



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación comparativa de mezclas asfálticas con polímeros ABS y tradicional para mejorar las propiedades mecánicas en pavimentos flexibles, Trujillo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Gamboa Avila, José Carlos (ORCID: 0000-0002-9529-3904)

ASESOR:

Mg. Cerna Vásquez, Marco Antonio Junior (ORCID: 0000-0002-8259-5444)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

TRUJILLO-PERÚ

2021

Dedicatoria.

Dedicarles a mis padres que siempre estuvieron conmigo en todo momento apoyándome y sé que desde donde se encuentren siempre lo seguirán haciendo, ellos fueron el mejor ejemplo a seguir que tuve. Dedicarles a mis hijos que siempre son la fuerza que necesito para seguir adelante en todas las metas que me he propuesto.

Dedicarles también a mis familiares que siempre estuvieron conmigo apoyándome de una u otra manera a seguir adelante y no darme por vencido, a mis amigos que siempre nos apoyamos para seguir adelante con nuestra carrera profesional. Y por último a mí mismo por siempre darme esa perseverancia y el esfuerzo para seguir creciendo profesionalmente

Agradecimiento.

En primer lugar, agradecer a Dios por brindarme la fuerza necesaria para siempre salir adelante, agradezco a todos los docentes que se encargaron de mi formación profesional los cuales compartieron sus conocimientos y sus consejos hacia mi persona y fueron de mucha ayuda para culminar mis metas.

Siempre estaré agradecido con todas las personas que intervinieron en mi vida para seguir brindándome su apoyo, siempre fue de mucha ayuda para poder afrontar los obstáculos que se nos atraviesan en este camino.

Agradezco sinceramente al MG. Cerna Vásquez Marco Antonio Junior por brindarme su apoyo y su asesoramiento para poder culminar con este proyecto tan importante para mí.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo de diseño de investigación.	19
3.3 Población, muestra y muestreo.	20
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	22
3.3. Procedimiento	22
3.4. Aspectos éticos	24
IV. RESULTADOS	25
V. DISCUSIÓN.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	50
REFERENCIAS.....	52
ANEXOS	581

Índice de tablas.

Tabla N° 01 Resultados de los ensayos de agregado fino.....	25
Tabla N° 02 Resultados de los ensayos de granulometría al agregado grueso...	26
Tabla N° 03 Diseño de mezcla asfáltica tradicional (Marshall).....	27
Tabla N° 04 Diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero ABS (Marshall).....	23
Tabla N° 05. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 5.00% de asfalto en peso de la mezcla.....	28
Tabla N° 06. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 5.50% de asfalto en peso de la mezcla.....	29
Tabla N° 07. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 6.00% de asfalto en peso de la mezcla.....	30
Tabla N° 08. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 6.50% de asfalto en peso de la mezcla.....	31
Tabla N° 09. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 9.00% de asfalto en peso de la mezcla.....	32
Tabla N° 10. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 10.00% de asfalto en peso de la mezcla.....	33
Tabla N° 11. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 0.45% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	34
Tabla N° 12. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 0.50% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	35
Tabla N° 13. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 1.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	36
Tabla N° 14. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 2.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	37
Tabla N° 15. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 3.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	38
Tabla N° 16. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 6.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.....	39
Tabla N° 17 Comparación desde el punto de vista técnico.....	42

Índice de gráficos y figuras

Figura N° 01. Diagrama de flujo de procesos.....	22
Gráfico N° 02 Curva granulométrica del agregado fino (arena).....	25
Gráfico N° 03: Curva granulométrica del agregado grueso (confitillo).....	26
Gráfico N° 04 Comparación de resultados de estabilidad en la mezcla (tradicional y modificada).....	40
Gráfico N° 05 Comparación de resultados de flujo en la mezcla (tradicional y modificada)	40
Gráfico N° 06 Comparación de resultados de % de vacíos en la mezcla (tradicional y modificada)	41
Gráfico N° 07 Comparación de resultados densidad en la mezcla (tradicional y modificada)	42

