



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES

Guillen Cervera, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-2908-3255)

Poma Álvarez, Oscar Paulino (ORCID: 0000-0003-4322-8171)

ASESORA:

Dra. García Álvarez, María Isabel (ORCID: 0000-0002-2273-5046)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicado a nuestros padres por el apoyo que nos brindan, y por inculcarnos valores para realizarnos como hombres de bien.

AGRADECIMIENTO

-A dios, por lo maravilloso de la vida.

-A nuestros padres por inculcarme valores, por el afecto incondicional que nos brindan, y por estar presente en cada paso de mi vida.

-A nuestros asesores y catedráticos por guiarnos de forma incondicional, eficaz y por contribuir en nuestra formación como ingenieros civiles.

-A nuestros compañeros por el desprendimiento de sus conocimientos, por su confianza y por su amistad incondicional.

ÍNDICE

Caratula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agredicimiento.....	iii
Indice	iv
Indice de tablas.....	v
Indice de figuras.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO.....	9
III. METODOLOGÍA.....	32
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	32
3.2 Operacionalizacion de variables.....	33
3.3 Población, muestra y muestreo.....	36
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
3.5 Métodos de análisis de datos.....	37
3.6 Aspectos éticos.....	38
IV. RESULTADOS.....	39
4.1 Analisis de Resultados.....	39
4.2 Interpretacion de los resultadios del Laboratorio.....	78
V. DISCUSIÓN.....	95
VI. CONCLUSIONES.....	96
VII. RECOMENDACIONES.....	97
VIII. PROPUESTA.....	98
REFERENCIA.....	99
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características del GCR	15
Tabla 2 Granulometría del GCR.....	15
Tabla 3 Composición de las llantas-Neumáticos reciclados	18
Tabla 4 Composición del Asfalto	22
Tabla 5 Caracterización de Penetración	23
Tabla 6 Requisitos que deben cumplir los agregados gruesos	26
Tabla 7 Requisitos que deben cumplir los agregados finos.....	27
Tabla 8 Requisitos para la Mezcla de carreteras	27
Tabla 9 Validez del Instrumento de medición.....	37
Tabla 10 Ensayos realizados en suelos.....	40
Tabla 11 Categorías de la subrasante	42
Tabla 12 Clasificación de suelos por el tamaño de sus partículas.....	42
Tabla 13 Ensayo de suelos	43
Tabla 14 Contenido de Humedad de la muestra.....	45
Tabla 15 Determinación del Límite Líquido	47
Tabla 16 Determinación del Límite Plástico	47
Tabla 17 Densidad/ Humedad-Proctor Modificado	49
Tabla 18 Capacidad de Soporte CBR.....	50
Tabla 19 Expansión de Suelos.....	51
Tabla 20 Penetración... ..	51
Tabla 21 Parámetro para los agregados... ..	55
Tabla 22 Granulometría de los agregados	55
Tabla 23 Agregado grueso.....	57

Tabla 24 Agregado Fino.....	58
Tabla 25 Granulometría del caucho... ..	59
Tabla 26 Materiales para el Diseño de Mezcla Asfáltica en caliente.....	59
Tabla 27 Dosificación del Diseño Marshall	60
Tabla 28 Especificaciones Técnicas para el Diseño de la Mezcla	60
Tabla 29 Dosificación del diseño Marshall	61
Tabla 30 Diseño de Mezcla Asfáltica con 3% de Caucho.....	64
Tabla 31 Diseño de Mezcla Asfáltica con 4% de Caucho.....	65
Tabla 32 Diseño de Mezcla Asfáltica con 5% de Caucho.....	66
Tabla 33 Resultado de un Diseño Convencional y un diseño Modificado.....	68
Tabla 34 Análisis de costos Mezcla Asfáltica Tradicional.....	76
Tabla 35 Análisis de costos Mezcla Asfáltica Modificada.....	77
Tabla 36 Resultado del Diseño Mezcla Tradicional.....	87
Tabla 37 Comparación Técnica-Mezcla Tradicional Vs Mezcla Modificada 3% ...	89
Tabla 38 Comparación Técnica-Mezcla Tradicional Vs Mezcla Modificada 4% ...	91
Tabla 39 Comparación Técnica-Mezcla Tradicional Vs Mezcla Modificada 5% ...	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Ubicación de la Calle los Eucaliptos-----	1
Figura 02	Mapa-Fbricas en la Calle los Eucaliptos-----	2
Figura 03	Vehículos Pesados- Calle los Eucaliptos-----	3
Figura 04	Desgaste de la Carpeta Asfáltica-----	4
Figura 05	Grano de Caucho de llantas recicladas -----	14
Figura 06	Neumáticos-----	17
Figura 07	Producción del Asfalto-----	19
Figura 08	Martillo Marshall-----	21
Figura 09	Modificación del Asfalto por la Vía seca-----	25
Figura 10	Sección Estructural del pavimento-----	28
Figura 11	Beneficios del pavimento con caucho reciclado-----	30
Figura 12	Tiempo de vida útil del asfalto-----	31
Figura 13	Ubicación del proyecto-----	39
Figura 14	Dimensionamiento de la calle los Eucaliptos-SJL-Lima-----	39
Figura 15	Rangos de Vehículo-----	40
Figura 16	Ubicación de la Calicata-----	41
Figura 17	Realización Calicata-----	41
Figura 18	Muestra Extraída-----	41
Figura 19	Dimensionamiento de la calicata-----	41
Figura 20	Mallas Granulométricas-----	42
Figura 21	Curva Granulométrica-----	44
Figura 22	Peso de la Muestra-----	44
Figura 23	Secado de la Muestra-----	44
Figura 24	Instrumento-Copa Casagrande-----	45
Figura 25	Calibración Copa Casagrande-----	45
Figura 26	Mezclado de la Muestra-----	45
Figura 27	Inserción de la mezcla al Instrumento-----	45
Figura 28	Muestra-Copa Casagrande-----	46
Figura 29	Nivelación de la muestra-----	46
Figura 30	División de la muestra- Copa Casagrande-----	46
Figura 31	Contenido de Humedad-----	48
Figura 32	Secado de la Muestra-----	48
Figura 33	Relación Densidad/ Humedad seca-----	49
Figura 34	Densidad seca-----	51
Figura 35	Penetración-----	52
Figura 36	Minera Telkus-Ubicación-----	53
Figura 37	Agregado grueso-----	53
Figura 38	Agregado Fino-----	54
Figura 39	Agregados-----	54
Figura 40	Curva Granulométrica-Agregados-----	56
Figura 41	Ensayo Agregado grueso-----	56
Figura 42	Agregado Tamizado-----	57
Figura 43	Agregados Finos-----	57

Figura 44	Trituradora- caucho reciclado-----	58
Figura 45	Obtención Muestra-Caucho reciclado-----	58
Figura 46	Granulometría- caucho reciclado-----	59
Figura 47	% de Asfalto-Mezcla Modificada-----	62
Figura 48	Inserción del caucho en los agregados-----	63
Figura 49	Peso unitario, vacíos, fluencia, estabilidad -----	67
Figura 50	RICE ASTM-----	68
Figura 51	Mejoramiento de la Estabilidad-----	69
Figura 52	Mejoramiento de flujo-----	70
Figura 53	Reducción del Ahuellamiento-----	71
Figura 54	Relación Estabilidad/ Fluencias-----	72
Figura 55	Análisis de Estabilidad - Mezcla Optima-----	73
Figura 56	Análisis de Flujo - Mezcla Optima-----	74
Figura 57	Reducción del Ahuellamiento - Mezcla Optima-----	74
Figura 58	Relación Estabilidad/ Fluencia -Mezcla Optima-----	75

RESUMEN

La presente investigación titulada “**Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019**”, ha sido realizada teniendo en cuenta el reglamento del MTC, cuyo objetivo es determinar como influye la implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, con el único propósito de plantear una solución a los problemas existentes en la zona.

Para la realización de la presente investigación hemos utilizados diversas fuentes nacionales e internacionales, con la finalidad de obtener las teorías del tema, y así poder conceptualizar que es un pavimento flexible, como está compuesto estructuralmente, cuáles son sus propiedades y los factores que inciden en su diseño, así como que es el Asfalto, cuáles son sus propiedades, y su comportamiento al ser modificada con un el caucho reciclado.

Esta investigación se desarrolló dentro de la Urb Canto Bello, teniendo como zona principal la Calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho.

Al obtener los resultados realizamos un análisis, con la finalidad determinar de que manera influye el caucho reciclado en el diseño de Mezclas Asfálticas, así mismo realizaremos una comparación técnica entre un asfalto normal y un asfalto elaborado con caucho reciclado, llegando a concluir de qué manera mejora el caucho reciclado al asfalto.

Palabra Clave. Pavimentos, Pavimentos flexibles, caucho, caucho reciclado, asfalto, mezclas asfálticas.

ABSTRACT

The present investigation entitled "**Implementation of recycled rubber in the design of asphalt mixtures for flexible pavements in the Eucalyptus, San Juan Lurigancho, Lima, 2019**", has been carried out taking into account the regulation of the MTC, whose objective is to determine how it influences the implementation of recycled rubber in the design of asphalt mixtures for flexible pavements in calle los Eucaliptos, with the sole purpose of proposing a solution to the existing problems due to vehicular traffic in the area.

For the development of this research we have used various national and international sources, in order to obtain the theories of the subject, and thus be able to conceptualize that it is a flexible pavement, as it is composed structurally, what are its properties and the factors that affect its design, as well as what the Asphalt is, what its properties are, the advantages and disadvantages it has when it is mixed with a recycled rubber.

This investigation was developed within the Urb Canto Bello, having as main zone the Calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho.

When we obtain the results we carry out an analysis, in order to determine how recycled rubber influences the design of Asphalt Mixtures, we will also make a technical comparison between a traditional asphalt and an asphalt with recycled rubber, arriving to conclude how rubber improves recycled to the asphalt.

Keyword. Floors, flexible pavements, rubber, recycled rubber, asphalt, asphalt mixtures.

I.- INTRODUCCIÓN

El avance de un pueblo, así como su desarrollo y crecimiento económico productivo en general depende en gran magnitud de la existencia y realización de las vías de comunicación entre los pueblos, provincias, regiones y departamentos del Perú, como consolidación principal entre el pueblo y los puntos productores; es por ello, que con la construcción de pavimentos asfálticos sofisticados y mejorados con caucho reciclado, haremos frente a los problemas que existen en el campo de la construcción de pavimentos flexibles.

(Gallardo, 2016). Las carreteras son infraestructuras que han permitido la interacción de los pueblos, así como su crecimiento tanto económico y social del país; el Perú tiene aproximadamente 78.200 km de vías, las cuales 68, 720 km son vías no pavimentadas. En San Juan de Lurigancho existen muchos caminos no pavimentados, los que están pavimentados presentan deterioro en su estructura, requiriendo mezclas asfálticas modificadas mediante la utilización de aditivos que nos ayuden a mejorar su comportamiento, así como su tiempo de vida útil, es el caso de la Calle Los Eucaliptos.

La investigación realizada en tesis, consiste en Implementar el caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019. Esta vía cuenta con 6 metros de ancho y 700 metros de longitud (doble vía), la estructura tiene una base de 20 cm. Y no posee sub base. La vía está situada en la Urbanización Canto Bello. Cabe mencionar que es una zona industrial y residencial, posee un sistema de agua, desagüe, energía eléctrica, alumbrado público, internet, telefonía y otros.

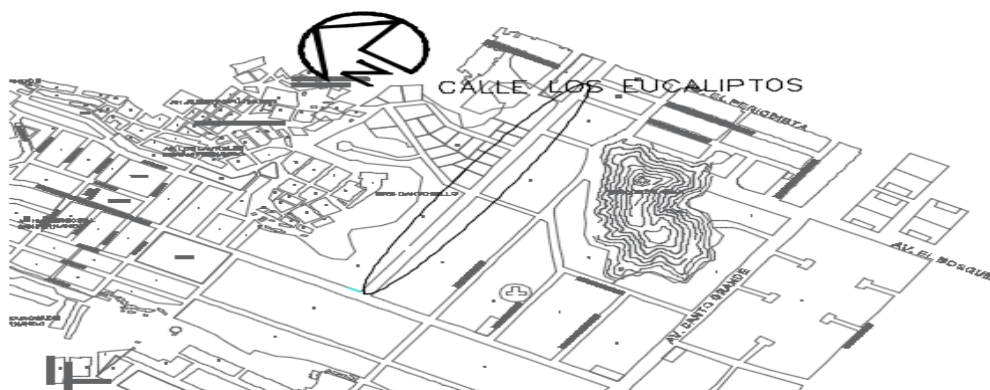


Figura 01. Ubicación de la calle los Eucaliptos, Fuente de Elaboración propia

La calle los Eucaliptos fue construida aproximadamente hace tres años, presentando daños en la carpeta de rodadura debido al tránsito pesado de vehículos que existe en la zona; los mismos que ingresan a la Urb. Canto Bello provistos de insumos para la producción industrial existente a lo largo y a los alrededores de nuestro proyecto, así como el despliegue de los mismos para ser distribuidos en Lima Metropolitana.

En la actualidad, los daños perjudican directamente a la población urbana, a las familias de la zona, dificultando su normal desplazamiento de las mismas, así como de los vehículos que usan la vía. Esto genera malestar en los vecinos, debido a la contaminación y a la pérdida del patrimonio público; además dicho problema genera gastos de mantenimiento, deterioro de sus vehículos, entre otros.

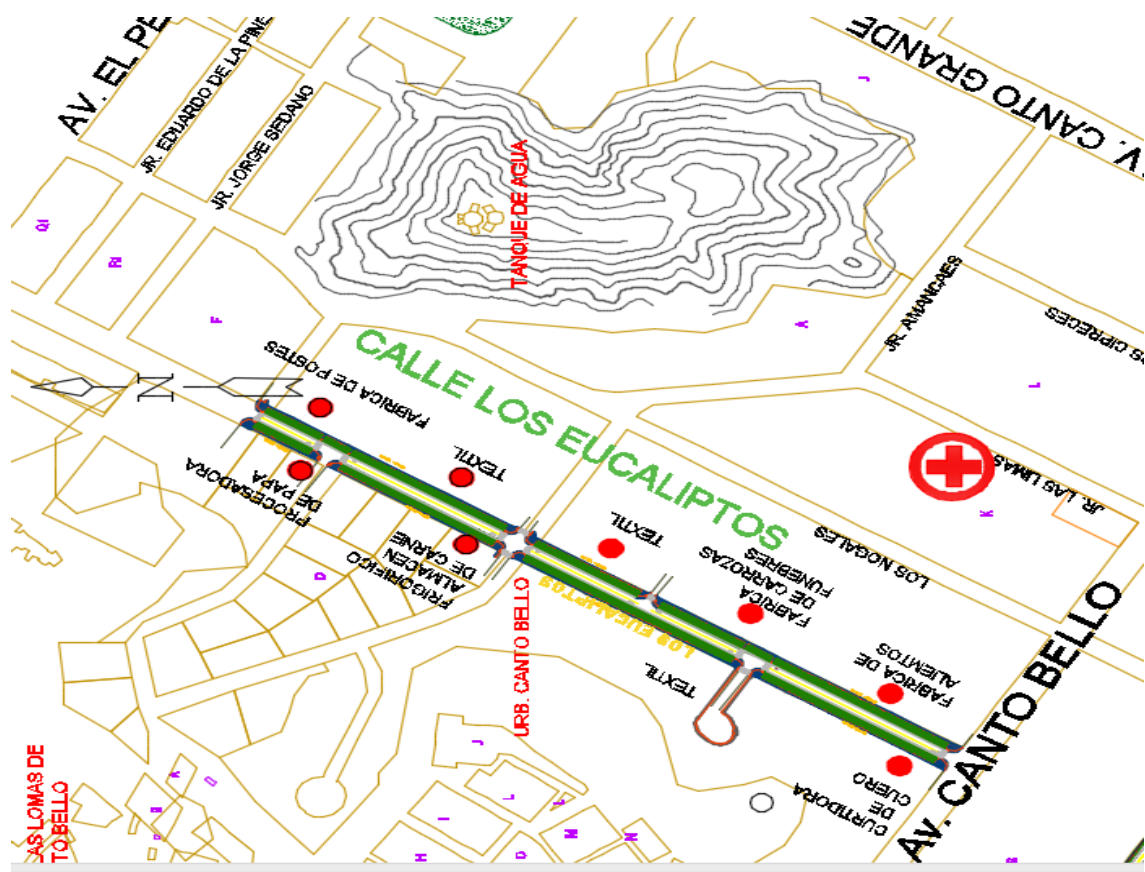


Figura 0.2. Fábricas en la calle los Eucaliptos, Fuente: Elaboracion propia

Para llegar a la zona del proyecto existen dos vías principales, los mismos que pueden ser identificados con nombre propio de acuerdo a los datos y registros de la municipalidad de SJL, así como a la verificación INSITU del lugar, teniendo como ingreso principal la Av. Canto Grande (cuadra 02), para ingresar a la Av. Canto Bello, vía que nos permite el acceso a la Calle Los Eucaliptos, así como a las calles aledañas de la zona.



Figura 0.3.- Vehículos pesados (ingresan y salen por la calle los Eucaliptos). Fuente de Elaboración propia

La urbanización Canto Bello – San Juan de Lurigancho, lugar donde se encuentra ubicado nuestro proyecto, es una zona Industrial y residencial, a los alrededores de nuestro proyecto existen distintas empresas manufactureras, fuente de vida de los moradores y de los grandes empresarios acantonados en la zona, dentro de ellas a inmediaciones y a lo largo del proyecto existen: fábricas de Tecnopor, fábricas de carrozas fúnebres y limosinas, fábricas de betún, fábricas de cuero, fábricas de ropa de vestir y de productos comestibles.

Para la realización de nuestra investigación-proyecto ubicada en la calle Los Eucaliptos-Canto Bello-San Juan de Lurigancho, debemos de tener en cuenta lo que se estipula en el Manual de MTC, donde nos señala que toda Av. debe contar con una respectiva señalización vial, tanto verticales como horizontales, con el propósito de cuidar la integridad de los moradores de la zona, también dice que la vía debe ser estudiada para incrementar otros dispositivos de señalización que permitan controlar el tránsito, para un recorrido por toda la vía de la calle los Eucaliptos y alrededores, teniendo en cuenta el plano de ubicación y los ingresos al proyecto.

Al realizar el análisis de la Calle los Eucaliptos (trabajo de campo), se pudo observar la falta de señalización vial de forma vertical como horizontal.



Figura 0.4.- Desgaste de la carpeta asfáltica por el tránsito pesado. Fuente: elaboración propia

En consideración a ello nacen las mezclas de asfalto modificados mediante los polímeros SBS y SBR, (Estireno Butadieno Estireno), encontrándose dentro de ellos el caucho de las llantas recicladas.

(Gallardo, 2016). En ciudades más desarrolladas a resultado viable y eficaz el uso de asfalto mejorados con caucho de llantas recicladas, los mismos que gracias a estudios e investigaciones ha sido cogida y reglamentada por la ASTM (América Society FORD Tuesting and Materiales), dándole una aprobación como un modificador de las mezclas de asfalto, lográndose con ello un avance notable tecnológicamente en lo que respecta a la realización de pavimentos flexibles sostenibles, ya que esta composición química orgánica adhiere especiales características físicas, que hacen que se prolongue el tiempo de vida útil de un pavimento, logrando a la vez realizar tratamientos que no pudieron hacerse efectivos con mezclas asfálticas convencionales.

En el Perú, el uso de los cementos asfálticos modificados se realiza de forma moderada teniendo en cuenta la totalidad de la demanda de materiales asfálticos, así como

una buena logística en lo que confiere a materiales reciclados de neumáticos fuera de uso, debido a que nos falta implementar prácticas de reciclaje de llantas, así como técnicas constructivas que nos permitan tener mejores carreteras; el uso de asfaltos modificados con mejor tecnología genera un cambio necesario, modificación y/o refacción de las vías existentes, tanto en la producción, transporte, así como su mejoramiento, regulación y aplicación en la construcción de carreteras más sofisticadas, por consiguiente, toda las fuentes y estudios inmersos en este tema son útiles, valiosos e importantes.

El principal problema que existe en el distrito de SJL- Lima, es la contaminación por materiales sólidos y residuos (llantas fuera de uso), la manera de eliminar estos residuos se presenta como un problema difícil de solucionar, ya que en el distrito la conciencia del reciclaje no está motivada, y todos los que se dedican a esa actividad lo hacen con un fin económico, es por ello que en este distrito no existen puntos de acopios de llantas recicladas.

Al hablar sobre las llantas recicladas, estamos tomando en cuenta dos problemas principales, evitar la contaminación ambiental y reciclar para obtener un nuevo producto asfáltico, Es por ello que el reciclaje de las llantas se presentó como una alternativa para la creación de nuevos productos asfálticos que nos permitan reducir el deterioro de la carpeta asfáltica debido al alto tránsito, factores climatológicos (humedad) y el mal asesoramiento técnico realizado al construir las pistas en la calle los Eucaliptos, SJL-Lima-Perú.

En tal sentido para el desarrollo de la investigación, se plantea como problema general:

¿Cómo influye la implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019?

Los problemas específicos de la investigación son los siguientes:

¿De qué manera influye la implementación del caucho reciclado en la estabilidad del diseño de asfaltos para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, ¿2019?

¿De qué manera influye la implementación del caucho reciclado en la fluencia del diseño de asfaltos para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, ¿2019?

¿De qué manera influye la implementación del caucho reciclado en la reducción del ahuellamiento del asfalto para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, ¿2019?

Nuestra investigación es muy extensa, compleja e importante para el desarrollo de nuestra sociedad, por ello todo los conocimientos, información recopilada e investigaciones nos permitirán enriquecer nuestro cuerpo y/o marco teórico con relación al tema que estamos realizando “ Implementación del caucho reciclado en el diseño de asfaltos para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019”; por lo tanto nuestra investigación presenta en su contenido un carácter práctico debido a que realizaremos ensayos y cálculos para poder determinar los beneficios que genera el implementar grano de caucho reciclado en el asfalto, como alternativa de diseño de asfaltos, para mejorar los pavimentos flexibles en la calle Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.

Para la realización de la presente investigación, tenemos presente que en nuestro país las vías son construidas con materiales tradicionales, en la actualidad no se han implementado en el Perú el uso de aditivos sofisticados que permitan mejorar las propiedades químicas y físicas de nuestros pavimentos. Por lo tanto, es importante la innovación de nuestros materiales constructivos, utilizando como base principal el avance científico, para así poder construir pavimentos con mayor durabilidad, mayor tiempo de vida y reducir los gastos que genera su mantenimiento.

Nuestra investigación será de gran aporte para el desarrollo de nuestro país, ya que ha sido elaborada utilizando las herramientas de la ingeniería, a fin de contribuir en la construcción de carreteras.

Metodológicamente, nuestro sustento base servirá a otros investigadores y profesionales que deseen relacionar el reciclado con la reutilización y la ingeniería civil,

con el único fin de construir carreteras ecológicas o amigables cuidando nuestro ecosistema y teniendo mejores resultados en la realización de vías.

Si lo vemos desde un punto ambiental, La construcción de pavimentos utilizando el caucho reciclado de llantas en deshueso es más ecológica que los pavimentos tradicionales en el mundo de la construcción, debido que se utiliza el caucho de los neumáticos reciclados como materia, evitando así la contaminación ambiental y la perforación de nuestra capa de ozono; esta carpeta asfáltica está elaborada con materiales que no degradan ni dañan nuestro habitat, apuntando a su conservación de frente a los pavimentos tradicionales. A la construcción de vías usando el grano de caucho de llantas recicladas las podemos llamar carreteras ecológicas amigables, tal como lo menciona (Juan Bisso, Construcción de Carreteras Ecológicas), quien hace apología a lo siguiente “La construcción de carreteras ecológicas es aquella que tiene la capacidad de satisfacer las necesidades de los seres humanos sin comprometer las posibilidades y los recursos de las generaciones futuras”.

Económica, Su importancia radica en querer implementar este proceso constructivo en las vías, cuyo costo en la construcción y mantenimiento será menor, así mismo nos permitirá reducir gastos a las municipalidades en la recolección de llantas.

Desde una perspectiva social, genera una posible solución frente a los problemas reales en el mantenimiento y tiempo de vida del pavimento.

Para el desarrollo de la investigación tenemos como hipótesis general:

La implementación del caucho reciclado influye satisfactoriamente en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

Las hipótesis específicas son:

La implementación del caucho reciclado influye de manera significativa en la estabilidad del diseño de asfaltos para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

La implementación del caucho reciclado influye de manera significativa en la Fluencia del diseño de asfaltos para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

La implementación del caucho reciclado influye de manera significativa en la reducción del ahuellamiento del asfalto para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

El objetivo de la investigación es:

Determinar de qué manera influye la implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

Los objetivos específicos son:

Determinar de qué manera influye la implementación del caucho reciclado en la estabilidad del asfalto para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

Determinar de qué manera influye la implementación del caucho reciclado en la Fluencia del asfalto para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

Determinar de qué manera influye la implementación del caucho en la disminución del ahuellamiento del asfalto para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

II.- MARCO TEÓRICO

Para la realización de la investigación, se utilizó fuentes de diversos autores nacionales e internacionales.

(Sebastián Vega, 2016), en la Tesis titulada “Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico”, el cual tiene por objetivo analizar el comportamiento a compresión del asfalto elaborado con caucho reciclado, como material constitutivo, los mismo que ha tomado como referencia proyectos internacionales realizados en los países de Chile y Guatemala con el propósito de aplicarlos en su país frente a la adversidad de problemas que se presentan, en esta investigación el autor describe el proceso utilizado para obtener asfalto modificado utilizando como aditivo principal el polvo de neumático reciclado de las llantas, poniendo en práctica el Método Marshall, quien le permitió obtener evidencias de lo útil y beneficioso que es la obtención de esta mezcla asfáltica. El autor dentro de su investigación resalta que el polvo de neumático remplazo una parte de los agregados finos.

(Pérez y Arrieta 2017) Con su tesis “Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI”, teniendo como objeto caracterizar la mezcla del concreto 3500 con una mezcla de caucho reciclado de 5% partícula fina y gruesa en diferentes porcentajes, comparándolo con un asfalto tradicional, buscando incrementar el sector constructivo, modificando el concreto con el polvo del caucho a fin de darle una mejor resistencia, durabilidad, ductilidad y dureza a la mezcla obtenida, brindándole un rol importante en el auge constructivo, llegando a la conclusión que la sustitución de las mezclas tradicionales con caucho modificado genera mejor durabilidad, permitiéndole conservar su estructura y evitando a la vez que este se agriete.

(Díaz y Castro, 2017). Investigación titulada “Implementación del grano de caucho reciclado provenientes de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”, cuyo objeto es implementar el GCR en el asfalto, donde obtuvieron las siguientes conclusiones: El GCR incorporado al asfalto, es la mejor

solución a los problemas de ahuellamiento, el cual disminuye el contenido de vacíos de aire del asfalto acompañados de un proceso más intensificado de compactación. De acuerdo a los estudios realizados, los problemas que reflejan inicialmente en el asfalto es el ahullamiento, entre otros factores, por lo que la solución esperada es incrementar los ciclos, sin embargo, se demostró que al adicionar el grano de caucho reciclado estos periodos disminuyen, puesto que el caucho reciclado ayuda a mejorar esta propiedad, a comparación de un asfalto normal.

(Terrones, 2014) Con su investigación titulada “Valoración de propiedades mecánicas y de durabilidad de concreto adicionado con residuo de llantas de caucho”, tesis para obtener el título de ingeniero civil, el caucho de las llantas, colaborando con la protección y cuidado de nuestro medio ambiente; llegando a la conclusión que la densidad disminuye, esto se ve reflejado entre el caucho y el agregado fino, el mismo que plantea valorar la durabilidad y las propiedades del concreto utilizando el polvo de las llantas recicladas, su propósito es lograr una viabilidad teórica y técnica con la finalidad de adherir materiales residuales; en esta oportunidad el autor busca insertar mismo que a través de ensayos determino que el concreto mezclado con el caucho sería un concreto más liviano.

(Ramírez, Ladino y Rosas, 2014) formularon la investigación ante la universidad católica de Colombia, en la facultad de ingeniería, especialización en ingeniería de pavimentos en Bogotá, denominada “Diseño de mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología GAP GRADED”, quien tiene por objetivo estudiar las características que presenta el asfalto adherida a su composición el caucho de neumáticos; llegando a determinar que la estructura final propuesta es un diseño ASSHTO-93, teniendo en cuenta que es tomada como metodología para el diseño de pavimentos flexibles carreteras con medios y volúmenes altos de Tránsito, del INVIAS. Además, el método INVIAS, da una estructura baja, que no cumple con lo solicitado por otras normas establecidas como Shell e Instituto del Asfalto.

(Angulo y Duarte, 2015) con su tesis titulada “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos”, investigación publicada por la Universidad Industrial de Santander Butamarca, la misma que tiene por objetivo

proponer la realización de un asfalto con caucho reciclado, planteando una técnica que nos permita aprovechar residuos sólidos u materiales en desusó con el propósito de contribuir con nuestro medio ambiente, por otro lado los autores mediante su investigación señalan que la incorporación del polvo de neumáticos en el asfalto mejorando sus propiedades como la elasticidad por torsión, logrando a la vez aumentar la resistencia y durabilidad de los pavimentos.

(Carrizales, 2015) Tesis titulada “Asfalto modificado con materiales reciclados de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles”, que tiene por objeto la realización de mezclas asfálticas, a cuyo componente se le adherirá caucho reciclado, llegando a la conclusión que dicha mezcla no presenta alteración o beneficio alguno en la realización de pavimentos, debido que están por debajo de los indicadores que posee sus manuales y normas de construcción.

(Pereda y Cubas 2015) Tesis titulada “Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico - económico con los asfaltos convencionales”, el cual tiene por objetivo demostrar que un asfalto con caucho posé un mayor comportamiento tanto físico como mecánico, y es muy económico frente a los asfaltos tradicionales, logrando demostrar que la adición de caucho (polvo) genera un mejoras en la construcción de carreteras, para ello el autor a evaluado las ventajas, desventajas , el beneficio y el costo total para la realización de este asfalto modificado; los componentes y las propiedades tanto físicas y mecánicas, y su contribución frente a los problemas que presenta el asfalto; llegando a la conclusión que el asfalto modificado beneficia a la sociedad y ayuda a contribuir al cuidado del medio ambiente al realizar carpetas asfálticas utilizando las llantas en desusó.

(José Salvatierra, 2014), con su tesis “Desarrollo de un aglomerado asfáltico con polvo de caucho, en la ciudad de Huanta – Ayacucho”, tesis elaborada en la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyo objetivo es demostrar como el caucho reciclado obtenido de las llantas mejora las propiedades mecánicas del pavimento, llegando a concluir que el caucho reciclado puede utilizarse en forma satisfactoria como un agregado que mejora las propiedades del pavimento flexible, señalando a la vez que

cuando más pequeñas sean las partículas de caucho, los resultados obtenidos serán mucho más satisfactorios.

