finos, mezclas gruesas y que el asfalto cumpla con las características determinada por la norma establecida, con el fin de adherirse sin dificultad entre ellos, en la cual el objetivo del método es lograr la cantidad optima del asfalto, así se lograra una combinación optima, después el resultado del asfalto se obtiene de acuerdo a la totalidad del peso de los agregados.

El pavimento que es de suma importancia para el desarrollo del país y donde están a cargo el ministerio de transportes y comunicaciones (MTC) 2013 en la pág. 23. Nos menciona y nos comparte unas distintas capas en la sub-rasante de un pavimento, con



el propósito de incrementar el soporte y asociar fuertes cargas vehiculares para mejorar la seguridad en el tránsito. Los pavimentos están compuestos por las siguientes capas, en la grafico N° 1 se puede observar la estructura de un pavimento.



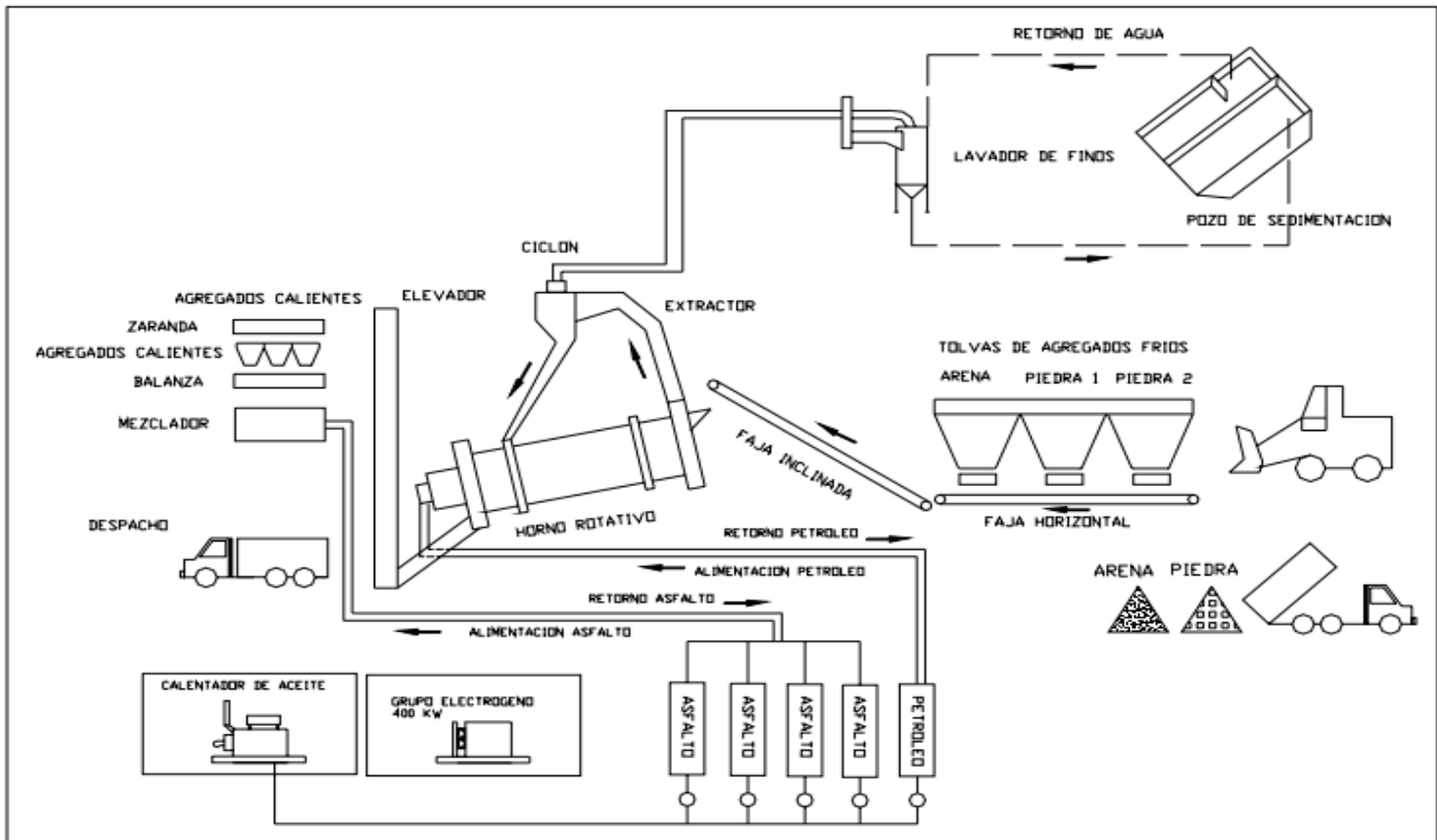
**Figura 1.** estructura de un pavimento.

Fuente: (Álvarez Valencia, 2016)

La base esta capa absorbe los esfuerzos laterales transmitidas por el tránsito vehicular, deben de ser estables y resistentes para cumplir todas las características. La sub base esta capa depende de la resistencia del terreno si tiene una buena capacidad portante esta se puede omitir, su función sirve de apoyo a la base. La sub-rasante, esta capa sirve de apoyo de toda la estructura del pavimento. La capa de rodadura, esta capa está sometidas directamente a los esfuerzos tanto como verticales y horizontales deben de ser impermeable para que no son dañados las capas inferiores por el agua.

El asfalto de puede encontrar en dos formas, en estado natural y en estado procedentes de la destilación pétrea, este es más ampliamente utilizado en el sector de las industrias, el asfalto natural se obtiene de los posos y lagos a partir de los residuos pétreos que se filtran por la superficie por las fisuras que hay en la tierra, el

lago que contiene más rocas asfálticas en el mundo es el lago de asfalto de Guanoco en Venezuela con una extensión de 4 km<sup>2</sup>. El asfalto que proceden del derivado pétreo porque son más económicos, esta se obtiene en la destilación del asfalto en crudo en este proceso se dividen las fracciones de capas livianas mediante la vaporización y solidificación de asfalto.



**Figura 2.** Proceso de obtención del asfalto.

El asfalto es un material utilizando ampliamente en el sector de la construcción resistente, durable he impermeable, es considerado por tener una buena flexibilidad y resistencia a las sales y ácidos, este material se asocia fácilmente en la aplicación sobre el pavimento.

**Tabla 2. Propiedades de asfalto.**

<b>Propiedades químicas</b>	<b>Propiedades físicas</b>
- 82.90% de carbón	- Consistencia
- 10.45 de hidrogeno	- Durabilidad
- 0.78% de nitrógeno	- Adherencia
- 5.43% de azufre	- Cohesión
- 0.29% de oxigeno	- Pureza
- 1380 ppm de vanadio	- Gravedad específica
- 109 ppm de níquel	

Fuente: Propia

Según Beliczki, (2014). El caucho es un material artificial o del tipo natural, es un material de polímero elástico que al ser procesada obtiene distintas formas, la empresa charles GOODYEAR es la empresa en comercializar en caucho, llegaron a descubrir al ponerlo en altas temperaturas con el azufre, este se convierte en un material rígido al ponerle en contacto con el ambiente.

El caucho natural, es igual al SBR y al SBS, que estos son los componentes más esenciales, en la cual es la materia prima con la que se generara la fabricación de las neumáticas que esta es un polímero elástico que brota un líquido llamado el látex.

El caucho sintético es el material más usado por que tiene un costo relativamente bajo y grandes beneficios mecánicos, el uso del caucho natural es esencialmente para optimizar las diferentes benéficos de los materiales, contienen grandes resistencias y generan calor.



**Figura 3.** Neumático, Fuente: GOODYEAR.

Se conoce como caucho reciclado a la aglomeraciones y acumulación de neumáticos cuando esta ya cumple en tiempo de vida útil, se convierte en un material altamente contaminante para el medio ambiente, al terminar su vida útil de los neumáticos los desechan a lugar descampado, rellenos sanitarios, basureros generando grandes gases tóxicos que contaminan el medio ambiente.

Según Fajardo Cachay, (2014). Nos menciona que la reutilización del caucho tiene una gran variedad de aplicación y usos, en algunos países son más utilizados ya que tienen ramas que ayudan a preservar el medio ambiente, el caucho tiene una buena resistencia a la electricidad, el exceso de las fábricas de neumáticos se convirtió en un severo problema porque los neumáticos ya cumplido el tiempo de vida no se deterioran fácilmente.

En las características de caucho reciclado tenemos lo siguiente:

**Tabla 3.** *Características del caucho.*

<b>Características</b>	<b>Requerimiento</b>
1: gravedad específica	1.15 +/- 0,05%
2: contenido de metales ferroso	0.01 % máximo
3: contenido de fibra para mezcla caliente	0.5 % máximo
4: contenido de fibra para riesgo	0.1 % máximo
5: contenido de polvo mineral	4 % máximo
6: contenido de otros elementos	0.25 % máximo

Fuente: propia

Según (Reyes y Carreño. 2015) menciona que la aplicación del caucho reciclado en la mezcla asfáltica es un método constructivo innovador que tiene un buen desempeño en el diseño de un pavimento flexible.

Una de las maneras de modificar el asfalto con caucho reciclado es por la vía seca haciendo que el caucho reemplace un porcentaje de los agregados finos, adherencia de la mezcla es directa, mezclado en un principio todos los agregados en su totalidad, para después incorporar el cemento asfáltico, por lo general el polvo en caucho es agregado como una parte de los agregados finos

La carpeta asfáltica con caucho reciclado en polvo tiene ventajas numerosas para el asfalto cumpliendo todas las especificaciones técnicas de un proyecto, estableciendo mejor resistencia, elasticidad, durabilidad y flexibilidad, estas ventajas permiten que la carpeta asfáltica con caucho reciclado presenta deformaciones en periodos cortos.



**Figura 4.** Proceso de obtención del asfalto con caucho reciclado.

Fuente: (Ramírez, Ladino, Rosas 2014)

El impacto ambiental que genera la mezcla asfáltica con el caucho reciclado es un impacto positivo para la preservación del medio ambiente ya que estos neumáticos usados generan una gran cantidad de contaminación, en los países europeos reciclan en un 100 % los neumáticos usados a comparación con los países de América que solo reciclan en un 60%.

### **III. METODOLOGIA**

### 3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

El siguiente proyecto de investigación es de **tipo aplicada** consiste en una investigación que está enfocada en aplicar a una determinada situación, se concreta a dar soluciones dinámicas y prácticas, teniendo en consideración las teorías fundamentales existentes y la observación real, con la finalidad de dar soluciones a los problemas.

El nivel de investigación es **cuantitativo**. Según Hernández, (2014) menciona que las investigaciones explicativos o experimentales tiene como finalidad demostrar cambios en las variables tanto como dependiente he independiente, que busca la relación de causa – efecto, esto nos permitirá incorporar el caucho reciclado con una buena viabilidad en el diseño del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2020.

#### 3.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACION

El diseño del presente proyecto de investigación es de **diseño experimental**. Según Gómez, (2006) menciona que es fundamenta un diseño experimental para procesar los datos experimentales que son necesarios para los parámetros establecidos, identificar factores que pueden alterar resultados del experimento, utilizar todas las herramientas que sean necesarias para respaldar la investigación, que tiene como propósito evaluar la causa efecto de nuestras variables dependientes he independiente.

### 3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACION

#### 3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Daniel Cauas, (2015) nos indica que son las variables explicativas, donde los factores o elementos susceptibles, en la cual explica a las variables independientes (en un experimento son las variables donde se puede manipular).

Según lo explicado anteriormente, tenemos como variable independiente en este proyecto de investigación al Caucho Reciclado.



### 3.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Daniel Cauas, (2015) reciben este nombre las variables a explicar, o sea, el objeto de la investigación, que se trata de explicar en función de otros elementos.

De acuerdo a lo mencionado, tenemos como variable dependiente al Diseño Estructural del Pavimento Flexible, en este presente proyecto de investigación.

### 3.3 POBLACION, MUESTRA Y MUESTREO

#### 3.3.1 POBLACION

Según Gómez, (2016) nos menciona, la población es un conjunto en su totalidad de diferentes elementos de los objetos, cosas y hechos. En la cual se medirá y se realizará el proyecto de investigación.

Al realizar este proyecto de investigación tomamos como población a la Avenida el Sol del distrito de Chorrillos, teniendo como distancia 2 kilómetros. Donde representa el diseño estructural del pavimento incorporando el caucho reciclado en la avenida, en la cual se va a desarrollar nuestra propuesta de proyecto.

#### 3.3.2 MUESTRA

Sampieri, (2006, p 37) menciona que la muestra es parte de un sub grupo de la totalidad de la población, en la cual se recopilan datos para poder representar a la población, la muestra que se realizara en el siguiente proyecto de investigación es en la Avenida el Sol del distrito de Chorrillos, realizando un estudio de suelo tomando como muestras en calicatas.

En este proyecto de investigación se realizará una población muestra de 12 briquetas que se utilizará para realizar los ensayos Marshall.

Donde se tomarán 12 briquetas y muestras de suelos, que se utilizara para obtener el diseño de la mezcla asfáltica de caucho reciclado en caliente.

### **3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOPIACION DE DATOS**

#### **3.4.1 TECNICAS DE RECOPIACION DE DATOS**

Para realizar el proyecto de investigación utilizamos las siguientes técnicas e instrumentos que nos permitirá dar una solución a nuestro problema.

Según Laura Caro, (2019) son instrumentos y mecanismos que se utilizan para medir y reunir información con un objetivo específico y de forma organizada. En la cual se realiza en una investigación científica.

Estas técnicas en cada una de ellas van a permitir resumir los datos de diferentes tipos y maneras. En la cual, es fundamental saber sus cualidades y conocer los objetivos para así poder elegir adecuadamente la información apropiada.

Donde realizaremos una investigación cuantitativa que pretende recolectar datos numéricos o exactos. Las técnicas son sistemáticas, estandarizadas y procura obtener resultados concisos y precisos. Donde estadísticamente la aplicación es mayor, y en las ciencias precisas como química o biológica.

Para realizar nuestro proyecto de investigación utilizaremos la capacidad de la observación en donde se desea analizar el desarrollo del fenómeno en la cual es fundamental observar. Esta técnica puede ser utilizada para adquirir datos cuantitativos según el modo en la que se realizara en la Avenida el Sol en el distrito de Chorrillos haciendo un estudio de suelos.

#### **3.4.2 INSTRUMENTOS DE RECOPIACION DE DATOS**

Los ensayos que se utilizaran son:

- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino
- Ensayo Marshall AASHTO
- Las informaciones que obtendremos serán procesadas en tabla Excel y civil 3D
- Ficha técnica de ensayo Marshall y el (IMDA) índice medio diario anual.

### **3.5 PROCEDIMIENTOS**

Los procedimientos que se realizarán para conseguir los objetivos planteados serán:

Se realizarán pruebas de laboratorio para determinar los materiales constituyentes para el diseño de la mezcla asfáltica con caucho reciclado por el método Marshall lo cual nos ayudara a comprobar los parámetros mecánicos y volumétricos. Se determinarán distintas dosificaciones y distintos tamaños de trituración dentro de la mezcla asfáltica. Y, por último, se llevará a cabo la evaluación de la resistencia a las deformaciones plásticas, la prueba de tracción indirecta para delimitar el módulo de resistencia de la mezcla asfáltica mediante las pruebas de laboratorio.

### **3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Según Gómez (2016) menciona el método de análisis de datos consiste en investigar situaciones y obtener datos favorables y relevantes en nuestro trabajo de investigación utilizamos en método cuantitativo los procesos obtenidos mediante métodos estadísticos en Nuestro proyecto de investigación diseño de pavimento flexible incorporando caucho reciclado lo realizaremos en laboratorio.

Primera etapa:

Consiste en organizar todas las actividades para recolectar información a través de tesis, revistas y libros.

Segunda etapa:

Etapa de campo consiste en obtener todos los materiales tales como los agregados pétreos, piedra y arena y el líquido asfáltico y serán llevado al laboratorio para su análisis.

Tercera etapa:

Etapa de laboratorio se realizarán todos los ensayos.

Cuarta etapa:

Consiste en interpretar y procesar todos los datos obtenidos de laboratorio

Para determinar el diseño del pavimento flexible incorporando caucho reciclado.

### **3.7 ASPECTOS ÉTICOS**

El presente trabajo de investigación ha sido realizado cumpliendo todos los parámetros del investigador, venerando los valores y principios morales del código de ética profesional de ingeniería civil, en la recolección de fuentes de carácter teórico, se citó a los autores aplicando la metodología ISO 690 para que las referencias bibliográficas sean acertadas con el derecho del autor.

## **IV. RESULTADOS**

## ANALISIS GRANULOMETRICO

Para realizar los diseños de la mezcla asfáltica con caucho reciclado lo primero es obtener las muestras de suelo que se realizó en la Avenida el Sol Chorrillos, se obtuvieron dos muestras de suelo cada muestra a 500 metro de toda la longitud de la Avenida el Sol, en las siguientes imágenes se logra visualizar las muestras obtenidas.

### Ensayo de granulometría:

El ensayo de granulometría nos ayuda a determinar los porcentajes de los agregados tanto como en tamaño y forma, también es denominado gradación.