Resumen

El estudio del presente trabajo de investigación se lleva a cabo luego de observar y analizar que una gran parte de la infraestructura vial se encuentra en mal estado debido a que se realizan con un asfalto tradicional, esto perjudica al crecimiento social y económico de las comunidades. Es por eso que se necesita que los pavimentos flexibles tengan una mayor durabilidad y resistencia, esto se consigue a través de la aplicación de polímeros. Esta tesis que tiene como título “EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO.”, en la presente investigación se formularon los siguientes objetivos: determinar las características de los elementos de la mezcla asfáltica, diseñar con metodología Marshall mezclas asfálticas con polímeros ABS, realizar una evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico. Para los ensayos correspondientes se tomó como muestra 144 briquetas en total (72 briquetas con 00% de asfalto modificado con polímeros ABS, 12 briquetas con 0.45% de asfalto modificado con polímeros ABS, 12 briquetas con 0.50% de asfalto modificado con polímeros ABS, 12 briquetas con 1% de asfalto modificado con polímeros ABS, 12 briquetas con 2%, 12 briquetas con 3%, y 12 briquetas con 6% de asfalto modificado con polímeros ABS). Estas briquetas serán elaboradas en un laboratorio y se le realizarán ensayos para conocer sus propiedades mecánicas, estas deben cumplir con los parámetros establecidos por las normativas vigentes. Luego se realizará una evaluación comparativa entre la mezcla asfáltica con polímeros ABS y una mezcla tradicional. Con esta mezcla modificada con polímeros se podrá tener una mayor durabilidad y calidad de los pavimentos flexibles.

Palabras claves: polímeros, pavimento flexible, propiedades mecánicas, briquetas, evaluación comparativa

Abstract

The study of this research work is carried out after observing and analyzing that a large part of the road infrastructure is in poor condition due to the fact that they are made with a traditional asphalt, this harms the social and economic growth of the communities. That is why it is necessary for flexible pavements to have greater durability and resistance; this is achieved through the application of polymers. This thesis entitled "COMPARATIVE EVALUATION OF ASPHALT MIXTURES WITH ABS AND TRADITIONAL POLYMERS TO IMPROVE THE MECHANICAL PROPERTIES IN FLEXIBLE PAVEMENTS", in this research the following objectives were formulated: determine the characteristics of the elements of the asphalt mixture, design with Marshall methodology asphalt mixtures with ABS polymers, carry out a comparative evaluation from the technical and economic point of view. For the corresponding tests, a total of 144 briquettes were taken as a sample (72 briquettes with 00% ABS polymer modified asphalt, 12 briquettes with 0.45% ABS, 12 briquettes with 0.50% ABS 12 briquettes with 1% ABS 12 briquettes with 2% ABS polymer modified asphalt, 12 briquettes with 3% ABS polymer modified asphalt and 12 briquettes with 6% ABS polymer modified asphalt). These briquettes will be made in a laboratory and tests will be carried out to know their mechanical properties, these must comply with the parameters established by current regulations. Then a comparative evaluation will be made between the asphalt mix with ABS polymers and a traditional mix. With this mixture modified with polymers it will be possible to have a greater durability and quality of flexible pavements.

Keywords: polymers, flexible pavement, mechanical properties, briquettes, benchmarking

I. INTRODUCCIÓN

Es una realidad en nuestro Perú y en nuestra región La Libertad donde las carreteras son muy significativas para la infraestructura vial el cual sirve de ayuda al adelanto económico y cultural, pero dentro de esta brecha en el que la gran mayoría están en mal estado, mostrando un rendimiento inferior y no a la altura que exigen los servicios del vehículo, temperaturas y los climas. A nivel de la región La Libertad solo se encuentra asfaltado el 7% de las vías, este antecedente fue tomado hasta el comienzo de la actual gestión en el Gobierno Regional de La Libertad. Es por eso que se está buscando diversas maneras de perfeccionar estas características y lograr una vida más larga y útil. (Region la Libertad, 2017 pág. 1)

Actualmente, en cuanto a los servicios relacionados con asfálticos se ha obtenido avances y tiene renovadas emulsiones asfálticas, el desarrollo de estos productos se obtuvo gracias a la práctica de varias pruebas en los distintos materiales que disponen el asfalto para llegar a concretar mejores servicios en cuanto a pavimentos asfálticos. Las peculiaridades de estas nuevas emulsiones permiten el uso de diversos materiales, ya sea de distinta combinación química y su uso para ser trabajados en condiciones no favorables.