(Fajardo y Vergaray, 2014) Realizaron la investigación denominada “Efecto de la incorporación por vía seca del polvo de neumático reciclado”, de la Universidad San Martín de Porras, donde buscan determinar cuál es la metodología que se debe de realizar para mejorar el asfalto, a quien se le incrementa el polvo de llantas recicladas, transformada a través de un proceso seco, llegando a concluir: que el caucho reciclado, puede usarse de manera confiable para mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas usándolo como agregado. Su uso traerá beneficios ambientales.

Para realizar la investigación se ha tomado como referencia todas las teorías relacionadas al tema. donde diversos investigadores han desarrollado innumerables prácticas para modificar el asfalto agregando caucho y las fibras de materiales vegetales, con el propósito de mejorar su resistencia y durabilidad frente a los factores climatológicos y el tránsito vehicular. Lo que se busca conseguir al incrementar el caucho reciclado de las llantas en desuso, es lograr que la mezcla asfáltica presente ligantes viscosos frente a las temperaturas elevadas, para poder reducir las fallas (ahuellamiento).

Según (Rodríguez, 2018), las mezclas asfálticas elaboradas con caucho reciclado generan bajos costos, son más fáciles de mezclar, contribuye con el medio ambiente y es fácil de aplicar.

(Figuerola, Sánchez, Reyes, 2007) Las bondades que nos permite obtener el caucho modificado en el asfalto son los siguientes: Permite aumentar la cohesión del asfalto, mejora la elasticidad y la flexibilidad a temperaturas bajas y permite mejorar la resistencia frente al envejecimiento.

La investigación tiene como variable I el caucho reciclado. (Rondón y Quintana, 2015). Señalan que el caucho reciclado son partículas que provienen de las llantas usadas, los mismos que sirven como modificadores del asfalto.

El objetivo de esta investigación es evaluar cómo influye la adición del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019, utilizando el caucho de llantas recicladas en remplazo de una parte de los agregados finos.

(Fajardo, y Vergaray, 2014) Nos dice, el triturado de neumáticos se emplea remplazando una fracción del agregado fino, comprometiendo así la incorporación precisa de los materiales en forma directa, en este proceso el caucho se incorpora a la mezcla en caliente conjuntamente con los agregados, la cuantía del caucho reciclado incorporado tiene un índice de 1-5% del total del peso de los agregados finos de la mezcla asfáltica.

Para el diseño de mezclas asfálticas modificadas con caucho reciclado utilizaremos como propuesta la elaboración de asfaltos modificados por la vía seca, las muestras se ensayarán utilizando el método Marshal, con la finalidad de conocer la mezcla optima representativa, permitiéndonos obtener como resultado una mayor estabilidad frente a un asfalto tradicional. Se realizarán dieciséis (16) ensayos, donde cuatro (04) de ellos remplazarán los agregados por un total 3 % de caucho reciclado, cuatro (04) de ellos con 4 % de caucho reciclado, cuatro (04) con 5 % caucho reciclado y las cuatro (04) ultimas con Asfalto tradicional.

(Albano y Camacho, 2015). Nos dice que las partículas del caucho muestran valores parecidos a los del concreto tradicional, debido que las pequeñas partículas del caucho se colocan en los huecos dejados por las partículas del asfalto y los agregados, generando mejores propiedades físicas en el asfalto.

El caucho reciclado en granos se empleará como un agregado de origen artificial, es el material que utilizaremos para remplazar el agregado fino en porcentajes de 3%, 4% y 5 %, realizando cuatro ensayos (briquetas) para cada porcentaje determinado.

El caucho reciclado se adquiere de las llantas en desuso, (Álvarez y Guerrero, 2017, P. 69). Sirve como modificador de los asfaltos, permite mejorar la restencia y la flexibilidad a la tensión de las mezclas asfálticas.



Figura 05. Grano de caucho extraída de las llantas recicladas. Fuente: elaboración propia

(Fajardo y Vergaray, 2014). La reutilización de las llantas es de uso amplio en otros países que tienen normas ambientales. El caucho es una sustancia natural o sintética, posee características de elasticidad, resistencia a la electricidad y al agua, el mismo que se obtiene de un líquido lechoso llamado látex, derivada de una planta.

El asfalto modificado con caucho de neumáticos recicladas es un material de tipo constructivo, obtenido mediante la mezcla de agregados tradicionales más el grano del caucho de llantas, es más ecológico porque nos permite utilizar llantas que ya no están en uso, es tradicional y nos permite evitar la contaminación de nuestro medio ambiente; hoy en día la construcción de pistas con asfaltos modificados con caucho nos permite lograr un desarrollo sostenible, satisfaciendo las necesidades de la población sin perjudicar los recursos naturales.

En el ámbito constructivo surge la necesidad de aplicar criterios del trinomio: ecología – tecnología y desarrollo sostenible. Todos debemos contribuir en el cuidado del medio ambiente, buscando la reducción de emisiones de gases tóxicos (co2 y otros) que destruyen la capa de ozono.

Las características del caucho reciclado, serán de mucha utilidad para el desarrollo de la investigación:

La Humedad con respecto a la masa total de mezclas, según la Norma de Inv-E-735. La humedad de la masa es el contenido de vapor de agua. (Rondón y Quintana, 2015) La humedad respecto a la masa debe ser 0.75 % máximo.

La gravedad específica, de acuerdo a la Norma de inv-E-735, es la relación entre la masa del material y del volumen igual a una misma temperatura. (Rondón y Quintana, 2015) La gravedad específica del GCR debe ser 0.15 +/- 0.005.

El contenido de metales no ferrosos en masa en el grano de caucho es dulce o forjado. (Rondón y Quintana, 2015) El GCR no debe tener presencia visible de metales no ferrosos en masa. El contenido de metales ferrosos en masa que debe tener el grano del caucho reciclado debe ser de 0.01% máximo de metales ferrosos.

El contenido de fibras en masa según, (Rondón y Quintana, 2015) El GCR debe poseer 0.5 % de fibras en su contenido como máximo.

Tabla 01
Características GCR

Características	Requisito
Humedad con respecto a la masa total de mezclas	0.75%
Gravedad específica	1.15 +/- 0,05%
Contenido de metales ferrosos en masa.	No debe existir
Contenido en metales ferrosos en masa	0.01 % máximo
Contenido de fibras en masa para mezcla caliente	0.5 % máximo
Contenido de fibras en masa para riesgos	0.1 % máximo
Contenido de polvo mineral	4 % máximo
Contenido total de otros elementos.	0.25 % máximo

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 2.
Granulometría GCR

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	TIPO A	TIPO B
D.2.1 Tamiz N ^a 08	100	-
D.2.1 Tamiz N ^a 10	95-100	100
D.2.1 Tamiz N ^a 16	0-10	65-100
D.2.1 Tamiz N ^a 30	-	20-100
D.2.1 Tamiz N ^a 50	-	0-45
D.2.1 Tamiz N ^a 200	-	0-45

Fuente: *Elaboración Propia*

La variable caucho reciclado va tener cuatro dimensiones:

Las partículas, de acuerdo a la Norma de Inv-E-735, deben ser de 0.40 mm.

El contenido de metales no ferroso en masa, según la norma, nos dice que el caucho reciclado debe contener material ferroso.

La dosificación de acuerdo a la Norma de inv-E-735. El caucho utilizado en la modificación de mezclas asfálticas debe remplazar a los agregados finos.

La granulometría, para (Tortum, 2015), El tamaño para experimentar mejores comportamientos de las mezclas asfálticas debe ser 0.42 mm.

Para poder definir el caucho hemos utilizado varias fuentes escritas, según (Beliczki, p.82), el caucho es un polímero elástico, polispreno o metilbutadieno, la misma que en primera instancia se genera como una emulsión lechosa (látex); una vez procesado puede adaptar literalmente variedad de formas.

Anteriormente este elemento solo era comercializado por la ferretería Charles Goodyear, quienes descubrieron que calentando el caucho y mezclándolo a temperaturas alta con azufre se evita que este rígido al enfriarse y pegajoso cuando está caliente. Su fabricación masiva y los problemas para desaparecerlos después de haber sido usadas se convierten en el principal problema en el planeta, siendo este el problema más grave del ser humano. Los neumáticos o llantas al culminar su vida útil, se vuelven materia reciclada o desecho contaminante para nuestro medio ambiente, no pudiendo ser degradadas; su forma física, su tamaño y sus componentes dañinos para el ambiente plantean un reto a su disposición final a través de la construcción de carreteras amigables o Ecológicas.

El desechar o eliminar llantas es un problema muy serio para nuestra sociedad y para todo el mundo, debido a la cantidad de llantas que se desechar a diario, las llantas poseen sustancias dañinas para nuestro medio ambiente y no pueden ser tratadas o manejadas como basura. En nuestro país y en todo el mundo hoy en día las llantas son utilizadas o apiladas en las casas o terrenos, generando serias amenazas en la salud de los seres humanas y para nuestro medio ambiente, debido que el hombre las usa como combustible para hornos de cemento, combustible para hornos en la elaboración de

ladrillos, productos elaborados a base de barro sin control contaminando la atmosfera, en la elaboración de rellenos sanitarios, como muros de contención y otros.

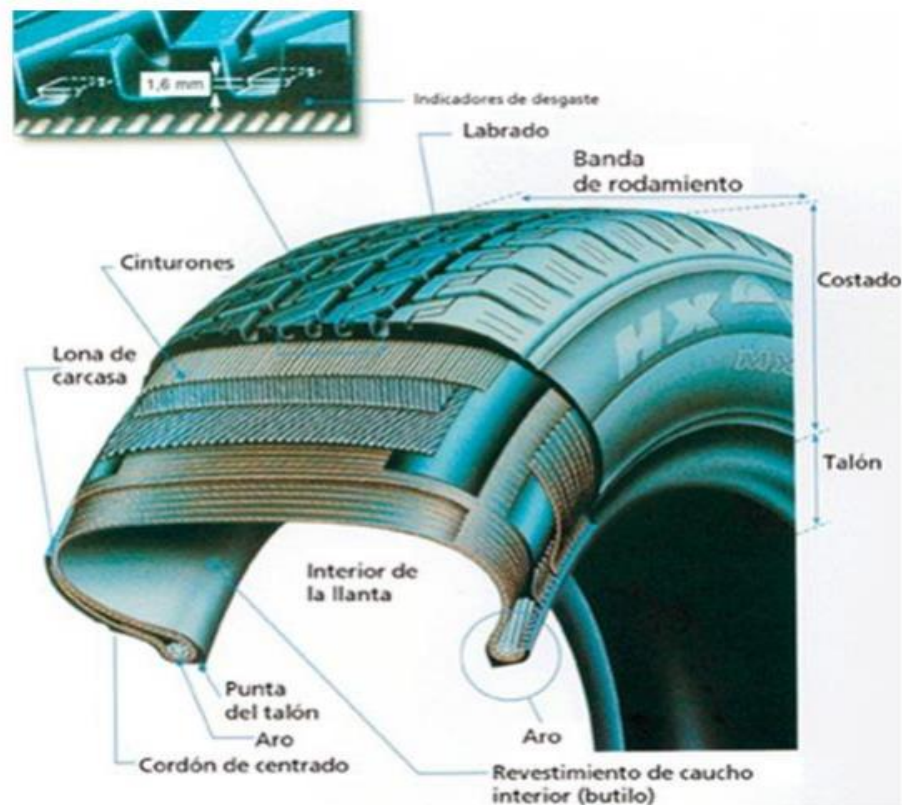


Figura 06. Neumáticos. Fuente: *GODYEAR*

Las propiedades físicas del caucho, según (Fajardo y Vergaray, 2014), cuando se encuentra en su estado natural, el caucho es blanco e incoloro. Las propiedades físicas del caucho bruto (sin vulcanizar) varía en su temperatura a $-195\text{ }^{\circ}\text{C}$, el caucho puro es un sólido transparente y duro, al ser amasado o calentado por encima de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ se vuelve plástico pegajoso.

El caucho dentro de sus propiedades físicas, según (Fajardo y Vergaray, 2014), cuando se encuentra en su forma natural está compuesto por lípidos, sales y pequeñas cantidades de proteínas, encontrándose en ella un polímero en forma de cadena larga, envuelta en forma de espiral, y de peso medio.

Tabla 3
Composición de las llantas-Neumáticos reciclados

Elemento	Composición
Azufre	1-3%
Cloro	0,2-0,6 %
Hidrogeno	7%
Carbono	70 %
Hierro	15%
Oxido de Zinc	2%
Dióxido de Silicio	5%
Níquel	60-760 ppm
Plomo	97 ppm
Cromo	97 ppm
Talio	0,2-0,3 ppm
Cadmio	5-10 ppm

Fuente: *Elaboración Propia*

Según (Fajardo y Vergaray, 2014), el caucho reciclado aumenta la durabilidad, facilita la adhesión a los agregados pétreos y tiende atraer componentes livianos al ser adherido al asfalto, originando un asfalto más resistente frente a las fisuras, es más resistente a las deformaciones y a la fatiga de la mezcla, hace menos ruido y sobre todo alarga el tiempo de duración de las carreteras al ser más flexibles. Por lo que en lugar de gastarse en mantenimiento y construcción de nuevas vías cada 10 años, incluyéndolo el GCR su tiempo de vida se prolongará por un periodo de 20 años.

La variable mezclas asfálticas. Según (Rondón y Reyes, 2015, p.80), Las mezclas asfálticas o también llamadas mezclas densas en caliente, son utilizadas para el diseño de pavimentos flexibles, las mismas que deben ser correctamente elaboradas para su aplicación, se fabrica a una temperatura de 140 y 180° C, dependiendo de la viscosidad del Asfalto, su poco contenido de vacíos de aire, es una de sus características principales, oscilando entre los índices de 3% y 9%.

El asfalto, para (Pereda y Cubas, p. 23), es un material termoplástico, compuesto químicamente por varias cadenas de hidrocarburos, donde se puede diferenciar dos fricciones: una fricción ligera llamada máltenos y otra pesada llamada asfáltenos, donde la fricción ligera puede dividirse en tres fricciones principales: aceites aromáticos, parafinas y

resinas. El asfalto más común y más utilizado es aquel que deriva del petróleo gracias a su bajo costo y a su pureza, el mismo que se obtiene a través de un proceso de destilación del crudo, donde se separa mediante la vaporización y condensación de la nafta y kerosen.

El asfalto debido a la interacción de sus componentes forma un fluido visco elástico, la misma que depende de su composición química, y del proceso de refinación que se le aplique. El asfalto es elaborado por destilación del crudo de petróleo, proceso que se obtiene de la separación del crudo por etapas, graduando la temperatura de la misma. En la actualidad existen dos procesos de destilación: Destilación por solventes y Destilación por vacíos.

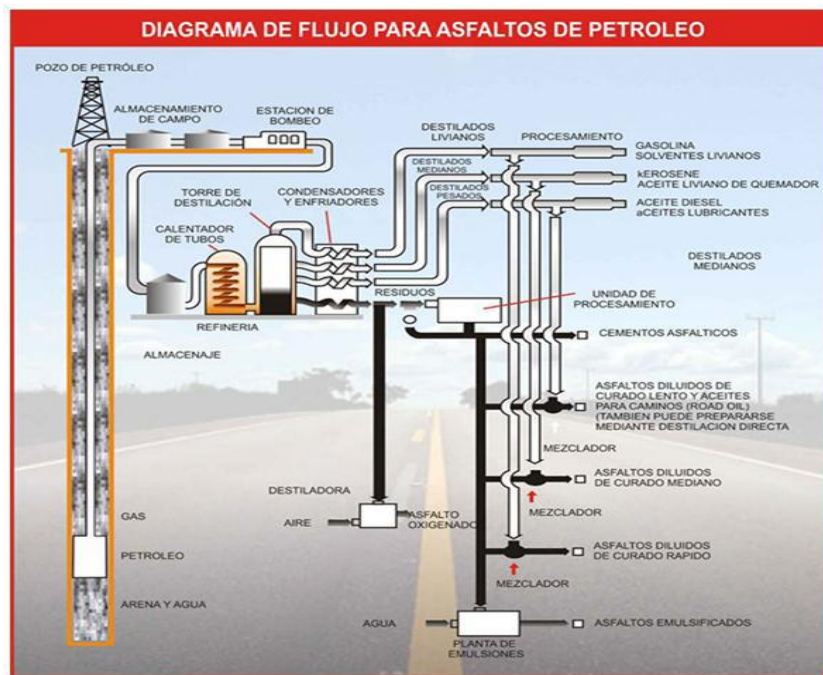


Figura 07. Producción de asfalto. Fuente: <http://unefavlppetroleo.blogspot.com/2014/07/unidad-1-diagrama-de-flujo.htm>

Par poder diseñar mezclas asfálticas, (Minaya y Ordoñez, 2006, p.167). señala que debemos de tener en cuenta el contenido del asfalto, vacíos de los agregados, vacíos del aire y la densidad de la mezcla.

El contenido del asfalto, es el que rodea las partículas, para formar una película y ser absorbida por los agregados según el porcentaje determinado. A los vacíos del agregado mineral se le considera como vacíos de aire atrapado, los mismos que forman

volúmenes de vacíos en la mezcla; mientras que la densidad de la mezcla se relaciona con el peso de la unidad de volumen y el peso de la mezcla.

El diseño de mezclas, según (Vergaray, 2014), consiste en seleccionar un porcentaje de asfalto y una granulometría que cumpla con las propiedades para las que fue diseñada, la finalidad del método es determinar la cantidad de asfalto óptimo para lograr una combinación de los agregados teniendo en cuenta las propiedades seleccionadas.

(Minaya y Ordoñez, 2006, p.178), según el autor los agregados que se utilizan para la realización de una mezcla asfáltica ya sea agregado grueso y/o fino, debe de estar compuesto por material que pasa por el tamiz N° 8; el agregado fino pertenece a la máxima cantidad permitida que debe pasar por el tamiz N° 8, mientras que el agregado grueso es la mínima cantidad que debe pasar por tamiz N° 8, los agregados que pasan por el tamiz N° 200 debe de poseer un índice plástico menor al 4%, no debiendo tener en su contenido materia orgánica, debido que será utilizado como relleno o filler.

Para el desarrollo de nuestra investigación usaremos el Método Marshall, este método es el más utilizado en nuestro país y los países latinos; el mismo que es empleado en ensayos mecánicos para mezclas en caliente.

(Álvarez y Carrera, 2017.p. 51). El ensayo Marshal es el tipo de metodología tradicional adoptada para dosificar, evaluar y controlar la mezcla de asfaltos en Colombia y otros países. Nuestro propósito es estudiar cómo influyen determinados factores en la fluencia y en la estabilidad que se obtienen en el ensayo Marshall.

El ensayo Marshal, es el tipo de ensayo que realizaremos para el diseño de asfaltos con agregados de caucho; permitiéndonos conocer la mezcla óptima, de una briqueta representativa, obteniendo como resultado la mayor estabilidad a contenidos de cementos asfálticos a porcentajes capaces de ser mezclados con los agregados. Su aplicación se realizará en caliente, utilizando cementos asfálticos que posean agregados menores o igual a 25 mm. De acuerdo a (Vergaray, 2014), para desarrollar este método debemos elaborar probetas de 2 ½" alto. Y 4" de diámetro, las mismas que diferirán en el porcentaje de ligante, realizándose por lo general cinco contenidos variando entre ellos. Posteriormente

las someteremos a la prueba de compactación mediante el uso del martillo Marshall, para así poder conseguir mayor estabilidad de las propiedades físicas.



Figura 08. Martillo Marshall. Fuente: *JMR Equipos*

El método Marshall busca analizar la estabilidad, la densidad de huecos y la fluidez, también nos permitirá obtener el punto de Inflamación, para determinar la temperatura mínima cuando el asfalto este en contacto con el fuego, la penetración que realizan los sólidos y semisólidos del asfalto, la deflexión de la carpeta asfáltica, la compresión y la ductilidad que sufre el asfalto sin llegar a romperse.

Para lograr una buena pavimentación, debemos conocer cuáles son los componentes químicos que posee el asfalto, los mismos que van a permitir controlar las propiedades físicas. Según (Angulo, 2005), el asfalto está constituido por resinas, asfáltenos y aceites (saturados y aromáticos), los mismos que al ser sometidos a una temperatura típica se convierte en un sistema disperso denominado misceláneas, donde el núcleo es el asfálteno, en él se concentra todos los metales.

Tabla 4
Composición del Asfalto

Elemento	Concentración (%)
Hidrogeno	8-11 %
Oxigeno	0-1.5%
Azufre	0-6%
Nitrógeno	0-1%
Carbono	82-88%

Fuente: *Elaboración Propia*

El asfalteno está constituida por sustancias aromáticas, de color marrón o negro, que posee elementos químicos como oxígeno, azufre, nitrógeno, carbono, los mismos que son solubles en benceno (Díaz y Castro, 2017).

Los máltenos, están constituidos por resinas saturadas y aromáticas, a la vez están compuestas por hidrogeno y carbono, (Díaz y Castro, 2017).

Los aromáticos son un compuesto químico de color rojo o amarillo al igual que los asfáltenos, representa el 40 y el 65 % de la composición del asfalto (Díaz y Castro 2017).

Los saturados son antioxidantes e impermeabilizantes, causan deformidades al asfalto debido que posee menor adherencia, son líquidos incoloros formados por cadenas lineales, (Díaz y Castro, 2017).

Como propiedades físicas del asfalto, podemos determinar que asfalto es un producto semisólido, formado por Hidrocarburos naturales, a través de un proceso de destilación, conteniendo en su composición una proporción baja de productos volátiles.

Las mezclas asfálticas realizadas en la investigación serán diseñadas en caliente. Por lo que (Rondón y Reyes, 2015, p.83), señalan que las mezclas asfálticas deben de tener las siguientes características:

Adhesión y cohesión, según (Fajardo, 2014, p.11), es la capacidad que posee el asfalto para adherirse al agregado en la mezcla, permitiendo mantenerse firme y uniforme las partículas en el pavimento terminado.

Durabilidad, para (Fajardo. 2014, p.11), capacidad que posee el asfalto para conservar sus características originales cuando es sometida al proceso de envejecimiento y degradación; esta propiedad es juzgada mediante el comportamiento que presenta el asfalto.

Susceptibilidad a la temperatura, según (Fajardo. 2014, p.11), el asfalto es termoplástico, cuando su temperatura disminuye este se vuelve viscoso, cuando su temperatura aumenta se pone menos viscosa; la temperatura del asfalto varía de acuerdo a su origen, su importancia principal radica en que debe poseer suficiente fluidez a temperaturas con el propósito de cubrir todas las partículas de los agregados durante el mezclado, con la finalidad de permitir que estas se desplacen unas a otra durante el proceso de la compactación.

Endurecimiento y envejecimiento, donde (Fajardo, 2014, p.11), señalan que el asfalto dentro de sus propiedades tiende a poseer el endurecimiento, la cual permite endurecerse durante la construcción o en el pavimento terminado, el mismo que es causado por el proceso de oxidación (el oxígeno se combina con el asfalto), proceso que se realiza fácilmente a temperaturas altas.

Tabla 5
Caracterización de penetración-Norma AST D-946

Clasificación Estándar por grado de penetración de los cementos asfálticos usados en la pavimentación de vías
40 - 50
60 - 70
85 -100
120 - 150

Fuente: *Elaboración Propia*

Las dimensiones de la variable mezclas asfálticas, para la investigación en curso son las siguientes.

La estabilidad (valores de cohesión), según el (INSTITUTE MS 22, p 57), es la Capacidad que posee el Asfalto para resistir a los desplazamientos y las deformaciones frente a las cargas del tránsito. Un pavimento estable mantiene su lisura y su forma frente a las cargas repetidas; la estabilidad debe tener los valores establecidos en la Norma, porque si no estaríamos realizando un pavimento muy rígido, el cual no sería el deseado y sería menos durable. Para (Minaya y Ordoñez, 2006, p.7), este tipo de ensayo se desarrolla ubicando el espécimen cilíndrico, donde se le aplica una carga vertical, una vez que se produzca la falla debemos de anotar la lectura de la estabilidad que soporta la briqueta, del resultado se obtiene es que la estabilidad vendría ser la resistencia que tiene la mezcla asfáltica contra las deformaciones y los desplazamientos.

La fricción y la cohesión interna son las principales características de la estabilidad en la mezcla. La estabilidad mejora según se va incrementando la cantidad de cemento asfáltico a la mezcla.

La fluencia (fricción), según (Minaya y Ordoñez, 2006, p.9), este tipo de ensayo se desarrolla ubicando el espécimen cilíndrico a la máxima carga, donde este se deformará en forma vertical, una vez que se produzca la falla, debemos de anotar el valor de flujo que se produzca. Una mezcla es inestable cuando no cumple los parámetros establecidos en la Norma para Diseño de Mezclas Asfálticas. Una cantidad óptima de asfalto les da una mayor durabilidad a las mezclas asfálticas. La cantidad de asfalto representa un rol muy importante, a mayor cantidad mayor será el valor del flujo, siempre y cuando se aplique la mezcla en caliente.

El ahuellamiento, depende de los vacíos de aire que pueda tener la mezcla Asfáltica. El ahuellamiento es la depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito. (Gutiérrez, 2016), señala que el ahullamiento se encuentra acompañado con frecuencia de una elevación de las áreas adyacentes a la zona de figuración. La principal causa es la repetición de cargas del tránsito que conllevan a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento. En la mayoría de los casos se muestra cuando el asfalto se desplaza formando un cordón a lo largo de cada lado deprimido. Para (Coronado, 2000), el ahuellamiento se produce debido a la mala compactación de las capas estructurales.

Para modificar el asfalto con granos de caucho reciclado, el método que usaremos será la vía seca. (Fajardo, Vergaray, 2014). Nos dice que el proceso por la vía seca, es aquel donde el polvo del neumático es mezclado con los agregados, antes de ser mezclado con el cemento asfáltico; el grano del caucho reciclado de las llantas es utilizado como parte de los agregados, siendo un sustituto más de los mismos; durante este proceso el caucho deja de ser un árido para convertirse en el ligante de la mezcla de asfalto.

(Fajardo, Vergaray, 2014) El triturado del neumático se emplea remplazando una fracción de agregado fino, comprometiendo la incorporación directa a la mezcla la cantidad precisa. En este proceso el caucho es incorporado a la mezcla asfáltica en caliente conjuntamente con los agregados, antes de adicionar el cemento asfáltico, como parte de los agregados finos, el caucho es incorporado, teniendo un índice de 3-5% del total del peso de los agregados de la mezcla asfáltica.

Con la inserción del caucho reciclado, el asfalto es más susceptible a las bajas y altas temperaturas, presentando menores fatigas que el asfalto convencional. El mezclado se realiza por lo general a una temperatura de 160° y 190°; a diferencia de otros procesos, no se necesita de un equipo especial, sino más bien solo un equipo que nos permita proporcionar la cantidad requerida de caucho en el momento preciso, a fin de poder mezclarse con los agregados a cierta temperatura, antes de adicionar el ligante. El caucho reciclado modifica las propiedades del asfalto, dándole mayor cohesión, mejor elasticidad, mayor resistencia frente a la acción del agua y mayor plasticidad.



Figura 09. Modificación del asfalto por la vía seca Fuente www.rubberizedasphalt.or

Para (INVIAS E-800-13, p.8), la cantidad de probetas a ser estudiadas va depender de la cantidad de asfalto a usar, debiéndose realizar tres probetas como mínimo para cada diseño de asfalto, iniciándose con un porcentaje de 5 % de asfalto. Para el diseño de una probeta

se necesita 4050 g de materiales, teniendo una equivalencia de 4.05 kg y 3.3 litros de asfalto, debiendo de considerar adicionalmente algo extra a fin de que quede desperdicios. Los agregados deben estar limpios y secos, su temperatura debe oscilar entre 105° c y 110° C, el tamaño que debe de poseer debe de separarse al ser tamizado.

Los agregados o materiales patrios, (Álvarez y Cabrera, 2017, p. 46), los agregados son materiales duros e inertes, utilizadas como partículas de tamaños gradados como parte de los pavimentos flexibles; los agregados son el 90% y 95% del peso, 75 a 80% del volumen de la estructura. Una buena selección de los agregados, nos permitirá obtener un mejor comportamiento de los pavimentos.

Otros ensayos a realizarse para el desarrollo de la investigación son el ensayo de los agregados, Este tipo de ensayo se realiza para verificar si los agregados cumplen con las propiedades requeridas en el diseño de mezclas asfálticas, el objetivo de este ensayo es verificar que se cumpla la calidad y las especificaciones técnicas requeridas (durabilidad y resistencia), teniendo presente los requerimientos técnicos de las normas peruanas el AASHTO y el ASTM.

Tabla 6
Requisitos que deben cumplir los agregados gruesos

Ensayos realizados en los agregados gruesos	
Ensayo	Norma
Durabilidad frente al sulfato de magnesio	MTC E 209
Adherencia	MTC E517
Análisis Granulométrico-Tamizado	ASTMD-422
Abrasión	MTC E207
Durabilidad	MTC E214
Partículas	ASTM 4791
Absorción	MTC E210

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 7
Requisitos que deben cumplir los agregados finos

Ensayos realizados en los agregados finos	
Ensayo	Norma
Índice plasticidad (malla n° 200)	MTC E 211
Índice plasticidad (malla n° 40)	MTC E 211
Equivalencia de arena	MTC E 209
Absorción	MTC E 205
Durabilidad	MTC E 214

Fuente: *Elaboración Propia*

También se realizará el ensayo de mezcla asfáltica con los agregados, teniendo en consideración el Manual de carreteras.

Tabla 8
Requisitos para las mezclas-Manual de carretera especificaciones técnicas

Requisitos -parámetros del diseño	Mezcla tipo B
Compactación- Cantidad de golpes por lado	50
Estabilidad	MIN. 544
Flujo	2-4
Porcentaje de vacíos con aire	3 a 9 %
Inmersión- Compresión (MTC E518)	
Resistencia a la compresión	2.11.4
Resistencia retenida % mínimo	75
Relación de estabilidad-flujo	0.6-1.3
Resistencia a la tracción indirecta AASHTO T 283	80%

Fuente: *Elaboración Propia.*

Para el desarrollo de la investigación, debemos de conocer que es un pavimento, según (MTC, 2015, p.18), el pavimento está formada por varias capas, la misma que se ha construido en la subrasante, con la finalidad de distribuir y resistir los esfuerzos generados sobre él, generando confort en los usuarios durante su desplazamiento.

(Álvarez y Cabrera, 2017, p. 37). El pavimento es aquella estructura diseñada para tolerar todas las cargas producto del tránsito, el pavimento comúnmente se encuentra compuesto por: base, sub base y carpeta de rodadura. Para satisfacer a los usuarios, el

pavimento debe cumplir ciertas características, (Gómez, 2014, p18), nos dice que, el pavimento debe ser resistente a las cargas durante la circulación, debe presentar una textura de acuerdo al tránsito vehicular, debe poseer una superficie regular tanto longitudinal, así como transversal, ser resistente y durable a las deformaciones y poseer un color conveniente a fin de evitar el deslumbramiento y/o reflejos.