**Tabla 4.** Datos de la primera calicata.

Datos de la primera calicata		
<b>Ubicación</b>	Intersección de la avenida guardia civil con la avenida el sol	
	Latitud	Longitud
<b>Coordenadas</b>	12°10.7460´S	76°59.7120´O
<b>Clasificación SUCS</b> (ASTM D2487)	SM	
<b>Clasificación</b> AASHTO (D3282)	A-4 ( 2 )	

Fuente: elaboración propia



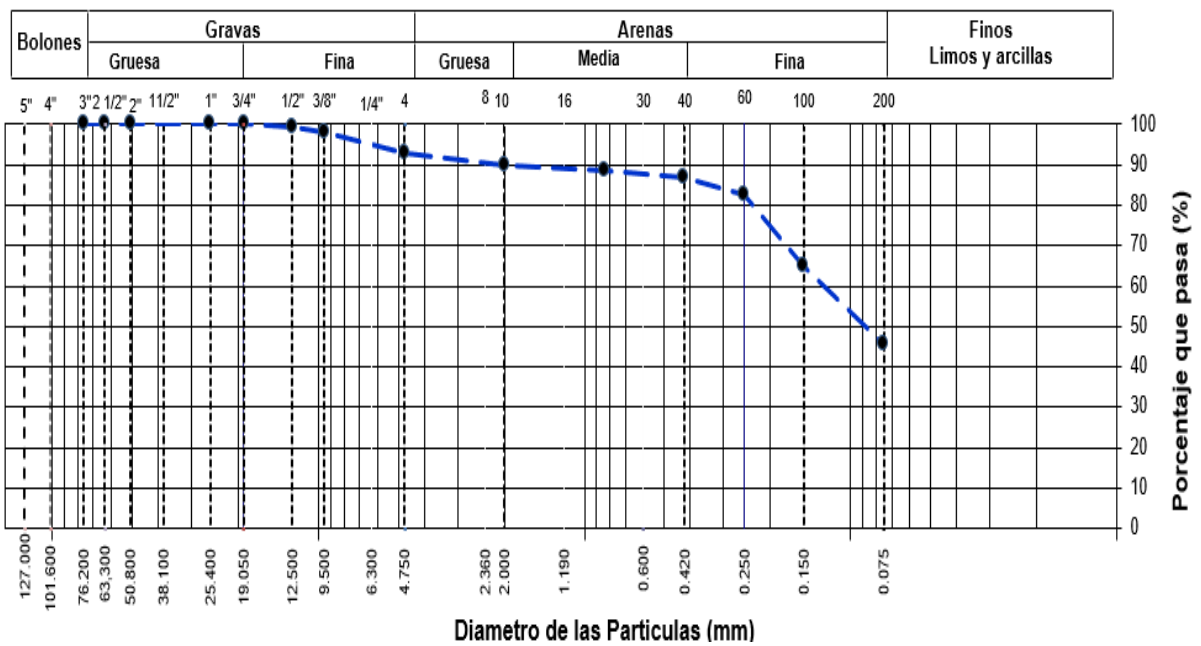
**Figura 5.** Recolección de muestras

Fuente: propia

**Tabla 5. Análisis granulométrico de Calicata 1.**

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
1/2"	12.500	99.5
3/8"	9.500	98.0
Nº 4	4.750	92.8
Nº 10	2.000	89.9
Nº 20	0.840	88.6
Nº 40	0.425	87.0
Nº 60	0.250	82.7
Nº 100	0.150	65.0
Nº 200	0.075	45.7

Fuente: elaboración propia



**Figura 6. Análisis granulométrico c-1**

Fuente: elaboración propia

**Tabla 6.** *Datos de la segunda calicata.*

<b>Datos de la segunda calicata</b>		
<b>Ubicación</b>	Intercesión de la calle Ontario con la avenida el sol	
	Latitud	Longitud
<b>Coordenadas</b>	12°10.6300´S	76°59.8570´O
<b>Clasificación SUCS</b> (ASTM D2487)	ML	
<b>Clasificación</b> AASHTO (D3282)	A-4 ( 4 )	

Fuente: elaboración propia



**Figura 7.** *Recolección de muestras*

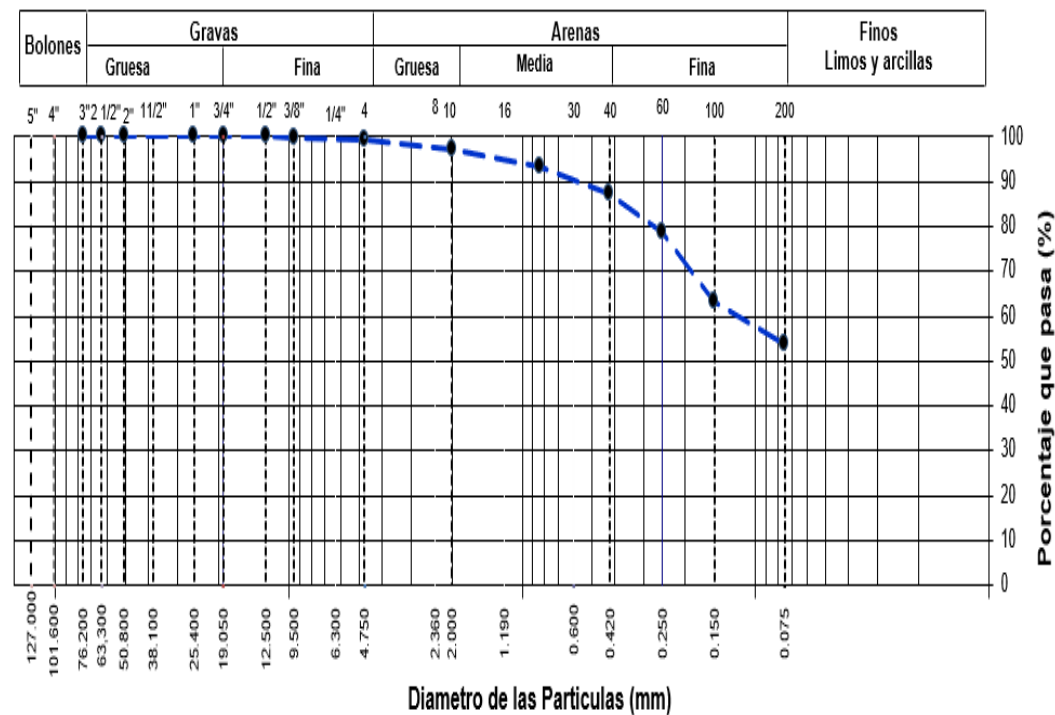
Fuente: propia



**Tabla 7. Análisis granulométrico de calicata 2.**

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	99.8
Nº 4	4.750	99.2
Nº 10	2.000	97.2
Nº 20	0.840	93.3
Nº 40	0.425	87.4
Nº 60	0.250	78.9
Nº 100	0.150	63.3
Nº 200	0.075	53.6

Fuente: elaboración propia



**Figura 8. Análisis granulométrico c-2**

Fuente: elaboración propia

para desarrollar el diseño de la mezcla asfáltica con caucho reciclado es importante realizar los ensayos de los agregados para determinar las propiedades de las muestras ensayadas.

### Procedimientos:

- se realizó una distribución correcta de los agregados para poder tener una buena clasificación y buen dato óptimo de los materiales.
- se realizó el peso de la muestra y luego es llevado al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ$  por 24 horas.
- Se realiza la separación de los agregados en todos los tamices hasta llegar a una clasificación adecuada en los agregados.
- Se determina el peso de los agregados retenidos en cada tamiz.
- Se desarrolla el análisis granulométrico con los agregados que pasan por el tamiz No. 200.



**Figura 9.** Clasificación de suelo.

**Fuente:** propia

## **Ensayos de los límites: líquido y plástico**

El ensayo de límite líquido del suelo donde está contenido por humedad en la cual esta expresado en un porcentaje de suelo que ha sido secado en el horno, donde este se halla en el límite que se forma entre el estado plástico y el estado líquido.

### **Procedimiento para el ensayo de límite líquido**

- Elaborar la muestra seca, separando con el mortero y pasándolo por la malla No. 40 para tener una muestra de 250 gramos.
- Poner el suelo pasante de la malla No. 40 en una vasija de evaporación y agregar una porción pequeña de agua, dejando que la muestra de suelo se humedezca.
- Con una espátula nos ayudamos para poder mezclar hasta conseguir una mezcla homogénea, quedando la pasta de forma pegajosa.
- Colocamos en la parte central de la copa una pequeña muestra de masa húmeda y nivelamos la superficie.
- Después se pasa el acanalador para cortar a la mitad la masa de suelo del centro de la copa y estar a misma altura de la cabeza del calador.
- Debemos mantener la herramienta Casagrande firme y perpendicular a la superficie de la copa, en la cual la profundidad de la ranura sea igual.
- Hacemos movimiento de la cazuela con la manivela y facilitar los 25 golpes para poder cerrar la ranura.
- Para finalizar se registra la cantidad de golpes cuando la ranura se está cerrando, luego se toma una muestra de la parte central para determinar el contenido de humedad.



**Figura 10.** Muestra de limite liquido

**Fuente.** Elaboración propia

### Procedimiento para el limite plástico

- Se realiza con la muestra del preparado del límite liquido tomándose aproximadamente 20 gramos.
- Después amasamos el suelo y dejamos que se pierda humedad hasta tener una consistencia donde se puede enrollarse sin que se pueda pegar en las manos mezclándolo y esparciéndolo sucesivamente sobre una placa de vidrio hasta que el rollito este adelgazado y su diámetro sea menor.
- El ensayo sigue hasta que el rollito empiece a rajarse y se desmorone, luego que sea producido el limite plástico se tiene que colocar el rollito en un recipiente de un peso conocido para determinar el contenido de humedad.
- Para finalizar se sigue repitiendo la operación tomando otra muestra de suelo, donde el limite plástico resulta ser el promedio de ambas determinaciones.



**Figura 11.** Muestra de limite plástico.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 8.** Descripción de la muestra calicata 1.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
Contenido Humedad (%)		16.1
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
Límite Líquido (LL)		27.0
Límite Plástico (LP)		23.0
Índice Plástico (IP)		4.0
<b>Grava (%)</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Finos (%)</b>
7.2	47.1	45.7
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Clasificación SUCS (ASTM D2487)		SM
Clasificación AASHTO (D3282)		A-4 ( 2 )
Nombre del Grupo:	<b>Arena limosa</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 9.** Descripción de la muestra calicata 2.

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
Contenido Humedad (%)		23.6
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
Límite Líquido (LL)		28.0
Límite Plástico (LP)		23.0
Índice Plástico (IP)		5.0
<b>Grava (%)</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Finos (%)</b>
0.8	45.6	53.6
<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Clasificación SUCS (ASTM D2487)		ML
Clasificación AASHTO (D3282)		A-4 ( 4 )
Nombre del Grupo	<b>Limo con arena</b>	

**Fuente:** Elaboración propia.

El método de secado para el ensayo de contenido de humedad para las dos descripciones de muestras, tanto como para la muestra C-1 y la muestra C-2, se realizó en el horno controlado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

## Ensayo Próctor Modificado

El ensayo próctor modificado, donde realizamos en el laboratorio, nos sirvió para demostrar la relación entre el peso unitario seco y el contenido de humedad contenido de humedad del suelo compactado de la Avenida el Sol, del distrito de Chorrillos.

### Procedimiento

- Primero dejamos secar, desmenuzamos con el mazo de goma y tamizamos el suelo de acuerdo al procedimiento de la norma.
- Obtuvimos una muestra de 36 kilogramos y separamos en 6 kg cada una. Luego se pesa el molde con su base y sacamos el collar superior, después se lo coloca.
- Se le agrega una cantidad determinada de agua a la proporción de mezcla de suelo, para colocar la quinta parte dentro del molde.
- La muestra de suelo se compacto en 5 capas sucesivas, cada una recibiendo determinados golpes de la maza. Ya compactadas las 5 capas se saca el collar y enrasamos el suelo.
- Pesamos el molde con el suelo, extraemos el suelo del molde y tomamos una muestra compactada, a la que le determinaremos la humedad.
- Para finalizar con en el ensayo completo se repitió con las demás proporciones de 6 kilogramos, haciendo un mezclado con diferentes cantidades de agua.



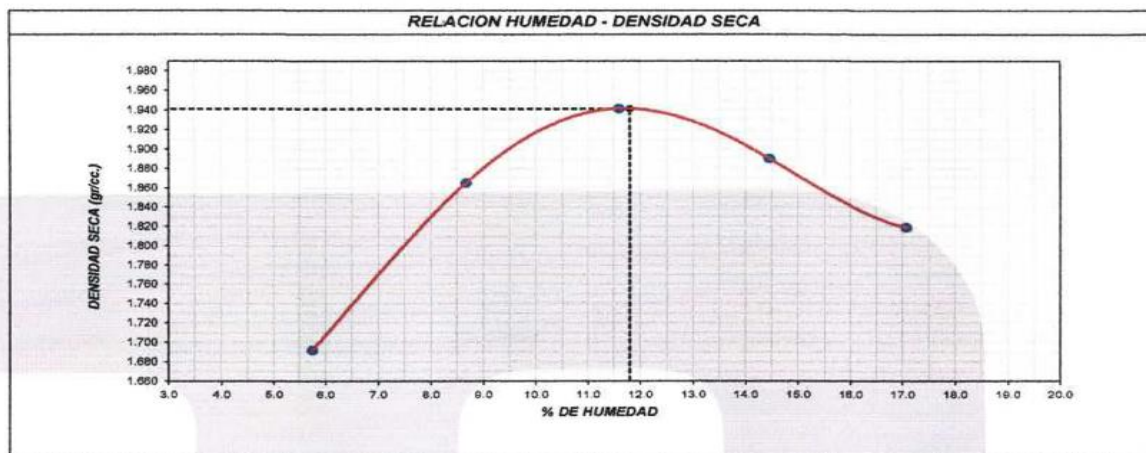
**Figura 12.** Proctor modificado primera muestra de suelo.

**Fuente:** elaboración propia.

**Tabla 10.** Compactación próctor modificado calicata 1.

		Volumen Molde	2119	cm3		
		Peso Molde	6790	gr.		
<b>NUMEROS DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso suelo + molde	gr.	10.581	11.085	11.381	11.374	11.302
Peso suelo húmedo compacto	gr.	3.791	4.295	4.591	4.584	4.512
Peso volumétrico húmedo	gr.	1.789	2.027	2.167	2.163	2.129
Recipiente número						
Peso suelo húmedo + tara	gr.	836.5	836.5	845.1	839.8	833.7
Peso suelo seco + tara	gr.	803.6	787.5	781.8	761.5	745.2
Peso de la tara	gr.	231.5	222.5	236.2	219.8	226.8
Peso del agua	gr.	32.9	49.0	63.3	78.3	88.5
Peso del suelo seco	gr.	572	565	546	542	518.4
Contenido de agua	%	5.8	8.7	11.6	14.5	17.1
Densidad seca	gr/cc	1.692	1.865	1.941	1.890	1.819
<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.941 gr/cm3.</b>					<b>Contenido de Humedad Optima: 11.80 %</b>

*Fuente:* elaboración propia

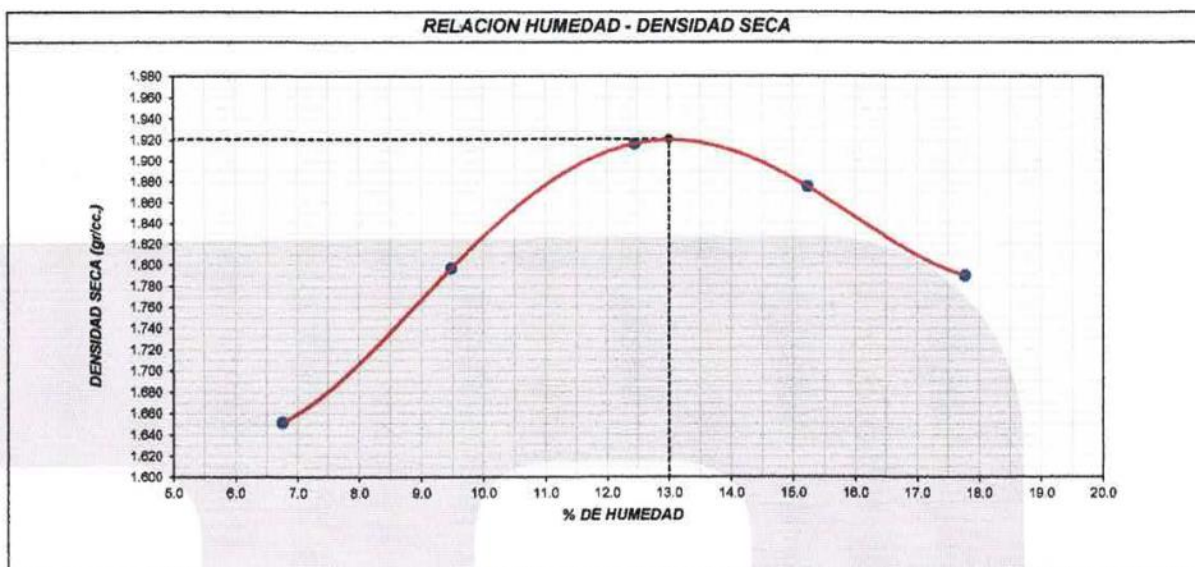


**Figura 13.** Relación humedad – densidad.

**Tabla 11.** Compactación proctor modificado calicata 2.

		Volumen Molde	2119	cm3		
		Peso Molde	6790	gr.		
<b>NUMEROS DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso suelo + molde	gr.	10.526	10.958	11.357	11.369	11.257
Peso suelo húmedo compacto	gr.	3.736	4.168	4.567	4.579	4.467
Peso volumétrico húmedo	gr.	1.763	1.967	2.155	2.161	2.108
Recipiente número						
Peso suelo húmedo + tara	gr.	859.6	849.5	839.7	844.5	846.8
Peso suelo seco + tara	gr.	819.6	796.5	772.6	764.8	755.2
Peso de la tara	gr.	226.8	237.4	233.6	241.5	239.8
Peso del agua	gr.	40.0	53.0	67.1	79.7	91.6
Peso del suelo seco	gr.	593	559	539	523	515.4
Contenido de agua	%	6.7	9.5	12.4	15.2	17.8
Densidad seca	gr/cc	1.652	1.797	1.917	1.875	1.790
<b>Densidad Máxima Seca:</b>	<b>1.921 gr/cm3.</b>	<b>Contenido de Humedad Optima: 13.00 %</b>				

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 14.** Relación humedad – densidad.



## **Ensayo CBR (California Bearing Ratio)**

El ensayo del CBR nos permitió medir la resistencia al esfuerzo cortante del suelo de la Avenida El Sol del distrito de chorrillos, donde se evalúa la calidad del terreno para la base, sub base y la sub rasante del pavimento. En la cual se efectúa bajo las condiciones controladas de densidad y humedad.

### **Procedimiento:**

- Determinamos la densidad máxima y la humedad óptima de las muestras del suelo de acuerdo al ensayo proctor modificado realizado.
- Añadimos agua a una muestra para llegar a la humedad óptima. Luego compactaremos la muestra en tres moldes CBR estandarizados, la compactación de las 3 capas por molde siendo la energía de compactación para cada molde es de 12, 25 y 56 golpes por capa de cada maza.
- Enrazamos el molde, desmontamos y la volvemos a montar al inverso. Para luego sumergir el molde en agua.
- Colocamos la placa perforada y el vástago, para calcular la sobrecarga. Después colocamos el trípode sobre el borde del molde, colocando el vástago del microcomparador.
- Tomamos las medidas durante 4 días seguidas del micro comparador.
- Sacamos la muestra del agua, escurrimos y secamos por el exterior.
- Aplicamos la carga sobre el pistón de penetración de acuerdo a la prensa CBR y tomamos las lecturas que nos da la curva presión penetración.
- Finalizando el ensayo presentamos los resultados en una gráfica densidad seca índice CBR.

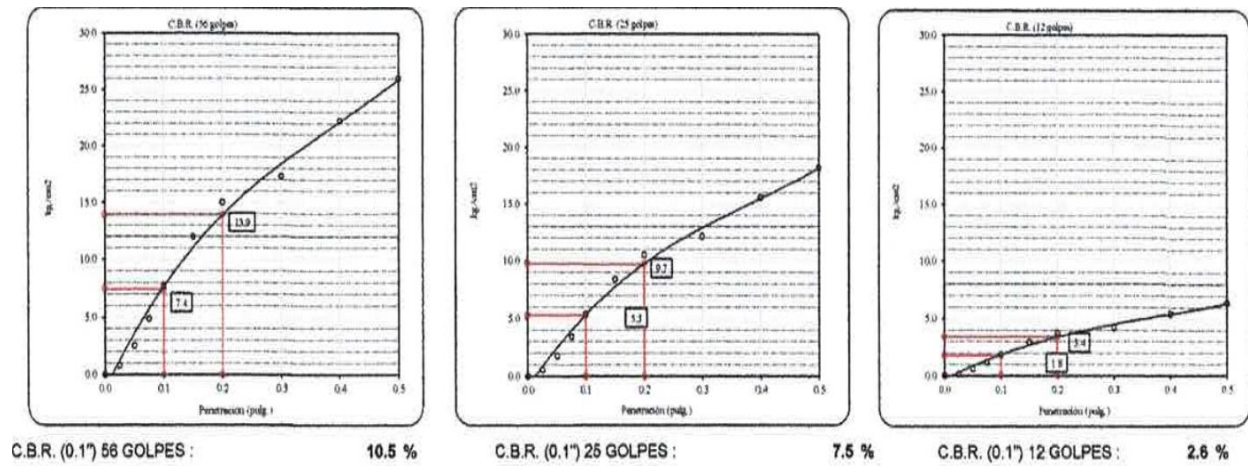


**Figura 15.** Muestra del ensayo CBR.

**Tabla 12.** Datos de muestra calicata 1.

Máxima densidad seca	1.941	gr./cm <sup>3</sup>
Máxima densidad seca al 95%	1.844	gr./cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	11.80 %	

**Fuente:** elaboración propia

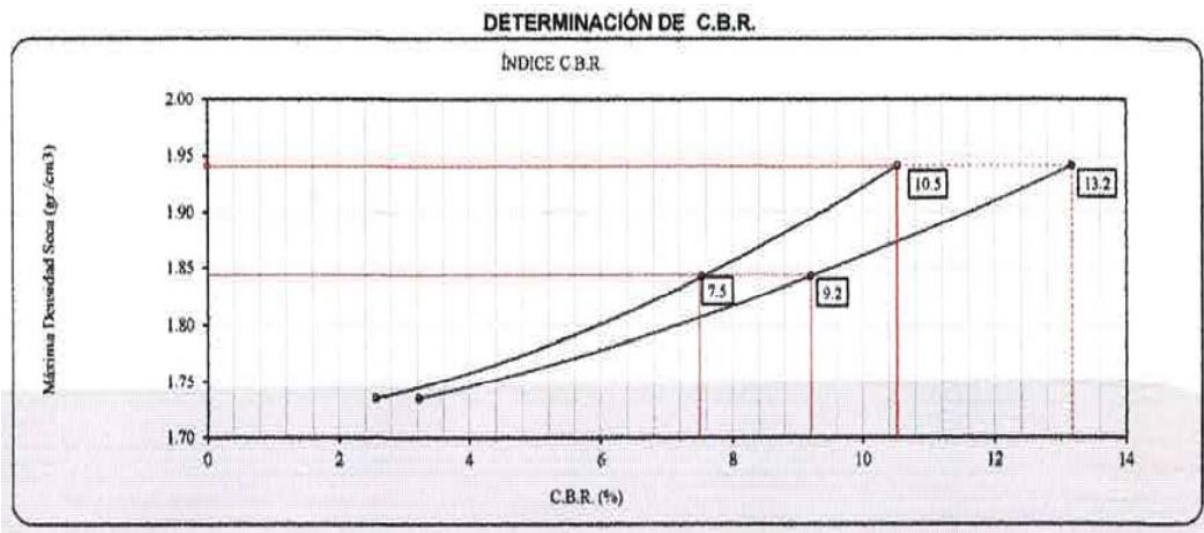


**Figura 16.** Gráficos de golpes C.B.R.

**Tabla 13. Determinación de C.B.R. calicata 1.**

C.B.R. ( 100 % M.D.S. ) 0.1":	<b>10.5</b>	%
C.B.R. ( 95 % M.D.S. ) 0.1":	<b>7.5</b>	%
C.B.R. ( 100 % M.D.S. ) 0.2":	<b>13.2</b>	%
C.B.R. ( 95 % M.D.S. ) 0.2":	<b>9.2</b>	%

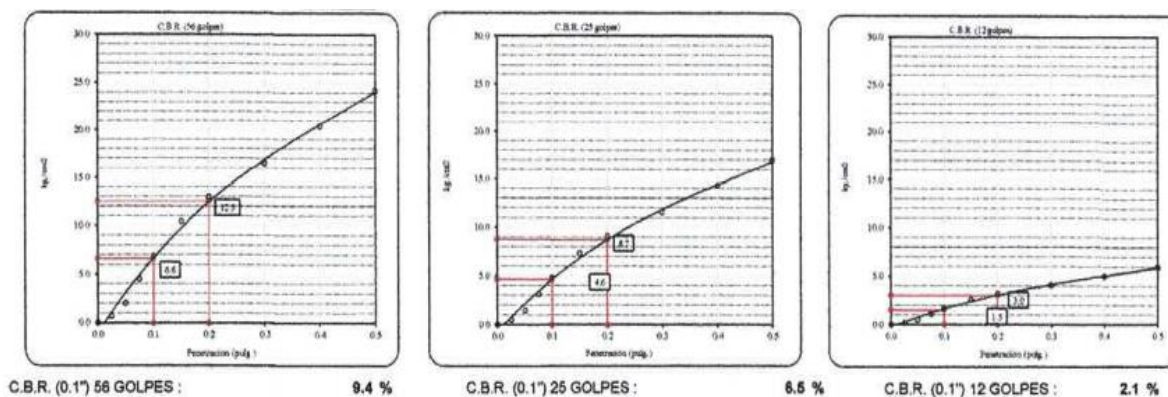
**Fuente:** elaboración propia



**Figura 17.** Determinación de C.B.R.

**Tabla 14. Datos de muestra calicata 2.**

Máxima densidad seca	<b>1.921</b>	gr./cm <sup>3</sup>
Máxima densidad seca al 95%	<b>1.825</b>	gr./cm <sup>3</sup>
Optimo contenido de humedad	<b>13.00</b>	%

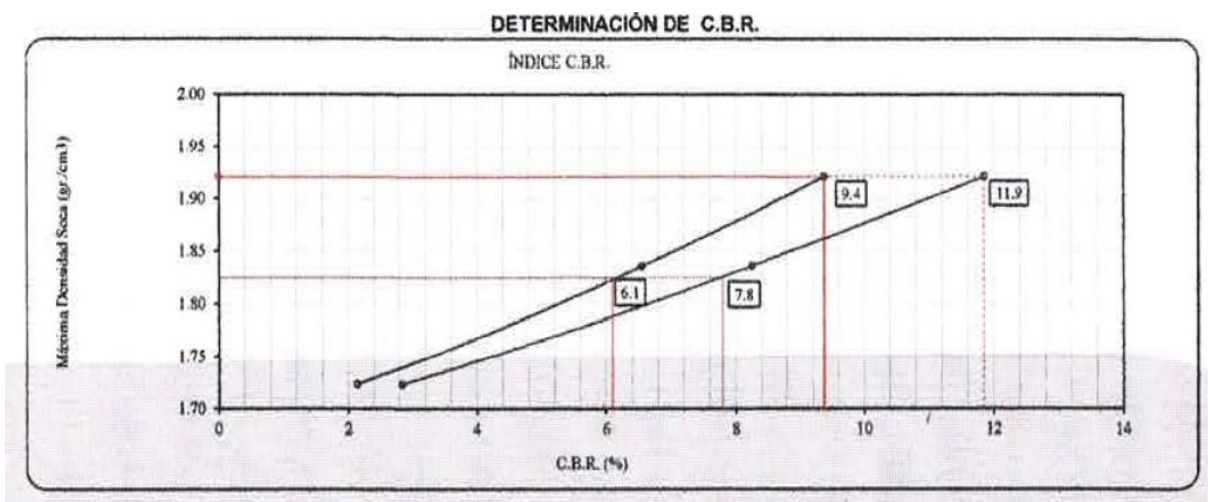


**Figura 18.** Gráficos de golpes C.B.R.

**Tabla 15. Determinación de C.B.R. calicata 2.**

C.B.R. ( 100 % M.D.S. ) 0.1":	<b>9.4</b>	%
C.B.R. ( 95 % M.D.S. ) 0.1":	<b>6.1</b>	%
C.B.R. ( 100 % M.D.S. ) 0.2":	<b>11.9</b>	%
C.B.R. ( 95 % M.D.S. ) 0.2":	<b>7.8</b>	%

**Fuente:** elaboración propia



**Figura 19.** Determinación de C.B.R.

**Tabla 16. Manual de carreteras: categoría de sub rasante MTC.**

Categoría de Sub rasante	CBR
So: Sub rasante Inadecuado	CBR < 3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

**Fuente:** manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia, y pavimentos. Sección: suelos y pavimentos.

Interpretando nuestros resultados del ensayo del CBR, de acuerdo al manual de carreteras: según su categoría de sub rasante, obtuvimos resultados de dos muestras de suelo 13.2% y de 11.9% respectivamente, según el cuadro de la categoría nos encontramos en el S3: Sub rasante Buena de CBR.

## Diseño del Pavimento

Actualmente debido a la condición del uso, es un proyecto que involucra espacios para el tránsito de vehículos ligeros en su mayoría (autos, micros, camionetas) y también vehículos grandes pesados (camiones, buses, trayler y semi trayler), según el análisis e interpretación del estudio de tráfico realizado; por lo que se diseñará y recomendará el paquete estructural para pavimentos flexibles.

### Parámetros de Suelos para el cálculo de Pavimentos:

#### Características de la sub rasante existente.

En el laboratorio se efectuó los ensayos California Bearing Ratio CBR, de donde se obtuvieron los siguientes valores de las calicatas: C-1, C-2. Según los reportes del laboratorio sabemos que el material de la sub rasante está conformado por dos tipos de suelo, SM y ML, su valor de soporte CBR al 95% MDS se estima entre 6.1 y 7.5%.

**Tabla 17.** *Resumen de Ensayo de CBR.*

Calicata	M.D.S (gr/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)	CBR AL 95%
C-1	1.941	11.80	7.5
C-2	1.921	13.00	6.1

#### Características de las capas para el diseño

Características del asfalto de acuerdo a las especificaciones mínimas propuestas por Normativa:

- De acuerdo al tráfico, el espesor mínimo es de 9 cm.
- La penetración de imprimación debe ser como mínimo de 5mm.
- Se recomienda concreto asfáltico con mezcla en caliente.

**Tabla 18. Parámetros de Diseño.**

<b>Parámetros de diseño de la sub rasante</b>	
CBR Sub rasante (Referido al 95% MDS)	13.4 %
Módulo Elástico o Resiliente (Mr)	13450.49 psi
<b>Parámetros de diseño de la base</b>	
CBR Sub base (Referido al 100% MDS)	40 %
<b>Parámetros de diseño de la base</b>	
CBR Sub base (Referido al 100% MDS)	80 %

### **Método de Diseño**

Nuestro desarrollo de diseño del pavimento flexible se ha elaborado con el método de diseño de carreteras y transportes (AASHTO) en función de la Asociación Americana, correspondiente a la versión 1993.

**Serviciabilidad Inicial (Po).** Un pavimento tiene la condición inmediatamente después de haberse ejecutado del mismo. De acuerdo al tráfico le corresponde un valor de:

**Para pavimento flexible TP7 (Po)= 4.00**

**Serviciabilidad Final (Pt).** Se verifica la calificación que se espera obtener del pavimento la serviciabilidad final de su vida útil.

De acuerdo al tráfico le corresponde un valor de:

**Para pavimento flexible TP7 (Pt)= 2.50**

### **Tráfico:**

La vida útil con la que se diseñará de acuerdo al tipo de uso, tráfico y vía:

**Vida útil (pavimentos flexibles) = 20 (años)**

Posteriormente se incluirá el aumento del tráfico vehicular durante su periodo de vida útil.

Se calcula de acuerdo al número total acumulado de ejes uniformes de 18 Kips, cálculos presentes en el anexo, en esta forma:

**ESAL = W18 = N18 = 3.22 10<sup>6</sup> Repeticiones.**

**Tabla 19.** *Confiabilidad recomendada por AASHTO 93 (Pag. 99)*

<b>Clasificación Funcional</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Autopistas	85% - 99.9%	80% - 99.9%
Arteria Principal	80% - 99%	75% - 99%
Colectora	<b>80% - 95%</b>	75% - 95%
Locales	50% - 80%	50% - 80%

Además, de acuerdo al tráfico:

**R = 85%**

Posición para seleccionar la desviación estándar total (So).

**Tabla 20.** *De acuerdo a la AASHTO 93, en la página 84.*

<b>0.30</b>	-	<b>0.40</b>	<b>Pavimentos rígidos</b>
<b>0.40</b>	-	<b>0.50</b>	<b>Pavimentos flexibles</b>

Se considera:

**So = 0.45 ... (pavimentos flexibles)**

Desviación Normal Standard (Zr).

**Tabla 21.** De acuerdo a la AASHTO 93, en la página 84.

Confiabilidad (R%)	Desviación normal estándar (ZR)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
<b>85</b>	<b>-1.037</b>

Por lo que:

$$Zr = -1.037$$

Por lo que, para las vías con función local en zona urbana, debe adoptar un factor de confiabilidad (R) entre 50 y 80%, si se adopta una confiabilidad de 85% la Desviación Normal Estándar (Zr)= -1.037 y una D.E Total (So)= 0.45 para pavimentos flexibles.

### **Diseño del paquete estructural de pavimento flexible.**

Utilizamos el método del AASTHO 93 para efectuar el diseño de espesores, en la que consideramos el espesor de las capas de cada una de ellas del pavimento en la cual dimensionamos y verificamos en la función de un número estructural total (SN) y por capa un número estructural.

Las aplicaciones de cargas equivalentes es la función del número estructural total (SN) para un eje simple de 18,000 lb (ESAL), del módulo de resiliencia de la sub rasante (Mr), del índice de serviciabilidad ( $\Delta$ PSI) y de las desviaciones estándares totales y normales; la ecuación viene expresada por:

### **Ecuación de la AASHTO.**

$$\text{Log}_{10}(W18) = Zr * So + 9.36 * \text{log}_{10}(\text{SN} + 1) - 0.20 + \frac{\text{log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1049}{(\text{SN}+1)}} + 2.32 * \text{log}_{10}(Mr) 8.07$$



Obtuvimos el número estructural total como valor para el índice de tráfico vehicular.

ESAL=  $3.22 \times 10^6$ , y los índices de serviciabilidad es igual a:

SN = 4.045

El número estructural total será igual a la suma de las diferentes capas de los números estructurales donde conforman el pavimento, según la ecuación de la AASTHO, en la cual obtuvimos:

$$\text{SN} = (a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3)$$

Encontramos:

- **SN**= número estructural del proyecto.
- **a1**= coeficiente de la capa rodadura / adoquinado.
- **D1**= espesor de la capa de rodadura.
- **a2**= coeficiente de la segunda capa del pavimento.
- **D2**= espesor de la segunda capa del pavimento.
- **m2**= coeficiente de drenaje de la segunda capa del pavimento.
- **a3**= coeficiente de la tercera capa del pavimento.
- **D3**= espesor de la tercera capa del pavimento.
- **m3**= coeficiente de drenaje de la tercera capa del pavimento.

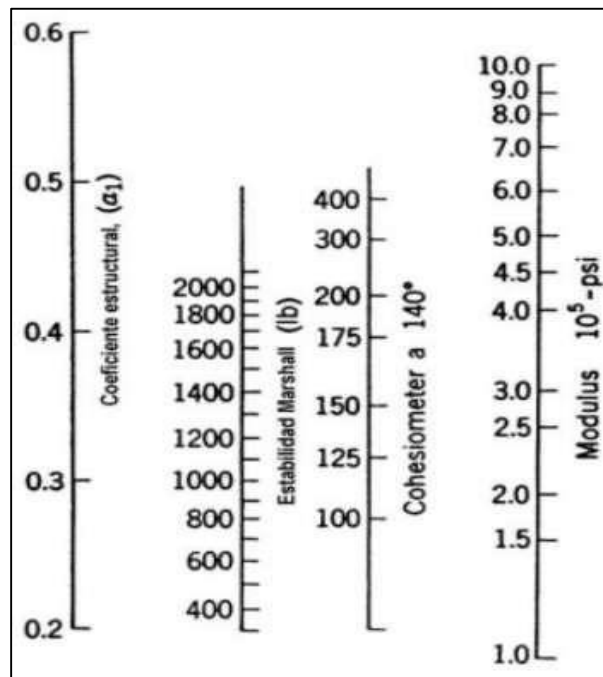
Coefficientes de capa:

**Capa de Asfalto:**

**Tabla 22.** Se contemplarán 3 comparativas de Diseño.

Identificación	Estabilidad Marshall (kgf)	Estabilidad Marshall (lb)
<b>Caucho 0%</b>	1202.6	2704.45
<b>Caucho 2%</b>	1041.3	2340.26
<b>Caucho 4.5%</b>	896.3	2014.29

De acuerdo a:



**Figura 20.** Nomograma para estimar el coeficiente estructural a1 para la carpeta asfáltica.

**Tabla 23.** Resultados de la capa del diseño.

Identificación	Coefficiente de capa (pulg <sup>-1</sup> )	Estabilidad Marshall (cm <sup>-1</sup> )
<b>Caucho 0%</b>	0.49	0.19
<b>Caucho 2%</b>	0.46	0.18
<b>Caucho 4.5%</b>	0.43	0.17

**Capa base:**

Base granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	<b>a2</b>	<b>0.052/cm</b>	Capa de base recomendada para trafico ≤ 5'000.000 EE
--	-----------	-----------------	---

**Capa sub base:**

Sub Base granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	<b>a3</b>	<b>0.047/cm</b>	Capa de sub base recomendada para trafico ≤ 15'000.000 EE
--	-----------	-----------------	--

Para el cálculo se opta, en pulg<sup>-1</sup>:

**a1 = 0.49 (Diseño 1), 0.46 (Diseño2), 0.43 (Diseño 3)**

**a2 = 0.13 (CBR = 80%)**

**a2 = 0.12 (CBR = 40%)**

En tanto a los coeficientes de drenaje:

m2 = m3 = 1

**Tabla 24.** *Diseño del espesor según su porcentaje de caucho.*

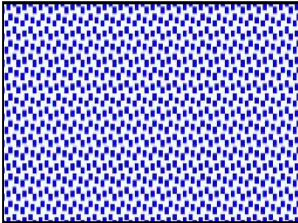
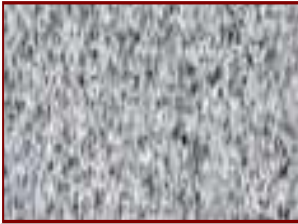


Diseño	Espesor (cm)		
	Sub base	Base	Carpeta Asfáltica
<b>Diseño 1</b> (0% Caucho)	18.00	30.00	9.00
<b>Diseño 2</b> (2% Caucho)	20.00	30.00	9.00
<b>Diseño 3</b> (4.5% Caucho)	22.00	30.00	9.00

**Diseño de estructura de pavimento:**

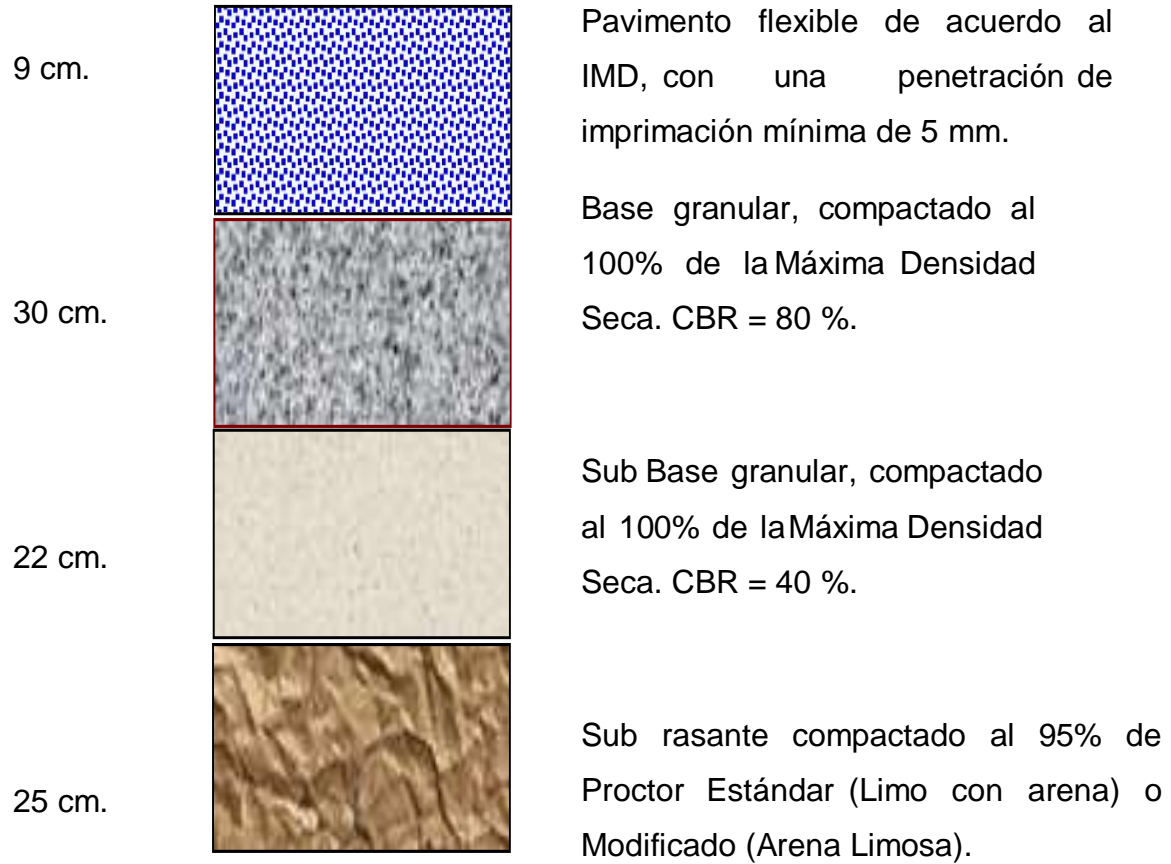
**Diseño 1. Caucho 0%:**



## Diseño 2. Caucho 2%:

9 cm.		Pavimento flexible de acuerdo al IMD, con una penetración de imprimación mínima de 5 mm.
30 cm.		Base granular, compactado al 100% de la Máxima Densidad Seca. CBR = 80 %.
20 cm.		Sub Base granular, compactado al 100% de la Máxima Densidad Seca. CBR = 40 %.
25 cm.		Sub rasante compactado al 95%

### Diseño 3. Caucho 4.5%:



## Diseño de la mezcla asfáltica convencional

### Método Marshall

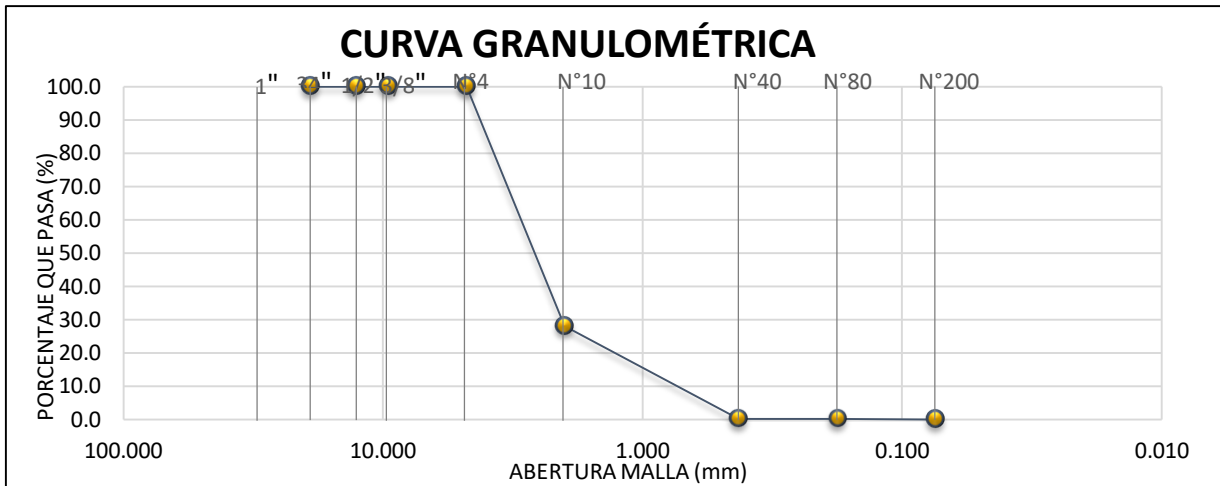
Con el diseño de la mezcla asfáltica convencional por el método Marshall determinaremos todas las proporciones para implementar el diseño de la mezcla asfáltica, estableceremos la estabilidad, la resistencia, y el flujo de la mezcla asfáltica convencional según especificaciones técnicas MTC EG-2013 (Sección 423) pavimento de concreto asfáltico en caliente.

Para lograr el diseño de la mezcla asfáltica en caliente se utilizaron los siguientes materiales.

**Tabla 25.** *Materiales para el diseño de la mezcla incorporando caucho.*

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa
N° 8	2.380	165.0	16.8	<b>16.8</b>	83.2
N° 10	2.000	67.9	6.9	<b>23.8</b>	76.2
N°16	1.190	261.1	26.6	<b>50.4</b>	49.6
N° 20	0.840	100.3	10.2	<b>60.6</b>	39.4
N° 30	0.590	87.3	8.9	<b>69.5</b>	30.5
N° 40	0.426	32.1	3.3	<b>72.8</b>	27.2
N° 50	0.297	45.1	4.6	<b>77.4</b>	22.6
N° 80	0.177	53.6	5.5	<b>82.9</b>	17.1
N° 100	0.149	15.8	1.6	<b>84.5</b>	15.5
N° 200	0.074	33.3	3.4	<b>87.9</b>	12.1
-200	-	118.8	12.1	100.0	

Fuente: elaboración propia.



**Figura 21.** granulometría del diseño Marshall

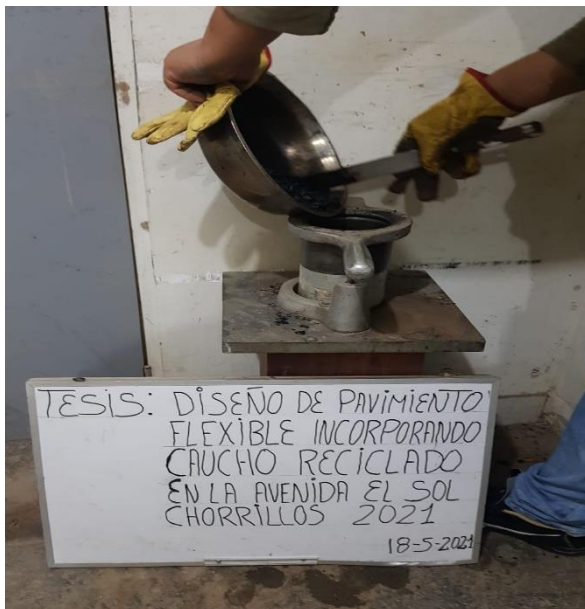
**Fuente:** elaboración propia

## Procedimientos

- se obtuvieron las muestras respectivas ya proporcionados para luego pesarlas a cada uno de las muestras obtenidas para la elaboración de las probetas.
- Ya pesados las muestras se procede a colocar en el horno a temperaturas de 140° y 150° C.
- Luego se procede a calentar los moldes de las probetas en temperaturas de 95° y 150° para luego colocarlos en la base de la compactación del asfalto, se distribuyen las probetas con las mezclas requeridas aplicando 75 golpes con la ayuda de la espátula de compactación.
- Después de realizar las compactaciones requeridas se le introduce un termómetro en la mezcla cuya finalidad de obtener la temperatura adecuadas de las compactaciones.
- Después a ver transcurrido 2 horas se procede a desmoldar las probetas para después introducirlo en agua a unos 25°C durante 5 minutos.
- Luego se realizó el secado de las probetas al aire libre para poder determinar los pesos en aire de las probetas saturadas con las superficies secas.



- Sumergimos las probetas en agua a temperatura de 60° C cada probeta en 2 minutos una tras otra con la finalidad de que las probetas permanezcan en un mismo tiempo, durante unos 35 minutos.
- Después se procede a secar las probetas para luego ponerlas en las máquinas para el ensayo Marshall, hasta que las probetas alcancen los límites requeridos y la estabilidad requerida.



**Figura 22.** diseño del asfalto método Marshall

**Fuente:** propia



**Figura 23.** probetas obtenidas del diseño

**Fuente:** propia

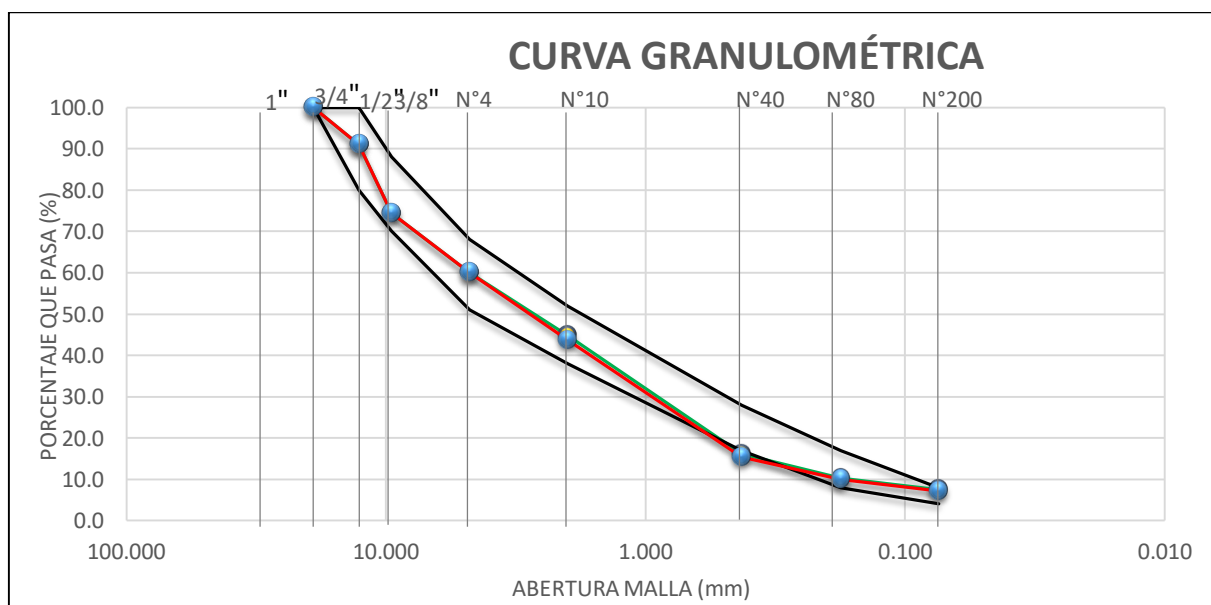
En la siguiente tabla se logra observar los resultados de la mezcla asfáltica convencional en lo cual nos indica que el porcentaje óptimo del cemento asfáltico es de 5.7 % lo cual cumple con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas.

El objetivo del diseño por el método Marshall es demostrar que el diseño cumple con todos los parámetros como la estabilidad y la fluencia.

**Tabla 26.** *Parámetros de diseño del método Marshall.*

PARÁMETROS DE DISEÑO		% ÓPTIMO	ESPECIFICACIÓN EG 2013
GOLPES	N°	75	75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.70	
PESO UNITARIO	Kg/m <sup>3</sup>	2.346	
VACIOS	%	4.5	3-5
V.M.A.	%	17.5	14
V. LL.C.A.	%	14.0	
POLVO / ASFALTO	%	0.7	0.6 – 1.3
FLUJO	0.01'' (0.25 mm)	13.9	8,14
ESTABILIDAD	Kn	12.0	<b>8,15</b>
ESTABILIDAD/ FLUJO	Kg/cm	3453.2	1700 – 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa	2.2	2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%	77	75
RESISTENCIA CONSERVADA	%	79	80

*Fuente: propia.*



**Figura 24.** *granulometría del diseño Marshall*

*Fuente: elaboración propia*

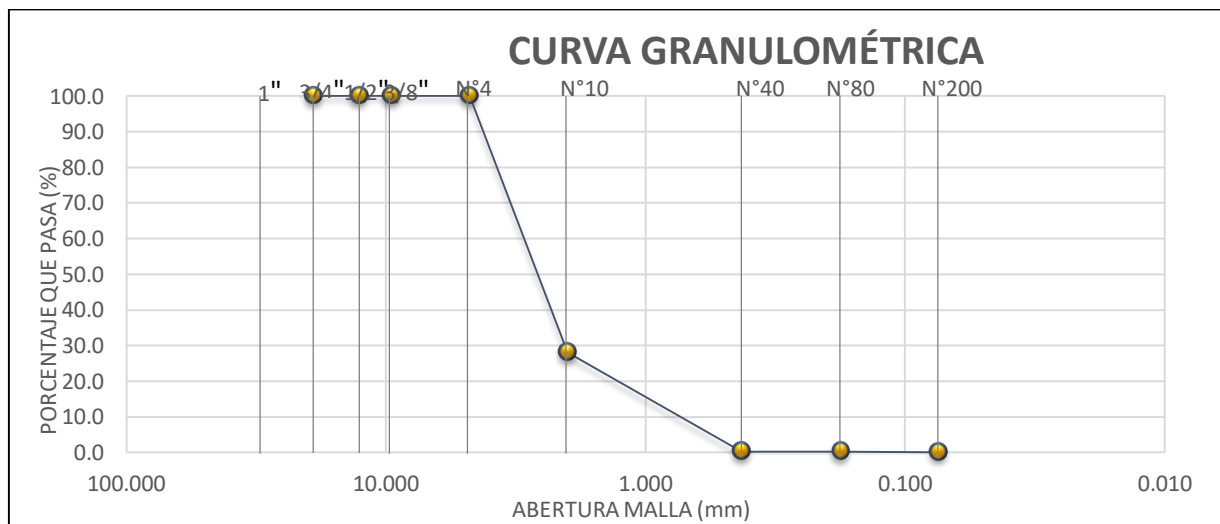
## Diseño con caucho reciclado

Para realizar la mezcla asfáltica se utilizó el caucho reciclado en granos que se obtuvo de una empresa reencauchadora:

**Tabla 27.** *Análisis granulométrico.*

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
	ABERT. Mm	Grava	Arena triturada	Caucho	Filler
1/2"	12.700	77.4	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.525	36.2	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.760		100.0	100.0	100.0
N° 10	2.000		76.2	28.0	100.0
N° 40	0.426		27.2	0.3	98.00
N° 80	0.177		17.1	0.2	99.0
N° 200	0.074		12.1	0.0	95.5

*Fuente: elaboración propia*



**Figura 25.** granulometría del diseño con caucho

*Fuente: elaboración propia*



**Figura 26.** obtención del caucho reciclado

**Fuente:** elaboración propia

En la siguiente imagen se logra observar el caucho reciclado en 2 %. 4.5 % que se utilizó para el diseño de la mezcla asfáltica con caucho reciclado.



**Figura 27.** clasificación del caucho

**Fuente:** elaboración propia

**Tabla 28.** *Análisis granulométrico.*

TAMIZ ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO					2.0%	4.5%
	ABERT. Mm	Grava	Arena	Caucho	Filler	Caucho % Pasa	Caucho % Pasa
¾"	19.050	100.0	100.0	100.0	100	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>
½"	12.700	77.4	100.0	100.0	100.	<b>90.9</b>	<b>90.9</b>
3/8"	9.525	36.2	100.0	100.0	100.	<b>74.5</b>	<b>74.5</b>
N° 4	4.760		100.0	100.0	100.	<b>60.0</b>	<b>60.0</b>
N° 10	2.000		76.2	28.0	100.	<b>44.9</b>	<b>43.7</b>
N°40	0.426		27.2	0.3	98.0	<b>16.1</b>	<b>15.5</b>
N°80	0.177		17.1	0.2	99.0	<b>10.3</b>	<b>9.9</b>

Fuente: elaboración propia

Para logra desarrollar el proyecto de investigación, con la incorporación de caucho reciclado se realizó por el meto del Marshall de nuestro diseño convencional, en el cual se le adiciono caucho reciclado en la mezcla reemplazando un porcentaje de los agregados finos. El caucho reciclado utilizado para nuestra investigación es de 0.45 mm.