Las clases de Pavimento, de acuerdo al (MTC, 2015, P.18), nos dice que el Ministerio de transportes y Comunicaciones, manifiesta que existen varios tipos de pavimentos: pavimento flexible, pavimento rígido y otros.

El pavimento flexible, según (Rondón y Reyes, 2015), son estructuras formadas por una carpeta asfáltica, teniendo capas de menor apoyo, conformado por materiales de tipo granular sobre la subrasante o terreno natural. Los esfuerzos de las cargas vehiculares se disipan a todas las capas, de tal manera que cuando llega a la subrasante, el suelo debe soportar todo el esfuerzo sin que este se deforme.

Para (Olivera, 2000), el Pavimento flexible, es un conjunto de capas, ubicadas entre la superficie de rodamiento y el nivel - superior de la capa de materiales apropiados (subrasante explanada). El pavimento flexible posee la carpeta asfáltica (superficie de rodamiento), la misma que permite las deformaciones de sus capas internas, evitando que se rompa su estructura. Un pavimento flexible posee un periodo de vida entre 10 y 15 años, al iniciar su construcción es más económico, pero se necesita un constante mantenimiento para llegar a completar su periodo de vida.



Figura 10. Sección estructural de un pavimento Fuente: Diseño de pavimentos

El procedimiento que realizaremos para lograr pavimentos flexibles sostenibles en la calle los Eucaliptos, Distrito de San Juan de Lurigancho, Lima, 2019, será mediante la realización de ensayos, aplicando el caucho reciclado de neumáticos fuera de uso en el asfalto. (Bisso, 2016). Nos dice que un pavimento flexible sostenible, posee mejores beneficios que un pavimento flexible tradicional.

Según (Bisso, 2016), el caucho logra generar una mejor estabilidad en el asfalto, capacidad que le permite resistir la deformación y los desplazamientos frente a cargas pesadas originada por los vehículos, evitando que se produzca las fallas.

Mayor durabilidad, (Bisso, 2016), señala que con la inserción del caucho reciclado ganara una habilidad frente a la pérdida del agregado, varia las propiedades asfálticas (polimeracion y oxidación), los mismos que se producen por la variación del clima, o el tránsito vehicular. Una mezcla con agregados firmes y duros a la separación contribuyen a la durabilidad frente a la desintegración, al agua y tránsito vehicular y otros.

La flexibilidad, es otra de las características deseadas en todo pavimento. (Bisso, 2016), señala que la flexibilidad mejora la capacidad del pavimento para acomodarse con facilidad, evitando que se deteriore o se agriete a asentamientos graduales y a movimientos de la subrasante.

La impermeabilidad, según (Bisso, 2016), producirá mayor resistencia frente al paso del aire y agua hacia su interior, permitiendo una mejor durabilidad en el pavimento

La trabajabilidad, según (Bisso, 2016), se rige o se describe por la facilidad que tiene la mezcla para ser puesta y compacta.

La resistencia a la fatiga, para (Bisso, 2016), permite lograr una mejor resistencia a la flexión repetida frente al tránsito vehicular, logrando que la viscosidad y los vacíos tengan un mejor efecto frente a la fatiga. Posee mejor resistencia frente al agrietamiento por contenidos altos del ligante (tanto por reflexión y por fatiga de las capas).

Resistencia al deslizamiento, según (Bisso, 2016), genera mejor resistencia frente al resbalamiento o deslizamiento que realizan los vehículos, especialmente si la superficie del pavimento esta mojada. Aumenta la elasticidad NFU.

Otros de los beneficios que genera el caucho reciclado en el asfalto son: no se exuda, aumenta su viscosidad, aumenta la elasticidad NFU, disminuye la susceptibilidad térmica, tiene alto punto de ablandamiento y resistente a la viscosidad (es más elástico y mayor viscoso a altas temperaturas frente al ahuecamiento) y reduce costos frente al asfalto convencional.

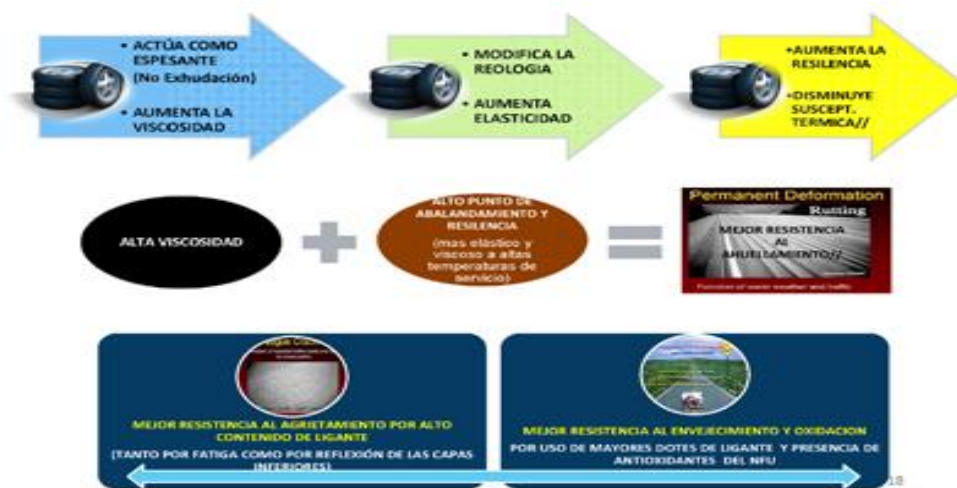


Figura 11. Beneficios del pavimento con caucho reciclado Fuente: Revista pavimentos sostenibles

El tiempo de vida útil del pavimento, según (Kirk, 1997) Nos dice que el tiempo de vida del pavimento ecológico se prolonga debido a la inserción del caucho reciclado a comparación de los pavimentos tradicionales, demostrando mediante pruebas de campo la utilización de similares espesores de asfalto convencional con asfalto caucho, llegando a concluir que un asfalto con caucho reciclado puede tener 5 años más de vida que un asfalto tradicional. El pavimento flexible sufre una serie de deformaciones en su composición debido a varios agentes que actúan sobre el: gravedad de taludes, tráfico, agua y otros factores ambientales; los mismos que afectan al pavimento en menor o mayor magnitud, lo que hace que su acción violenta termine deteriorándolo por completo.

Un pavimento cuenta de cuatro fases dentro de su tiempo de vida útil:

Construcción, el pavimento flexible puede ser sólida, entra de servicio al término de su construcción, encontrándose en buen funcionamiento y excelentes condiciones para satisfacer al usuario.

Deterioro lento y poco flexible, con el transcurso del tiempo el pavimento va experimentando debilitamiento y desgaste en su estructura, debilitando la capa de rodadura principalmente. El desgaste de un pavimento se produce gracias a la cantidad de vehículos que circulan por él, teniendo en cuenta que el clima influye en forma directa o indirectamente para que se consolide el deterioro (aguas superficiales, aguas de lluvias, altas temperaturas). En esta fase el pavimento se mantiene en buen estado, percibiéndose el desgaste en su estructura.

Deterioro acelerado, se dará después de varios años, el pavimento estructuralmente (superficie) está agotado, llegando a una fase de deterioro resistente y acelerado menor al tráfico de vehículos. Los daños se pueden apreciar poco a poco, para posteriormente continuar expandiéndose hasta afectar gran parte del pavimento.

Descomposición total, esta es la última fase del pavimento, puede prolongarse por muchos años, en este periodo el transito se presenta en forma irregular, la velocidad de los vehículos baja, y la estructura del pavimento está deteriorada por completo.



Figura 12. Tiempo de vida útil del asfalto. Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con Microempresa (Méndez, 2003)

III. METODOLOGÍA

Para realizar nuestra investigación debemos de tener en cuenta que es una investigación y que es el método científico, de acuerdo a Mario Bunge, “El método científico es un conjunto de normas que manifiesta el procedimiento para realizar una investigación, cuyo resultado es aceptado por la comunidad científica como válido”

(Sierra, 1988, p.20). Define el método científico como “la formulación de problemas sobre la realidad del mundo y los seres humanos, teniendo como base principal la observación real y las teorías existentes”, con el propósito de anticipar soluciones a los problemas, para así poder contrastarlas o verificarlas a través de la observación de sucesos que nos permita analizarlos y clasificarlos”

Teniendo como premisa lo anteriormente señalado, en nuestra investigación emplearemos el método científico, puesto que emplearemos las fases utilizados en una investigación científica.

3.1 Tipo y diseño de Investigación: El tipo de estudio de la investigación es aplicado. Según Carrasco, 2013, dice que una investigación aplicada es aquella que tiene propósitos bien definidos, por lo tanto, nosotros investigamos con la finalidad de actuar, producir, transformar y modificar una parte o un sector de nuestra realidad. Mientras que (Sánchez, 2011, p.404), nos dice que la investigación aplicada se ha caracterizado por la aplicación teórica de conocimientos frente a una situación determinada y las consecuencias que deriven de ella durante la práctica.

Teniendo en cuenta lo señalado, la investigación será de tipo aplicada, puesto que, con la implementación del caucho reciclado en el diseño de asfaltos, presentaremos soluciones a los problemas que se presentan en los pavimentos flexibles, realizando vías ecológicas a un bajo costo.

Para ubicar el nivel de nuestra investigación debemos de tener en cuenta lo dicho por (Hernández, 2014). Donde nos dice que los estudios explicativos son aquellos que buscan explicar por qué ocurre un fenómeno, porque se relacionan dos o varios fenómenos, así como las condiciones en que se presentan. Por lo que nuestro proyecto de investigación realizado posee un nivel explicativo, permitiéndonos medir el comportamiento y la

influencia que tiene la adición del caucho reciclados en el diseño de asfaltos, para su aplicación en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019.

3.2.- Operacionalización de variables:

Para la operacionalización de las variables, tenemos como variable 1 Caucho reciclado y como variable 2 mezclas asfálticas, cada variable tiene sus propias dimensiones.

Matriz de operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable 1 Caucho reciclado	<p>(Rondón y Quintana, 2015.), El caucho reciclado son partículas que provienen de las llantas usadas, los mismos que sirven como modificadores del asfalto.</p> <p>(Fajardo, 2014. P 62), El triturado de neumáticos se emplea reemplazando una fracción del agregado fino, comprometiendo así la incorporación precisa de los materiales en forma directa, en este proceso el caucho se incorpora a la mezcla asfáltica en caliente conjuntamente con los agregados, la cuantía del caucho reciclado incorporado tiene un índice de 1-5% del total de materiales agregados.</p>	<p>(Rondón y Quintana, 2015). Las partículas de caucho con el cual se experimentará los ensayos deben ser de 0.425 mm, utilizando como proceso de modificación la vía seca., deben de cumplir con los requisitos mínimos de calidad antes de ser adheridos al asfalto.</p> <p>Como ingenieros civiles utilizaremos el caucho, para incluirlo a las mezclas asfálticas en caliente, los mismos que serán compactados utilizando el método Marshall.</p> <p>Se realizarán dieciséis (16) ensayos, donde cuatro (04) de ellas reemplazarán los agregados finos por un total 3 % de caucho reciclado, cuatro (04) con 4 % de caucho reciclado, cuatro (04) con 5 % caucho reciclado y las cuatro (04) últimas con asfalto tradicional.</p>	<p>D.1. Dimensión de las Partículas</p> <p>D.2. Contenido de metales NO ferrosos en masa.</p> <p>D.3. Dosificación</p> <p>D.4 Granulometría</p>	<p>Norma de Inv-E-735. Las partículas del caucho reciclado deben ser de 0.40 mm.</p> <p>Norma de inv-E-735. El caucho reciclado no debe tener material ferroso en su contenido.</p> <p>Norma de inv-E-735. El porcentaje de caucho reciclado utilizado en la modificación de mezclas asfálticas debe reemplazar a los agregados finos.</p> <p>(Tortum, 2015), El tamaño para experimentar mejores comportamientos de las mezclas asfálticas debe ser 0.42 mm</p>	<p>I.1. 0.425</p> <p>I.2. No debe haber presencia visible.</p> <p>I.3.1 3 % ,</p> <p>I.3.2 4%</p> <p>I.3.3 5%</p> <p>I.4. 0.40</p>	

<p>Variable 2</p> <p>Mezclas asfálticas</p>	<p>(Rondón y Reyes, 2015, p.80), Las mezclas asfálticas o también llamadas mezclas densas en caliente, son utilizadas para el diseño de pavimentos flexibles, las mismas que deben ser correctamente elaboradas para su aplicación, se fabrica a una temperatura de 140 y 180° C, dependiendo de la viscosidad del asfalto, su poco contenido de vacíos de aire, es una de sus características principales, oscilando entre los índices de 3% Y 9%.</p>	<p>(Vergaray, 2014) El diseño consiste en seleccionar un porcentaje de asfalto y una granulometría que cumpla con las propiedades para las que fue diseñada, la finalidad del método es determinar la cantidad de asfalto óptimo para lograr una combinación de los agregados teniendo en cuenta las propiedades seleccionadas.</p> <p>Una buena mezcla Asfáltica trabaja mejor a sus propiedades, debido a que son producidas, diseñadas y colocadas para contribuir a la buena calidad de los pavimentos flexibles. (Vergaray, 2014)</p>	<p>D1: Estabilidad</p> <p>D2: Fluencia</p> <p>D.3: Ahuellamiento</p>	<p>(Bisso, 2016) El caucho logra generar una mejor estabilidad en el asfalto, capacidad que le permite resistir los desplazamientos y las deformaciones frente a las cargas del tránsito, evitando que se produzca las fallas.</p> <p>(Minaya y Ordoñez, 2006, p.9), Este tipo de ensayo se desarrolla ubicando el espécimen cilíndrico a la máxima carga, donde este se deformará en forma vertical, una vez que se produzca la falla, debemos de anotar el valor de flujo que se produzca.</p> <p>(Minaya y Ordoñez, 2006, p.9), Este tipo de ensayo se desarrolla como consecuencia de los agrietamientos del material que compone la mezcla asfáltica, los mismos que son originados por la falta de vacíos de aire.</p>	<p>Min. 544</p> <p>2-4</p> <p>% Vacíos</p>	<p>Razón</p>
---	---	--	--	--	--	--------------

3.3 Población, muestra y muestreo.

Según (Alzamora, 2010), la población es un conjunto de objetos, cosas, hechos, instituciones, personal, etc.

Teniendo en cuenta la premisa anterior, la población de la presente investigación: son todas las calles de la Urbanización Canto Bello - San Juan de Lurigancho, Lima, 2019, con similares características a la calle a investigar.

Para la presente investigación tomamos como referencia a (Borja Suarez, 2012, P 31). Para realizar una investigación cuantitativa, la muestra a estudiar es un sub grupo representativo del total de la población, el mismo que debe de recolectar los datos, donde nosotros como investigadores debemos lograr que nuestros resultados de la muestra logren extrapolarse al universo o población. El tamaño de la muestra será de 700 metros de longitud (total de la calle los Eucaliptos).

El muestreo es la clasificación de elementos que cumplan con determinadas especificaciones técnicas, por otra parte, podemos definir que el tipo de muestreo utilizado en la investigación será el no probalístico, aquella que no es dependiente de probabilidades y que está compuesto por casos a los que se tiene accesos. En nuestra investigación utilizaremos el muestreo no probalístico, es decir que sea de tipo intencional.

Para la selección de la muestra, haremos un estudio minucioso del asfalto con implementación del caucho reciclado, debiendo haber pasado el respectivo control de calidad y supervisado por los investigadores y un experto en la materia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para poder realizar nuestro proyecto de investigación, procedimos a utilizar las siguientes técnicas y herramientas, las mismas que nos permitirán lograr cada uno de nuestros objetivos.

Según refiere (Hernández, 2014, p 252), la observación consiste en recopilar información, mediante la percepción directa de todos los objetos percibidos a través de registros. Por lo tanto, para la presente investigación utilizaremos la técnica de observación directa.

El instrumento, según (Hernández, 2014, p 252), es aquel que representa las variables de investigación, donde las respuestas obtenidas se insertan o codifican a una base de datos o una matriz para ser analizadas. Para nuestra investigación emplearemos como instrumento la ficha de recolección de datos y los ensayos de laboratorios.

Según (Gonzales, 2014, p. 254) Para obtener la validez de nuestros resultados, es importante obtener un instrumento adecuado que nos dé la fealdad en la medida de todo lo que nos interese evaluar, no siendo estos susceptibles por una u otra razón a observación directa. Por todo lo planteado anteriormente es esencial y necesario que todas las pruebas diseñadas nos den los resultados o midan lo que tienen que medir, mas no arrojen otra cosa.

Según (Hernández, 2014, p 197), la validez es el “Grado con cual un instrumento mide la variable que se pretende medir”, clasificándolo de manera ordenada como validez de criterio, validez de constructo, validez de contenido y/o validez de expertos.

Con todas las premisas señaladas anteriormente, tomaremos en cuenta la siguiente ficha, para medir la validez según (Gonzales, 2011).

Tabla 9
Validez de instrumento medición

Grado	Denominación
0,53 a menos	Validez nula
0,54 a 0,59	Validez baja
0,60 a 0,65	Valida
0,66 a 0,71	Muy valida
0,72 a 0,99	Excelente Validez
1.00	Valides Perfecta

Fuente: *Elaboración Propia*

3.5. Métodos de Análisis de Datos:

Para la realización de nuestra estadística inferencial y descriptiva utilizaremos como método el programa Excel y el SPSS24. La evaluación de nuestras variables, así como mejoramiento de todas las propiedades físicas de nuestras muestras lo realizaremos en el laboratorio (Ensayos de materiales) CD PROJETS SAC.

3.6. Aspectos éticos:

Para la elaboración de la investigación, mostramos nuestra identidad como autores del proyecto, llegando a un compromiso de respeto y responsabilidad frente a los resultados obtenidos.

Nuestro compromiso ético es mostrar la veracidad de los resultados en un 100 %, así como dar fidelidad propia que nuestra investigación no está inmersa en plagio de otros autores.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis de Resultados:

Para la realización del estudio, “Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019”, debemos de tener en cuenta la Ubicación de la calle, las características de los vehículos que transitan teniendo en cuenta el Reglamento de Diseño Vial. La calle los Eucaliptos está ubicada dentro de la Urb. Canto Bello, distrito de San Juan de Lurigancho, Prov. Lima. Tiene 6 metros de ancho y 700 metros de longitud (doble vía)

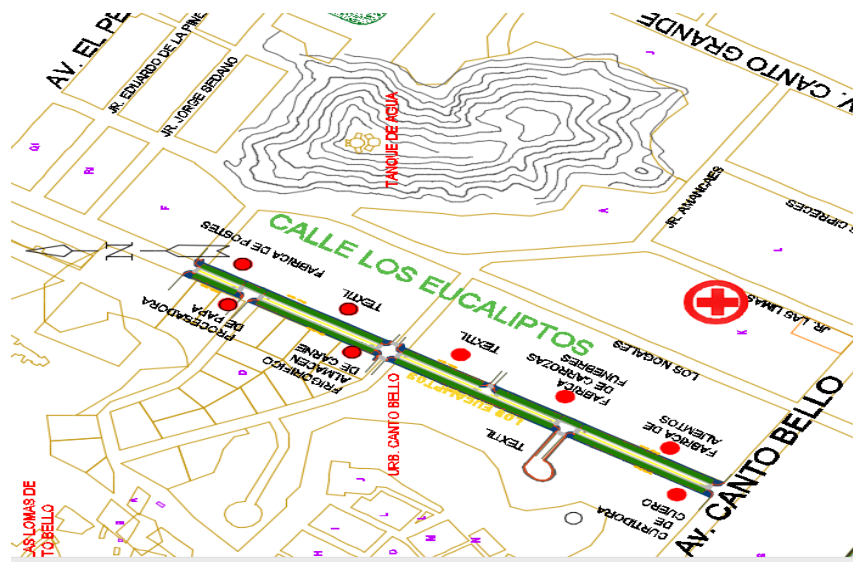


Figura 13. Mapa- Ubicación del Proyecto. Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Mapa- Dimensionamiento de la calle los Eucaliptos_ SJL-Lima. Fuente: elaboración propia

Los vehículos que transitan por la calle los Eucaliptos, SJJ, distrito de Lima- prov. Lima, de acuerdo a la observación y al reglamento de diseño vial.

VEHÍCULO	LARGO DEL VEHÍCULO (m)	RADIO DE GIRO EXTERNO (m)
AUTO	5.80	7.80 - 7.00
BUS DOS EJES	13.20	13.80 - 14.40
BUS TRES EJES	14.00	14.70 - 15.20
BUS CUATRO EJES	15.00	15.10 - 15.80
BUS ARTICULADO	18.30	13.70 - 14.40
CAMIÓN SEMI REMOLQUE SIMPLE	20.50	14.10 - 14.30
CAMIÓN REMOLQUE SIMPLE	23.00	13.30 - 13.80
CAMIÓN SEMI REMOLQUE DOBLE	23.00	14.10 - 14.30
CAMIÓN SEMI REMOLQUE - REMOLQUE	23.00	14.10 - 14.30

Figura 15. Rangos del vehículo.

Para realizar el estudio del suelo; realizamos un trabajo de gabinete (exploración del suelo donde se colocará la mezcla asfáltica), ubicando un punto estratégico donde se realizó las calicatas, este trabajo debe realizarse teniendo en cuenta el Manual de Carreteras en forma juiciosa.

Para poder analizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de cada muestra adquirida, se realizará diversos ensayos (laboratorio), teniendo en cuenta el Manual de ensayos de materiales para carreteras del MTC.

Tabla 10
Ensayos realizados en suelos

Ensayos	Norma
Propiedades Físicas	
Análisis Mecánico por Tamizado	MTC E 107
Contenido de Humedad	MTC E 108
Limite Líquido	MTC E 110
Limite Plástico	MTC E 111
Propiedades Mecánicas	
Proctor modificado	MTC E 115
Relación de soporte	MTC E 132
Propiedades Químicas	
Contenido de materia Orgánica	
PH	
Sulfatos	

Fuente: Ministerio de Transporte.

Como trabajo preliminar, excavamos una (01) calicata en el lugar de estudio, la cual está ubicada en la progresión 0+010, con el propósito de obtener como resultado las características del lugar (terreno) donde se realiza la investigación, así como la subrasante de la misma.



Figura 16. Ubicación de la calicata
Fuente: Elaboración Propia



Figura 17. Realización Calicata

Durante la realización de la calicata C-01, ubicada en la coordenada 0 + 010, se encontró arena mezclada con grava en 25 metros aprox. y de los 25 hasta los 1.50 presenta gravas mal graduadas (mezclada con arena en distintas dimensiones).



Figura 18. Muestra extraída (suelo).
Fuente: Elaboración Propia



Figura 19. Dimensionamiento de la calicata

Tabla 11
Categorías de la Subrasante

Grado	Denominación
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: *Ministerio de Transporte.*

La realización del análisis granulométrico, es la clasificación de todas las partículas del suelo. Estas partículas se obtienen mediante el uso de los tamices de distinto diámetro (Ensayo MTC -EM 107). El objetivo de un análisis de granulometría es determinar la cantidad de sus componentes, clasificándolos de acuerdo a su tamaño (MTC, 2013).



Figura 20. Mallas Granulométricas. Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12
Clasificación de suelos

Tipo de material	Tamaño de partículas
Grava	75 mm – 4.75 mm.
Arena	Arena Gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm.
	Arena media: 2.00 mm.- 0.425 mm.
	Arena fina: mm. - 0.075 mm.
Material Fino	Limo: 0.075 mm. – 0.005 mm.
	Arcia: menor a 0.005 mm.

Fuente: *Ministerio de Transporte.*

El ensayo (NLT-104), nos permite determinar la cantidad de suelo por tamaño, la herramienta principal para realizar este ensayo es el tamiz, instrumento rígido, en el que se encuentra una malla de distintos tamaños, mediante el cual se hace pasar el suelo en estudio, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- 1.- Análisis de los agregados grueso.

- 2.- Separar la porción de agregados retenido en el tamiz N° 4, en la serie siguiente: 2", 1", 3/4", 1/2", 3/8".
- 3.- Determinamos el peso en una balanza sensible a 0.1g.
- 4.- Análisis de los agregados finos.
- 5.- La fracción mayor –tamiz N° 200, se tamiza con la malla N° 4, 10, 40, 100 y 200 (lavado en el tamiz N° 200)
- 6.- Determinamos el peso en una balanza sensible a 0.1g.

Tabla 13
Ensayo de Suelos

Tamices ASTM	Abertura (MM)	Peso retenido	Retenido parcial	Retenido Acumulado	% Que Pasa	Descripción
5"	127.00					Peso del Material
4"	101.600					Peso Inicial Total 12.834.0
3"	73.00					Peso Fracción Fina para lavar 684.3
2 1/2"	60.300				100.0	
2"	50.800	730.0	5.7	5.7	94.3	Características
1 1/2"	37.500	2.011.0	15.7	21.4	78.6	Tamaño Máximo 2 1/2
1"	25.400	1.698.0	13.2	34.6	65.4	Tamaño Máximo Nominal 2"
3/4"	19.000	1.370.0	10.7	45.3	54.7	Grava % 69.4
1/2"	12.700	1.521.0	11.9	57.1	42.9	Arena % 26.4
3/8"	9.520	391.0	3.1	60.2	39.8	Finos % 4.1
1/4"	6.350					Módulo de Fineza %
Nº 4	4.750	1-191.0	9.3	69.4	30.6	
Nº 8	2.360					Clasificación
Nº 10	2.00	220.8	9.9	79.3	20.7	Limite Liquido % 23
Nº 16	1.190					Limite Plástico % 17
Nº 20	0.850					Índice de Plasticidad % 6
Nº 30	0.600					Clasificación SUCS GP
Nº 40	0.420	180.0	8.0	87.3	12.7	Clasificación ASHTO A-1-a (0)
Nº 50	0.300					
Nº 60	0.250					
Nº 80	0.180					
Nº 100	0.150					
Nº 200	0.075	190.8	8.5	95.9	4.1	
Pasante		92.7	4.1	100.0		

Fuente: *Elaboración propia.*

Interpretación: De acuerdo a la Clasificación ASHTO, nuestro suelo es un suelo bueno.

El resultado del estudio del suelo de la calle los Eucaliptos-San Juan de Lurigancho-Lima, presenta una curva granulométrica, que cumple con los parámetros establecidos, teniendo en cuenta lo señalado en la norma del MTC (Tabla 12).

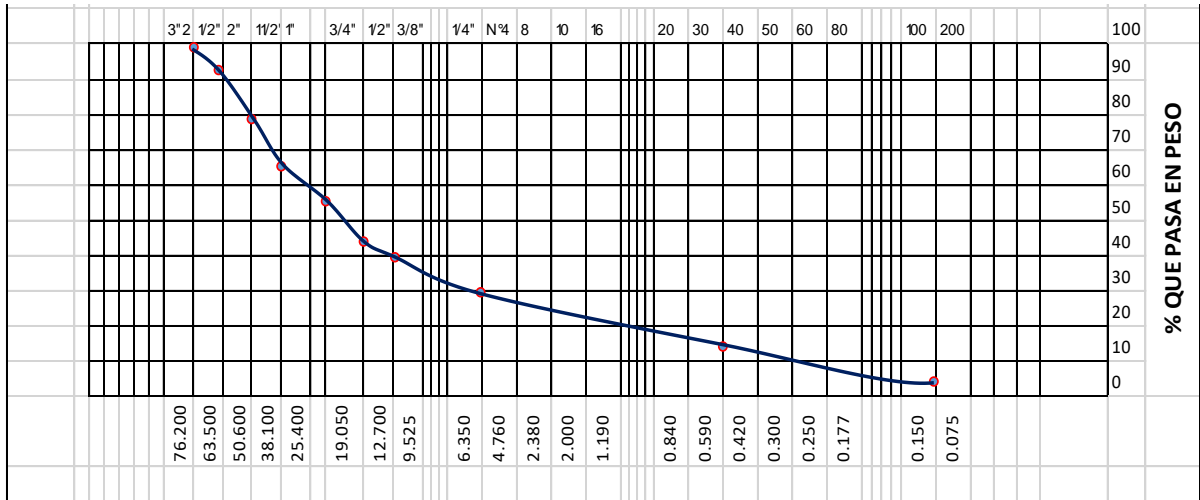


Figura 21. Curva Granulométrica. Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

Contenido de Humedad Natural:

Este ensayo nos permite calcular el porcentaje de agua que contiene la muestra, determinando el peso del material y el porcentaje de agua del total del peso.

- 1.- Determinamos el peso de la muestra húmeda (W húmedo)
- 2.- Secado de la muestra a temperatura de 105° C, tiempo: 24 horas.
- 3.- Obtención del peso de la muestra seca (W seco)



Figura 22. Peso de la muestra
Elaboración Propia



Figura 23. Secado de la muestra Fuente:

Tabla 14:

Contenido de Humedad de la muestra

Descripción	1
Peso de la Tara (gr)	120
Peso de la Tara + muestra húmeda (gr)	586.1
Peso de la Tara + muestra seca (gr)	550.7
Peso del agua contenido (gr)	35.4
Peso de la muestra seca (gr)	430.7
Contenido de Humedad %	8.2
Contenido de Humedad promedio	8.2

Fuente: *Elaboración Propia*

Limite líquido (MTC E-110):

El limite liquido se realiza con el instrumento copa Casagrande, siendo esta el contenido de agua que permite cerrar la ranura de 1/2in (12.7 mm), a través de 25 golpes.



Figura 24. Instrumento-Copa Casagrande
Fuente: *Elaboración Propia*



Figura 25. Calibración Copa Casagrande

Procedimiento:

1.- Mezclamos la muestra del suelo con 15 o 20 ml de agua aprox, en la vasija de porcelana hasta formar una masa, posteriormente con la espátula la tajamos alternadamente por varias veces.



Figura 26. Mezclado de la muestra
Fuente: *Elaboración Propia*



Figura 27. Inserción de la mezcla al instrumento

2.- Una vez lograda la mezcla suficiente, se realiza 30 a 35 golpes en la cazuela, a fin de lograr el cierre deseado, colocamos una porción en la cazuela para ser comprimida, evitando incluir vacíos de aire, nivelamos el suelo con la espátula hasta conseguir una profundidad de 1cm, retirando el exceso de masa.



Figura 28. Muestra-copa Casagrande
Fuente: Elaboración propia



Figura 29. Nivelación de la muestra

3.- Dividir la masa en la taza de bronce, para ser pasado por el acalanador del diámetro, logrando formar una ranura limpia.



Figura 30. División de la muestra-Copa Casagrande. Fuente: Elaboración propia

4.- Golpear la taza (bronce), haciendo girar la manija, de 1.9 a 2.1 golpes por segundo, hasta lograr que las mitades de la masa estén en contacto, es muy importante anotar en que numero de golpe se cerró la ranura.