**Elaboración de la mezcla asfáltica con caucho reciclado (briquetas con caucho):**

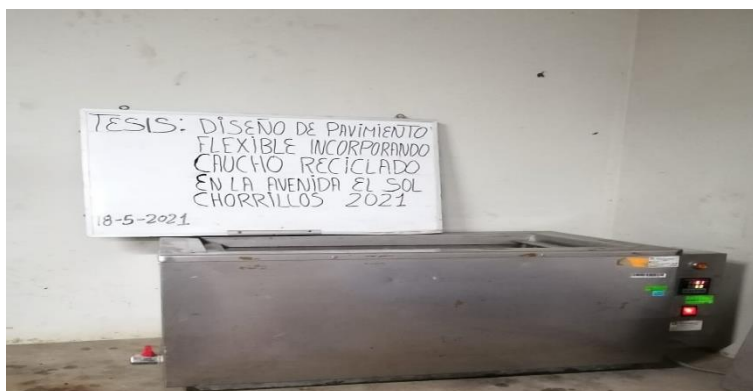
las briquetas utilizadas tienen un peso de 1200gr que están contenidos con los agregados para el diseño de la mezcla. Agregados finos, agregados grueso, cemento asfáltico en 5.9 % de proporción y los porcentajes de caucho proporcionados en 2% y en 4.5%.



**Figura 28.** clasificación del caucho

**Fuente:** elaboración propia

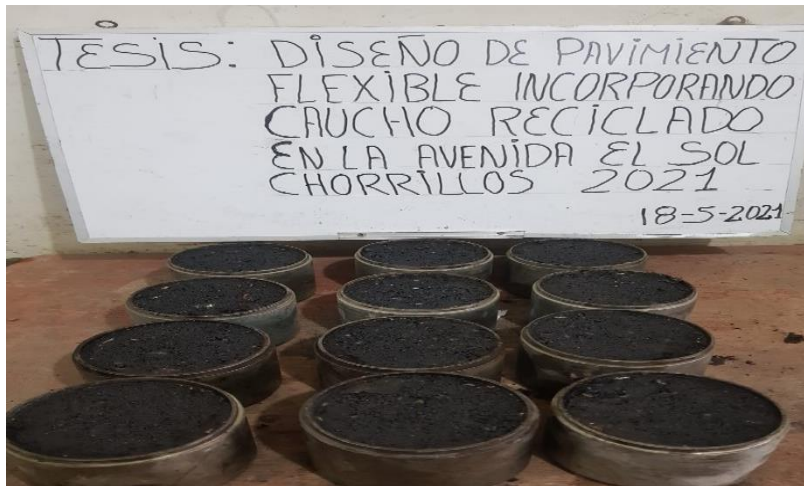
Para medir la temperatura del diseño del concreto asfáltico se lleva la mezcla del agregado fino y agregados gruesos al horno por un tiempo de dos minutos hasta poder tener una temperatura de 150° a 190°.



**Figura 29.** muestras llevadas al horno

**Fuente:** elaboración propia

Elaboración de la mezcla con caucho reciclado, se procede calentar el asfalto para poder desarrollar una mezcla homogénea, se procede a colocar la muestra en el horno a temperatura de 170° C por una hora durante ese tiempo se procederá a la digestión de caucho reciclado.



**Figura 30.** muestras llevadas al horno

**Fuente:** elaboración propia

Finalmente se procede a desarrollar las pruebas de rotura, dicho ensayo se realiza utilizando el martillo Marshall y es ahí donde se procede la resistencia mejorada con el caucho reciclado.

La resistencia en el diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado para el tránsito limeño, estamos dentro de los parámetros específicos establecidos por la norma técnica peruana, en la cual nuestro diseño de incorporación de caucho reciclado en la mezcla asfáltica no ha tenido mejora en cuanto a nuestro diseño convencional, pero se mantienen los porcentajes establecidos en el caso de 2% de adición de caucho mejoramos con la estabilidad y fluidez.

A continuación, se muestra la tabla, en donde se muestra todos los parámetros para nuestro diseño de la mezcla tradicional y la mezcla con la adición del caucho reciclado.

**Tabla 29.** Resultados del diseño convencional y diseño modificado.

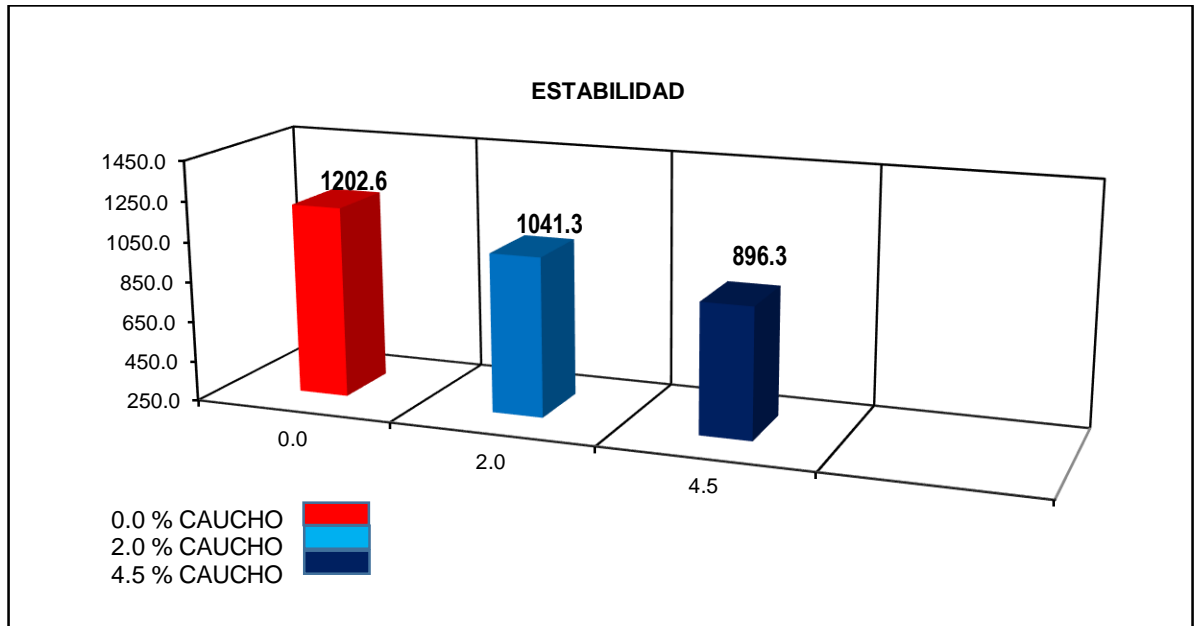
PARÁMETROS DE DISEÑO	MEZCLA	MEZCLAS ASFALTICA	
	CONVENCIONAL	MODIFICADA CON CAUCHO	RECICLADO
GOLPES	75	75	75
CAUCHO	0.0	2.0 %	4.5 %
CEMENTO ASFALTICO	5.7	5.70	5.70
PESO UNITARIO	2.346	2.291	2.250
VACÍOS	4.5	4.8	5.6
V.M.A	17.5	19.4	20.9
V.LL.C. A	74.0	75.4	73.1
POLVO ASFALTICO	0.73	0.66	0.63
FLUJO	13.9	14.3	16.7
ESTABILIDAD	12.03	10.41	8.96

Fuente: elaboración propia

**interpretación:** los datos que se muestran en la tabla son los porcentajes óptimos para nuestro diseño de mezcla asfáltica en 2 % se cumple con los parámetros establecidos este diseño soporta hasta 1041 kg/cm<sup>2</sup> la cual es una carga buena y se encuentra en los parámetros establecidos por la norma técnica peruana y también en 4.5 % se mantienen en los parámetros establecidos, pero no mejora en con relación a nuestro diseño convencional, pero se mantiene en los parámetros establecidos.



## Comparaciones estadísticas en la mezcla convencional y caucho reciclado:

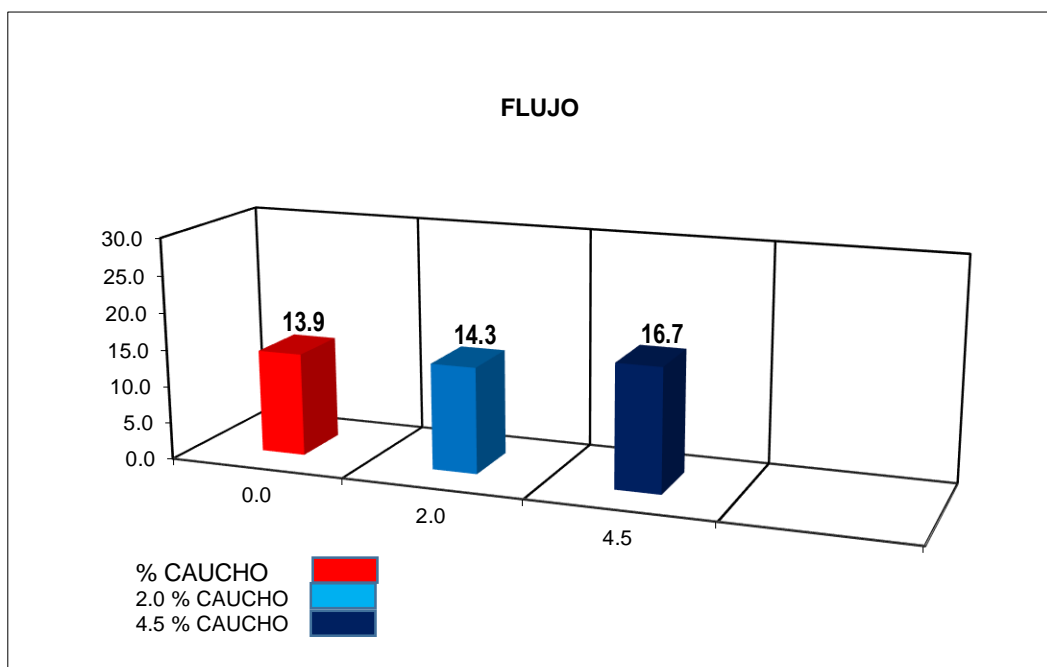


**Figura 31.** Proporciones de estabilidad

**Fuente:** elaboración propia

### Interpretación:

En la imagen se observa que la estabilidad en La mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado en 2 % de caucho se tiene como dato 1041.3 kg /cm<sup>2</sup> estando por debajo de nuestro diseño convencional, pero si mantiene los parámetros establecidos y en 4.5 % de caucho se tiene como estabilidad 896.3 kg/cm<sup>2</sup> también estando de bajo de nuestro diseño convencional y seguimos manteniendo en los parámetros según la norma técnica peruana.

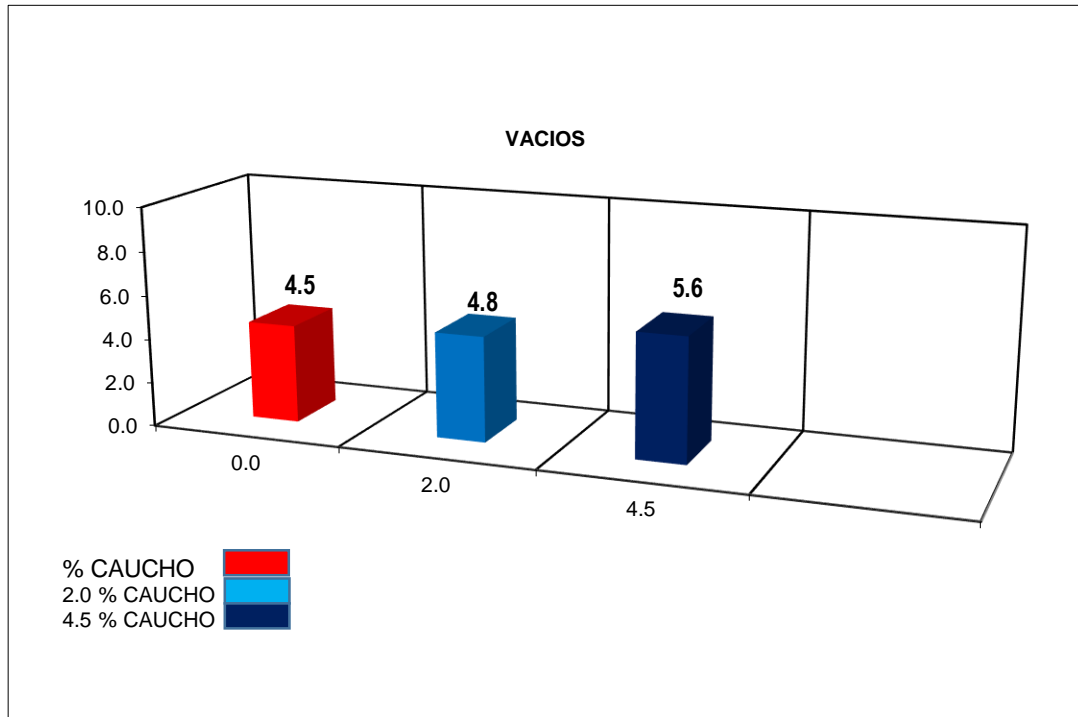


**Figura 32.** Proporciones de flujo

**Fuente:** elaboración propia

### **Interpretación:**

En la imagen se puede observar los flujos establecidos comparando con nuestro diseño convencional, en 2 % de caucho tenemos 14.3 de flujo no cumple con el promedio establecidos y en 4.5 % tiene como flujo 16.7 no cumpliendo con los parámetros



**Figura 33.** Proporciones de vacíos

**Fuente:** elaboración propia

**Interpretación:**

En la imagen se puede observar los porcentajes de vacíos comparando con nuestro diseño convencional, en 2 % de caucho tenemos 4.8 de vacíos no cumple con el promedio establecidos y en 4.5 % tiene como vacíos 5.6 no cumpliendo con los parámetros.

## V. DISCUSSION

Discutimos la tesis de Herrera Moreno, (2021) en su tesis titulado, **“Análisis comparativo de los parámetros para tener estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica MDC-25, con una mezcla asfáltica MDC-25 modificada con grano de caucho reciclado”** realizado en el país de Colombia, lo cual considera que con un 5.5% de asfalto óptimo, realizando con diferentes briquetas obtiene una mejora importante, donde nosotros para poder verificar y experimentar dicho ensayo tuvimos que diseñar una mezcla convencional para la región de Lima – Perú con factores de diseño para un tránsito **moderado**, en la cual realizamos un diseño óptimo las cuales fueron con 2% y 4.5% de porcentaje para nuestra mezcla asfáltica con el agregado de grano de caucho reciclado, con la que obtuvimos un óptimo resultado con el 2% de grano de caucho reciclado en nuestra mezcla asfáltica.

Consideramos que León, Meneses y Torres, (2021) en la tesis **“Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con granulado de neumático reciclado, incorporado como reemplazo parcial del agregado fino”** donde nos menciona que hizo un análisis de diferencia entre las propiedades de la mezcla asfáltica convencional y, con la mezcla modificada con 3, 2 y 1% de grano de caucho, resultándole un óptimo resultado en la mezcla modificada con el 2 y 1%, comprobando que tiene razón en la cual nosotros realizamos con el 2% en nuestra mezcla asfáltica modificada donde nos resulta con mayor flujo y estabilidad.

Analizamos que el autor Avendaño Contreras, (2020) en su tesis titulada **“Evaluación técnica de un pavimento utilizando una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho”** llega a la conclusión que se reporta, que las estructuras de pavimento con grano de caucho presentan menores consumos por fatiga en referencia a la mezcla de control, verificando que tiene razón en la cual nosotros realizamos con nuestro diseño de mezcla con grano de caucho reciclado, obteniendo como resultado una menor fatiga.

Debatimos que Cardoza, Palomino y Angulo, (2019) que en su tesis **“Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia”** según sus análisis y recopilación de pruebas y resultados de que, si efectivamente se puede mitigar la contaminación ambiental implementando a los problemas de tipo mecánico en el pavimento flexible como los granos de caucho reciclado, en la cual también se puede realizar y ejecutar siendo sostenible ya que se puede cumplir con todos los parámetros normativos en nuestro país de Perú.

Consideramos que Díaz y Castro, (2017) en su tesis nombrada **“Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”** en la cual nos menciona que la adición de grano de caucho reciclado para la modificación de mezclas asfáltica modificada se produce gran cantidad de beneficios y determina que este tipo de modificaciones son más durables a comparación de los pavimentos flexibles convencionales y económicamente con un periodo más largo, dándole toda la razón según nuestros análisis y resultados, utilizando la implementación del caucho reciclado como agregado fino en muestra mezcla asfáltica, así podemos contribuir al medio ambientes y la reducción de impactos negativos.

Discrepamos con Acosta y Vega, (2017) en su proyecto de investigación titulado **“Procedimiento seco donde se emplea para obtener el asfalto modificado con polvo de caucho, obtenido por el reciclaje de neumáticos”** donde concluye que la mezcla con asfalto de caucho reciclado en porcentajes de 1%, 2% y 3% tienen mayor densidad y flujos. Nosotros para lograr nuestros objetivos diseñamos una mezcla convencional por el método Marshall, para después poder comparar nuestros resultados obtenidos en los porcentajes de incorporación de caucho reciclado en 2% y en 4.5% obteniendo como resultados en la densidad y el flujo no estamos mejorando en los parámetros de nuestro diseño convencional, pero si mantenemos los porcentajes establecidos por la norma técnica peruana.

Discrepamos con Díaz y Castro, (2017) en su tesis titulado **“Implementación del grano de caucho reciclado en los pavimentos flexibles”** menciona que este tipo de implementaciones es más durable con diferencia a las convencionales, en nuestro proyecto de investigación no se obtuvo los resultados que menciona Díaz y Castro , con la incorporación de caucho reciclado en 2% y en 4% pero si estamos dentro de los parámetros establecidos en la densidad y en el flujo de nuestro diseño de pavimento flexible incorporando caucho reciclado, se puede llegar a los resultados obtenidos por los autores tanteando valores y resultados obtenidos , como al incorporar el caucho reciclado en la granulometría de los agregados o reemplazando un porcentaje de los agregados finos .

Consideramos que Salazar Stephanye (2019) en su proyecto investigación titulado **“Incorporación de Caucho reutilizado en Mezclas Asfáltica para Mejorar Pavimentos Flexibles en la Ciudad de Lima, Perú 2019”**. En la cual concluye la incorporación de caucho reciclado en el diseño de pavimento flexible tiene mayor durabilidad y tiempo de vida , en nuestro diseño no obtuvimos nuestros resultados que buscábamos ya que en nuestro diseño se incorpora el caucho en la granulometría y en el peso total de las probetas teniendo como resultado deficiencia en los porcentajes establecidos en la densidad .flujo y durabilidad , se llegaría a obtener los resultados realizando nuevos ensayo al incorpora más porcentajes de caucho en el diseño de la mezcla asfáltica.