5.- Repetimos la operación aproximadamente hasta en dos o tres veces.

Tabla 15:

Determinación del límite líquido

Límite líquido - 23				
Nº Tarro		7	8	9
Peso de tarro + Suelo Húmedo	gr	30.14	30.31	29.74
Peso de tarro + Suelo seco	gr	28.05	28.47	27.53
Peso de Tarro	gr	18.50	19.82	19.37
Peso de Agua	gr	2.09	1.84	2.21
Peso del Suelo seco	gr	9.55	8.65	8.16
Contenido de Humedad	%	21.88	21.27	27.08
Numero de Golpes		33	25	17

Fuente: *Elaboración Propia*

Interpretación: Tabla 15, de acuerdo a los ensayos realizados, el suelo presenta un indicador de 23 % límite líquido.

Límite Plástico (MTC E-111):

El límite plástico viene a ser la cantidad de agua con la que cuarteamos el suelo, hasta quebrarlo y formar rollitos de 3.2 mm.

Procedimiento:

- 1.- Moldeamos en forma elipsoide la mitad de la muestra, luego procedemos a rodarla sobre una superficie lisa, presionándola hasta formar cilindros.
- 2.- El desmoronamiento de nuestra masa, es de acuerdo al suelo, si el suelo es muy plástico el cilindro se divide en tamaños de 6 mm de longitud.
- 3.- Las porciones obtenidas las colocamos en vidrios de reloj, continuando el proceso hasta obtener unos 6 g. de suelos.
- 4.- Repetimos el procedimiento con la otra mitad de la masa dividiéndoles en 1 y 2.

Tabla 16:

Determinación del límite plástico

Límite Plástico - 17			
Nº Tarro		3	4
Peso de tarro + Suelo Húmedo	gr	36.14	35.05
Peso de tarro + Suelo seco	gr	33.42	32.61
Peso de Tarro	gr	16.90	17.90
Peso de Agua	gr	2.72	2.44
Peso del Suelo seco	gr	16.52	14.71
Límite plástico	%	16.46	16.59

Fuente: *Elaboración Propia*

Interpretación: De acuerdo a la Tabla 16, y de acuerdo a los ensayos realizados nuestro suelo presenta, un indicador de 17 % límite plástico.

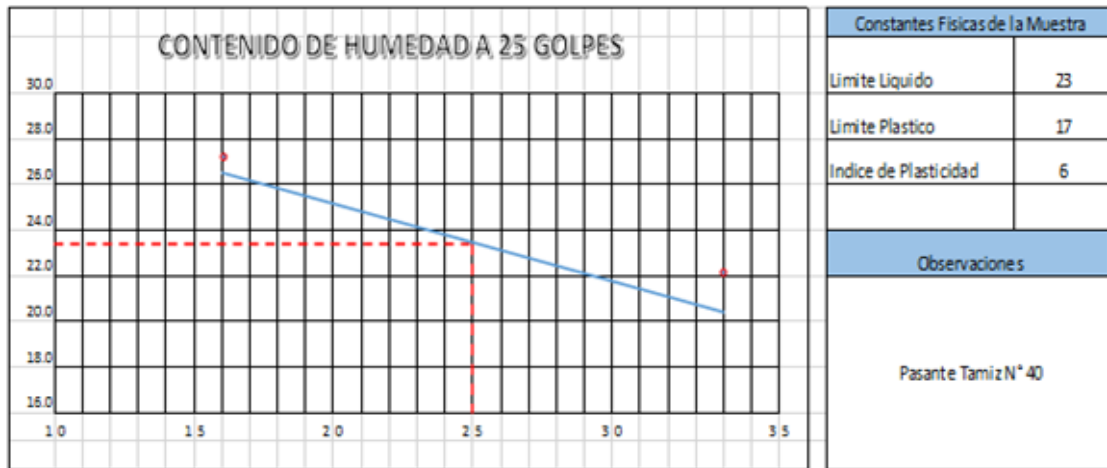


Figura 31. Contenido de humedad. Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

Proctor Modificado (MTC E-115):

El ensayo de proctor modificado nos permite determinar la relación que existe entre el contenido de humedad y el peso unitario, cuyo objetivo es determinar la humedad para la cual el suelo obtiene su máxima densidad seca.

Procedimiento:

- 1.- Secar el material (al aire libre, en horno o en una estufa).



Figura 32. Secado de la muestra. Fuente: Elaboración propia.

- 2.- Tamizar el material en las mallas $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4 para determinar el método a prueba.
- 3.- Realizar cuatro muestras de 6 kg
- 4.- Mezclar agregándose agua en forma uniforme.

- 5.- Colocar una capa en el molde y golpear entre 25 o 56 veces en todas las áreas.
- 6.- Los golpes se realizan en caída libre.
- 7.- Se debe completar las cinco capas, la última de ellas debe quedarse en el collarín para ser enrasada con una regla en el material.
- 8.- Retiramos la base y registramos el peso del molde + el suelo.
- 9.- Llévase al horno las muestras para hallar la humedad.
- 10.- Repetir el procedimiento hasta lograr los cuatro puntos.

Tabla 17:
Proctor Modificado

Relación densidad humedad (PROCTOR)					
Molde N° 1	Diámetro: 6"	Volumen Molde Peso Método: C	2123 mm 6598 gr.	N° de Capas N° de Golpes	5 56 Glp
N° de Ensayos		1	2	3	4
Peso de suelo – molde	gr	10.381	10.480	10.601	10.560
Peso de suelo Húmedo compactado	gr.	3.783	3.882	4.003	3.962
Peso Volumétrico Húmedo	gr.	1.782	1.829	1.886	1.866
Recipiente Húmedo					
Peso Suelo Húmedo -Tara	gr.	501.00	501.0	500.0	361.0
Peso Suelo Seco -Tara	gr.	472.00	461.5	451.4	319.7
Peso de la Tara	gr.				
Peso del Agua	gr.	29.0	39.5	48.6	41.3
Peso de suelo seco	gr.	472	462	451	320
Contenido de Agua	%	6.1	8.6	10.8	12.9
Densidad Seca	gr/cc	1.679	1.684	1.702	1.653

Fuente: *Elaboración Propia*

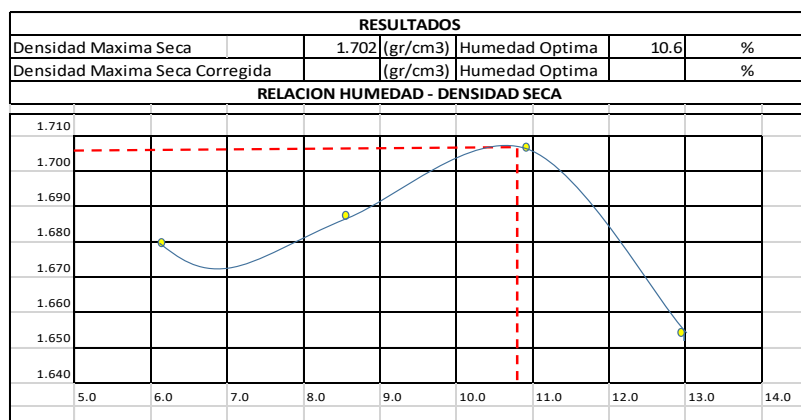


Figura 33. Relación humedad-densidad seca. Fuente: Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

CBR (California Bearing Ratio)

El CBR se determina del esfuerzo penetrado por un pistón a una profundidad de 0.1 pulgadas de una muestra de suelo y el esfuerzo requerido al penetrar el pistón, a una misma profundidad de 0-1 pulgadas, en un patrón (muestra piedra triturada).

El CBR se determina por lo general de 0.1 y 0.2 de penetración (esfuerzo de 1000 y 1500 lb). Para la realización del CBR realizamos tres (03) ensayos:

- Ensayo de densidad y humedad.
- Ensayo de propiedades expansivas de material.
- Ensayo para determinar la resistencia a la penetración.

Preparación del material:

- 1.- Séquese el material calentándolo a una temperatura de 60° o al aire.
- 2.- Desmenuzar la muestra sin romper las partículas individuales.
- 3.- Tamícese la muestra por la malla ¾ y 4, la porción que queda en el tamiz ¾, debemos de remplazar por otro porcentaje igual.
- 4.- Determinamos la humedad de la muestra.
- 5.- Para cada muestra utilícese 5 kg. de material.

Tabla 18:
Relación capacidad de soporte-CBR

Cálculo del CBR						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde – Suelo húmedo (g)	12235.0		12041.0		11891.0	
Peso de molde (g)	8085.0		8045.0		8008.0	
Peso del suelo húmedo (g)	4150.0		3996.0		3883.0	
Volumen del molde (cm ³)	2099.0		2116.0		2127.0	
Densidad humedad (g/cm ³)	1.977		1.888		1.826	
Tara (N°)						
Peso suelo húmedo -Tara (g)	335.0		425.0		350.0	
Peso suelo seco-Tara (g)	285.8		361.0		297.0	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	50.0		64.0		53.0	
Peso de suelo seco (g)	285.0		361.0		297.0	
Contenido de humedad (%)	17.5		17.7		17.8	
Densidad seca (g/cm ³)	1.682		1.604		1.549	

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 19:
Expansión de suelos

FECHA	HORA	TIEMPO	Expansión										
			EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
			mm	%		mm	%		mm	%			
			0	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
			24	20	31	0.508	0.442	31	0.787	0.685	43	1.092	0.950
			48	21	31	0.533	0.464	31	0.787	0.685	50	1.270	1.104
			72	21	31	0.533	0.464	31	0.787	0.685	52	1.321	1.149
			96	21	31	0.533	0.464	31	0.787	0.685	52	1.321	1.149

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20:
Penetración

PENETRACION	Penetración															
	CARGA		MOLDE N°		M-01			MOLDE N°		M-02			MOLDE N°		M-03	
	STAND		STAND		Corrección			Carga		Corrección			Carga		Corrección	
	mm	pulg.	Kg/ cm2	Dial (div)	Kg.	Kg.	%	Dial (div)	Kg.	Kg.	%	Dial (div)	Kg.	Kg.	%	
0.000			0	0			0	0			0	0				
0.635			26	1.2			13	0.6			9	0.4				
1.270			51	2.5			29	1.4			19	0.9				
1.905			106	5.4			65	3.3			40	2.0				
2.540			183	9.3	-	13.3	93	4.7	8	11.0	75	3.8	5.4	7.6		
3.810			259	13.3			151	7.7			125	6.3				
5.080			363	18.6	-	17.7	243	12.4	16	15.2	179	9.1	10.6	10.0		
6.350			471	24.2			359	18.4			226	11.6				
7.620			547	28.1			418	21.5			274	14.0				
10.160			688	35.4			516	26.5			334	17.1				
12.700			906	46.6			651	33.5			393	20.2				

OBSERVACIONES: ANILLO: 50 KN

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: en la tabla 18, 19 y 20; se aprecia la relación capacidad de soporte-CBR, presentando una subrasante buena, apta para el diseño de pavimentos.

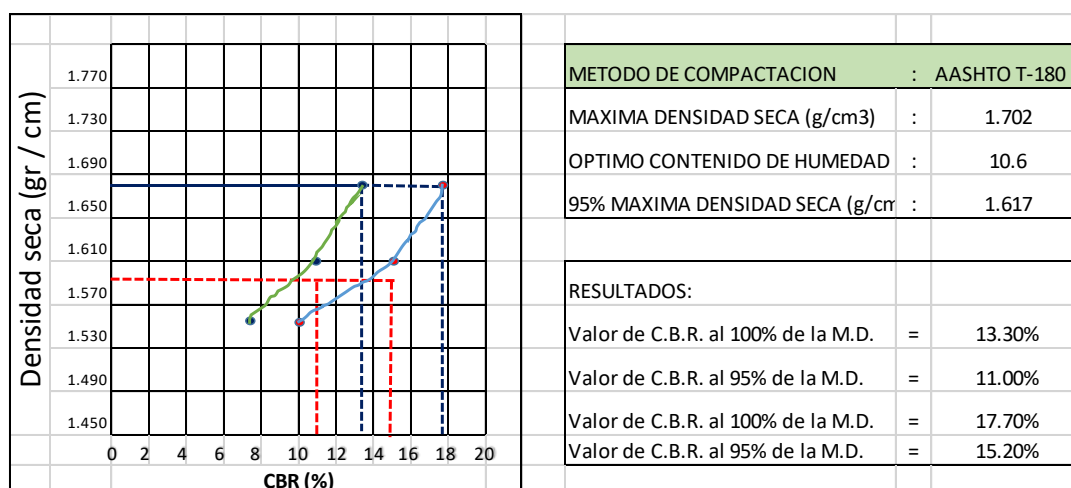


Figura 34. Densidad Seca. Fuente. Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

Interpretación: Teniendo en cuenta lo descrito en la Tabla 11, pág. 42 nuestro suelo presenta una subrasante buena, presenta un CBR $\geq 10\%$ a CBR $< 20\%$, por lo tanto, no requiere mejorar la resistencia de nuestro suelo.

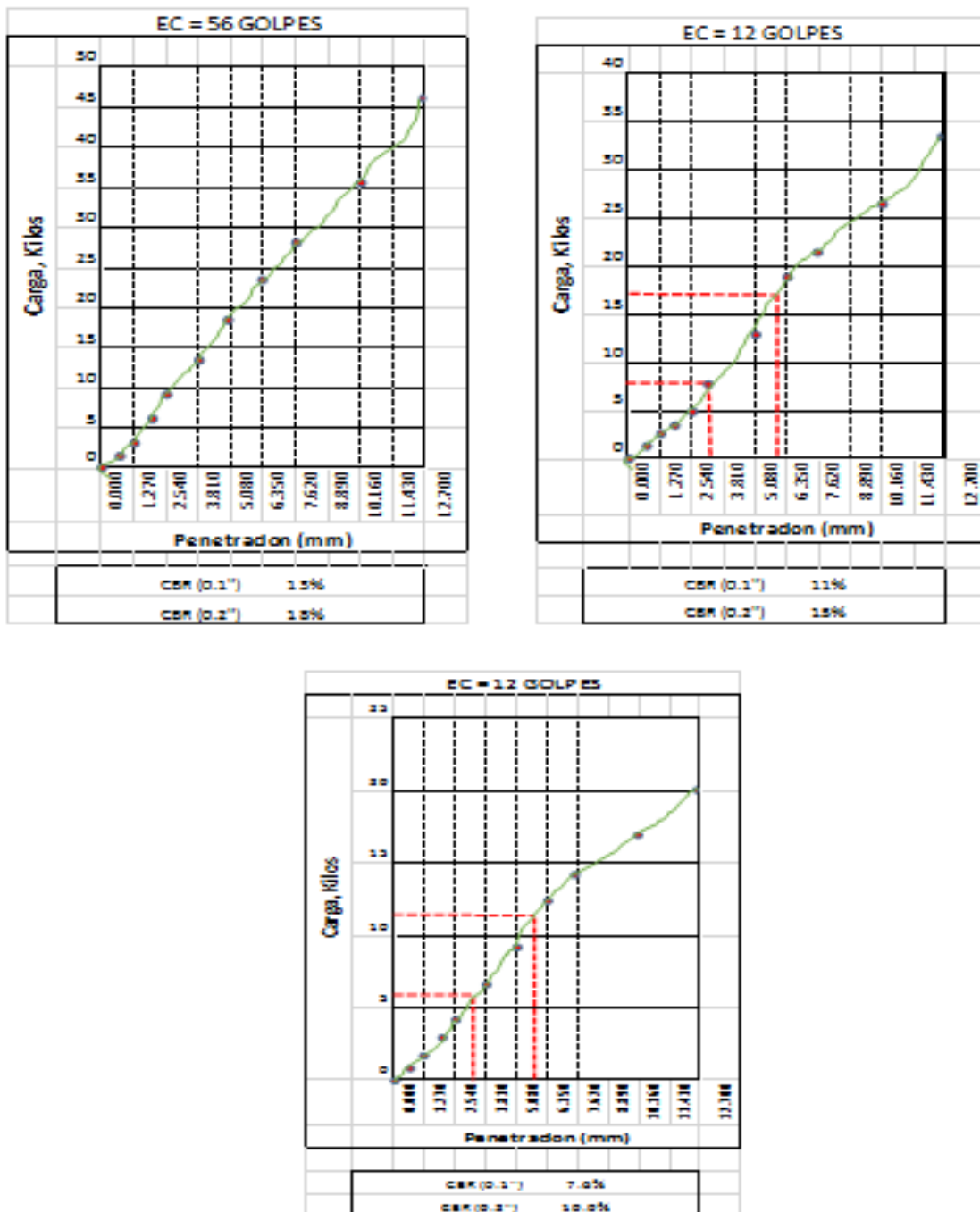


Figura 35. Penetración. Fuente. Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

Estudio de los Agregados (Grueso y Fino):

Los agregados (piedra chancada para asfalto y arena zarandeada) los hemos obtenido de la empresa minera "Telkus", ubicada Carapongo-Chosica



Figura 36. Minera “Telkus”, ubicada en Carapongo-Chosica Fuente: elaboracion propia

Agregados:

Para la elaboración de las Mezclas asfálticas, de acuerdo a la investigación realizada, los agregados utilizados fueron adquiridos en la empresa minera “Telkus”, ubicada en Carapongo-Chosica-Lima. Los agregados utilizados son piedra chancada de $\frac{1}{2}$, arena zarandeada, caucho reciclado.



Figura 37. Agregados gruesos. Fuente: elaboracion propia.



Figura 38. Agregados Finos. Fuente: elaboracion propia

Ensayos de Agregados:

Para el diseño de Mezclas Asfálticas es muy importante conocer la calidad de los agregados, de ellas dependerá el comportamiento de las muestras a ensayar.

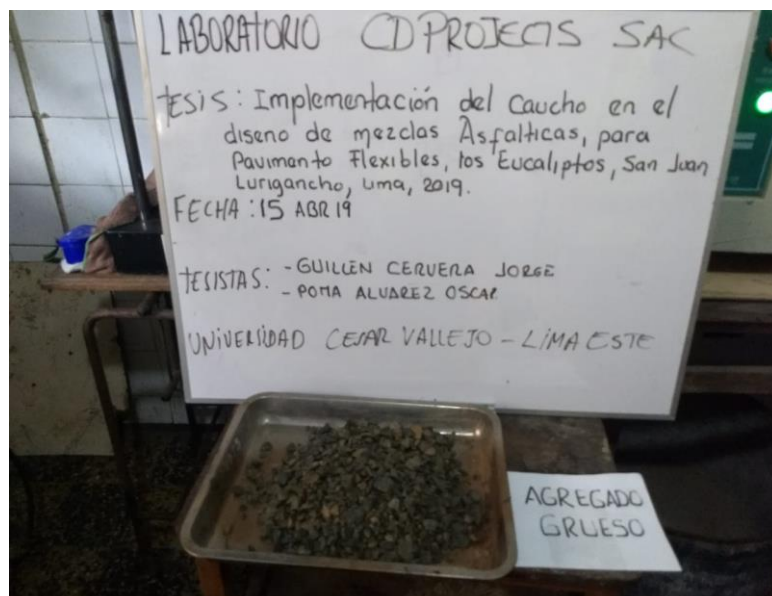


Figura 39. Agregados. Fuente: Elaboracion propia

-Análisis Granulométrico:

(Código NEVI-12, Capítulo 4, pág. 420), muestra información sobre la granulometría que se debe de usar para realizar el diseño de asfaltos, teniendo en cuenta la función o la cantidad de la mezcla asfáltica normal "MAC"

En la investigación obtuvimos un tamaño nominal de $\frac{1}{2}$ plg, durante el análisis granulométrico, por lo que se trabaja con los límites del MAC 2 (ver tabla 21).

Tabla 21
Parámetro para los agregados

Tamiz	% Granulométrico		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17.	8-17.	9-19.
75 µm (N.º 200)	14-27	14-28	5-10.

Fuente: *Elaboración propia*

Según (Espinoza, 2016, p.179) “Los agregados primeramente deben de pasar un control, para posteriormente utilizarlos en el diseño de mezclas asfálticas, clasificándolos de acuerdo a la calidad y al cumplimiento exigido por las normas.

Tabla 22
Granulometría de los agregados

Agregados							Descripciones	
Tamiz	Peso	Porcentaje	Especificaciones					
Pulgada	mm.	Retenido	Acumulado	Pasante	Mi.	Max.		
3,1/2"	80.890						% Nivel Freático	
3"	76.200						% Humedad	
2 1/2"	63.500						% Grava	
2"	50.800						%Arena	
1 1/2"	38.100						Tamaño Maximo:3/4	
1"	25.400						%Pasante N° 200:0.2	
3/4"	19.050			100	100	100	Peso Inicial:25029.8	
1/2"	12.700	5001.3	19.98	19.98	80.02	80-100	100	Porción de finos:785.6
3/8"	9.530	1818.8	7.27	27.25	72.75	70-88		
1/4"	6.350	1999.2	7.99	35.24	64.76			
Nº 4	4.750	3080.8	12.31	47.55	52.45	51-68	74	
Nº8	2.360	12400.0	49.54	97.09	2.91		58	
Nº 10	2.000							
Nº 16	1.190	298.5	1.11	98.20	1.80			Grava Triturada<3/4"
Nº 20	0.850							:44.0%
Nº 30	0.600	200.1	0.74	98.94	1.06			Arena Triturada<3/8"
Nº 40	0.420							:36.0%
Nº 50	0.300	148.1	0.55	99.49	0.51		21	Arena Natural < 1/4"
Nº 60	0.250							: 20.0%
Nº 80	0.180							Cemento Portland Tipo I:
Nº 100	0.150	51.0	0.19	99.68	0.32			----%
Nº 200	0.074	32.0	0.12	99.80	0.20		10	TOTAL : 100%

Fuente: *Elaboración propia.*

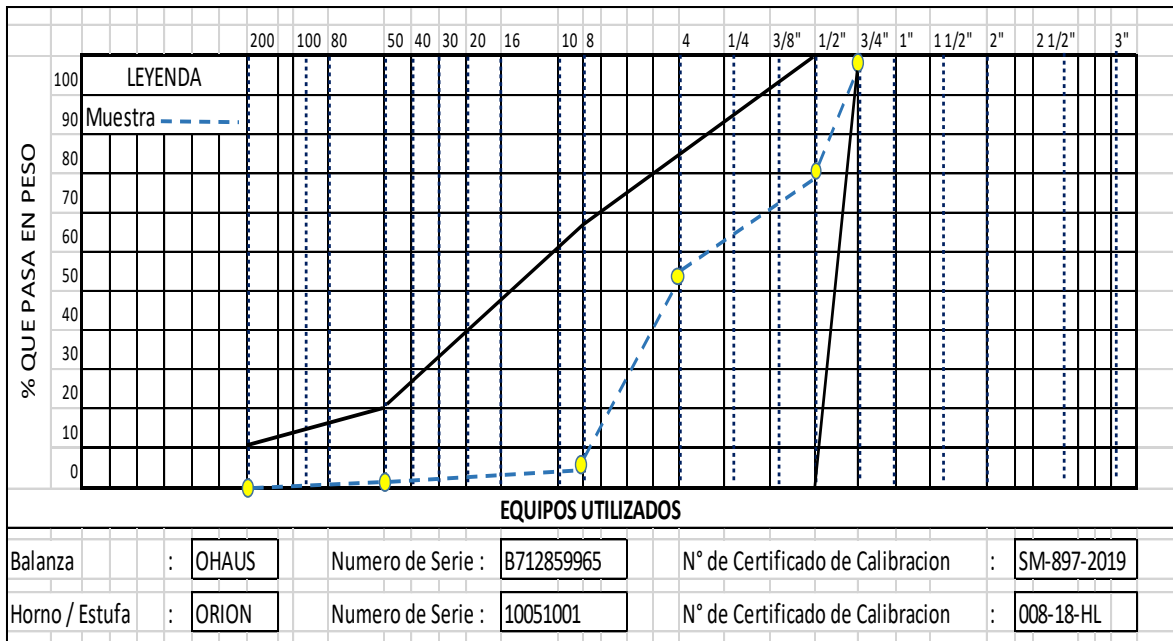


Figura 40. Curva Granulométrica-Agregados. Fuente. Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

a.- Ensayo de agregados gruesos:

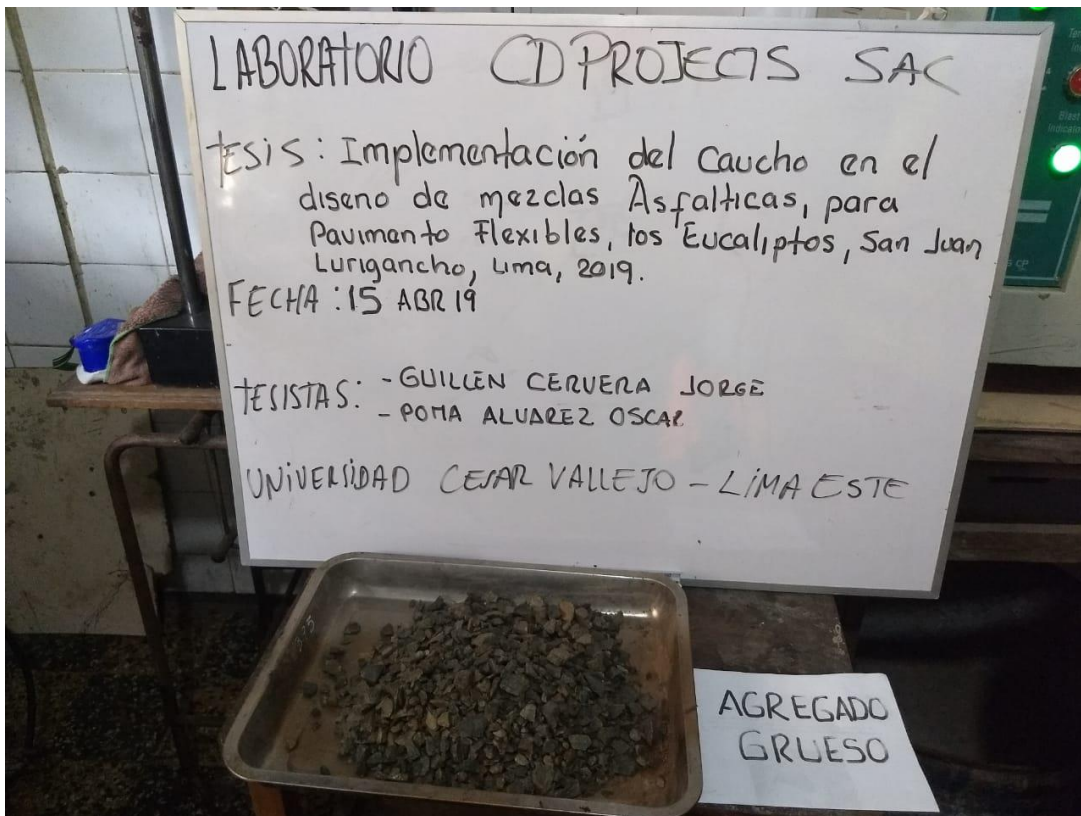


Figura 41. Ensayos agregados grueso. Fuente: elaboracion propia



Figura 42. Agregados tamizados. Fuente: elaboración propia

El porcentaje de agregados gruesos obtenidos mediante la granulometría para la investigación es la siguiente:

Tabla 23
Agregado grueso

Determinación N°	Agregado grueso			PROMEDIO
	1	2	3	
Peso recipiente (Biker 100 ml)	47.420	47.300	47.080	
Peso recipiente + agua+sal	77.431	77.500	77.011	
Peso recipiente seco + sal	47.450	47.570	47.310	
Peso sal (3-1)	0.030	0.270	0.230	
Peso de agua (2-3)	29.981	29.930	29.701	
Porcentaje de Sales Solubles	0.100	0.902	0.774	0.592 %

Fuente: Elaboración propia

b.- Ensayo de agregados finos:

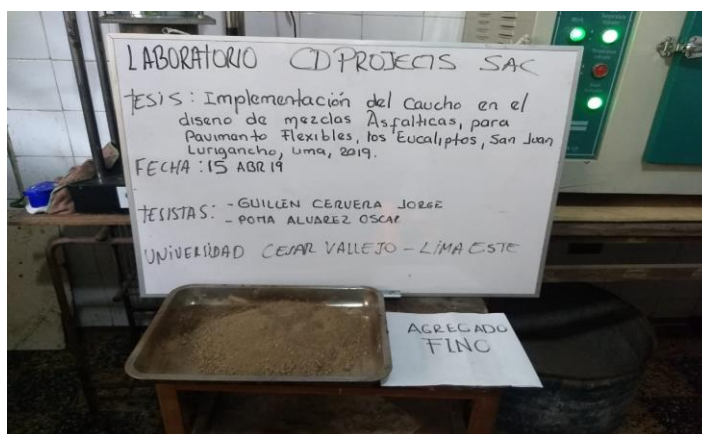


Figura 43. Agregados finos. Fuente: Elaboración propia

Tabla 24
Agregado fino

Determinación N°	Agregado fino			
	1	2	3	
Peso recipiente (Biker 100 ml)	46.870	46.270	46.089	
Peso recipiente + agua+sal	78.600	77.880	77.560	PROMEDIO
Peso recipiente seco + sal	47.580	46.900	46.770	
Peso sal (3-1)	0.710	0.630	0.681	
Peso de Agua (2-3)	31.020	30.980	30.790	
Porcentaje de Sales Solubles	2.289	2.034	2.212	2178%

Fuente: *Elaboración propia*

Caucho reciclado:

Para el diseño de la mezcla asfáltica, se utiliza granos de caucho, adquirido en manufacturas “Pablito S.A.”, ubicada en el Anexo de Jicamarca, San Juan de Lurigancho.



Figura 44. Trituradora-caucho reciclado. Fuente: elaboración propia



Figura 45. Obtención de muestras- caucho reciclado. Fuente: elaboración propia

Tabla 25
Granulometría del caucho reciclado: 495.5 Kg

Tamices ASTM	Mm	Peso retenido	Porcentaje Retenido	Retenido Acumulado	Porcentaje que pasa
Nº 20	0.840		0.0	0.0	100.0
Nº 30	0.600	127.3	25.7	25.7	74.3
Nº 40	0.425	189.5	38.2	63.9	36.1
Nº50	0.300	103.6	20.9	84.8	15.2
Nº80	0.177	69.4	14.4	98.8	1.2
Nº100	0.150	5.1	1.0	99.9	0.1
Nº200	0.075	0.4	0.1	100.0	0.0

Fuente: *Elaboración propia*



Figura 46. Granulometría- caucho reciclado. Fuente: elaboración propia

El caucho reciclado utilizado para la mezcla Asfáltica reemplazara al agregado fino en un 3%, 4% y 5%.

DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA:

Diseño de mezcla asfáltica tradicional:

Para poder diseñar nuestra mezcla asfáltica en caliente, a continuación, se detallará los materiales utilizados y la cantidad necesaria para cada ensayo.