## **VI. CONCLUSIONES**



1. Una vez concluida con la investigación, se logró determinar que la incorporación de caucho reciclado no influye en las deformaciones del diseño estructural del pavimento flexible, en nuestro proyecto de investigación, para llegar a la influencia de las deformaciones se tiene que realizar diferentes ensayos como incrementar el porcentaje de caucho en el diseño o reemplazar los agregados finos con caucho reciclado.
2. la incorporación de caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible en los porcentajes de 2% y en 4.5% teniendo como resultados distintos en cuanto a nuestro diseño convencional con relación en el flujo y la estabilidad, estando en los promedios establecidos con las normas técnica peruanas.
3. Se determinó que la incorporación del caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas ante las cargas del diseño estructural del pavimento no tiene estabilidad satisfactoriamente , en nuestro proyecto de investigación se utilizó granos de caucho en el diseño del pavimento flexible en 2% tenemos como resultado en la estabilidad 1041.3 kg/cm<sup>2</sup> y en 4.5 % como resultados en la estabilidad tenemos 896.3 kg/cm<sup>2</sup> a comparación de nuestro diseño convencional que tiene como estabilidad de 1202.6 kg/cm<sup>2</sup> no se mejoró en la estabilidad pero si mantenemos los porcentajes establecidos.
4. La incorporación del caucho reciclado en el diseño del pavimento flexible se determinó que en nuestro diseño no mejora en la estabilidad con relación a nuestro diseño convencional , para poder llegar a tener mejoras en la durabilidad en el pavimento requiere cuantificar resultados tanto en los porcentajes de caucho y en la granulometría de los materiales.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. La incorporación del caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible no evidencio mejoras en cuanto a los resultados obtenidos en comparación de nuestro diseño convencional, sin embargo, es recomendable utilizar distintos porcentajes de cauchos reciclados y seguir haciendo ensayos en la granulometría en los materiales, como también reemplazar el caucho en los agregados finos para poder tener resultados óptimos.
2. Se recomienda utilizar el diseño del pavimento flexible incorporando caucho reciclado con los materiales adecuados, en este caso tener amplios estudios de la mezcla asfáltica con caucho reciclado en el Perú, ya que la reutilización del caucho es un factor fundamental para contribuir con el medio ambiente.
3. Se considera que las características fundamentales para el diseño del pavimento flexible incorporando caucho reciclado es la granulometría de los materiales las dimensiones de las partículas, dureza, limpieza, forma, textura y la capacidad de la absorción.

## **REFERENCIAS**

- Álvarez Briceño, Luis A. y Carrera Sánchez, Ever Tony, (2017). En su trabajo se investigó titulado Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica.
- Angulo, Cardoza y Palomino, (2019). En su trabajo se investigó titulado Pavimento flexible utilizando una mezcla asfáltica con grano de caucho reciclado para su sostenibilidad en Colombia.
- Avedaño Contreras, (2020). En su trabajo se investigó titulado Evaluación técnica de un pavimento utilizando una mezcla con asfalto modificado con grano de caucho.
- Beliczki, (2014). El caucho es un material artificial o del tipo natural, es un material de polímero elástico que al ser procesada obtiene distintas formas, la empresa charles GOODYEAR
- Cachay, Enrique, (2014). En su trabajo se investigó titulado “Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas” tesis (ingeniero Industrial) Universidad San Martín de Porres – Perú.
- CARRIZALES, F (2015) Tesis Titulada “Asfalto Modificado con Materiales Reciclados de Llantas para su Aplicación en Pavimentos Flexibles.
- CHÁVES, (2017) Janina. En su trabajo se investigó titulado Análisis de la carpeta asfáltica modificado con polímeros SBS en el clima frígido de la región Junín – Yauli (tesis pregrado). Universidad César Vallejo, Lima. Perú.
- Chipana y Medina (2019) En su trabajo se investigó titulado “detalles del proceso de evaluación del pavimento asfáltico correspondiendo a un tramo de la Avenida Prolongación Defensores del Morro”.

- Daniel Cauas, (2015) menciona que las variables explicativas, donde los factores o elementos susceptibles, en la cual explica a las variables independientes en un experimento son las variables donde se puede manipular.
- Díaz, C. (2017) Tesis Titulada “Implementación del grano de caucho reciclado (GRC) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”, realizada para obtener el grado de magister en ingeniería-geotecnia - Universidad Nacional de Colombia.
- Díaz, C. (2017). En su trabajo se investigó titulado Implementación del grano del caucho reciclado (GCR)proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar
- FAJARDO, L, VERGARAY, D. (2015) En su trabajo se investigó titulado Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. (Tesis de Pregrado). Universidad de San Martín de Porres, Perú.
- Gómez Vallejos (2014). En su trabajo se investigó titulado El pavimento flexible está formado por una carpeta bituminosa donde se apoya frecuentemente sobre dos capas no rígidas, la subbase y base.
- Gómez, (2016) en su investigación titulado, la población es un conjunto en su totalidad de diferentes elementos de los objetos, cosas y hechos. En la cual se medirá y se realizará el proyecto de investigación.
- Hernández, (2014) menciona que en su investigación titulado investigaciones explicativos o experimentales de variables tanto como dependiente he independiente, que busca la relación de causa – efe.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2014). En su trabajo se investigó titulado Selección de la muestra. En Metodología de la Investigación (pp. 170-191). México: McGraw-Hill.

- Herrera Moreno, (2021). En su trabajo se investigó titulado Análisis comparativo de los parámetros para la estabilidad y el flujo de una mezcla asfáltica MDC-25 con una mezcla asfáltica MDC-25 modificada con grano de caucho reciclado.
- Laura Caro, (2019) menciona que los instrumentos y mecanismos que se utilizan para medir y reunir información con un objetivo específico y de forma organizada.
- Manual de Carreteras “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” 557 (EG – 2013) Sección 423 pavimento de concreto asfáltico en caliente EG2013 normas peruanas para el diseño de pavimento sección 423.
- Meneses, León y Torres, (2021). En su trabajo se investigó, titulado Análisis de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica modificada con granulado de neumático reciclado, incorporado como reemplazo parcial del agregado fino. Pavimentos sostenibles en Bogotá, Universidad Santo Tomás
- Pereda, R. (2015). En su trabajo se investigó titulado asfaltos modificados con el uso del caucho reciclado de llantas y su comparación técnica –económico con los asfaltos convencionales. Trujillo, Perú.
- PINCHI, (2017) Luis. En su trabajo se investigó titulado Diseño de pavimento flexible con carpeta asfáltica en caliente tramo banda de Chiclayo – las palmas (tesis pregrado). Universidad Nacional De San Martín. Morales. Perú.
- Reyes y Carreño, (2015) en su investigación titulado la aplicación del caucho reciclado en la mezcla asfáltica.
- Rodríguez, (2018). En su tesis titulado” incorporación del caucho molido reciclado a la mezcla del asfalto.”
- Rodríguez, Fernando. (2018) En su trabajo se investigó titulado Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero (tesis pregrado), Universidad Austral de Chile, en la ciudad de Valdivia.

- Vega, D. (2016). En su trabajo se investigó titulado Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.



## **ANEXOS**

## ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE:  <b>Caucho Reciclado.</b>	Lafourcade (2015) Es el material que se obtiene de los neumáticos desechados que pueden ser reutilizados ampliamente en la industria de la construcción son impermeable y aislante con propiedades de elasticidad y alta resistencia ante sustancias y ácidos alcalinos.	El caucho reciclado tiene una buena durabilidad que es utilizado en el diseño de pavimentos flexible generando beneficios para el medio ambiente, reducir costos, he incrementa en tiempo de vida útil del pavimento.	Propiedades mecánicas del caucho.  Ensayo Marshall  Densidad de los agregados	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consistencia</li> <li>- Durabilidad</li> <li>- Adherencia</li> <li>- Cohesión</li> <li>- Pureza</li> </ul>	Intervalo
VARIABLE DEPENDIENTE:  <b>Diseño Estructural del Pavimento Flexible.</b>	Harrinton (2016) Un pavimento flexible es un conjunto de capas superpuestas de forma horizontal, que son diseñados con materiales apropiados y con una buena compactación, deben ser resistentes a las cargas del tránsito.	Las capas El diseño estructural del pavimento flexible tienen la función de soportar las cargas sometidas por los vehículos.	Deformación del diseño  Estabilidad  Durabilidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla asfáltica</li> <li>- Mecánica de suelos</li> <li>- Conteo vehicular</li> <li>- Diseño de la mezcla asfáltica</li> <li>- Mantenimiento del pavimento</li> </ul>	Intervalo

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿De qué manera influye el caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?</p> <p><b>Problemas Específicas:</b></p> <p>¿De qué manera influye el caucho reciclado en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?</p> <p>¿De qué manera influye el diseño del pavimento flexible aplicando caucho reciclado en la mezcla asfáltica del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?</p> <p>¿De qué manera influye la incorporación del caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas ante las cargas del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar de qué manera influye el caucho reciclado en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <p>Determinar de qué manera influye el caucho reciclado en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del diseño del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p>Determinar el diseño del pavimento aplicando caucho reciclado en la mezcla asfáltica del pavimento en la avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p>Determinar de qué manera influye la incorporación del caucho reciclado en la estabilidad de las mezclas asfálticas ante las cargas del diseño estructural del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>El caucho reciclado influye satisfactoriamente en el diseño estructural del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p><b>Hipótesis Específicas:</b></p> <p>El caucho reciclado influye satisfactoriamente en la mezcla asfáltica frente a las deformaciones del pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p>El diseño de la mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado favorece satisfactoriamente En el pavimento en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p> <p>La estabilidad de la mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado influye satisfactoriamente en el diseño del pavimento flexible en la Avenida el Sol Chorrillos 2021.</p>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Caucho reciclado</p> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Diseño estructural del pavimento flexible.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consistencia</li> <li>- Durabilidad</li> <li>- Adherencia</li> <li>- Cohesión</li> <li>- Pureza</li> <li>- Falla asfáltica</li> <li>- Mecánica de suelo</li> <li>- Conteo vehicular</li> <li>- Diseño de la mezcla asfáltica</li> <li>- Mantenimiento del pavimento</li> </ul>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b></p> <p>Cuantitativo</p> <p><b>Metodología de la Investigación:</b></p> <p>Diseño de la Investigación:</p> <p>Experimental</p> <p><b>Universo:</b></p> <p>Al realizar este proyecto de investigación tomamos como población a la Avenida el Sol del distrito de Chorrillos, teniendo como distancia 2 kilómetros</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>En este proyecto de investigación se realizará una población muestra de 5 briquetas que se utilizará para realizar los ensayos Marshall.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conteo vehicular, evaluación del PCI, diseño de la carpeta asfáltica.</li> <li>- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.</li> <li>- Ensayos de limite liquido limite plástico, CBR y Proctor modificado.</li> <li>- Diseño del pavimento convencional.</li> <li>- Diseño del pavimento incorporando caucho reciclado.</li> <li>- Donde realizaremos una investigación cuantitativa que busca recolectar datos numéricos o exactos. Las técnicas son sistemáticas, estandarizadas y buscan obtener datos precisos.</li> </ul>	



PROYECTO DE TESIS:  
 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
 INCORPORANDO CAUCHO RECICLADO EN LA  
 AVENIDA EL SOL CHORILLOS 2021.

INTEGRANTES:  
 CONDEZO CAMPOS, RICARDO RAFAEL  
 JIMENEZ LAZO, NEYTER LUIS

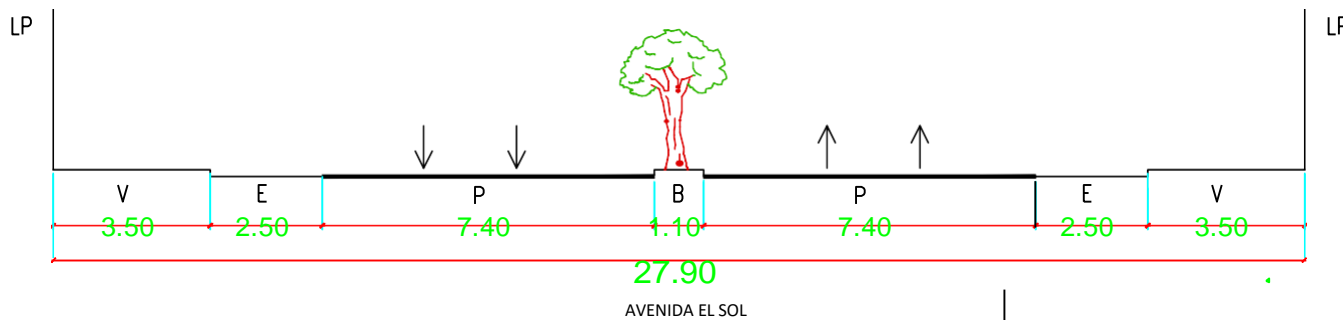
ASESOR:  
 SIGUENZA ABANTO, ROBERT WILFREDO

FECHA:  
 19/07/2021

ESCALA:  
 1:1000

PLANO:  
 P - 1

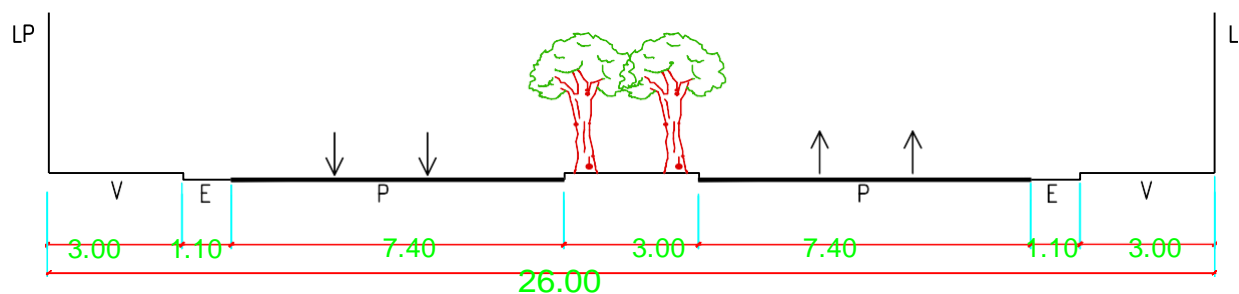
### PRIMERA SECCION



27.90

AVENIDA EL SOL

### SEGUNDA SECCION

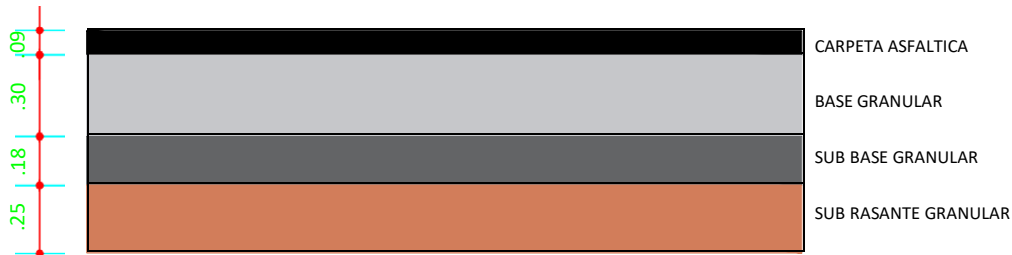


26.00

AVENIDA EL SOL

#### LEYENDA

- B = BERMA
- V = VEREDA
- E = ESTACIONAMIENTO
- J = JARDIN
- LP = LIMITE DE PROPIEDAD
- PP = PISTA PRINCIPAL
- SC = SEPARADOR CENTRAL



AUTORES:  
 CONDEZO CAMPOS RICARDO  
 JIMENEZ LAZO NEYTER

TITULO:  
**SECCION VIAL**  
**AVENIDA EL SOL**

PROYECTO:  
 DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAUCHO EN LA AVENIDA EL SOL CHORRILLOS 2021

FECHA: 19/07/2021

ESCALA: 1/1

LAMINA NO.: **A-01**

## ANEXO. Porcentaje turnitin.

### TESIS

---

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

---



#### FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repository.unimilitar.edu.co">repository.unimilitar.edu.co</a> Fuente de Internet	1%

---

## Resumen del diseño 1.

### DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

### 1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

**Empresa:** MTL Geotecnia  
**Ciente:** Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter  
**Descripción del Proyecto:** "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol  
**Ubicación:** Avenida El Sol Chorrillos

#### Diseño de Pavimento Flexible - 0% Caucho

Número Estructural	4.045	Módulo Resiliente (Psi)	8,042.81
Design ESALs	3,223,265.04	Serviciabilidad Inicial	4.00
Confiabilidad	85%	Serviciabilidad Final	2.50
Desviación Estandar	-1.036		

#### Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.49	1	3.54	1.726	9.00	4.385
Base Granular	0.13	1	11.81	1.536	30.00	3.902
Sub Base Granular	0.12	1	7.09	0.828	18.00	2.104
				4.090		10.391

## Resumen del diseño 2.

### DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

### 1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures

**Empresa:** MTL Geotecnia  
**Cliente:** Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter  
**Descripción del Proyecto:** "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol  
**Ubicación:** Avenida El Sol Chorrillos

#### Diseño de Pavimento Flexible - 2% Caucho

Número Estructural	4.045	Módulo Resiliente (Psi)	8,042.81
Design ESALs	3,223,265.04	Serviciabilidad Inicial	4.00
Confiabilidad	85%	Serviciabilidad Final	2.50
Desviación Estandar	-1.036		

#### Diseño de Espesores de Pavimento

CAPA DE MATERIAL	Coefficiente de Capa (a)	Coefficiente de Drenaje (m)	ESPESOR (Pulg)	Numero Estructural de Capa (SN)	ESPESOR (cm)	Numero Estructural de Capa (SN)
Asfalto	0.46	1	3.54	1.62	9.00	4.115
Base Granular	0.13	1	11.81	1.536	30.00	3.902
Sub Base Granular	0.12	1	7.87	0.920	20.00	2.338
				4.076		10.355



### Resumen de diseño 3.

#### **DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE**

Diseño de espesores de Pavimento de acuerdo a:

**1993 AASHTO Guide for Design of Pavements Structures**

**Empresa:** MTL Geotecnia  
**Cliente:** Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter  
**Descripción del Proyecto:** "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol"  
**Ubicación:** Avenida El Sol Chorrillos

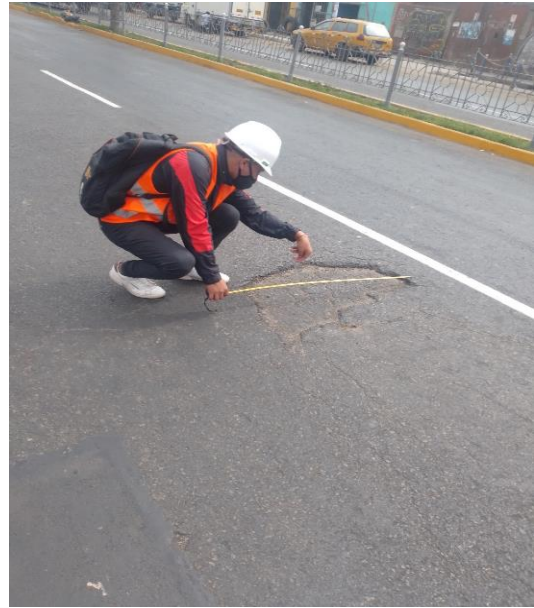
#### **Diseño de Pavimento Flexible - 4.5% Caucho**

Número Estructural	4,045	Módulo Resiliente (Psi)	8,042.81
Design ESALs	3,223,265.04	Serviciabilidad Inicial	4.00
Confiabilidad	85%	Serviciabilidad Final	2.50
Desviación Estandar	-1.036		

#### **Diseño de Espesores de Pavimento**

<b>CAPA DE MATERIAL</b>	<b>Coefficiente de Capa (a)</b>	<b>Coefficiente de Drenaje (m)</b>	<b>ESPESOR (Pulg)</b>	<b>Numero Estructural de Capa (SN)</b>	<b>ESPESOR (cm)</b>	<b>Numero Estructural de Capa (SN)</b>
Asfalto	0.43	1	3.54	1.516	9.00	3.851
Base Granular	0.13	1	11.81	1.536	30.00	3.902
Sub Base Granular	0.12	1	8.66	1.013	22.00	2.572
				<b>4.065</b>		<b>10.325</b>

## ANEXO. Fotografía de la Avenida el Sol, tramo estudiado.



Fuente: Google Earth.

Tomando muestras de fallas en el pavimento



Recolectando las fallas en el pavimento para la evaluación PCI




FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR

TRAMO DE LA CARRETERA	avenida el sol chorrillos				ESTACION				
SENTIDO	o	←	e	→	CODIGO DE LA ESTACION				
UBICACIÓN	avenida el sol chorrillos				DIA Y FECHA	24	4	2021	

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
Lunes		757	126	83	26	137	163	94		68				21					7	
Martes		745	120	74	18	144	156	88	2	63				18						4
Miercoels		840	130	70	16	150	158	95		51				16						8
Jueves		760	140	85	28	136	164	96	4	66		2		10						5
Viernes		780	129	89	30	135	170	89		61				15						6
Sabado		744	127	79	37	147	154	85		70		1		18						3
domingo		750	125	60	40	135	140	75	5	60		2		14						1
Total		5376	897	520	155	984	1105	622	11	439		5		112						34

Formato utilizado para el conteo vehicular

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>						
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)						
<b>Evaluado por:</b> CONDEZO, JIMENEZ		<b>Vía:</b> AVENIDA EL SOL CHORRILLOS		<b>Área de tramo:</b>				
<b>Fecha:</b> 29 de abril del 2021	<b>Abscisa inicial:</b> 0+050		<b>Abscisa final:</b> 0+086		320 m <sup>2</sup>			
<b>TIPOS DE FALLAS</b>								
1 Piel de cocodrilo	m <sup>2</sup>	10 Fisuras Longit. y/o trans.	m					
2 Exudación	m <sup>2</sup>	11 Parche	m <sup>2</sup>					
3 Fisuramiento en bloque	m <sup>2</sup>	12 Agregado Pulido	m <sup>2</sup>					
4 Desniveles Localizados	m <sup>2</sup>	13 Baches	Unidad					
5 Corrugación	m <sup>2</sup>	14 Cruce de ferrocarril	m <sup>2</sup>					
6 Depresión	m <sup>2</sup>	15 Surco en Huella (Ahuellamiento)	m <sup>2</sup>					
7 Fisuramiento en borde	m <sup>2</sup>	16 Desplazamiento	m <sup>2</sup>					
8 Fisuramiento de reflexión	m <sup>2</sup>	17 Fisuramiento de Resbalamiento	m <sup>2</sup>					
9 Desnivel carril/espaldón	m <sup>2</sup>	18 Hinchamiento	m <sup>2</sup>					
		19 Desmoronamiento / Intemperismo	m <sup>2</sup>					
<b>INVENTARIO DE FALLAS EXISTENTES</b>								
Falla	Unidad	Severidad	LARGO m	ANCHO m	PROF. m	TOTAL		
Parche	m <sup>2</sup>	m	15	0.8		12		
Piel de cocodrilo	m	m	6	0.9		5.4		
Fisura Longitudinal y/o Transversal	m	m	6	0.6		3.6		
Fisura Longitudinal y/o Transversal	m	m	8	0.4		3.2		
Baches	m	b	0.5	0.5	0.06	0.25		
Baches	m	b	0.2	0.4	0.09	0.08		
Desnivel localizado	m	b	1.3	1.8	0.05	2.34		
Ahuellamiento	m <sup>2</sup>	b	30	0.15	0.05	4.5		
<b>VALORES DEDUCIDOS DE FALLAS EXISTENTES</b>								
Falla	Unidad	Severidad	TOTAL	Densidad %	VD	VDT	q	
Parche (m)	m <sup>2</sup>	m	12	3.75	19	64.9	4	
Piel de cocodrilo (m)	m	m	5.4	1.69	27			
fisura longitudinal y/o transversal (m)	m	b	6.8	2.13	8			
Baches (b)	m	b	0.33	0.10	0.6			
Desnivel localizado (b)	m	b	2.34	0.73	0.3			
Ahuellamiento (b)	m <sup>2</sup>	b	4.5	1.41	10	m	7.70	
<b>CALCULO DEL PCI</b>								
VALORES DEDUCIDOS						CDT	Q	CDV
27	19	10	8	0.6	0.3	64	4	38
19	10	8	2	0	0	39	3	22
10	8	2	2	0	0	22	2	14
8	2	2	2	0	0	14	1	10
0.6	0	0	0	0	0			
0.3	0	0	0	0	0			
						<b>HDV</b>	<b>38</b>	
						<b>PCI</b>	<b>62</b>	
						<b>CLASIFICACIÓN BUENO</b>		

Formato utilizado para el estudio PCI



**Obteniendo la muestra de suelo de la primera calicata**



**Medida de la profundidad y perfil de la calicata 1**



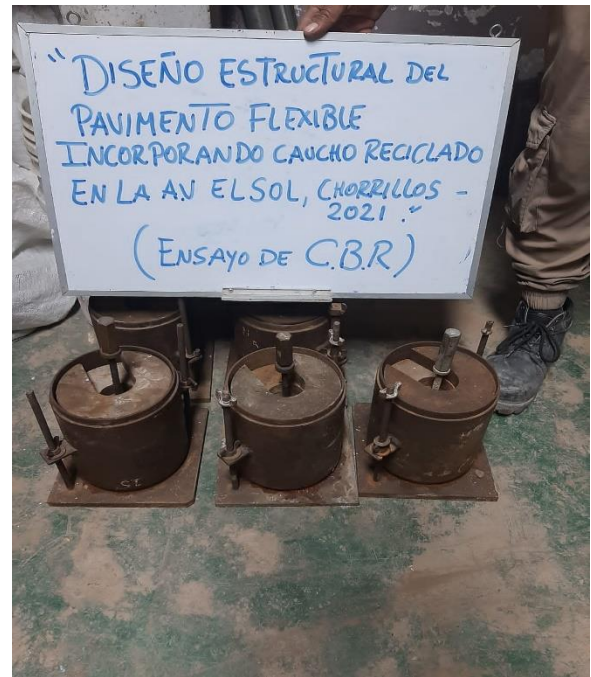
**Realizando la granulometría de los materiales**



**Realizando los limites líquidos y plásticos**



**Realizando el Proctor modificado de las muestras**



**Realizando el CBR de las muestras**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

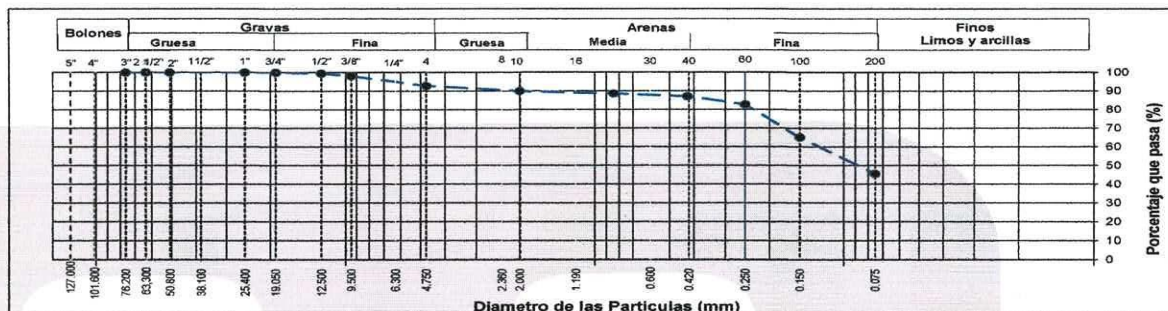
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D6913 / MTC E - 204

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-01
<b>MUESTRA</b>	: M-01
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m

Fecha de ensayo: 14/05/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	16.1	
3"	76.200	100.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
2 1/2"	63.300	100.0		Límite Líquido (LL)	27.0	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP)	23.0	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP)	4.0	
1"	25.400	100.0		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
3/4"	19.000	100.0		7.2	47.1	45.7
1/2"	12.500	99.5		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
3/8"	9.500	98.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	SM	
Nº 4	4.750	92.8		Clasificación AASHTO (D3282)	A-4 ( 2 )	
Nº 10	2.000	89.9		Nombre del Grupo	Arena limosa	
Nº 20	0.840	88.6		<b>INDICACIONES:</b>		
Nº 40	0.425	87.0		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		
Nº 60	0.250	82.7				
Nº 100	0.150	65.0				
Nº 200	0.075	45.7				

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados de análisis granulométrico de la primera**



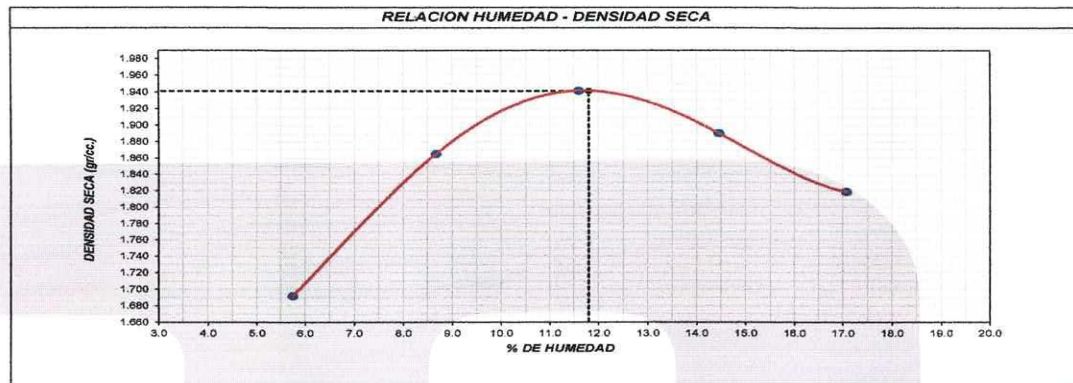
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C1
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
	<b>MÉTODO:</b> C
	<b>Fecha de ensayo:</b> 14/05/2021

Volumen Molde	2119	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,581	11,085	11,381	11,374	11,302
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,791	4,295	4,591	4,584	4,512
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,789	2,027	2,167	2,163	2,129
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	836.5	836.5	845.1	839.8	833.7
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	803.6	787.5	781.8	761.5	745.2
Peso de la Tara	gr.	231.5	222.5	236.2	219.8	226.8
Peso del agua	gr.	32.9	49.0	63.3	78.3	88.5
Peso del suelo seco	gr.	572	565	546	542	518.4
Contenido de agua	%	5.8	8.7	11.6	14.5	17.1
Densidad Seca	gr/cc	1.692	1.865	1.941	1.890	1.819

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.941	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	11.80	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

**Resultados del Proctor modificado de la primera calicata**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C1
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 17/05/2021

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	C		E		F	
	5		5		5	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,219		12,124		12,179	
Peso molde (gr.)	8,645		7,786		8,165	
Peso suelo compactado (gr.)	4,574		4,338		4,014	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,105		2,106		2,088	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.173		2.060		1.941	
Humedad (%)	11.9		11.8		11.9	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.942		1.842		1.735	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Tara+suelo húmedo (gr.)	536.5		511.2		521.7	
Tara+suelo seco (gr.)	479.5		457.2		466.2	
Peso de agua (gr.)	57.0		54.0		55.5	
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	479.5		457.2		466.2	
Humedad (%)	11.9		11.8		11.9	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
14-May	11:25	0	13	0.00	0.00	19	0.00	0.00	19	0.00	0.00
15-May	11:25	24	29	0.41	0.35	34	0.38	0.33	33	0.38	0.31
16-May	11:25	48	30	0.43	0.37	36	0.43	0.37	36	0.43	0.37
17-May	11:25	72	30	0.43	0.37	37	0.48	0.39	38	0.48	0.41

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	C				E				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		15	0.6			11	0.5			4	0.2		
0.050		49	2.5			34	1.7			12	0.6		
0.075		96	4.9			67	3.4			24	1.2		
0.100	70.307	151	7.7	7.4	10.5	106	5.4	5.3	7.5	37	1.9	1.8	2.6
0.150		236	12.0			165	8.4			58	2.9		
0.200	105.460	296	15.0			207	10.5			73	3.7		
0.300		341	17.3			239	12.1			84	4.2		
0.400		438	22.2			307	15.6			107	5.4		
0.500		512	26.0			358	18.2			125	6.4		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

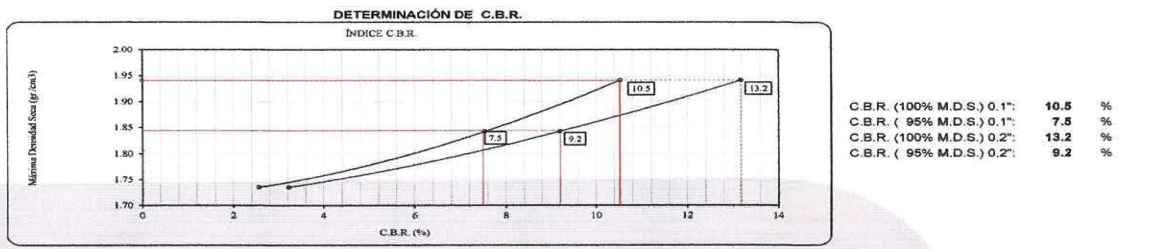
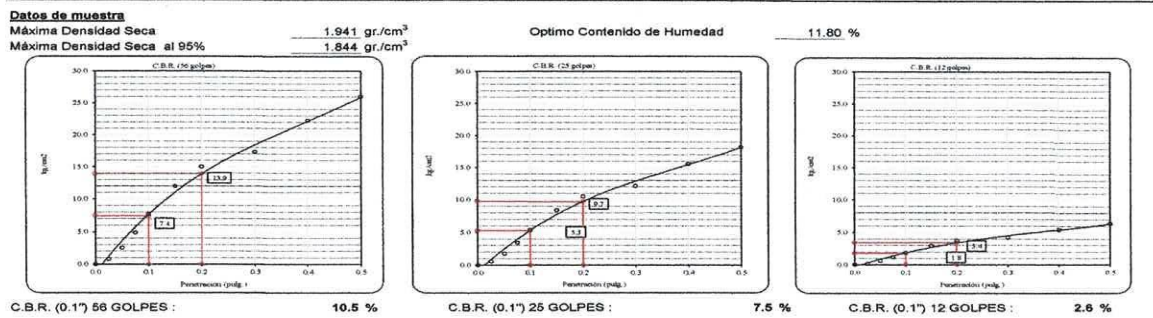
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados del CBR de la primera calicata**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C1
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
	<b>Fecha de ensayo:</b> 17/05/2021



**OBSERVACIONES:**  
 O  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

**Gráficos del CBR de la primera calicata**



**Obteniendo la muestra de suelo de la primera calicata**



**Obteniendo la muestra de suelo de la segunda calicata**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

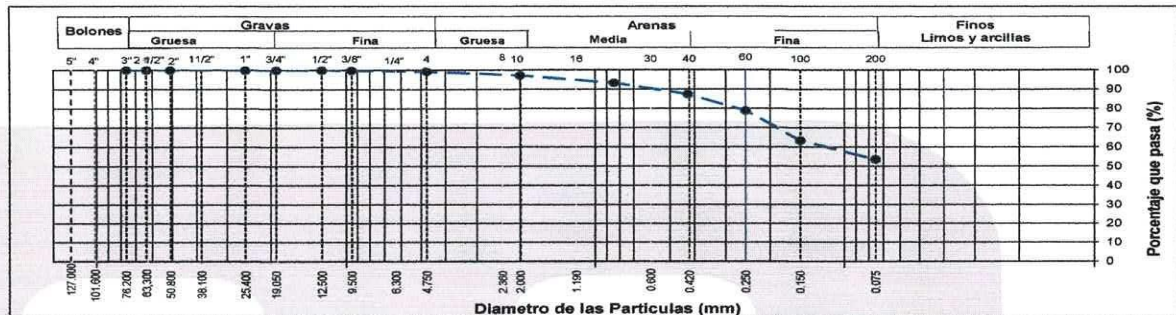
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D6913 / MTC E - 204

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>CALICATA</b>	: C-02
<b>MUESTRA</b>	: M-01
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m

Fecha de ensayo: 14/05/2021

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>	
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%) 23.6	
3"	76.200	100.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>	
2 1/2"	63.300	100.0		Límite Líquido (LL) 28.0	
2"	50.800	100.0		Límite Plástico (LP) 23.0	
1 1/2"	38.100	100.0		Índice Plástico (IP) 5.0	
1"	25.400	100.0		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	
3/4"	19.000	100.0		Grava (%) 0.8      Arena (%) 45.6      Finos (%) 53.6	
1/2"	12.500	100.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487) ML	
3/8"	9.500	99.8		Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (4)	
Nº 4	4.750	99.2		Nombre del Grupo: Limo con arena	
Nº 10	2.000	97.2		<b>INDICACIONES:</b> El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.	
Nº 20	0.840	93.3			
Nº 40	0.425	87.4			
Nº 60	0.250	78.9			
Nº 100	0.150	63.3			
Nº 200	0.075	53.6			