Tabla 26
Materiales para el diseño de mezcla asfáltica en caliente

Insumos	Características	Origen
Agregados	Grava Chancada <1/2	Cantera Telkus-Chosica-Lima
	Grava Chancada <3/8	Cantera Telkus-Chosica-Lima
	Arena Chancada y Zarandeada	Cantera Telkus-Chosica-Lima
	Arena natural	Cantera Telkus-Chosica-Lima
Aditivo mejorado de Adherencia	radicote	
Asfalto Convencional	PEN 60/70	Petro Perú

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 27
Dosificación del diseño Marshall

Insumos	Porcentaje
Agregado Grueso	40.0%
Agregado Fino	55.0 %
Aditivo Mejorado de Adherencia (% peso)	5.0 %

Fuente: *Elaboración propia*

En la siguiente tabla se muestra el diseño tradicional de mezcla asfáltica, donde se realizó el ensayo Marshal, para evaluar los parámetros del diseño de la mezcla,

Tabla 28
Especificaciones técnicas para el diseño mezcla-tipo B

Descripción	Especificaciones técnicas
Golpes por Lado	40%
Peso Unitario	
Vacíos	0.5 %
Vacío de Mezcla Asfáltica	Mínimo 14
Fluencia	2-4
Estabilidad	Mínimo 544
Relación Estabilidad-Fluencia	1700-4000
Índice de Compatibilidad	Min 5
Estabilidad retenida, 24horas, a 60°C	Min 75
Resistencia retenida en Tracción	80
Filler/ Ligante	06 a 1.3

Fuente: *Elaboración Propia*

Tabla 29
Dosificación del diseño Marshall

Mezcla asfáltica: 6% asfalto							
1	NEMERO DE PROBETAS	N	1	2	3	4	Promedio
2	C. A en peso de Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	44.70	44.70	44.70	44.70	
4	% DE Arena Combinada en Peso de Mezcla	%	45.76	45.76	45.76	45.76	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	3.54	3.54	3.54	3.54	
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	1.021	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc	2.735	2.735	2.735	2.735	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc	2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
9	Peso Específico del Bulk de la Arena	gr/cc	2.754	2.754	2.754	2.754	
10	Peso específico aparente de la Arena	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
11	Peso Específico de filler < N° 200	gr/cc	2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
12	Altura Promedio de la probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en Aire	gr	1245.0	1244.0	1242.0	1242.0	
14	Peso de Probeta Saturada (01 Hora)	gr	1249.0	1248.0	1247.0	1246.0	
15	Peso de la Probeta en Agua	gr	275.0	279.0	277.0	1280.0	
16	Volumen de la Probeta	cc.	974.0	969.0	970.0	966.0	
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	gr/cc	1.278	1.284	1.280	1.286	1.282
18	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.568	2.568	2.568	2.568	
19	Máxima Densidad Torica	gr/cc	2.509	2.509	2.509	2.509	
20	% de vacíos	%	50.23	50.01	50.15	49.94	50.08
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.747	2.747	2.747	2.747	
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2.786	2.786	2.786	2.786	
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.767	2.767	2.767	2.767	
24	C.A. Absorción por el Peso del Agregado Seco	%	0.262	0.262	0.262	0.262	
25	% del Vol. Del Agregado/ Volumen bruto probeta	%	43.74	43.93	43.81	43.99	
26	% del Vol. De C.a. Efectivo/Volumen de probeta	%	6.03	6.06	6.04	6.07	
27	% Vacíos del agregado Mineral : VMA	%	56.26	56.07	56.19	56.01	56.1
28	c.a. Efectivo/ Peso de la Mezcla	%	5.75	5.75	5.75	5.75	
29	Relación Asfalto/Vacios:VFA	%	10.72	10.81	10.76	10.84	10.8
30	Relación Filler/ Betún Efectivo		0.66	0.66	0.66	0.66	0.60
31	Lectura del Arco		293	299	293	294	
32	Estabilidad si Corregir	kg	703	717	703	705	
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg	569	581	569	571	572.6
35	Lectura Flexómetro (0.0001")	pul	11.0	12.0	11.0	11.0	
36	Fluencia	mm	2.79	3.05	2.79	2.79	2.86
37	Ahullamiento Estimado	mm	12.70	12.69	12.67	12.61	12.67
38	Relación Estabilidad/ Fluencia	Kg/cm	2038	1905	2038	2044	2006.2

Fuente: *elaboración propia*

En la Tabla 29, se puede apreciar el ensayo Marshal, con un 6% de cemento asfáltico.

Diseño de mezcla asfáltica con caucho:

Implementación del caucho reciclado en la mezcla asfáltica por la vía seca:

La implementación del caucho reciclado en el Asfalto se realizó mediante el proceso de la vía seca, durante este proceso observaremos y analizaremos de qué manera influye la implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan de Lurigancho, Lima, 2019; el cual consiste en adicionar partículas de caucho reciclado en remplazo de los agregados finos.

Para la realización de la presente investigación estamos tomando como parte del estudio la norma colombiana-INVIAS, en el cual usaremos el caucho reciclado en 3%, 4% y 5% para remplazar a los agregados finos. La granulometría del grano de caucho reciclado con el que se realiza la investigación es de 0.440mm, debiendo de trabajarse con el tamiz N° 50, por ser más homogéneo.

Elaboración de las briquetas con el caucho:

Las briquetas realizadas presentan un peso de 1200 gr., la cual contiene agregados gruesos y finos, asfalto y el grano de caucho reciclado que remplaza al agregado fino.

Procedimiento para la elaboración de briquetas:

1. Para elaborar las briquetas (mezclas asfálticas con granos de caucho reciclado), preparamos el porcentaje granulométrico de los agregados, de acuerdo a la cantidad de cemento asfáltico.

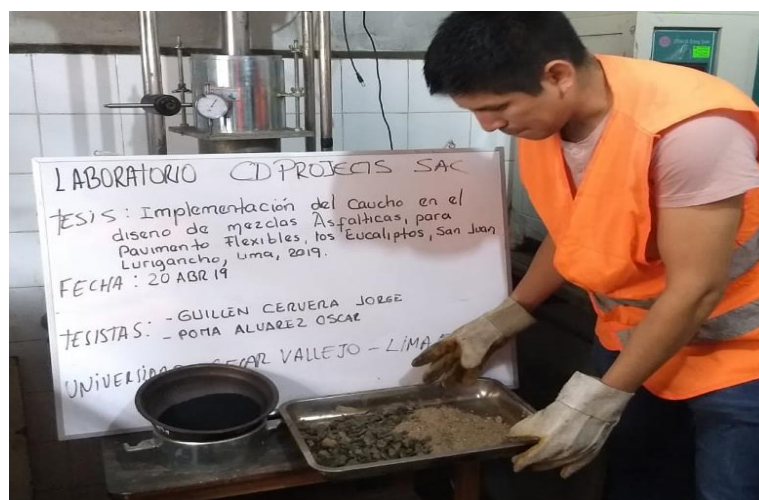


Figura 47. % de Agregados-mezcla asfáltica modificada. Fuente: elaboracion propia

2. Realizar la medición de la temperatura, para ello mezclamos el total de los agregados en una bandeja, para posteriormente calentarlos en la estufa o con un soplete hasta obtener la temperatura deseada- 170° a 210° C.

3. Implementación del caucho. La incorporación se realiza de acuerdo a los parámetros determinados (reemplazar % de los agregados finos).



Figura 48. Inserción del caucho en los Agregados. Fuente: elaboración propia

4. Temperatura del caucho, para poder incrementar la temperatura del caucho, mezclamos el grano de caucho con los agregados calientes por un periodo de dos minutos y a una temperatura de 150° y 190°.
5. Elaboración de la mezcla modificada con granos de caucho reciclados: calentamos el cemento asfáltico, para posteriormente agregarlo, hasta lograr obtener una mezcla homogénea.
6. Fase de digestión: a mezcla asfáltica es llevada al horno, a una temperatura de 170° c, por un periodo de 1 hora; durante este tiempo se producirá la digestión del grano de caucho.
7. Elaboración de las briquetas: Realizamos las briquetas utilizando nuestro molde.
8. Rotura de las Briquetas: Esta prueba se realizará utilizando el Equipo Marshall.

Tabla 30

Diseño de mezcla asfáltica con 3% de Caucho

Mezcla asfáltica: 3% Caucho							
1	NEMERO DE PROBETAS	N	1	2	3	4	Promedio
2	C. A en peso de Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	45.17	45.17	45.17	45.17	
4	% DE Arena Combinada en Peso de Mezcla	%	46.25	46.25	46.25	46.25	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	3.58	3.58	3.58	3.58	
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	1.021	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc	2.735	2.735	2.735	2.735	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc	2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
9	Peso Específico del Bulk de la Arena	gr/cc	2.754	2.754	2.754	2.754	
10	Peso específico aparente de la Arena	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
11	Peso Específico de filler < N° 200	gr/cc	2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
12	Altura Promedio de la probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en Aire	gr	1240.0	1242.0	1243.0	1242.0	
14	Peso de Probeta Saturada (01 Hora)	gr	1241.0	1243.0	1244.0	1244.0	
15	Peso de la Probeta en Agua	gr	200.0	201.0	203.0	202.0	
16	Volumen de la Probeta	cc.	1041.0	1042.0	1041.0	1042.0	
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	gr/cc	1.191	1.192	1.194	1.192	1.192
18	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.568	2.568	2.568	2.568	
19	Máxima Densidad Teórica	gr/cc	2.549	2.549	2.549	2.549	
20	% de vacíos	%	53.62	53.59	53.51	53.59	53.58
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.747	2.747	2.747	2.747	
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2.786	2.786	2.786	2.786	
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.767	2.767	2.767	2.767	
24	C.A. Absorción por el Peso del Agregado Seco	%	0.262	0.262	0.262	0.262	
25	% del Vol. Del Agregado/ Volumen bruto probeta	%	41.19	41.22	41.29	41.22	
26	% del Vol. De C.a. Efectivo/Volumen de probeta	%	5.19	5.19	5.20	5.19	
27	% Vacíos del agregado Mineral: VMA	%	58.81	58.78	58.71	58.78	58.8
28	c.a. Efectivo/ Peso de la Mezcla	%	4.75	4.75	4.75	4.75	
29	Relación Asfalto/Vacios: VFA	%	8.82	8.83	8.86	8.83	8.8
30	Relación Filler/ Betún Efectivo		0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
31	Lectura del Arco		250	251	249	253	
32	Estabilidad si Corregir	kg	603	606	601	610	
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg	489	491	487	494	490.1
35	Lectura Fleximetro (0.0001")	pul	11.0	12.0	11.0	11.0	
36	Fluencia	mm	2.79	3.05	2.79	2.79	2.86
37	Ahullamiento Estimado	mm	13.71	13.77	13.68	13.69	13.71
38	Relación Estabilidad/ Fluencia	Kg/cm	1749	1610	1743	1769	1717.7

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 30, se aprecia el diseño de una mezcla asfáltica con 3% de caucho, el mismo que reemplaza parte de los agregados finos.

Tabla 31

Diseño de mezcla asfáltica con 4% de caucho

Mezcla asfáltica: 4% Caucho							
1	NEMERO DE PROBETAS	N	1	2	3	4	Promedio
2	C. A en peso de Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	45.17	45.17	45.17	45.17	
4	% DE Arena Combinada en Peso de Mezcla	%	46.25	46.25	46.25	46.25	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	3.58	3.58	3.58	3.58	
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	1.021	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc	2.735	2.735	2.735	2.735	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc	2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
9	Peso Específico del Bulk de la Arena	gr/cc	2.754	2.754	2.754	2.754	
10	Peso específico aparente de la Arena	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
11	Peso Específico de filler < N° 200	gr/cc	2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
12	Altura Promedio de la probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en Aire	gr	1240.0	1243.9	1246.7	1245.7	
14	Peso de Probeta Saturada (01 Hora)	gr	1242.0	1243.8	1247.9	1246.5	
15	Peso de la Probeta en Agua	gr	240.0	241.0	243.0	242.0	
16	Volumen de la Probeta	cc.	1002.0	1002.8	1004.9	1004.5	
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	gr/cc	1.238	1.240	1.241	1.240	1.240
18	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.553	2.553	2.553	2.553	
19	Máxima Densidad Teórica	gr/cc	2.549	2.549	2.549	2.549	
20	% de vacíos	%	51.53	51.41	51.40	51.42	51.44
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.747	2.747	2.747	2.747	
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2.788	2.788	2.788	2.788	
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.767	2.767	2.767	2.767	
24	C.A. Absorción por el Peso del Agregado Seco	%	0.262	0.262	0.262	0.262	
25	% del Vol. Del Agregado/ Volumen bruto probeta	%	42.79	42.89	42.90	42.88	
26	% del Vol. De C.a. Efectivo/Volumen de probeta	%	5.68	5.69	5.69	5.69	
27	% Vacíos del agregado Mineral: VMA	%	57.21	57.11	57.10	57.12	57.1
28	c.a. Efectivo/ Peso de la Mezcla	%	4.75	4.75	4.75	4.75	
29	Relación Asfalto/Vacios: VFA	%	9.93	9.97	9.97	9.97	10.0
30	Relación Filler/ Betun Efectivo		0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
31	Lectura del Arco		290	292	295	293	
32	Estabilidad si Corregir	kg	696	701	708	703	
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg	564	567	573	569	568.4
35	Lectura Fleximetro (0.0001")	pul	12.0	12.0	13.0	12.0	
36	Fluencia	mm	3.05	3.05	3.30	3.05	3.11
37	Ahullamiento Estimado	mm	13.00	13.05	13.11	13.05	13.08
38	Relación Estabilidad/ Fluencia	Kg/cm	1850	1862	1736	1868	1828.7

Fuente: *Elaboración propia*

- En la Tabla 31, se aprecia el diseño de una mezcla asfáltica con 4% de grano de caucho reciclado, el mismo que reemplaza parte de los agregados fino

Tabla 32

Diseño de mezcla asfáltica con 5% de caucho

Mezcla asfáltica: 5% caucho							
1	NEMERO DE PROBETAS	N	1	2	3	4	Promedio
2	C. A en peso de Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	45.17	45.17	45.17	45.17	
4	% DE Arena Combinada en Peso de Mezcla	%	46.25	46.25	46.25	46.25	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	3.58	3.58	3.58	3.58	
6	Peso Específico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc	1.021	1.021	1.021	1.021	
7	Peso Específico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc	2.735	2.735	2.735	2.735	
8	Peso Específico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc	2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
9	Peso Específico del Bulk de la Arena	gr/cc	2.754	2.754	2.754	2.754	
10	Peso específico aparente de la Arena	gr/cc	2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
11	Peso Específico de filler < N° 200	gr/cc	2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
12	Altura Promedio de la probeta	cm					
13	Peso de la Probeta en Aire	gr	1241.9	1248.4	1246.8	1245.7	
14	Peso de Probeta Saturada (01 Hora)	gr	1245.2	1251.5	1249.1	1248.2	
15	Peso de la Probeta en Agua	gr	298.0	296.0	299.0	294.0	
16	Volumen de la Probeta	cc.	947.2	955.5	950.1	954.2	
17	Peso Específico Bulk de la Probeta	gr/cc	1.311	1.307	1.312	1.305	1.309
18	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.554	2.554	2.554	2.554	
19	Máxima Densidad Torica	gr/cc	2549	2549	2549	2549	
20	% de vacíos	%	48.66	48.84	48.61	48.88	48.75
21	Peso Específico Bulk del Agregado Total	gr/cc	2.747	2.747	2.747	2.747	
22	Peso Específico Aparente del Agregado Total	gr/cc	2.786	2.786	2.786	2.786	
23	Peso Específico Efectivo del Agregado Total	gr/cc	2.767	2.767	2.767	2.767	
24	C.A. Absorción por el Peso del Agregado Seco	%	0.262	0.262	0.262	0.262	
25	% del Vol. Del Agregado/ Volumen bruto probeta	%	45.34	45.18	45.38	45.14	
26	% del Vol. De C.a. Efectivo/Volumen de probeta	%	6.00	5.98	6.01	5.98	5.99
27	% Vacíos del agregado Mineral: VMA	%	54.66	54.82	54.62	54.86	54.7
28	c.a. Efectivo/ Peso de la Mezcla	%	4.75	4.75	4.75	4.75	
29	Relación Asfalto/Vacios: VFA	%	10.98	10.91	11.00	10.80	10.9
30	Relación Filler/ Betun Efectivo		0.79	0.79	0.79	0.79	0.8
31	Lectura del Arco		410	408	417.0	422.0	
32	Estabilidad si Corregir	kg	974	969	990	1002	
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg	789	785	802	811	796.7
35	Lectura Fleximetro (0.0001")	pul	14.0	13.0	15.0	14.0	
36	Fluencia	mm	3.56	3.30	3.81	3.56	3.56
37	Ahullamiento Estimado	mm	11.93	11.92	11.96	11.95	11.94
38	Relación Estabilidad/ Fluencia	Kg/cm	2218	2377	2105	2281	2245.3

Fuente: *Elaboración Propia.*

- En la Tabla 32, se aprecia el diseño de una mezcla asfáltica con 5 % de grano de caucho reciclado, el mismo que reemplaza parte de los agregados finos.

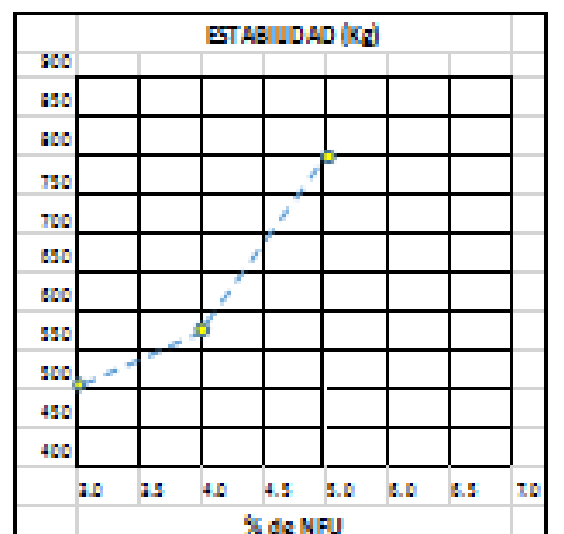
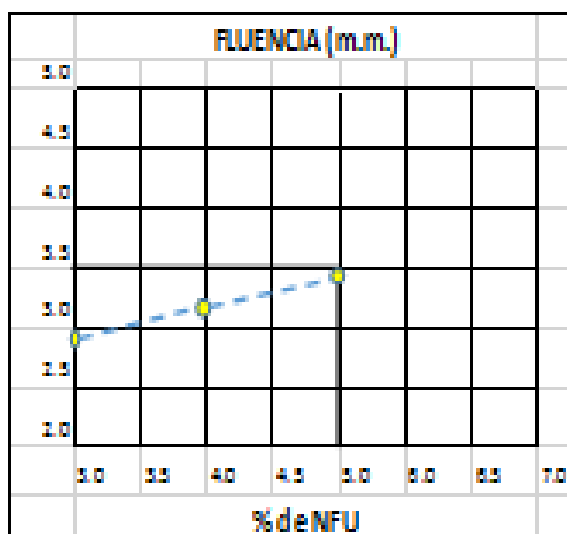
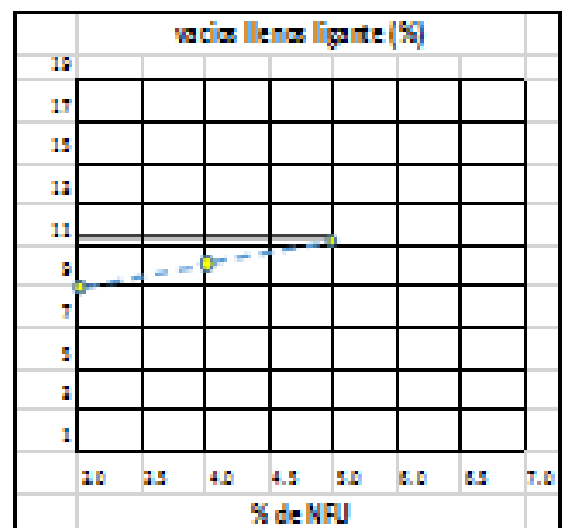
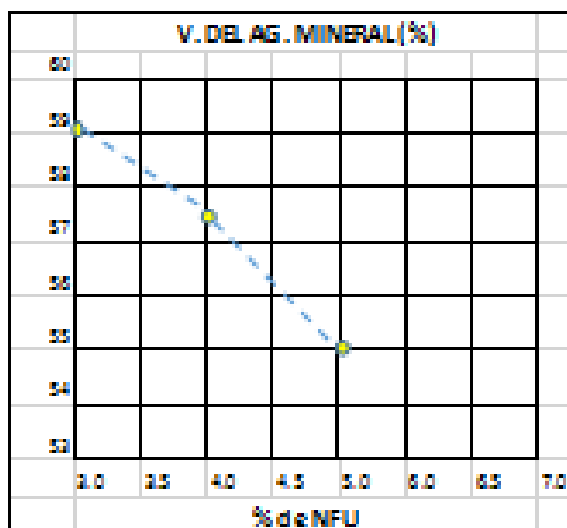
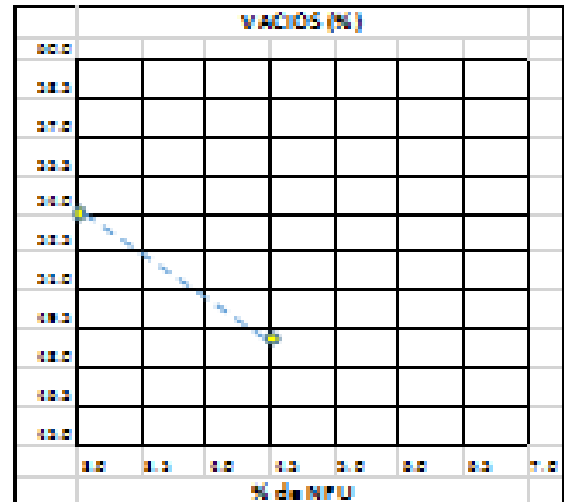
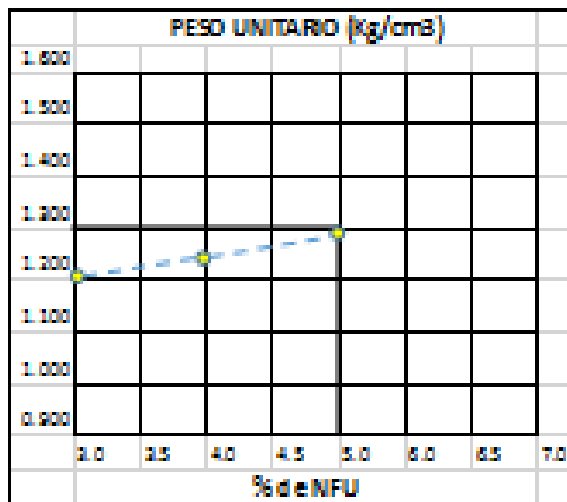


Figura 49. Peso unitario, vacíos, fluencia, estabilidad: Fuente. Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

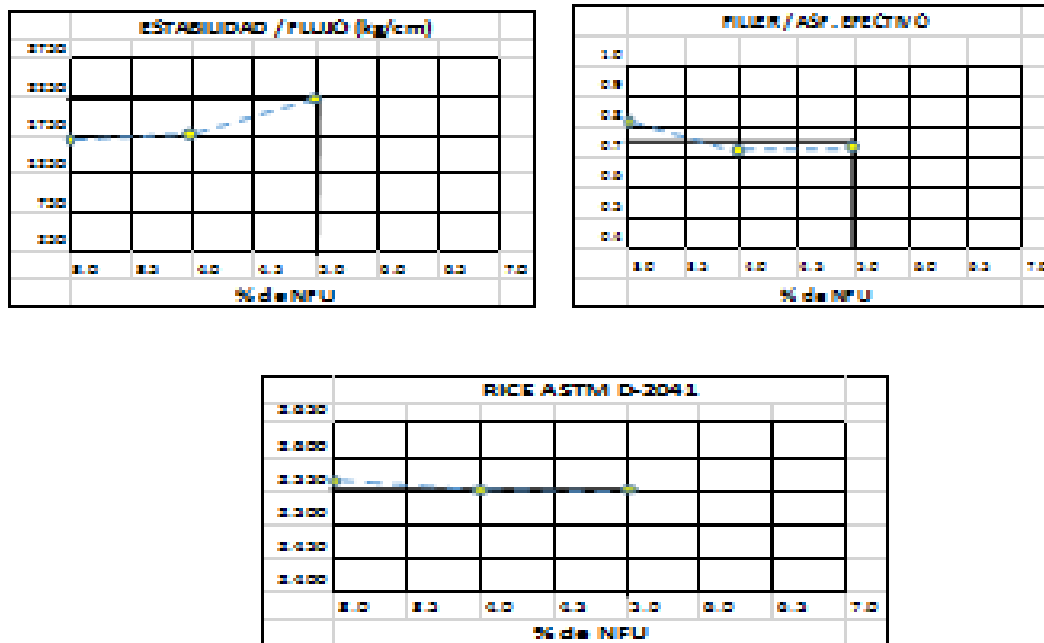


Figura 50. RICE ASTM. Fuente. Laboratorio de Mecánica de suelos CD PROJECTS SAC

A continuación, detallaremos los parámetros del diseño de la mezcla tradicional y de la mezcla óptima modificada con la que se logró un óptimo (5% caucho)-parte experimental:

Tabla 33

Resultados-características de un diseño convencional y un diseño modificado

Parámetro de diseño	Mezcla asfáltica convencional	Mezcla asfáltica modificada con granos de caucho (3%)	Mezcla asfáltica modificada con granos de caucho (4%)	Mezcla asfáltica modificada con granos de caucho (5%)
% Cemento Asfáltico en Peso	6.00	5.00	5.00	5.00
Peso Específico de la Grava Triturada	2.759	2.759	2.759	2.759
Peso Específico aparente de la arena	2.771	2.771	2.771	2.771
Peso Específico del Filler<N°200	2.817	2.817	2.817	2.817
Peso Específico Bulk de la probeta	1.282	1.192	1.240	1.309
Vacíos	50.8	53.58	51.44	48.75
Vacíos de Agregado Mineral	56.1	58.8	57.	54.7
Relación Asfalto: VFA	10.8	8.8	10.0	10.9
Flujo	2.86	2.86	3.11	3.56
Estabilidad	572.6	490.1	568.4	796.7
Ahuellamiento Estimado	12.67	13.71	13.06	11.94
Relación Estabilidad /Fluencia	2006.2	1717.7	1828.7	2245.3

Fuente: Elaboración propia.

- **Interpretación:** En la **Tabla 33**, se aprecia la diferencia entre las características de un diseño de mezcla asfáltica tradicional y un diseño modificado con 3%, 4 % y 5% de grano de caucho reciclado.

Comparación Estadística de las Mezclas Asfálticas:

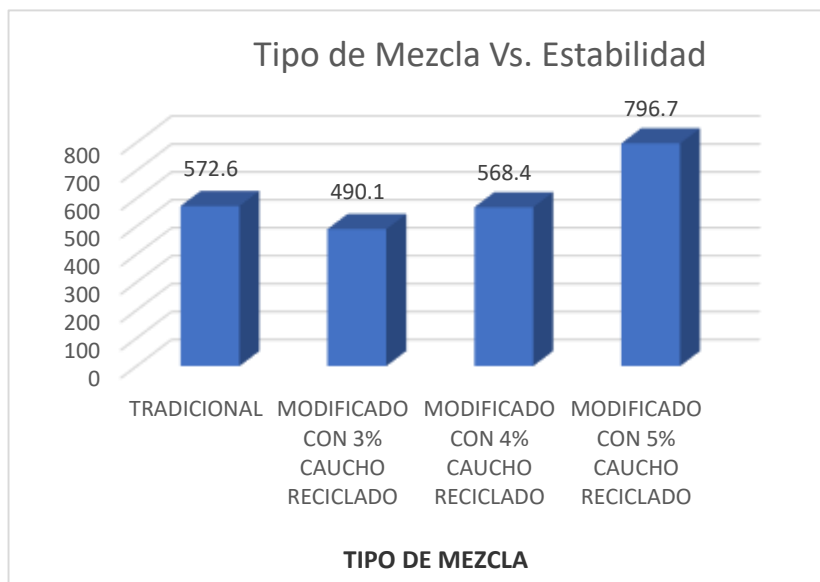


Figura 51. Mejoramiento de la Estabilidad. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la figura 51, se puede apreciar que la estabilidad en la mezcla modificada con 3% y 4% de caucho reciclado se ha reducido a comparación de la mezcla tradicional; en cambio en la mezcla modificada con 5 % de caucho, la estabilidad se ha incrementado, resistiendo una carga adicional de 224 kg; por lo tanto la mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho genera mayor rigidez a comparación de la mezcla convencional, mejorando la resistencia frente a las deformaciones permanentes del pavimento.

-Se puede observar evidentemente que la mezcla modificada con 5% de caucho reciclado se ha incrementado en 28.12 % a comparación de una mezcla tradicional.

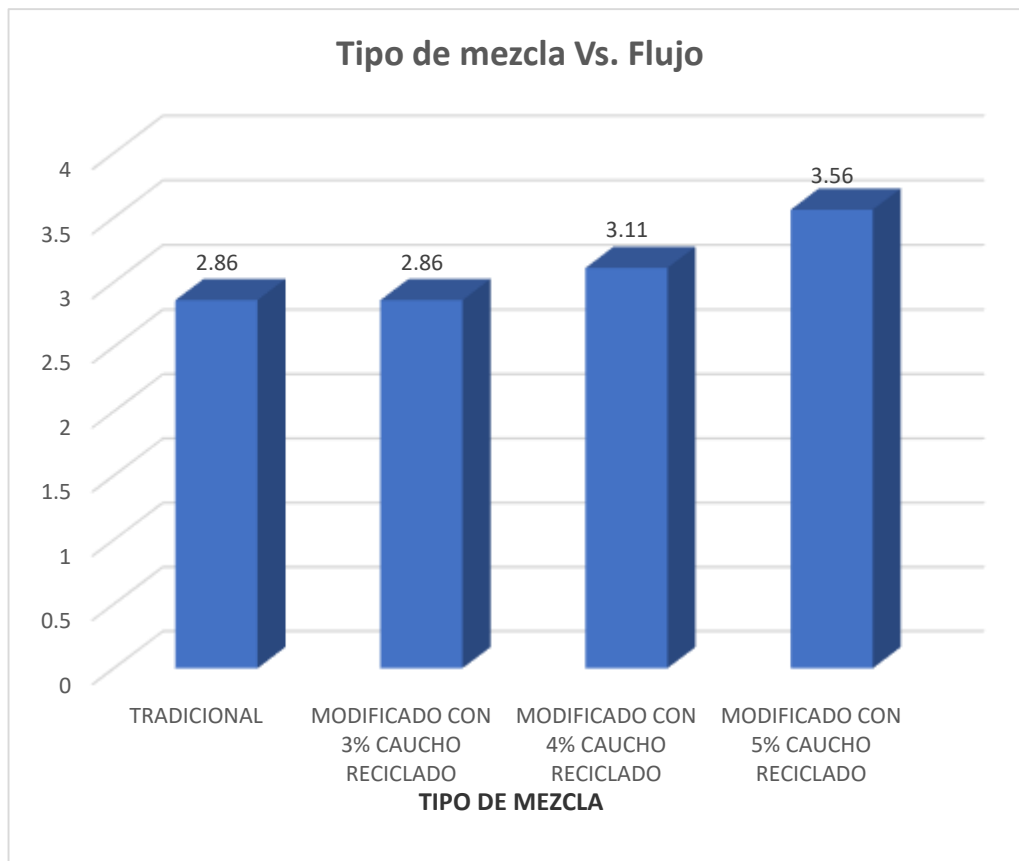


Figura 52. Mejoramiento del flujo. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Figura 52, se puede apreciar que el flujo en la mezcla modificada con 3% se ha mantenido a comparación de la mezcla tradicional, en cambio en la mezcla con 4% y 5 % de caucho reciclado ha incrementado en un 0.25 y 0.71 respectivamente, encontrándose dentro del margen para mezclas asfálticas de tipo b; contribuyendo en la resistencia a las deformaciones.

Teniendo en cuenta lo antes señalado, la mezcla con un 5% de caucho reciclado se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la tabla 28, pág. 60, generando mayor elasticidad y aportando en la rigidez.

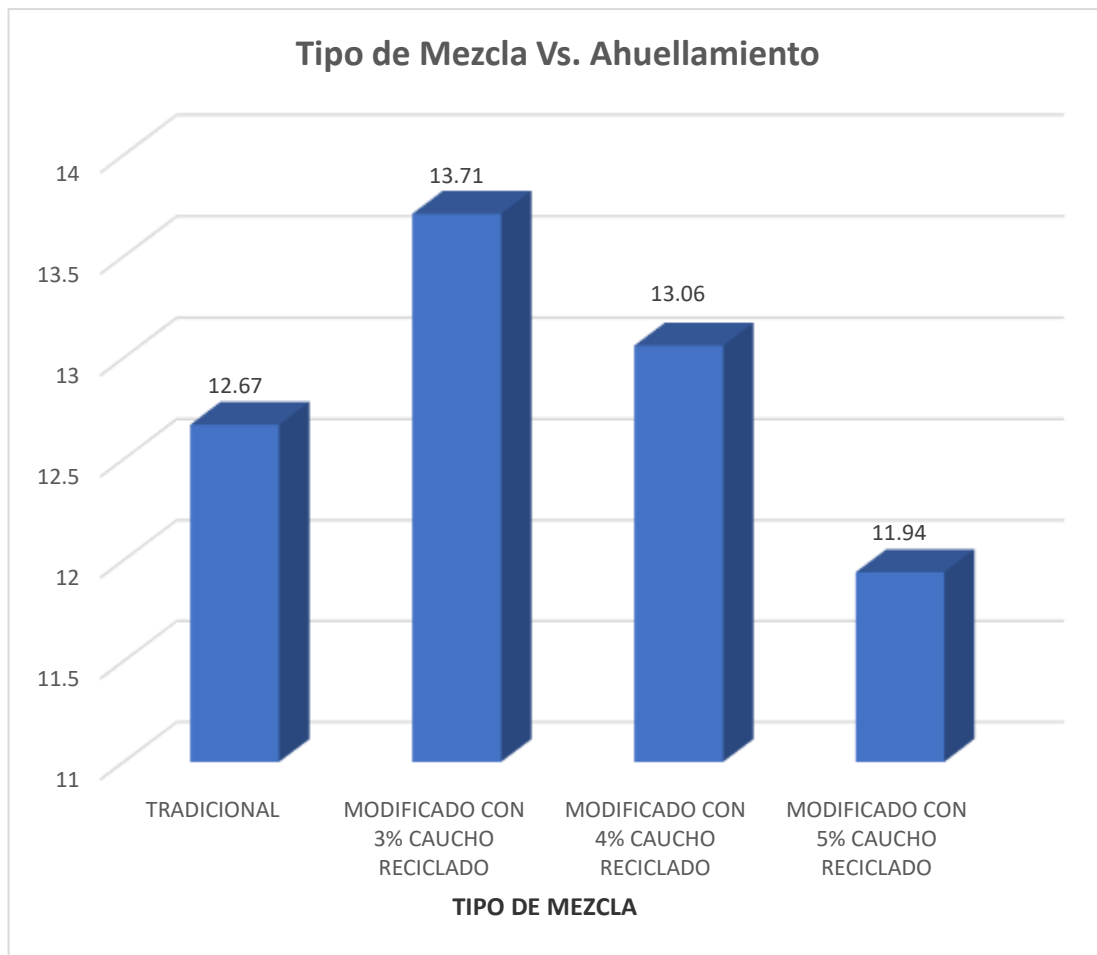


Figura 53. Reducción del Ahuellamiento. Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

En la Figura 53, se puede apreciar que el Ahuellamiento en la mezcla modificada con 3% de caucho reciclado ha incrementado en 1.04 y la mezcla modificada con 4% de caucho reciclado a incrementado en 0.39, a comparación de la mezcla asfáltica tradicional; en cambio, en la mezcla modificada con 5% de caucho reciclado se ha reducido en un 0.73 respectivamente a comparación de la mezcla tradicional; por lo tanto la mezcla asfáltica modificada con un con 5% de caucho genera mayor durabilidad a comparación de la mezcla convencional, incrementando el tiempo de vida útil del pavimento flexible.

En consecuencia:

-La mezcla modificada con 5 % de caucho reciclado a reducido el ahuellamiento en un 5.8 % a comparación de mezcla tradicional.

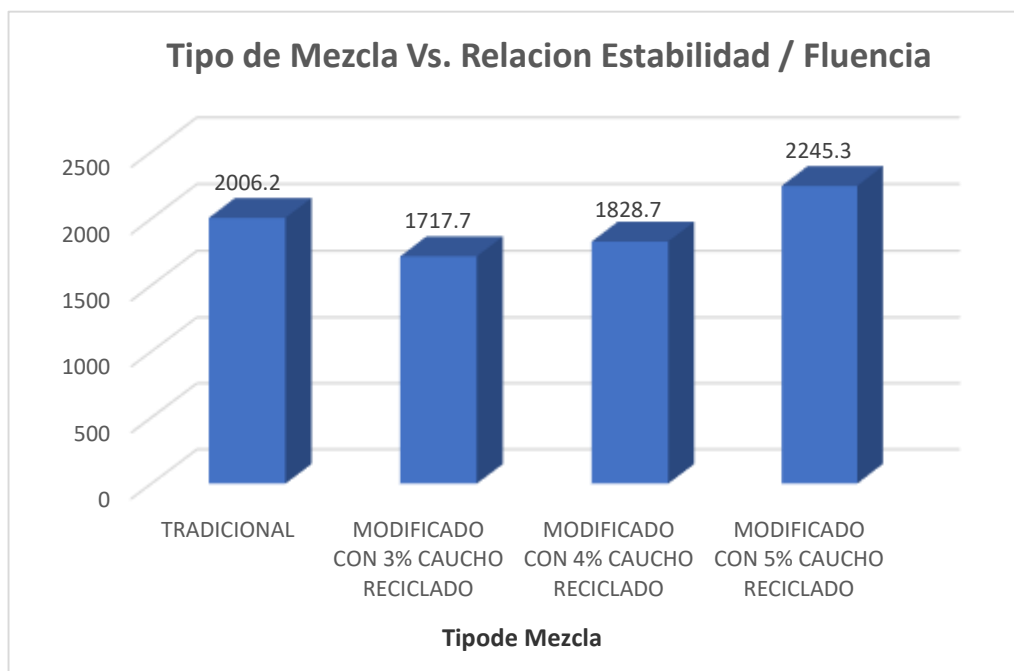


Figura 54. Relación Estabilidad/ Fluencia. Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En la Figura 54, se puede apreciar que la estabilidad/fluencia en la mezcla modificada con 3% y 4% de caucho reciclado se ha reducido en un 288.5 y 177.5 kg. con relación a la mezcla tradicional; en cambio en la mezcla modificada con 5% de caucho, la estabilidad/fluencia se ha incrementado, resistiendo una carga adicional de 239.1 kg; por lo tanto, la mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho genera una mayor estabilidad/fluencia a comparación del asfalto convencional.

En consecuencia, la mezcla modificada con 5% de caucho reciclado a mejorado la relación estabilidad/fluencia en un 10.65%, ayudando a la resistencia de las deformaciones permanentes.

Por lo tanto, podemos deducir que la mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho reciclado le da mayor durabilidad, mayor resistencia, mayor tiempo de vida útil frente a un asfalto tradicional, siendo este la (mezcla óptima)

La mezcla asfáltica modificada con 5% de grano de caucho, es el diseño óptimo, en él se puede apreciar gran diferencia entre las características del diseño a comparación de una mezcla tradicional.

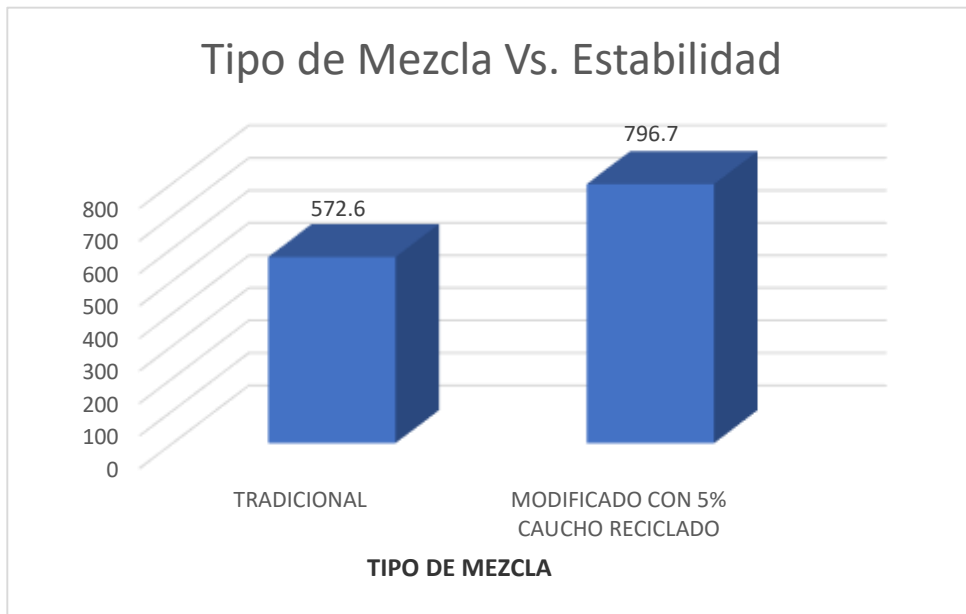


Figura 55. Análisis de la Estabilidad (ÓPTIMO). Fuente: Elaboración propia

La mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho reciclado mejora la estabilidad del asfalto en un 224.1 kg, es decir mejora la resistencia a las deformaciones permanentes.

Para la elaboración de mezclas de tipo b, se requiere una estabilidad mínima de 544 (tabla 28, pág. 60), por lo tanto, nuestra mezcla con 5% de caucho modificado se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

Se puede observar evidentemente que la mezcla modificada con 5% de caucho reciclado se ha incrementado en 28.12 % a comparación de una mezcla tradicional.

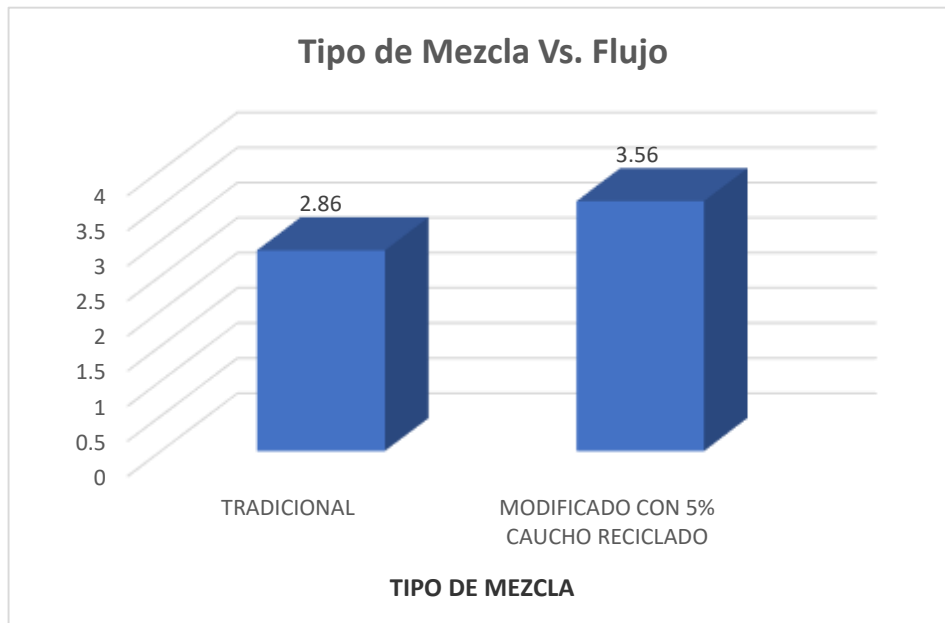


Figura 56. Análisis del Flujo (ÓPTIMO). Fuente: Elaboración propia

- La mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho reciclado mejora el flujo del asfalto en un 0.71, es decir evita las deformaciones permanentes.
- Para la elaboración de mezclas de tipo B, se requiere que el flujo se encuentre dentro de los parámetros 2-4 (tabla 28, pág. 60), por lo tanto, nuestra mezcla con 5% de caucho modificado se encuentra dentro de lo requerido por la norma técnica, mejorando la rigidez del asfalto.

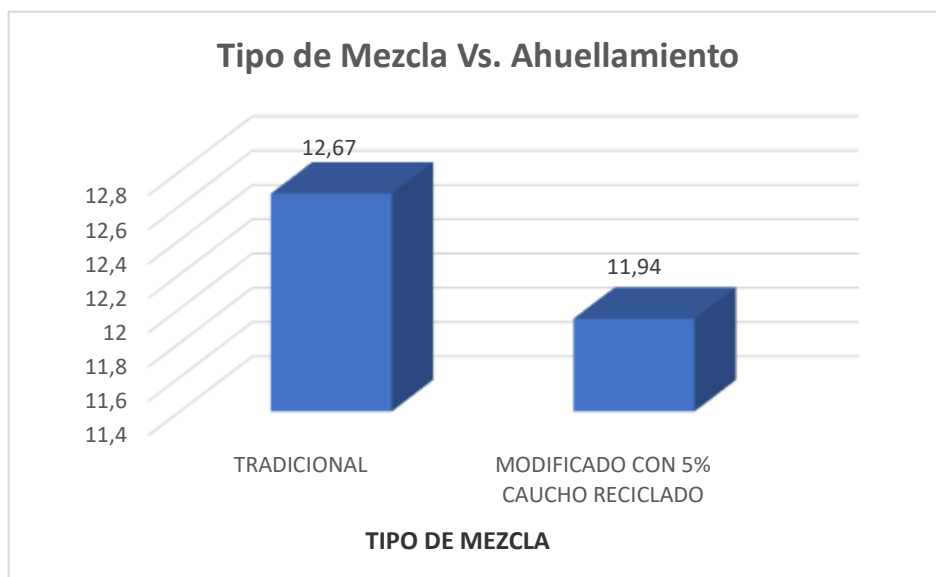


Figura 57. Reducción del Ahuellamiento (Mezcla Optima). Fuente: Elaboración propia

- La mezcla modificada con un 5% de caucho reciclado reduce el Ahuellamiento en un 0.73 frente a un asfalto tradicional, es decir el ahuellamiento se ha reducido en un 5.8 % a comparación de mezcla tradicional, dando una mayor durabilidad y mejor tiempo de vida útil en el asfalto.

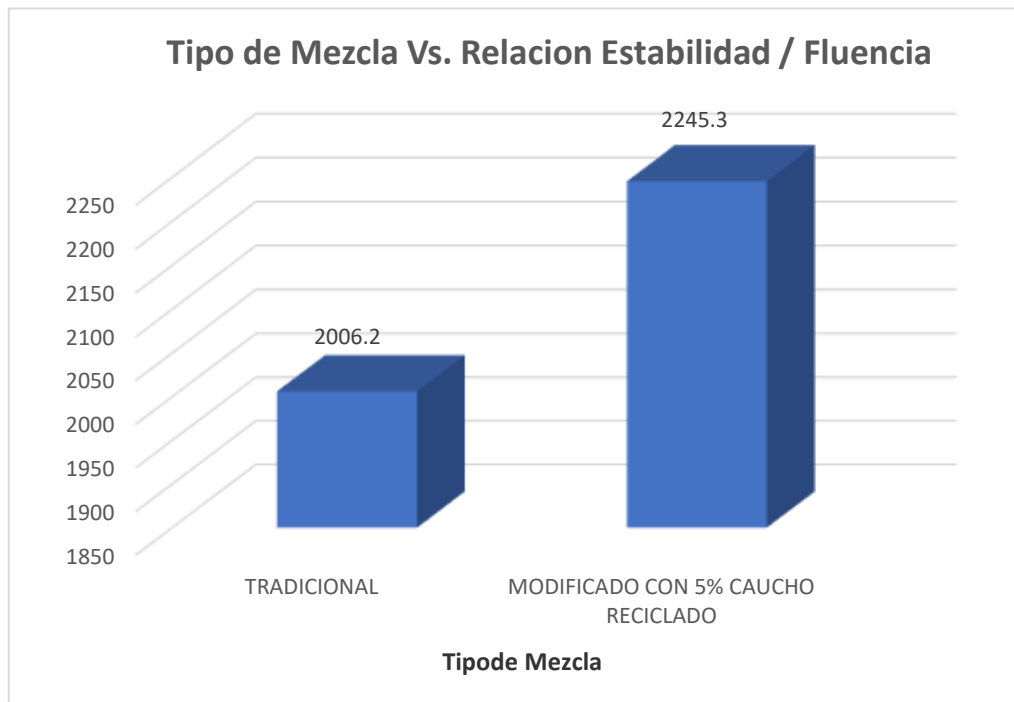


Figura 58. Relación Estabilidad (Mezcla Óptima). Fuente: Elaboración propia

- La Mezcla modificada con un 5% de caucho genera una mayor Estabilidad/Fluencia a comparación del asfalto convencional, resistiendo un 239.1 Kg.
- La mezcla modificada con 5% de caucho reciclado ha mejorado la relación estabilidad/fluencia en un 10.65%, ayudando a la resistencia de las deformaciones permanentes.

Análisis de Costos:

Tabla 34
Mezcla Asfáltica tradicional

APU Mezcla asfáltica convencional						
Partida	Producción de Mezcla Asfáltica en Caliente-Tipo B					
Rendimiento	m3/DIA					
Costo Unitario directo por m3	S/607.26 sin IGV					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Oficial			1	0.0321	12.83	0.41
Operario			1	0.0321	14.75	0.47
Capataz			1	0.0321	19.18	0.62
Peón			3	0.0964	11.58	3.35
						4.85
MATERIAL						
Petróleo Diesel #2				5.8	12.2	70.76
Arena Zarandeada (P/Asfalto)				0.52	22.1	11.49
Arena Chancada (P/Asfalto)				0.43	62.3	26.79
Piedra Chancada (P/Asfalto)				0.43	38.8	16.68
Cemento Asfáltico PEN 60/70				132.298	2.8	370.43
Mejorador de adherencia				0.6614	10.6	7.01
Filler (CAL HIDRATADA)				42.974	0.88	37.82
						540.99
EQUIPOS						
Herramientas Manuales				5	2.62	13.10
Cargador sobre llantas 125-155 HP3 y d3			1	0.0321	180.08	5.78
Grupo Electrónico 230 HP 150 kw			1	0.0321	182.9	5.87
Grupo electrógeno 116 HP 75 kw			2	0.0643	145.38	18.70
Planta de Asfalto de 60-115 Ton/Hr			1	0.0321	560	17.98
						61.42
					TOTAL	607.26

Fuente: *Elaboración propia,*

Interpretación: El costo total por metro cubico de un asfalto tradicional es de seiscientos siete con veintiséis (s/. 607.26) soles

Tabla 35

Análisis de costos-mezcla asfáltica modificada

APU Mezcla modificada con caucho reciclaje						
Partida	Producción de Mezcla Asfáltica con caucho reciclado					
Rendimiento	m3/DIA					
Costo Unitario directo por m3	S/.585.44 sin IGV					
	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Oficial			1	0.0321	12.83	0.41
Operario			1	0.0321	14.75	0.47
Capataz			1	0.0321	19.18	0.62
Peón			3	0.0964	11.58	3.35
						4.85
MATERIAL						
Petróleo Diesel #2				5.8	12.2	70.76
Arena Zarandeada (P/Asfalto)				0.52	22.1	11.49
Arena Chancada (P/Asfalto)				0.43	62.3	26.79
Piedra Chancada (P/Asfalto)				0.43	38.8	16.68
Cemento Asfáltico PEN 60/70				132.298	2.8	370.43
Mejorador de adherencia				0.6614	10.6	7.01
Caucho Reciclado				8	2	16.00
						519.17
EQUIPOS						
Herramientas Manuales				5	2.62	13.10
Cargador sobre llantas 125-155 HP3 y d3			1	0.0321	180.08	5.78
Grupo Electrogenerador 230 HP 150 kw			1	0.0321	182.9	5.87
Grupo Electrogenerador 116 HP 75 kw			2	0.0643	145.38	18.70
Planta de Asfalto de 60-115 Ton/Hr			1	0.0321	560	17.98
						61.42
					TOTAL	585.44

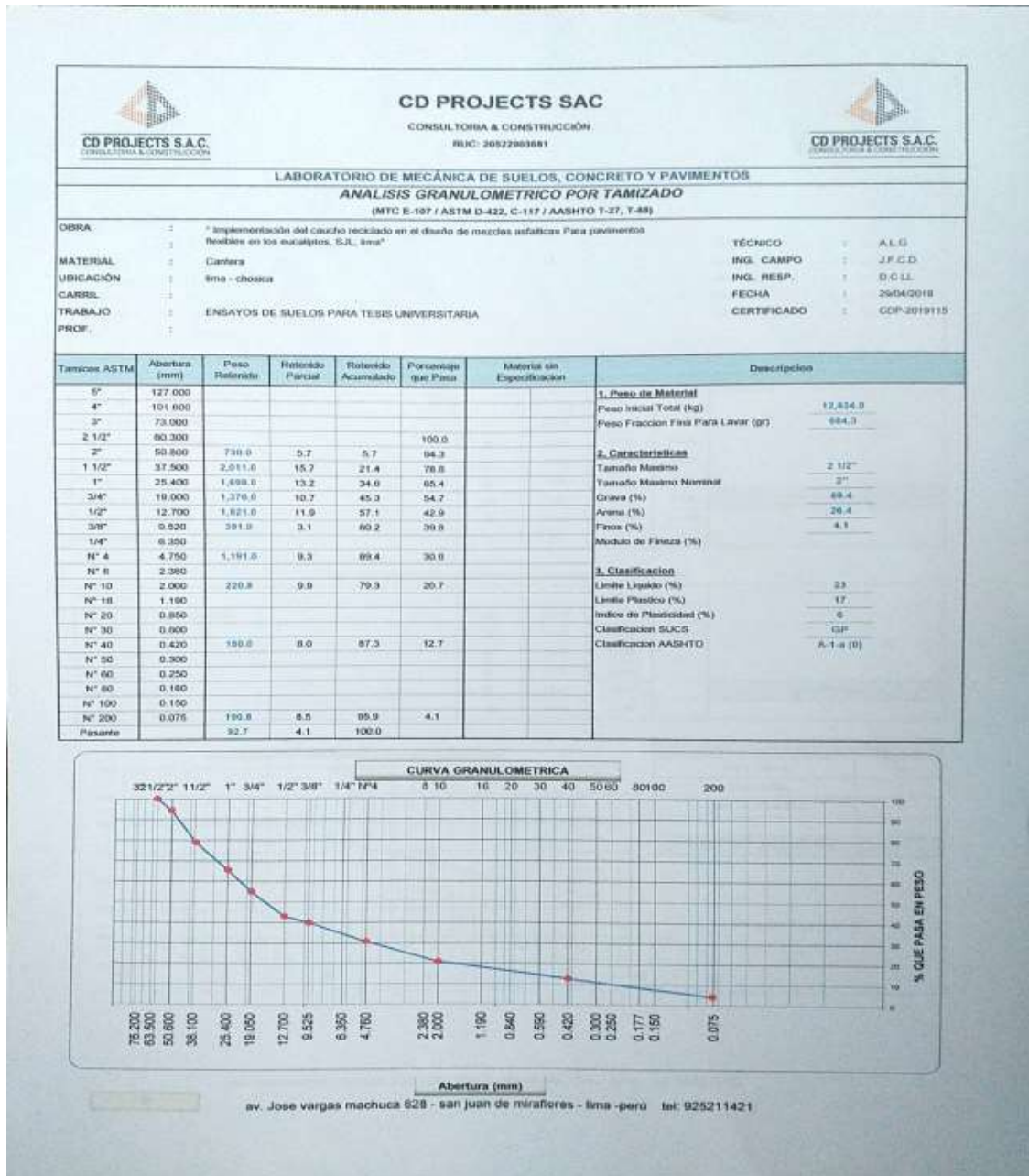
Fuente: *Elaboración propia, junio 2019.*

Interpretación: El costo total por metro cúbico de un asfalto modificado con caucho reciclado es de quinientos ochenta y cinco con cuarenta y cuatro (s/. 585.44) soles, teniendo una diferencia de veintitrés con cuarenta y cuatro (s/. 23.44) soles al asfalto tradicional.

Por lo tanto, un asfalto con caucho reciclado es más económico que un asfalto tradicional, es más resistente debido a que ofrece mejores propiedades mecánicas.

4.2. Interpretación de los resultados laboratorio:

Estudio de suelos:



Interpretación: De acuerdo a la clasificación ASHTO, nuestro suelo es de Tipo A-1, un suelo bueno.

El resultado del estudio del suelo de la calle los Eucaliptos-San Juan de Lurigancho-Lima, presenta una curva granulométrica, que cumple con los parámetros establecidos, teniendo en cuenta lo señalado en la norma del MTC (Tablas 11, pag.42)

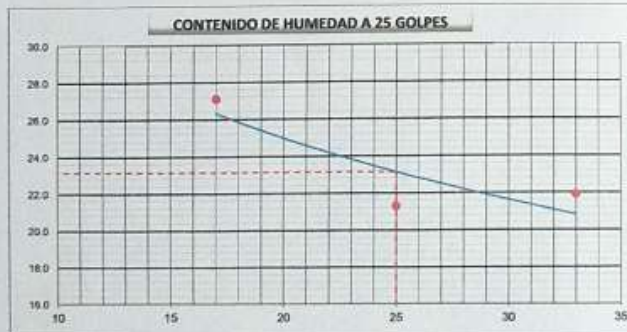
		CD PROJECTS SAC CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN RUC: 20522903681			
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)					
OBRA	:	* Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas Para pavimentos flexibles en los eucaliptos, S.J.L, Ima*	TÉCNICO	:	A.L.G
MATERIAL	:	Cantera	ING. CAMPO	:	J.F.C.D
UBICACIÓN	:	Ima - chotica	ING. RESP.	:	D.C.L.L
CARRIL	:	0	FECHA	:	29/04/2019
TRABAJO	:	ENSAYOS DE SUELOS PARA TESIS UNIVERSITARIA	CERTIFICADO	:	GDP-2019112
PROF.	:	0.00 mts			

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de Tarro		7	8	9	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	30.14	30.31	29.74	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	26.05	28.47	27.53	
Peso de Tarro	gr.	18.50	19.82	19.37	
Peso de Agua	gr.	2.09	1.84	2.21	
Peso del Suelo Seco	gr.	9.55	8.65	8.16	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	21.88	21.27	27.08	23
Numero de Golpes		33	25	17	

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro		3	4	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	38.14	35.05	
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.	33.42	32.61	
Peso de Tarro	gr.	16.90	17.90	
Peso de Agua	gr.	2.72	2.44	
Peso de Suelo seco	gr.	16.52	14.71	Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	16.46	16.59	17



Constantes Físicas de la Muestra	
Limite Liquido	23
Limite Plastico	17
Indice de Plasticidad	6
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

av. Jose vargas machuca 628 - san juan de miraflores - lima -perú tel: 925211421

Interpretación:

- De acuerdo a los ensayos-límites de consistencia, elaborados en CD PROJETS SAC, nuestro suelo presenta un indicador de 17 límite plástico y 23 de límite líquido.

 CD PROJECTS S.A.C. CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN	CD PROJECTS SAC CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN RUC: 20522003081	 CD PROJECTS S.A.C. CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
OBRA :	* Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas Para pavimentos flexibles en los eucaliptos, S.J.L. Lima*	TÉCNICO :	A.L.G
MATERIAL :	Cartera	ING. CAMPO :	J.F.C.B
UBICACIÓN :	lima - chosica	ING. RESP. :	D.C.LL
CARRIL :	0	FECHA :	29/04/2019
TRABAJO :	ENSAYOS DE SUELOS PARA TESIS UNIVERSITARIA	CERTIFICADO :	CDP-2019115
PROF. :	0.00 mts		

1. Contenido de Humedad Muestra Integral :

Descripción	1	2
Peso de tara (gr)	120.0	
Peso de la tara + muestra húmeda (gr)	586.1	
Peso de la tara + muestra seca (gr)	550.7	
Peso del agua contenida (gr)	35.4	
Peso de la muestra seca (gr)	430.7	
Contenido de Humedad (%)	8.2	
Contenido de Humedad Promedio (%)	8.2	

av. José vargas machuca 628 - san juan de miraflores - lima -perú tel: 925211421

Interpretación: De acuerdo a los ensayos-límites de consistencia, elaborados en CD PROJETS SAC, nuestro suelo presenta: Contenido de humedad promedio: 8%.