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados de Análisis granulométrico de la segunda calicata**

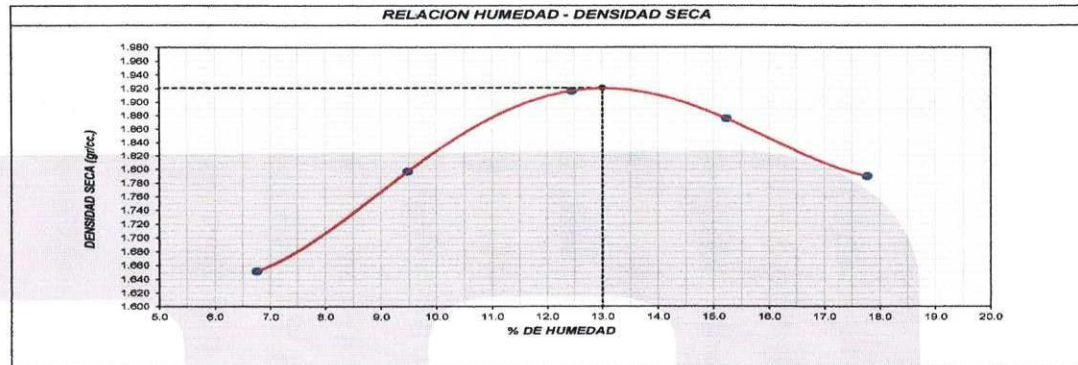
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557/ NTP 339.141			

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter		
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorillos 2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima	<b>MÉTODO:</b>	C
<b>SONDEO</b>	: C2	<b>Fecha de ensayo:</b>	14/05/2021
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		

Volumen Molde	2119	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6790	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,526	10,958	11,357	11,369	11,257
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,736	4,168	4,567	4,579	4,467
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,763	1,967	2,155	2,161	2,108
Recipiente Numero		-	-	-	-	-
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	859.6	849.5	839.7	844.5	846.8
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	819.6	796.5	772.6	764.8	755.2
Peso de la Tara	gr.	226.8	237.4	233.6	241.5	239.8
Peso del agua	gr.	40.0	53.0	67.1	79.7	91.6
Peso del suelo seco	gr.	593	559	539	523	515.4
Contenido de agua	%	6.7	9.5	12.4	15.2	17.8
Densidad Seca	gr/cc	1.652	1.797	1.917	1.875	1.790

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.921	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Óptima:</b>	13.00	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados del Proctor modificado de la segunda calicata**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	24/10/2017





**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima
<b>SONDEO</b>	: C2
<b>MUESTRA</b>	: M1
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.
<b>Fecha de ensayo:</b> 17/05/2021	

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	A				D				B				
Número de capas	5				5				5				
Número de golpes	56				25				12				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO				
Peso suelo + molde (gr.)	13,131				12,672				13,058				
Peso molde (gr.)	8,545				8,251				8,935				
Peso suelo compactado (gr.)	4,586				4,421				4,123				
Volumen del molde (cm³)	2,105				2,131				2,115				
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,179				2,075				1,949				
Humedad (%)	13.1				13.0				13.1				
Densidad Seca (gr./cm³)	1,926				1,836				1,723				
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	541.3				496.8				485.8				
Tara+suelo seco (gr.)	478.6				439.6				429.5				
Peso de agua (gr.)	62.7				57.2				56.3				
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	478.6				439.6				429.5				
Humedad (%)	13.1				13.0				13.1				
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
14-May	10:15	0	18	0.00	0.00	16	0.00	0.00	12	0.00	0.00		
15-May	10:15	24	35	0.43	0.37	35	0.48	0.41	33	0.53	0.46		
16-May	10:15	48	37	0.46	0.41	37	0.53	0.46	36	0.61	0.52		
17-May	10:15	72	37	0.48	0.41	38	0.56	0.48	37	0.64	0.55		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	A				D				B			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		13	0.7			9	0.6			3	0.2		
0.050		40	2.0			25	1.4			10	0.5		
0.075		88	4.5			62	3.1			22	1.1		
0.100	70.307	134	6.8	6.6	9.4	94	4.8	4.6	6.6	33	1.7	1.5	2.1
0.150		205	10.4			144	7.3			50	2.6		
0.200	105.460	255	12.9			178	9.1			62	3.2		
0.300		325	18.5			227	11.5			80	4.0		
0.400		401	20.4			281	14.3			98	5.0		
0.500		477	24.2			334	16.9			117	5.9		

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

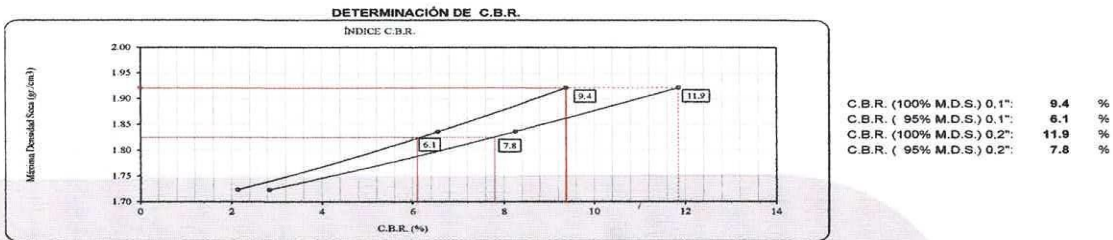
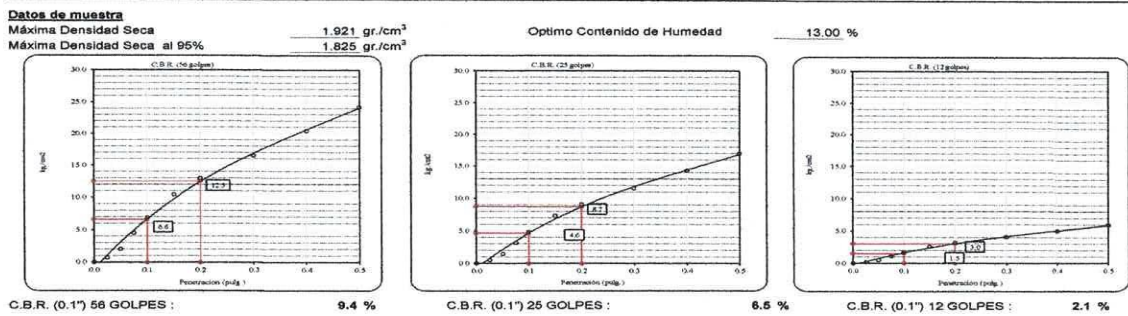
<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
		
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

**Resultados del CBR de la segunda calicata**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyter		
<b>PROYECTO</b>	: "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"		
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima		
<b>SONDEO</b>	: C2	<b>Fecha de ensayo:</b>	17/05/2021
<b>MUESTRA</b>	: M1		
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.5 m.		



**OBSERVACIONES:**

- o
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<p>Elaborado por:</p>  <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p>  <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p>Control de Calidad</p>
--	---	--

Figura 3. perfil de la calicata fuente propia

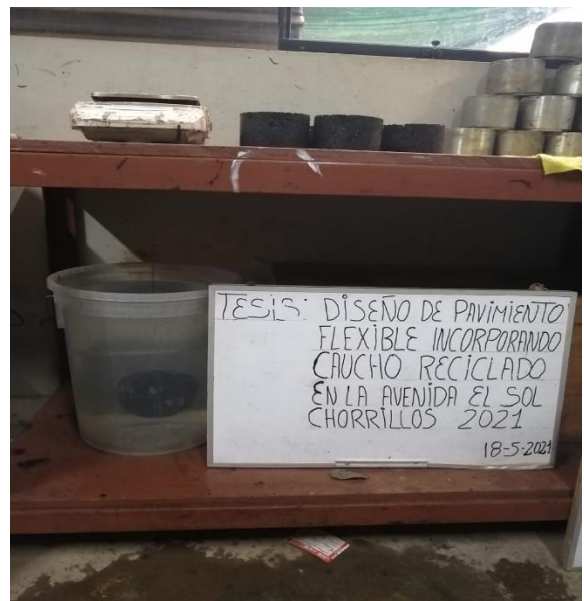
Figura 4. recolección de muestras

**Gráficos del CBR de la segunda calicata**





### Elaborando del diseño de las briquetas de la mezcla convencional



### Briquetas colocadas en el horno de la mezcla convencional

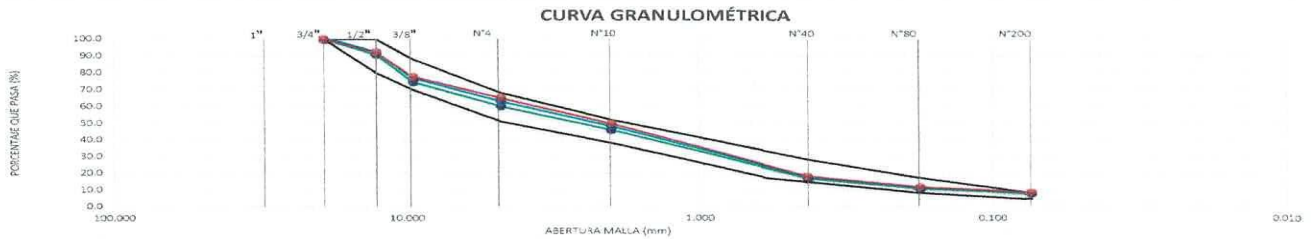
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)**

**SOLICITANTE** : Ricardo Rafael condezo campos / Neyter Jiménez Lazo  
**TESIS** : "Diseño Estructural del Pavimento Flexible Incorporando Caucho Reciclado en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021"  
**UBICACION** : Lima  
**FECHA** : 25/05/2021

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					MAC-2			
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	Filler	% Pasa	% Pasa	% Pasa		
1"	25.400				100.0	101.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.050	100.0	100.0		90.9	92.4	92.1	80.0	100.0
1/2"	12.700	77.4	100.0		74.5	76.6	77.7	70.0	88.0
3/8"	9.525	36.2	100.0						
1/4"	6.350								
N° 4	4.750		100.0		60.0	63.0	65.0	51.0	68.0
N° 6	3.350								
N° 8	2.380		83.2						
N° 10	2.000		76.2		45.6	46.1	49.6	38.0	52.0
N° 16	1.190								
N° 20	0.840								
N° 30	0.590								
N° 40	0.426		27.2	100.0	16.7	17.5	18.0	17.0	28.0
N° 50	0.297								
N° 80	0.177		17.1	98.9	10.7	11.2	11.5	8.0	17.0
N° 100	0.149								
N° 200	0.074		12.1	98.8	7.7	8.1	8.3	4.0	8.0
-200	-								

Mezcla de agregados				
Mezcla N° 01	40.0	68.0	0.5	OK
Mezcla N° 02	18.0	62.7	0.5	
Mezcla N° 03	35.0	64.5	0.5	



OBSERVACIONES:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados obtenidos del análisis granulométrico de la mezcla convencional**

TESIS : "Diseño Estructural del Pavimento Flexible Incorporando Caucho Reciclado en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021"

SOLICITANTE : Ricardo Rafael condezo campos / Neyter Jiménez Lazo

UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima

FECHA : 25/05/2021

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

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

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

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



**2.- Ligante asfáltico**

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70  
% óptimo de asfalto residual : 5.70%

**3.- Características marshall modificado**

Parámetros de diseño					Especificación EG 2013
GOLPES	N°	75.0	75.0	75.0	75
CAUCHO	%	0.0	2.0	4.5	
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.70	5.70	5.70	
PESO UNITARIO	kg/m <sup>3</sup>	2.346	2.188	2.033	
VACIOS	%	4.5	5.5	9.1	3 - 5
V.M.A.	%	17.5	23.1	28.5	14
V. L.L.C.A.	%	74.0	76.2	68.0	
POLVO / ASFALTO	%	0.7	0.4	0.2	0.6 - 1.3
FLUJO	0.01" (0.25 mm)	13.9	18.3	22.7	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	12.0	7.8	5.1	8,15

Observaciones:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

**Resultados obtenidos del diseño de la mezcla asfáltica en caliente de la mezcla convencional.**

TESIS : Diseño Estructural del Pavimento Flexible Incorporando Caucho Reciclado en la Avenida el Sol, Chorrillos 2021\*

SOLICITANTE : Ricardo Rafael condezo campos / Neyler Jiménez Lazo

UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima

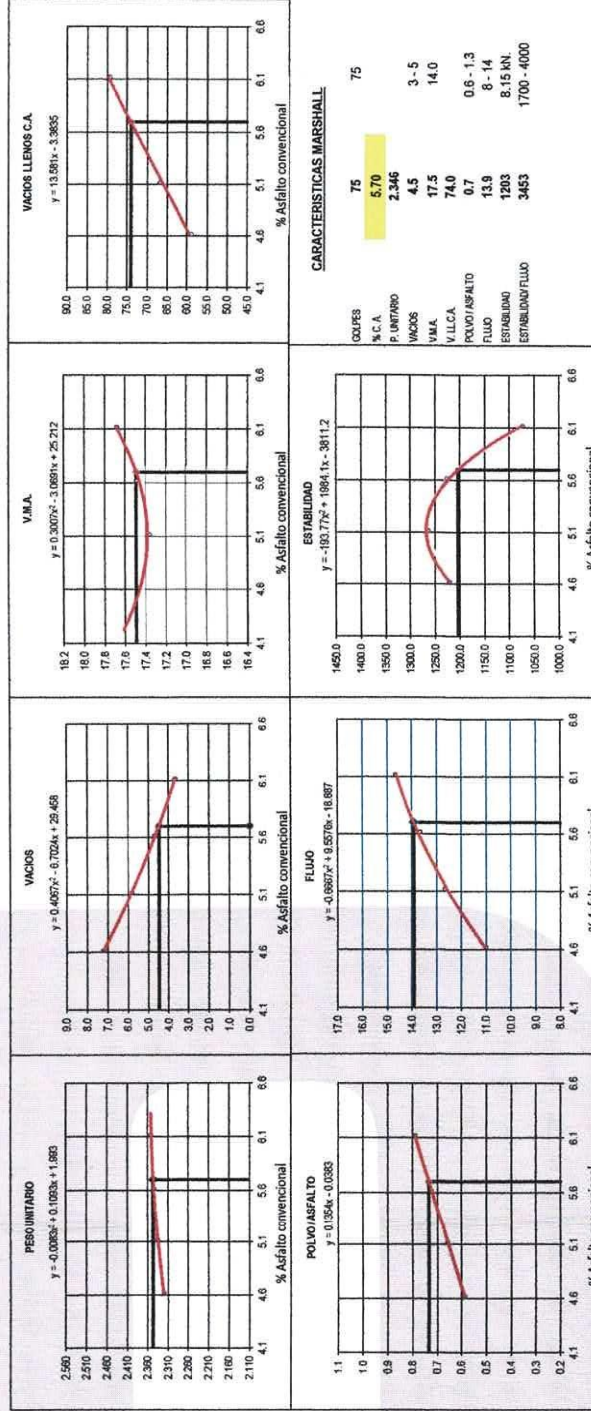
FECHA : 25/05/2021


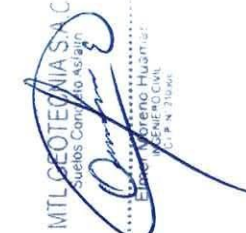
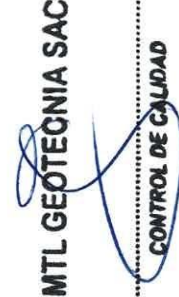
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Identificación : Planta San Pedro

Descripción : Diseño MAC (Asfalto convencional)

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



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

TESIS : "Diseño estructural del pavimento flexible incorporando caucho reciclado en la Avenida El Sol Chorrillos 2021"

SOLICITANTE : Condezo Campos Ricardo / Jiménez Lazo Neyler

UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima

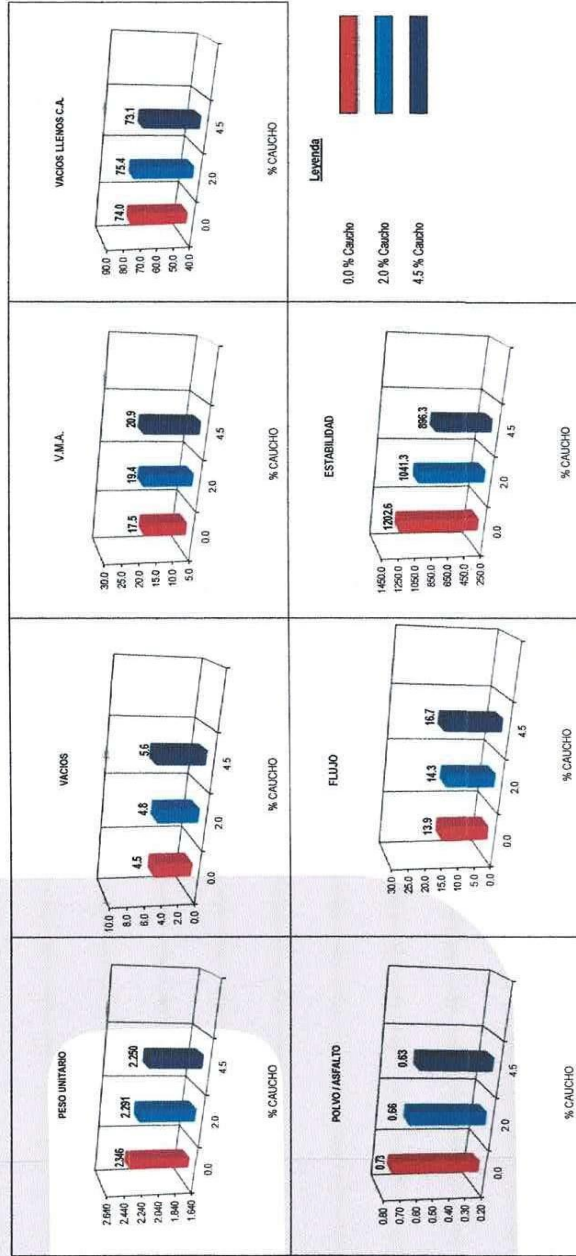
FECHA : 25/05/2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)

Identificación : Mezcla de agregados

Descripción : % Óptimo de Asfalto convencional adicionando el porcentaje de caucho en reemplazo de agregado fino (2.0% y 4.5%)

**COMPARATIVO DE RESULTADOS VARIANDO EL % DE CAUCHO EN LA MEZCLA ASFÁLTICA**  
**GRÁFICOS DE BARRAS**



MTL GEOTECNIA S.A.C.  
Socios: Condezo Campos Ricardo, Jiménez Lazo Neyler  
Elmer Moreno Huamán  
C.I.P.N. 71986