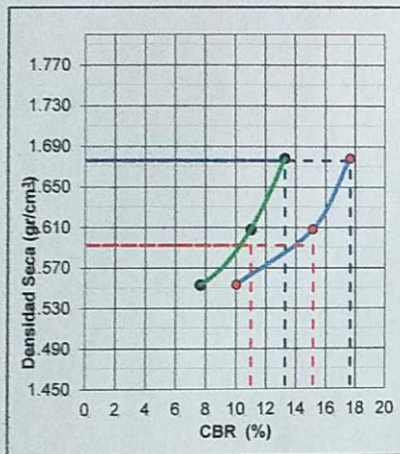
CD PROJECTS S.A.C. CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN		CD PROJECTS S.A.C. CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN												
CD PROJECTS SAC														
CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN														
RUC: 20522903681														
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS														
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)														
OBRA :	* Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas Para pavimentos flexibles en los eucaliptos, S.J.L, lima*		TÉCNICO :	M.C.A										
MATERIAL :	Cantera		ING. CAM :	J.F.C.D										
UBICACIÓN :	lima - chosica		ING. RES :	D.C.LL										
CARRIL :			FECHA :	29/04/2019										
TRABAJO :	ENSAYOS DE SUELOS PARA TESIS UNIVERSITARIA		CERTIFIC. :	CDP-2019115										
PROF. :	-													
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	1		2		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12235.0		12041.0		11891.0									
Peso de molde (g)	8085.0		8045.0		8008.0									
Peso del suelo húmedo (g)	4150.0		3996.0		3883.0									
Volumen del molde (cm ³)	2099.0		2116.0		2127.0									
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.977		1.888		1.826									
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	335.0		425.0		350.0									
Peso suelo seco + tara (g)	285.0		361.0		297.0									
Peso de tara (g)														
Peso de agua (g)	50.0		64.0		53.0									
Peso de suelo seco (g)	285.0		361.0		297.0									
Contenido de humedad (%)	17.5		17.7		17.8									
Densidad seca (g/cm ³)	1.682		1.604		1.549									
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
	41:00 p	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000			
	41:00 p	24	20	0.508	0.442	31	0.787	0.685	43	1.092	0.950			
	41:00 p	48	21	0.533	0.464	31	0.787	0.685	50	1.270	1.104			
	41:00 p	72	21	0.533	0.464	31	0.787	0.685	52	1.321	1.149			
	41:00 p	96	21	0.533	0.464	31	0.787	0.685	52	1.321	1.149			
PENETRACION														
PENETRACION	mm	pulg	CARGA		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
			STAND.	kg/cm2	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
	0.000	##		0	0			0	0			0	0	
	0.635	##		26	1.2			13	0.6			9	0.4	
	1.270	##		51	2.5			29	1.4			19	0.9	
	1.905	##		106	5.4			65	3.3			40	2.0	
	2.540	##	70.29	183	9.3	-	13.3	93	4.7	8	11.0	75	3.8	5.4
	3.810	##		259	13.3			151	7.7			125	6.3	
	5.080	##	105.43	363	18.6	-	17.7	243	12.4	16	15.2	179	9.1	10.6
	6.350	##		471	24.2			359	18.4			226	11.6	
	7.620	##		547	28.1			418	21.5			274	14.0	
	10.160	##		688	35.4			516	26.5			334	17.1	
	12.700	##		906	46.6			651	33.5			393	20.2	
OBSERVACIONES : Anillo: 50 KN														

Interpretación: De acuerdo a los ensayos realizados en CD PROJETS SAC y teniendo en cuenta la Tabla 11, pág. 42, nuestro suelo Presenta una Subrasante Buena, presenta un CBR $\geq 10\%$ a CBR $< 20\%$, por lo tanto, no requiere mejorar la resistencia de nuestro suelo.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS
RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)

OBRA	: " Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas Para pavimentos flexibles en los eucaliptos, SJL, lima"	TÉCNICO	: M.C.A
MATERIAL	: Cantera	ING. CAMPO	: J.F.C.D
UBICACIÓN	: lima - chosica	ING. RESP.	: D.C.LL
CARRIL	:	FECHA	: 29/04/2019
TRABAJO	: ENSAYOS DE SUELOS PARA TESIS UNIVERSITARIA	CERTIFICADO	: CDP-2019115
PROF.	: -		

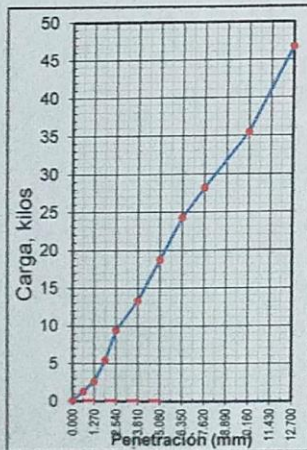
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR



METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.702
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 10.6
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.617

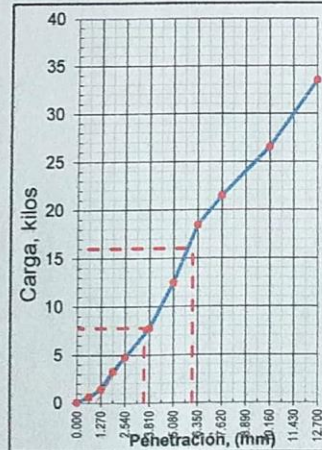
RESULTADOS:	
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.:	= 13.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.:	= 11.0 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.:	= 17.7 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.:	= 15.2 %
OBSERVACIONES:	

EC = 56 GOLPES



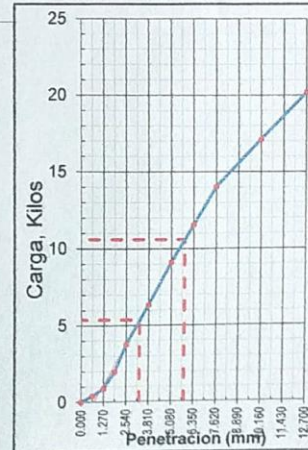
CBR (0.1")	13%
CBR (0.2")	18%

EC = 25 GOLPES



CBR (0.1")	11%
CBR (0.2")	15%

EC = 12 GOLPES




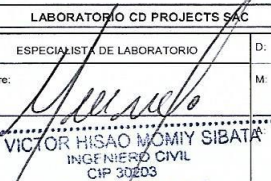


CBR (0.1")	7.6%
CBR (0.2")	10.0%

CD PROJECTS S.A.C.		ENSAYO: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO				CD PROJECTS S.A.C.	
		NORMA: MTC E-204 / ASTM D-422 / NTP 400.012					
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Código de Formato:			
CDP	DCLL	VCD	22/MAYO/2019	CDP-UCV-FRM-003.00			
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
DATOS DEL PROYECTO							
Proyecto :	Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019					Ejecutor : CDP LABORATORIO	
UBICACIÓN :	los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima					Código del Proyecto :	
Propietario :						OBJETO : TESIS UNIVERSITARIA	
DATOS DE LA MUESTRA							
Material :	Mezcla Física de Agregados para MAC					Código de Muestra: 028/2019	
Procedencia :	CANTERA LIMA - CHOSICA					Registro de Ensayo: LAB-CDP-VCD/MAY-019	
UNIVERSIDAD :	CESAR VALLEJO SEDE LIMA ESTE					Ing. Responsable: VICTOR MOMIY	
Fecha de Producción :	01 DE MAYO 2019					Téc. de Laboratorio : VICTOR CADU	
Muestreado por :	VCD					Ensayado por: VICTOR CADU	
Fecha de Muestreo :	01/05/2019					Fecha de Ensayo: 01/05/2019	
Tamiz Ø	Peso (g)	Porcentaje (%)			Especificaciones (%)		Descripción
Pulgada	mm	Referido	Acumulado	Pasante	Mín.	Máx.	
3 1/2"	80,890						% NIVEL FREÁTICO
3"	76,200						% de Humedad
2 1/2"	63,500						% de Grava:
2"	50,800						% de Arena:
1 1/2"	38,100						Tamaño Máximo: 3/4"
1"	25,400						% Pesante N° 200 : 0,2
3/4"	19,050			100,00	100	100	Peso Inicial: 25029,8
1/2"	12,700	5001,3	19,98	19,98	80-02	100	Porción de finos : 785,6
3/8"	9,530	1818,8	7,27	27,25	72,75	70-88	Color :
1/4"	6,350	1999,2	7,99	35,24	64,76		L. L. :
N° 4	4,750	3080,8	12,31	47,55	52,45	51-68	L.P. :
N° 8	2,360	12400,0	49,54	97,09	2,91	58	
N° 10	2,000						PROPORCIONES DE LA MEZCLA
N° 16	1,190	298,5	1,11	98,20	1,80		GRAVA TRITURADA < 3/4" : 44,0 %
N° 20	0,850						ARENA TRITURADA < 3/8" : 36,0 %
N° 30	0,600	200,1	0,74	98,94	1,06		ARENA NATURAL < 1/4" : 20,0 %
N° 40	0,420					21	CEMENTO PORTLAND TIPO I : %
N° 50	0,300	148,1	0,55	99,49	0,51		TOTAL = 100,0 %
N° 60	0,250						
N° 80	0,180						
N° 100	0,150	51,0	0,19	99,68	0,32		
N° 200	0,074	32,0	0,12	99,80	0,20	10	
N° 230	0,063						
Bandeja							
LEYENDA							
EQUIPOS UTILIZADOS							
Balanza :	OHAUS	Número de Serie:	B712859965	N° de Certif. de Calibración:	SM-897-2019		
Horno / Estufa :	ORION	Número de Serie:	10051001	N° de Certif. de Calibración:	008-18-HL		
OBSERVACIONES : En el Diseño N° 3 se incluye como filler externo al cemento Portland Tipo I - YURA							
LABORATORIO CD PROJECTS							
TÉCNICO LABORATORIO		ESPECIALISTA DE LABORATORIO		SUPERVISOR/CLIENTE			
Nombre:	M:	Nombre:	M:	Nombre:	M:		
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:		
		VICTOR HISAO MOMIY SIBATA INGENIERO CIVIL CIP-592703					
		CD PROJECTS S.A.C.					
		LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS					

Interpretación: De acuerdo a la Clasificación ASHTO, nuestro suelo es un suelo bueno.

El resultado del estudio del suelo de la calle los Eucaliptos-San Juan de Lurigancho-Lima, presenta una curva granulométrica, que cumple con los parámetros establecidos, teniendo en cuenta lo señalado en la norma del MTC, Tabla 12.

	ENSAYO: SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES				
	NORMA: MTC E-219 / VN-E18-89				
	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	
CDP	DCLL	VCD	22-Mayo-2019	SGC-OSP-FRM-014.00	
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
DATOS DEL PROYECTO					
Proyecto :	Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019			Ejecutor : CDP LABORATORIO	
Obra :	los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima			Código del Proyecto :	
Propietario :	0			Ubicación del Proyecto : TESIS UNIVERSITARIA	
DATOS DE LA MUESTRA					
Material :	Mezcla Física de Agregados para MAC			Código de Muestra : 028/2019	
Procedencia :	CANTERA LIMA - CHOSICA			Registro de Ensayo : LAB-CDP-VCD/MAY-019	
UNIVERSIDAD :	CESAR VALLEJO SEDE LIMA ESTE			Ing. Responsable : VICTOR MOMIY	
Fecha de Producción :	01 DE MAYO 2019			Téc. de Laboratorio : VICTOR CADU	
Muestreado por :	VCD			Ensayado por : VICTOR CADU	
Fecha de Muestreo :	01/05/2019			Fecha de Ensayo : 01/05/2019	
AGREGADO GRUESO					
Determinación N°	1	2	3	4	Promedio
Peso Recipiente (Biker 100 ml.)	47,420	47,300	47,080		
Peso Recipiente + agua + sal	77,431	77,500	77,011		
Peso Recipiente Seco + sal	47,450	47,570	47,310		
Peso de Sal (3 -1)	0,030	0,270	0,230		
Peso de Agua (2-3)	29,981	29,930	29,701		
Porcentaje de Sales Solubles	0,100	0,902	0,774		
AGREGADO FINO					
Determinación N°	1	2	3	4	Promedio
Peso Recipiente (Biker 100 ml.)					
Peso Recipiente + agua + sal					
Peso Recipiente Seco + sal					
Peso de Sal (3 -1)					
Peso de Agua (2-3)					
Porcentaje de Sales Solubles					
EQUIPOS UTILIZADOS					
Balanza :	OHAUS	N° de Serie:	B712859965	N° de Certif. de Calibración:	SM-897-2019
Termómetro :		N° de Serie:		N° de Certif. de Calibración:	
Vaso Presipitado :	SOLOTEST	N° de Serie:	0607	N° de Certif. de Calibración:	N/A
COMENTARIOS:					
PROPORCIONES DE LA MEZCLA					
Grava Triturada < 3/4" : 44,0%					
Arena Triturada < 3/8" : 36,0%					
Arena Natural < 1/4" : 20,0%					
filler : 0,0%					
TOTAL = 100,0%					
LABORATORIO CD PROJECTS S.A.C					
TÉCNICO LABORATORIO	D:	ESPECIALISTA DE LABORATORIO	D:	SUPERVISOR/CLIENTE	D:
Nombre:	M:	Nombre:	M:	Nombre:	M:
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:
		 VICTOR HISAO MOMIY SIBATA INGENIERO CIVIL CIP 30203 CD PROJECTS S.A.C. LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			

Interpretación: De acuerdo a los ensayos realizados en CD PROJETS SAC y teniendo en cuenta la Tabla 11, pág. 42, nuestro suelo presenta una subrasante buena, presenta un CBR $\geq 10\%$ a CBR $< 20\%$, por lo tanto, no requiere mejorar la resistencia de nuestro suelo.

CD PROJECTS S.A.C.		ENSAYO: SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES				CD PROJECTS S.A.C.	
		NORMA: MTC E-219 / VN-E18-89					
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha:	Código de Formato:			
CDP	DCLL	VCD	22-Mayo-2019	SGC-OSP-FRM-014.00			
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
DATOS DEL PROYECTO							
Proyecto :	Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019					Ejecutor : CDP LABORATORIO	
UBICACIÓN :	Los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima					Código del Proyecto : 0	
Propietario :	0					Ubicación del Proyecto : TESIS UNIVERSITARIA	
DATOS DE LA MUESTRA							
Material :	Mezcla Física de Agregados para MAC					Código de Muestra: 028/2019	
Procedencia :	CANTERA LIMA - CHOSICA					Registro de Ensayo: LAB-GDP-VGD/MAY-019	
UNIVERSIDAD :	CESAR VALLEJO SEDE LIMA ESTE					Ing. Responsable: VICTOR MOMIY	
Fecha de Producción :	01 DE MAYO 2019					Téc. de Laboratorio : VICTOR CADU	
Muestreado por :	VCD					Ensayado por: VICTOR CADU	
Fecha de Muestreo :	01/05/2019					Fecha de Ensayo: 01/05/2019	
AGREGADO GRUESO							
Determinación N°	1	2	3	4	Promedio		
Peso Recipiente (Biker 100 ml.)							
Peso Recipiente + agua + sal							
Peso Recipiente Seco + sal							
Peso de Sal (3 -1)							
Peso de Agua (2-3)							
Porcentaje de Sales Solubles							
AGREGADO FINO							
Determinación N°	1	2	3	4	Promedio		
Peso Recipiente (Biker 100 ml.)	46,870	46,270	46,089				
Peso Recipiente + agua + sal	78,600	77,880	77,560				
Peso Recipiente Seco + sal	47,580	46,900	46,770				
Peso de Sal (3 -1)	0,710	0,630	0,681				
Peso de Agua (2-3)	31,020	30,980	30,790				
Porcentaje de Sales Solubles	2,289	2,034	2,212		2,178%		
EQUIPOS UTILIZADOS							
Balanza :	OHAUS	N° de Serie:	B712859965	N° de Certif. de Calibración:	SM-897-2019		
Termómetro :		N° de Serie:		N° de Certif. de Calibración:			
Vaso Presipitado :	SOLOTEST	N° de Serie:	0607	N° de Certif. de Calibración:	N/A		
COMENTARIOS:							
PROPORCIONES DE LA MEZCLA							
Grava Triturada < 3/4" : 44,0%							
Arena Triturada < 3/8" : 37,0%							
Arena Natural < 1/4" : 20,0%							
Cemento Portland Tipo I (YURA) : 0,0%							
TOTAL = 100,0%							
LABORATORIO CD PROJECTS SAC							
TÉCNICO LABORATORIO	D.	ESPECIALISTA DE LABORATORIO	D.	SUPERVISOR/CLIENTE	D.		
Nombre:	M.	Nombre:	M.	Nombre:	M.		
Firma:	A:	Firma:	A:	Firma:	A:		



CD PROJECTS S.A.C
CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
 NORMA: MTC E-504 / ASTM D-6926, D-6927 / AASHTO T-245

PROYECTO: Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.
 UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - LIMA ESTE
 MATERIAL: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85-100 PETRO PERU
 FECHA: 05/06/2019

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	cemento asfáltico	AUTOR DISEÑO	JORGE LUIS GUILLÉN CERVERA y ÓSCAR PAULINO POMA ALVAREZ									
A GRAVA >N° 2			6,0	DISEÑO	DISEÑO TRADICIONAL PARA MEZCLA ASFÁLTICA									
B ARENA < N°2				POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ										
C FILLER < N° 200				1"	3/4	1/2"	3/8	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200
MEZCLA TEORICA	100,00	100,00	---	100,00	80,02	72,75	52,45							
LIMITES DE ESPECIFICACIÓN	ASTM D - 3515 D-5		---	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68							
1 NÚMERO DE PROBETA				N	1	2	3	4						Promedio
2 C.A. en Peso de la Mezcla				%	6,00	6,00	6,00	6,00						
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla				%	44,70	44,70	44,70	44,70						
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla				%	45,76	45,76	45,76	45,76						
5 % de Filler en Peso de Mezcla				%	3,54	3,54	3,54	3,54						
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico				gr/cc	1,021	1,021	1,021	1,021						
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada				gr/cc	2,735	2,735	2,735	2,735						
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada				gr/cc	2,783	2,783	2,783	2,783						2,769
9 Peso Especifico Bulk de la Arena				gr/cc	2,754	2,754	2,754	2,754						
10 Peso Especifico Aparente de la Arena				gr/cc	2,787	2,787	2,787	2,787						2,771
11 Peso Especifico Aparente del Filler < N°200				gr/cc	2,817	2,817	2,817	2,817						2,817
12 Altura Promedio de la Probeta				cm.										
13 Peso de la Probeta en el Aire				gr.	1245,0	1244,0	1242,0	1242,0						
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)				gr.	1249,0	1248,0	1247,0	1246,0						
15 Peso de la Probeta en el Agua				gr.	275,0	279,0	277,0	280,0						
16 Volumen de la Probeta				c.c.	974,0	969,0	970,0	966,0						
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta				gr/cc	1,278	1,284	1,280	1,286						1,282
18 Peso Especifico Maximo (RICE)				gr/cc	2,568	2,568	2,568	2,568						
19 Maxima Densidad Teorica				gr/cc	2,509	2,509	2,509	2,509						
20 % de Vacios				%	50,23	50,01	50,15	49,94						50,08
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total				gr/cc	2,747	2,747	2,747	2,747						
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total				gr/cc	2,786	2,786	2,786	2,786						
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total				gr/cc	2,767	2,767	2,767	2,767						
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco				%	0,262	0,262	0,262	0,262						
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta				%	43,74	43,93	43,81	43,99						
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta				%	6,03	6,06	6,04	6,07						
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA				%	56,26	56,07	56,19	56,01						56,1
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla				%	5,75	5,75	5,75	5,75						
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA				%	10,72	10,81	10,76	10,84						10,8
30 Relacion Filler / Betun Efectivo					0,66	0,66	0,66	0,66						0,66
31 Lectura del Aro					293	299	293	294						
32 Estabilidad sin Corregir				kg	703	717	703	705						
33 Factor de Estabilidad					0,81	0,81	0,81	0,81						
34 Estabilidad Corregida				kg	569	581	569	571						572,6
35 Lectura del Fleximetro (0.001")				pul.	11,0	12,0	11,0	11,0						
36 Fluencia				mm.	2,79	3,05	2,79	2,79						2,86
37 Ahuellamiento Estimado: Modelo MARC				mm.	12,70	12,69	12,67	12,61						12,67
38 Relacion Estabilidad / Fluencia				kg/cm.	2038	1905	2038	2044						2006,2

EQUIPOS UTILIZADOS

Balanza	: OHAUS	N° de Serie:	8335440451	N° de Certif. de Calibración:	2966/MGS/2019
indicador digital	: HENKEL	N° de Serie:	5GV820	N° de Certif. de Calibración:	INF-LE-058-2019
Baño María	: SOLOTEST	N° de Serie:	0607	N° de Certif. de Calibración:	012-18-BM
Anillo de Carga / Dial	: SOLOTEST / MITUTOYO	N° de Serie:	3031 / VFJ658	N° de Certif. de Calibración:	002-18-AC
HORNO ELECTRICO:	AyA INSTRUMET	N° de Serie:	14416	N° de Certif. de Calibración:	2970/MGS/2019

COMENTARIOS: Ecuación de Ajuste anillo de Carga: $y = 2.3147x + 24.7037$

DOSIFICACIÓN DE ÁRIDOS: Grava Triturada <3/4" = 44.0%, Arena Triturada <3/8" = 36.0%, Arena Natural <1/4" = 20.0%

OPERADORES CD PROJECTS S.A.C

TÉCNICO LABORATORIO		ESPECIALISTA DE LABORATORIO	
Nombre:	D:	Nombre:	D:
Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:



Jose Vargas Machuca 628-San Juan de Miraflores-Lima CIP 30203
 Telefono: 3276493 / (01) 2200642 Correo: cdprojects@gmail.com
CD PROJECTS S.A.C
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Interpretación: Teniendo en cuenta la tabla 28, pg. 60, especificaciones técnicas requeridas para el diseño de mezclas asfálticas-Tipo B, la mezcla asfáltica tradicional realizada cumple con las especificaciones técnicas requeridas.

Tabla 36

Resultados del diseño mezcla tradicional

Descripción	Especificaciones técnicas	Resultado mezcla tradicional	Cumple
Golpes por Lado	50%	50	Si Cumple
Vacío de Mezcla Asfáltica	Mínimo 14	56.1	Si Cumple
Fluencia	2-4	2.86	Si Cumple
Estabilidad	Mínimo 544	572.6	Si Cumple
Relación Estabilidad-Fluencia	1700-4000	2006.2	Si Cumple

Fuente: *Elaboración Propia*

-La Mezcla Asfáltica diseñada, es de Tipo B, cumple los parámetros requeridos.



CD PROJECTS S.A.C
CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
 NORMA: MTC E-504 / ASTM D-6926, D-6927 / AASHTO T-245

PROYECTO: Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.
 UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - LIMA ESTE
 MATERIAL: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85-100 PETRO PERU
 FECHA: 05/06/2019

MATERIAL		% Mezcla	% Diseño	%		AUTOR		JORGE LUIS GUILLÉN CERVERA y ÓSCAR PAULINO POMA ALVAREZ											
A	GRAVA >N° 2			3.0															
B	ARENA < N°2																		
C	FILLER < N° 200			1"	3/4	1/2"	3/8	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200					
MEZCLA TEORICA		100.00	100.00	---	100.00	80.02	72.75	52.45											
LÍMITES DE ESPECIFICACIÓN		ASTM D - 3515 D-5		---	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68											
1	NÚMERO DE PROBETA			N	1	2	3	4									Promedio		
2	C.A. en Peso de la Mezcla			%	5.00	5.00	5.00	5.00											
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla			%	45.17	45.17	45.17	45.17											
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla			%	46.25	46.25	46.25	46.25											
5	% de Filler en Peso de Mezcla			%	3.58	3.58	3.58	3.58											
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico			gr/cc.	1.021	1.021	1.021	1.021											
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada			gr/cc.	2.735	2.735	2.735	2.735											
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada			gr/cc.	2.783	2.783	2.783	2.783									2.759		
9	Peso Especifico Bulk de la Arena			gr/cc.	2.754	2.754	2.754	2.754											
10	Peso Especifico Aparente de la Arena			gr/cc.	2.787	2.787	2.787	2.787									2.771		
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200			gr/cc.	2.817	2.817	2.817	2.817									2.817		
12	Altura Promedio de la Probeta			cm.															
13	Peso de la Probeta en el Aire			gr.	1240.0	1242.0	1243.0	1242.0											
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)			gr.	1241.0	1243.0	1244.0	1244.0											
15	Peso de la Probeta en el Agua			gr.	200.0	201.0	203.0	202.0											
16	Volumen de la Probeta			c.c.	1041.0	1042.0	1041.0	1042.0											
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta			gr/cc.	1.191	1.192	1.194	1.192									1.192		
18	Peso Especifico Maximo (RICE)			gr/cc.	2.668	2.666	2.668	2.668											
19	Maxima Densidad Teorica			gr/cc.	2.549	2.549	2.549	2.549											
20	% de Vacios			%	53.62	53.59	53.51	53.59									53.58		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total			gr/cc.	2.747	2.747	2.747	2.747											
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total			gr/cc.	2.766	2.766	2.766	2.766											
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total			gr/cc.	2.767	2.767	2.767	2.767											
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco			%	0.262	0.262	0.262	0.262											
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta			%	41.19	41.22	41.29	41.22											
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta			%	5.19	5.19	5.20	5.19											
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA			%	58.81	58.78	58.71	58.78									58.8		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla			%	4.75	4.75	4.75	4.75											
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA			%	8.82	8.83	8.86	8.83									8.8		
30	Relacion Filler / Beton Efectivo				0.79	0.79	0.79	0.79									0.75		
31	Lectura del Aro				250	251	249	253											
32	Estabilidad sin Corregir			kg	603	606	601	610											
33	Factor de Estabilidad				0.81	0.81	0.81	0.81											
34	Estabilidad Corregida			kg	489	491	487	494									490.1		
35	Lectura del Fleximetro (0.001")			puł.	11.0	12.0	11.0	11.0											
36	Fluencia			mm.	2.79	3.05	2.79	2.79									2.88		
37	Ahuellamiento Estimado: Modelo MARC			mm.	13.71	13.77	13.68	13.69									13.71		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia			kg/cm.	1749	1610	1743	1769									1717.7		

EQUIPOS UTILIZADOS

Balanza	CHAUS	N° de Serie:	8335440451	N° de Certif. de Calibración:	2966/MGS/2019
Indicador digital	HENKEL	N° de Serie:	5GV820	N° de Certif. de Calibración:	INF-LE-058-2019
Baño María	SOLOTEST	N° de Serie:	0607	N° de Certif. de Calibración:	012-18-BM
Anillo de Carga / Dial	SOLOTEST / MITUTOYO	N° de Serie:	3031 / VFJ858	N° de Certif. de Calibración:	002-18-AC
HORNO ELECTRICO:	AyA INSTRUMET	N° de Serie:	14416	N° de Certif. de Calibración:	2970/MGS/2019

COMENTARIOS: Ecuación de Ajuste anillo de Carga: $y = 2.3147x + 24.7037$

DOSIFICACIÓN DE ÁRIDOS: Grava Triturada <3/4" = 44.0%, Arena Triturada <3/8" = 38.0%, Arena Natural <1/4" = 20.0%

OPERADORES CD PROJECTS S.A.C			
TÉCNICO LABORATORIO		ESPECIALISTA DE LABORATORIO	
Nombre:	D:	Nombre:	D:
Firma:	M:	Firma:	M:
	A:		A:



VICTOR HUSAO MOMAY SIBATA
 INGENIERO CIVIL
 CIP 30203
 CD PROJECTS S.A.C
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Jose Vargas Machuca 628-San Juan de Miraflores-Lima
 Telefono: 3276493 / (01) 2200642 Correo: cdprojects@hutanil.com

Interpretación: Teniendo en cuenta la tabla 28, pg. 60, especificaciones técnicas requeridas para el diseño de mezclas asfálticas-Tipo B, la mezcla asfáltica modificada con un 3% de caucho reciclado no cumple con las especificaciones solicitadas.

Tabla 37

Comparación técnica de los resultados: Mezcla tradicional vs mezcla modificada 3% caucho

Descripción	Especificaciones técnicas	Mezcla tradicional	Mezcla modificada 3%	Resultado
Golpes por Lado	50%	50	50	Si Cumple
Vacío de Mezcla Asfáltica	Mínimo 14	56.1	58.8	Si Cumple
Fluencia	2-4	2.86	2.86	Si Cumple
Estabilidad	Mínimo 544	572.6	490.1	No Cumple
Relación Estabilidad-Fluencia	1700-4000	2006.2	1717	Si Cumple

Fuente: *Elaboración propia*

- La mezcla asfáltica modificada con 3% de caucho reciclado no cumple los parámetros requeridos por las especificaciones técnicas.



CD PROJECTS S.A.C
CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
NORMA: MTC E-504 / ASTM D-6926, D-6927 / AASHTO T-245

PROYECTO: Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.
 UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - LIMA ESTE
 MATERIAL: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85-100 PETRO PERU
 FECHA: 05/06/2019

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	% de polvo de caucho		AUTOR: JORGE LUIS GUILLÉN CERVERA y ÓSCAR PAULINO POMA ALVAREZ												
			1"	3/4	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ												
A	AGREGADO GRUESO				Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200						
B	AGREGADO FINO																
C	FILLER < Nº 200																
MEZCLA TEORICA					100.00	100.00	100.0	100.00	80.02	72.75	52.45						
LIMITES DE ESPECIFICACIÓN					ASTM D - 3515 D-5	100 - 100	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68							

1	NÚMERO DE PROBETA		N	1	2	3	4	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%		5.00	6.00	5.00	6.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%		45.17	45.17	45.17	45.17	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%		46.25	46.25	46.25	46.25	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%		3.58	3.58	3.58	3.58	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.		1.021	1.021	1.021	1.021	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.		2.735	2.735	2.735	2.735	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.		2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.		2.754	2.754	2.754	2.754	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.		2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.		2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
12	Altura Promedio de la Probeta	cm						
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.		1240.0	1243.9	1246.7	1245.7	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.		1242.0	1243.8	1247.9	1246.5	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.		240.0	241.0	243.0	242.0	
16	Volumen de la Probeta	c.c.		1002.0	1002.8	1004.9	1004.5	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.		1.238	1.240	1.241	1.240	1.240
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.853	2.853	2.853	2.853	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.		2.549	2.549	2.549	2.549	
20	% de Vacios	%		51.53	51.41	51.40	51.42	51.44
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.		2.747	2.747	2.747	2.747	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.		2.786	2.786	2.786	2.786	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.		2.767	2.767	2.767	2.767	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%		0.262	0.262	0.262	0.262	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%		42.79	42.89	42.90	42.88	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%		5.88	5.89	5.89	5.89	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%		57.21	57.11	57.10	57.12	57.1
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%		4.75	4.75	4.75	4.75	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%		9.93	9.97	9.97	9.97	10.0
30	Relacion Filler / Betun Efectivo			0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
31	Lectura del Aro			290	292	295	293	
32	Estabilidad sin Corregir	kg		696	701	708	703	
33	Factor de Estabilidad			0.81	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg		564	567	573	569	568.4
35	Lectura del Fleximetro (0.001")	mil.		12.0	12.0	13.0	12.0	
36	Fluencia	mm.		3.05	3.05	3.30	3.05	3.11
37	Ahuellamiento Estimado: Modelo MARC	mm.		13.09	13.05	13.11	13.05	13.06
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm	4053	1850	1862	1736	1868	1828.7

EQUIPOS UTILIZADOS

Balanza	OHAUS	Nº de Serie:	8335440451	Nº de Certif. de Calibración:	2006/MGS/2019
Indicador digital	HENKEL	Nº de Serie:	5GV620	Nº de Certif. de Calibración:	INF-LE-058-2019
Baño María	SOLOTEST	Nº de Serie:	0607	Nº de Certif. de Calibración:	012-18-BM
Anillo de Carga / Dial	SOLOTEST / MITUTOYO	Nº de Serie:	3031 / VFJ858	Nº de Certif. de Calibración:	002-18-AC
HORNO ELECTRICO:	AyA INSTRUMET	Nº de Serie:	14416	Nº de Certif. de Calibración:	2970/MGS/2019

COMENTARIOS:

Ecuaçión de Ajuste ajiño de Carga: $y = 2.3147x +$

DOSIFICACIÓN DE ÁRDOS: Grava Triturada <3/4" = 44.0%, Arena Triturada <3/8" = 36.0%, Arena Natural <1/4" = 20.0%

OPERADORES CD PROJECTS S.A.C

TÉCNICO LABORATORIO		ESPECIALISTA DE LABORATORIO	
Nombre:	D:	Nombre:	D:
M:	M:	M:	M:
Firma:	A:	Firma:	A:



Jose Vargas Machuca 628-San Juan de Miraflores - LIMA
 Telefono: 3276493 / (01) 2200642 Correo: cdprojects@hotmail.com

INGENIERO CIVIL
CD PROJECTS S.A.C
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Interpretación: Teniendo en cuenta la tabla 28, pg. 60, especificaciones técnicas requeridas para el diseño de mezclas asfálticas-tipo b, la mezcla asfáltica modificada con un 4% de caucho reciclado cumple con las especificaciones solicitadas.

Tabla 38

Comparación técnica de los resultados: mezcla tradicional VS mezcla modificada 4% caucho

Descripción	Especificaciones técnicas	Mezcla tradicional	Mezcla modificada 4%	Resultado
Golpes por Lado	50%	50	50	Cumple
Vacío de Mezcla Asfáltica	Mínimo 14	56.1	57.1	Cumple
Fluencia	2-4	2.86	3.11	Cumple
Estabilidad	Mínimo 544	572.6	568.4	Cumple
Relación Estabilidad-Fluencia	1700-4000	2006.2	1828.7	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

- La mezcla asfáltica modificada con 4% de caucho reciclado si cumple los parámetros requeridos para el diseño de mezclas de Tipo B.
- La mezcla asfáltica modificada con 4% de caucho reciclado, se encuentra dentro de los mismos parámetros de una mezcla tradicional, presentando un 0.25 de diferencia en la fluencia mayor a la mezcla tradicional.
- Presenta 4.2 Kg de estabilidad menor a la mezcla tradicional.
- Presenta un 177.5 Kg. de estabilidad-fluencia menor a la mezcla tradicional.



CD PROJECTS S.A.C
CONSULTORIA & CONSTRUCCIÓN
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO: RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL
 NORMA: MTC E-504 / ASTM D-6926, D-6927 / AASHTO T-245

PROYECTO: Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019.
 UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - LIMA ESTE
 MATERIAL: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PEN 85-100 PETRO PERU
 FECHA: 05/06/2019

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	% de polvo de caucho	AUTOR
A AGREGADO GRUESO			8.0	JORGE LUIS GUILLÉN CERVERA y ÓSCAR PAULINO POMA ALVAREZ
B AGREGADO FINO				
C FILLER < N° 200				

MEZCLA TEORICA	POR CIENTO QUE PASA EL TAMIZ											
	1"	3/4	1/2"	3/8	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	
100.00	100.00	100.0	100.00	80.02	72.75	52.45						

LIMITES DE ESPECIFICACIÓN ASTM D - 3515 D-5 100 - 100 100 80 - 100 70 - 88 61 - 68

NÚMERO DE PROBETA	N	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la mezcla NFU	%	5.00	5.00	5.00	5.00	
2 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	45.17	45.17	45.17	45.17	
3 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	46.25	46.25	46.25	46.25	
4 % de Filler en Peso de Mezcla	%	3.58	3.58	3.58	3.58	
5 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfáltico	gr/cc.	1.021	1.021	1.021	1.021	
6 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.735	2.735	2.735	2.735	
7 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.783	2.783	2.783	2.783	2.759
8 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.754	2.754	2.754	2.754	
9 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.787	2.787	2.787	2.787	2.771
10 Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc.	2.817	2.817	2.817	2.817	2.817
11 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
12 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1241.9	1248.4	1248.8	1245.7	
13 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1245.2	1251.5	1249.1	1248.2	
14 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	298.0	296.0	298.0	294.0	
15 Volumen de la Probeta	e.o.	947.2	955.5	950.1	954.2	
16 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	1.311	1.307	1.312	1.305	1.309
17 Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.	2.654	2.654	2.654	2.654	
18 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.549	2.549	2.549	2.549	
19 % de Vacios	%	48.66	48.84	48.61	48.88	48.75
20 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.747	2.747	2.747	2.747	
21 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.786	2.786	2.786	2.786	
22 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.767	2.767	2.767	2.767	
23 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.262	0.262	0.262	0.262	
24 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	45.34	45.16	45.38	45.14	
25 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	6.00	5.98	6.01	5.98	5.99
26 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	54.66	54.82	54.62	54.86	54.7
27 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.75	4.75	4.75	4.75	
28 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	10.98	10.91	11.00	10.89	10.9
29 Relacion Filler / Betun Efectivo		0.79	0.79	0.79	0.79	0.8
30 Lectura del Aro		410	408	417.0	422	
31 Estabilidad sin Corregir	kg	974	969	960	1002	
32 Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	
33 Estabilidad Corregida	kg	789	785	802	811	796.7
34 Lectura del Fleximetro (0.001")	pul.	14.0	13.0	15.0	14.0	
35 Fluencia	mm.	3.56	3.30	3.81	3.58	3.56
36 Ahueamiento Estimado: Modelo MARC	mm.	11.93	11.92	11.96	11.95	11.94
37 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2218	2377	2105	2281	2245.3

EQUIPOS UTILIZADOS

Balanza	OHAUS	N° de Serie:	833540451	N° de Certif. de Calibración:	2968/MGS/2019
Indicador digital	HENKEL	N° de Serie:	5GV820	N° de Certif. de Calibración:	INF-LE-056-2019
Baño María	SOLOTEST	N° de Serie:	0607	N° de Certif. de Calibración:	012-18-BM
Anillo de Carga / Dial	SOLOTEST / MITUTOYO	N° de Serie:	3031 / VFJ858	N° de Certif. de Calibración:	002-18-AC
HORNO ELECTRICO:	AyA INSTRUMET	N° de Serie:	14416	N° de Certif. de Calibración:	2970/MGS/2019

COMENTARIOS: Ecuación de Ajuste anillo de Carga: $y = 2.3147x + 24.7037$

DOSIFICACIÓN DE ÁRIDOS: Grava Triturada <3/4" = 44.0%, Arena Triturada <3/8" = 36.0%, Arena Natural <1/4" = 20.0%

OPERADORES CD PROJECTS S.A.C

TÉCNICO LABORATORIO		ESPECIALISTA DE LABORATORIO	
Nombre:	D:	Nombre:	D:
Firma:	A:	Firma:	A:



Jose Vargas Machuca 628-San Juan de Miraflores, Lima
 VICTOR HISAO MOMIY SIBATA
 INGENIERO CIVIL

Teléfono: 3276493 / (01) 2200642 Correo: cdprojects@hotmail.com

CD PROJECTS S.A.C
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Interpretación: Teniendo en cuenta la tabla 28, pg. 60, especificaciones técnicas requeridas para el diseño de mezclas asfálticas-Tipo B, la mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho reciclado cumple con las especificaciones solicitadas.

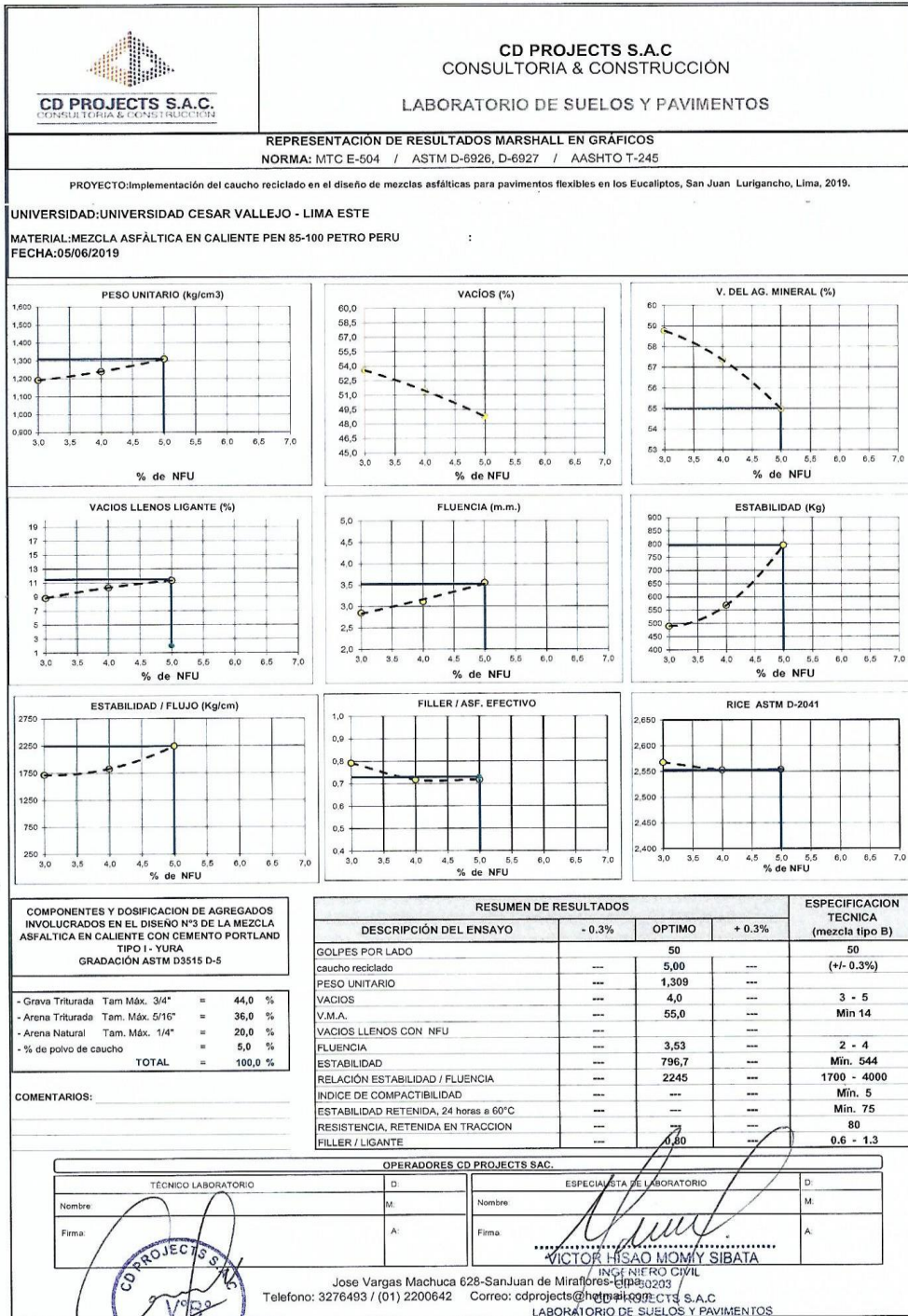
Tabla 39

Comparaciones técnicas de los resultados: mezcla tradicional VS mezcla modificada 5% caucho

Descripción	Especificaciones técnicas	Mezcla tradicional	Mezcla modificada 5%	Resultado
Golpes por Lado	50%	50	50	Cumple
Vacío de Mezcla Asfáltica	Mínimo 14	56.1	54.7	Cumple
Fluencia	2-4	2.86	3.56	Cumple
Estabilidad	Mínimo 544	572.6	796.7	Cumple
Relación Estabilidad-Fluencia	1700-4000	2006.2	2245.3	Cumple

Fuente: Elaboración propia

- La mezcla asfáltica modificada con 5% de caucho reciclado cumple con los parámetros requeridos por las especificaciones técnicas.
- La mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho reciclado mejora la estabilidad del asfalto en un 224 kg, es decir mejora la resistencia a las deformaciones permanentes.
- Para la elaboración de mezclas de tipo b, se requiere una estabilidad mínima de 544 (tabla 28, pág. 60), por lo tanto, nuestra mezcla con 5% de caucho modificado se encuentra dentro de los parámetros establecidos.
- La mezcla asfáltica modificada con un 5% de caucho reciclado mejora el flujo del asfalto en un 0.71, es decir evita las deformaciones permanentes, cumpliendo los parámetros solicitados en la norma.
- Para la elaboración de mezclas de tipo b, se requiere que el flujo se encuentre dentro de los parámetros 2-4 (tabla 28, pág. 60), por lo tanto, nuestra mezcla con 5% de caucho modificado se encuentra dentro de lo requerido por la norma técnica.
- La mezcla con un modificada con un 5% de caucho, es la ideal (**mezcla óptima**).



Interpretación: De acuerdo a los ensayos realizados en CD PROJETS SAC, la muestra optima, es la mezcla Asfáltica modificada con 5% de caucho reciclado.

- Mejora la estabilidad de la mezcla asfáltica.
- Mejora el flujo de la mezcla asfáltica.
- Reduce el Ahullamiento.
- Mejora la durabilidad y resistencia.

V. DISCUSIÓN

La Investigación que lleva por título Implementación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en la calle los Eucaliptos, San Juan Lurigancho, Lima, 2019, ha sido desarrollada en campo (calle los Eucaliptos-San Juan de Lurigancho) y en el laboratorio CD PROJETS SAC, lo cual confirma lo planteado por (Díaz y Castro, 2017), en su Investigación Titulada “Implementación del grano de caucho reciclado provenientes de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá”, teniendo por objetivo implementar el GCR en las mezclas asfálticas, donde Obtuvieron las siguientes conclusiones: El GCR incorporado a las mezclas asfálticas, es una solución a los problemas de ahuellamiento. Así mismo podemos confirmar lo dicho por (Fajardo y Vergaray 2014), en su investigación “Efecto de la incorporación por vía seca del polvo de neumático reciclado”, de la Universidad San Martín de Porras, donde los autores Incorporan el caucho reciclado como un agregado, logrando mejorar la estabilidad del asfalto en un 3.54%, a comparación de un asfalto tradicional, incrementándose el tiempo de vida útil, comprobándose que al implementar el caucho reciclado al diseño de mezclas asfálticas, la estabilidad se ha incrementado en 224.1 kg a las deformaciones del tránsito.

También se pudo confirmar lo planteado por (Pereda y Cubas 2015), en su Tesis Titulada “Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico - económico con los asfaltos convencionales”, el cual tiene por objetivo demostrar que un asfalto modificado con el caucho de llantas recicladas pose un mayor comportamiento físico-mecánico, y es muy económico frente a los asfaltos tradicionales, corroborándose que en la investigación en tesis, el diseño de mezcla asfáltica con caucho reciclado tiene un valor de quinientos ochentaicinco (S/. 585.44) soles, y la mezcla tradicional tiene un costo de seiscientos siete con veintiséis (s/. 607.26) soles, siendo más económica la mezcla modificada con caucho reciclado.

VI.- CONCLUSIONES

Una vez desarrollada la presente investigación se puede comprobar que la implementación del caucho reciclado en el diseño de Mezclas Asfálticas, influye de manera satisfactoria, siendo confiable para poder mejorar las propiedades mecánicas de la mezcla, siendo más resistentes a las deformaciones y prolongando su tiempo de vida útil.

También se puede determinar que la implementación del caucho reciclado influye en la estabilidad del asfalto modificándola a una superioridad de 224 kg, a diferencia de un asfalto tradicional, es decir mejora la resistencia a las deformaciones, abrasiones, desplazamientos y mantiene su forma liza frente a las cargas del tránsito vehicular. La flexibilidad suficiente resiste las roturas frente a las cargas repetidas.

La implementación del caucho reciclado influye en el flujo del asfalto, mejorándolo en un 24.8 %, es decir la implementación del caucho reciclado logra que el pavimento sea más flexible, trabajando mejor frente al tránsito vehicular y a las condiciones climatológicas.

La implementación del caucho reciclado reduce el ahuellamiento en 2.13 % del asfalto, logrando tener un pavimento más resistente, prolongándose su tiempo de vida útil aproximadamente por un periodo de 10 años.

VII.- RECOMENDACIONES

Una vez demostrado que la implementación del caucho reciclado influye de manera satisfactoria en el diseño de mezclas asfálticas, siendo este un material confiable para poder mejorar sus propiedades mecánicas, se recomienda realizar investigaciones, así como aplicar esta nueva técnica constructiva con la finalidad de reducir costos y lograr pavimentos con mayor tiempo de vida útil.

Se recomienda a las entidades públicas y privadas, MTC, realizar la construcción de vías utilizando el caucho modificado, como un mejorador de mezclas asfálticas.

VIII.- PROPUESTA

Una vez demostrado que el caucho reciclado modifica las propiedades mecánicas del asfalto, dando una mayor estabilidad, incremento de flujo, así como en la reducción del ahuellamiento:

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones debería de revisar la Normativa Vigente del INVIAS-Colombia, con la finalidad de Normar la Implementación del caucho reciclado en el Diseño de Asfaltos para pavimentos flexibles.

REFERENCIAS

- Rondón, Q y Reyes, F (2015). Pavimentos, materiales, construcción y diseño, Colombia.
- Fajardo, L y Vergaray, D. (2014). Efectos de la incorporación por la vía seca del polvo de neumático reciclado, como agregado en mezclas asfálticas- Lima, Perú, Universidad San Martín de Porras.
- Hernández, R, Metodología de la Investigación, Quinta Edición.
- Carrasco (2015). Metodología de la Investigación Científica: Pautas para Diseñar y Elaborar un Proyecto de Investigación. Lima, Perú: San Marcos.
- Carlesi, S. (2018). Metodología de diseños experimentales.
- Salamanca, M y Zuluaga. (2013). Diseño de la estructura de pavimentos flexibles por medio de los métodos en vías, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía Santa Lucía barranca Lebrija. Bogotá, Colombia.
- Pereda, D y Cubas, N. (2015). Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico económico con los asfaltos convencionales. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ramírez, A, Ladino, I y Rosas, J. (2014). Diseño de Mezcla asfáltica con asfalto caucho tecnología gap Graded para la ciudad de Bogotá.
- Ramírez, N, (2015). Estudio de la utilización de caucho de neumático en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- Pérez, J. y Arrieta, Y. (2017). Caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 PSI. Colombia.
- Díaz, C. y Castro C. (2017). Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) provenientes de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. Bogotá, Colombia.

Rodríguez, C. y Rodríguez, J. (2017). Evaluación y rehabilitación de pavimentos flexibles por el método de reciclaje. El Salvador: Universidad del Salvador.

Figuroa, A, Sánchez, A y Reyes. 820179, Caracterización física de un asfalto modificado con poliestireno y llantas trituradas.

Gutiérrez, J, Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con fines de análisis y Diseño en el Perú. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.

ANEXOS

 Punto de Precisión SAC	LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 074 - 2019		
Página: 1 de 3		
Expediente	: 023-2019	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión	: 2019-05-14	
1. Solicitante	: CD PROJECTS S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes. PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Dirección	: P.J. GRAU NRO. 126 DPTO. A OTR. VI ZONA - EL AGUSTINO - LIMA	
2. Instrumento de Medición	: BALANZA	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: NO INDICA	
Número de Serie	: NO INDICA	
Alcance de Indicación	: 310 g	
División de Escala de Verificación (e)	: 0,01 g	
División de Escala Real (d)	: 0,01 g	
Procedencia	: USA	
Identificación	: NO INDICA	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Ubicación	: LABORATORIO DE SUELOS	
Fecha de Calibración	: 2019-05-10	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO DE SUELOS de CD PROJECTS S.A.C. AV. VARGAS MACHUCA N° 628 - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA	
 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631		
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02 Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 461 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : 023-2019
Fecha de emisión : 2019-05-14

1. Solicitante : CD PROJECTS S.A.C.

Dirección : P.J. GRAU NRO. 126 DPTO. A OTR. VI ZONA - EL AGUSTINO - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : SOILTEST

Modelo de Copa : CL-207

Serie de Copa : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. VARGAS MACHUCA N° 628 - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
10 - MAYO - 2019

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D-4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	L - 1098 - 2018	INACAL - DM


6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,9	22,5
Humedad %	77	76

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 073 - 2019

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,0 °C	22,1 °C
Humedad Relativa	73 %	73 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-114-2019 / LM-115-2019
		LM-116-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	22,0			22,0		
	Carga L1= 15,000 kg			Carga L2= 30,000 kg		
	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)
1	15,000	4,5	-2,0	30,000	3,0	-0,5
2	15,000	3,5	-1,0	30,000	2,5	0,0
3	15,000	3,0	-0,5	30,000	4,0	-1,5
4	15,000	4,0	-1,5	30,000	2,0	0,5
5	15,000	2,5	0,0	30,000	3,0	-0,5
6	15,000	3,0	-0,5	30,000	3,0	-0,5
7	15,000	4,0	-1,5	30,000	2,5	0,0
8	15,000	3,0	-0,5	30,000	4,0	-1,5
9	15,000	3,5	-1,0	30,000	3,0	-0,5
10	15,000	4,0	-1,5	30,000	2,5	0,0
Diferencia Máxima	2,0			2,0		
Error máximo permitido	± 15 g			± 15 g		

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

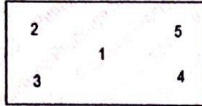
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 073 - 2019

Página: 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Vista Frontal

Posición de la Carga	Carga mínima (kg)	Determinación de E _g			Determinación del Error corregido				
		l(kg)	ΔL(g)	E(g)	Carga (kg)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	0,050	0,050	3,5	-1,0	10,000	9,995	2,5	-5,0	-4,0
2		0,050	4,0	-1,5		10,005	3,0	4,5	6,0
3		0,050	3,0	-0,5		10,000	4,0	-1,5	-1,0
4		0,050	2,5	0,0		9,995	2,5	-5,0	-5,0
5		0,050	3,0	-0,5		10,000	3,0	-0,5	0,0

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 10 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(kg)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
0,050	0,050	3,5	-1,0						5
0,100	0,100	2,0	0,5	1,5	0,100	3,0	-0,5	0,5	5
0,500	0,500	3,5	-1,0	0,0	0,500	3,5	-1,0	0,0	5
1,000	1,000	4,0	-1,5	-0,5	1,000	4,5	-2,0	-1,0	5
2,500	2,500	3,5	-1,0	0,0	2,500	3,5	-1,0	0,0	5
5,000	5,000	4,5	-2,0	-1,0	5,000	2,0	0,5	1,5	10
10,000	10,005	3,0	4,5	5,5	10,005	2,0	5,5	6,5	10
15,000	15,000	3,0	-0,5	0,5	15,005	3,5	4,0	5,0	15
20,000	20,000	4,5	-2,0	-1,0	20,005	4,0	3,5	4,5	15
25,000	25,005	2,0	5,5	6,5	25,005	2,5	5,0	6,0	15
30,000	30,000	3,5	-1,0	0,0	30,000	3,5	-1,0	0,0	15

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000156 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00000710 \text{ kg}^2 + 0,000000100 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R: en kg

FIN DEL DOCUMENTO

[Firma]
 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 073 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : 023-2019
Fecha de Emisión : 2019-05-14

1. Solicitante : CD PROJECTS S.A.C.

Dirección : P.J. GRAU NRO. 126 DPTO. A OTR. VI ZONA - EL
AGUSTINO - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : HENKEL

Modelo : NO INDICA

Número de Serie : KG57261

Alcance de Indicación : 30 kg

**División de Escala
de Verificación (e)** : 0,005 kg

División de Escala Real (d) : 0,005 kg

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO DE SUELOS

Fecha de Calibración : 2019-05-10

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.


PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO DE SUELOS de CD PROJECTS S.A.C.
AV. VARGAS MACHUCA N° 628 - SAN JUAN DE MIRAFLORES -LIMA


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 074 - 2019

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	73 %	73 %

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. (°C)	Inicial	Final
	22,1	22,1

Medición N°	Carga L1= 155,00 g			Carga L2= 310,00 g		
	l(g)	Δl(mg)	E(mg)	l(g)	Δl(mg)	E(mg)
1	155,00	6	-1	310,00	8	-3
2	155,00	8	-3	310,00	7	-2
3	155,00	9	-4	310,00	9	-4
4	155,00	7	-2	310,00	5	0
5	155,00	8	-3	310,00	8	-3
6	155,00	9	-4	310,00	6	-1
7	155,00	8	-3	310,00	9	-4
8	155,00	9	-4	310,00	8	-3
9	155,00	5	0	310,00	7	-2
10	155,00	8	-3	310,00	9	-4
Diferencia Máxima			4	4		
Error máximo permitido ±			20 mg	± 30 mg		

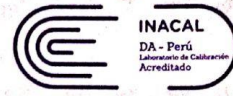
Jefe de Laboratorio
Ing. Lys Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



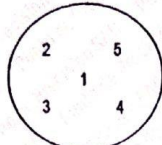


Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 074 - 2019

Página: 3 de 3

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Determinación de E _g			Determinación del Error corregido				
		l(g)	ΔL(mg)	E _c (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E _c (mg)

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E _c (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E _c (mg)	
0,10	0,10	6	-1						10
0,20	0,20	9	-4	-3	0,20	5	0	1	10
10,00	10,00	8	-3	-2	10,00	7	-2	-1	10
20,00	20,00	5	0	1	20,00	8	-3	-2	10
50,00	50,00	7	-2	-1	50,00	9	-4	-3	10
100,00	100,00	8	-3	-2	100,01	5	10	11	20
150,00	150,00	5	0	1	150,00	8	-3	-2	20
200,00	200,00	9	-4	-3	200,01	4	11	12	20
250,00	250,00	8	-3	-2	250,01	5	10	11	30
300,00	300,01	4	11	12	300,01	2	13	14	30
310,00	310,00	8	-3	-2	310,00	8	-3	-2	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

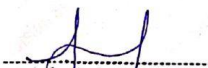
$$R_{\text{corregida}} = R + 0,000000243 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,0000372 \text{ g}^2 + 0,0000000295 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631





Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 461 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : 023-2019
Fecha de emisión : 2019-05-14

1. Solicitante : CD PROJECTS S.A.C.

Dirección : P.J. GRAU NRO. 126 DPTO. A OTR. VI ZONA - EL AGUSTINO - LIMA

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : SOILTEST

Modelo de Copa : CL-207

Serie de Copa : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. VARGAS MACHUCA N° 628 - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
10 - MAYO - 2019

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D-4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	L - 1098 - 2018	INACAL - DM

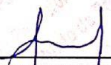
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,9	22,5
Humedad %	77	76

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 461 - 2019

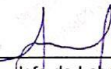
Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDAD DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	54,76	2,00	27,58	46,04	52,67	153,02	126,37	9,9	2,07	12,54
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5
TOLERANCIA ±	2	0,1	1	1	5	5	5	0,1	0,1	0,1
ERROR	0,76	0,00	0,58	-0,96	2,67	3,02	1,37	-0,1	0,07	-0,96

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CHM-113-2019
Página 2 de 2

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPI en concordancia con el sistema Internacionales de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de
Patrones de referencia de INMETRO S.A.C.	Manómetro De Deformación Elástica	LPI-00365-2017
Patrones de referencia del DM-INACAL	Juego de Pesas (Exactitud F1)	LM-416-2018 LM-415-2018
METROTEST EIRL	Balanza Clase II	CMM-002-2019

Resultados:

Ensayo comparativo con muestra

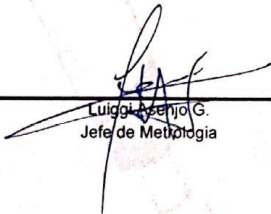
Humedad Patrón %	Humedad de Indicación del Instrumento %	Humedad Error %	Humedad Incertidumbre %
5,0	5,0	0,0	0,2
10,0	10,0	0,0	0,2
15,0	15,2	0,2	0,2
18,0	18,4	0,4	0,2

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%




Luigi Benjoo G.
Jefe de Metrología



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CHM-113-2019

Solicitante : CD PROJECTS S.A.C.

Dirección : CAL. ASTURIAS NRO. 107 DPTO.
201 - SANTIAGO DE SURCO

Instrumento de Medición : MEDIDOR DE HUMEDAD

Marca : METROTEST

Modelo : MS-15

Serie : MH-703

Identificación : NO INDICA

Procedencia : PERÚ

Alcance máximo : 20 % HR

Tipo de indicación : Analógica

Lugar de Calibración : Lab. Humedad de Metrotest
E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2019-05-10

Fecha de Emisión : 2019.05.10

Misión
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se efectuó con patrones que tienen trazabilidad al INACAL-DM
Agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La calibración se realizó con 26 g de muestra.
- Se verificó y ajustó la balanza digital de 500 g (BM-037-19)

El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores de un miso punto.

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

METROTEST EIRL no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.



Luigi Aserio G.
Jefe de Metrología



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 189 - 2019

Página : 2 de 2

Resultados

PRESIÓN INDICADA MANÓMETRO A CALIBRAR	PRESIÓN INDICADA MANÓMETRO PATRÓN		ERROR		DE HISTÉRESIS
	ASCENSO	DESCENSO	ASCENSO	DESCENSO	
(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	5,8	5,8	-0,8	-0,8	0,0
10	10,3	10,3	-0,3	-0,3	0,0
15	15,0	15,0	0,0	0,0	0,0
20	19,8	20,0	0,3	0,0	0,3
25	24,8	24,8	0,3	0,3	0,0
30	29,5	29,5	0,5	0,5	0,0

MÁXIMO ERROR DE INDICACIÓN:	-0,75	psi
MÁXIMO ERROR DE HISTÉRESIS:	0,25	psi

La incertidumbre de la medición es de	0,05	psi
---------------------------------------	------	-----

EQUIVALENCIAS DE PSI a % de HUMEDAD

LECTURA DEL MANÓMETRO DEL SPEEDY	LECTURA DEL PATRÓN
psi	% Humedad
0	0,0
2	2,2
3	3,2
4	4,0
5	4,9
6	5,8
7	6,8
8	7,5
9	8,4
10	9,4
11	10,3
12	11,0
13	12,0
14	13,0
15	14,0
16	14,9
17	15,8
18	16,4
19	17,5
20	18,6

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 461 - 2019


Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDAD DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
MEDIDA TOMADA	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	54,76	2,00	27,58	46,04	52,67	153,02	126,37	9,9	2,07	12,54
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5
TOLERANCIA ±	2	0,1	1	1	5	5	5	0,1	0,1	0,1
ERROR	0,76	0,00	0,58	-0,96	2,67	3,02	1,37	-0,1	0,07	-0,96

FIN DEL DOCUMENTO




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.