En nuestra región, podemos percibir fácilmente un aumento en el volumen de tráfico vehicular, también nos damos cuenta que los pavimentos flexibles por un inadecuado mantenimiento, tienen fallos y deterioros estructurales. Algunas vías no llegan a cumplir el tiempo de vida para las cuales fueron diseñadas, los agentes ambientales como la erosión, lluvias fortuitas y desastres naturales afectan directamente a la durabilidad de los pavimentos flexibles.

Por otra parte, las dificultades encontradas son de carácter administrativo y económico, las dificultades financieras se dan al momento de elegir un diseño donde se busca un costo inferior y las dificultades administrativas observadas son la inadecuada elección en el diseño del pavimento y el seguimiento de su diligencia, así como el cumplimiento con las normativas.

Conservando esta situación en el pavimento como notamos en la realidad actual, es decir, se ha utilizado diseños de costo bajo, con una supervisión incorrecta, donde podemos avizorar fallas estructurales y las deficiencias encontradas en las vías, estas fallas se seguirán dando por el motivo que el comportamiento estructural no es suficiente para resistir los daños, así como todas las anomalías relativas a una vía que está conectado con el crecimiento de la comunidad, en efecto cuando la estructura vial no requiere una reparación completa de los daños, esto generará descontento con la movilidad, falta de afluencia de personas y mercancías, así como el negativo efecto en el desarrollo y promoción de la comunicación, actividades económicas y la cultura.

Por último, tenemos la intención de poner en práctica la implementación de un diseño de pavimento flexible, tomando como base un estudio íntegro de los factores de diseño para que el mismo sea correcto y, a su vez se obtiene como consecuencia un procedimiento estructural óptimo que es duradero y beneficioso para quienes requieren de este servicio.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación nos **formulamos el siguiente problema** ¿Cuáles son los resultados de la evaluación comparativa de mezclas asfálticas con polímeros ABS y tradicional para mejorar las propiedades mecánicas en pavimentos flexibles, Trujillo?

Justificamos la investigación del presente trabajo el cual nos permite conocer en profundidad el uso del polímero utilizado para obtener un asfalto modificado, relacionando sus propiedades mecánicas, su reacción del material asfáltico al adicionar los polímeros teniendo en cuenta el clima o el área donde se va a utilizar, lo que servirá para evaluar y entender el estudio de esta investigación. Actualmente se viene realizando diversos experimentos con la utilización de polímeros en la elaboración de asfaltos, obteniéndose resultados que generan una mejor resistencia a las cualidades mecánicas, este polímero ayudará en gran medida a reducir las fisuras del asfalto, aumentando la resistencia a la compresión y la duración de los componentes de aglutinante, disminuyendo la deficiencia a la temperatura y el humedecimiento del pavimento, para lo cual proponemos emplear

el polímero, ya que trabajara como un asfalto modificado de este modo permitir una mejor consistencia entre los componentes asfálticos, disminuir la formación de grietas, la susceptibilidad de las capas de asfalto que forman las distintas variaciones de temperatura. Señalamos que esta investigación servirá como una contribución a las generaciones venideras que tengan la intención de llevar a cabo un trabajo similar en este tema, por lo tanto, queremos informar a la comunidad que existe este procedimiento que nos ayuda a obtener un sobresaliente acabado y un mejor trabajo. Eso hará obtener mejores resultados en cuanto a mezclas asfálticas se refiere. Por otro lado, este trabajo de investigación beneficiará a los transportistas que se movilizan en distintas direcciones haciendo el traslado de productos de carga, dando de esta manera facilidad, seguridad y acortando tiempos para la llegada a cada destino.

El presente trabajo de investigación tiene como **objetivo general**; Elaborar una evaluación comparativa de la mezcla asfáltica con polímeros ABS y tradicional. También se plantearon **objetivos específicos** los cuales nos servirán para determinar: (1) Determinar las características de los elementos de la mezcla asfáltica, (2) Diseñar con la metodología Marshall mezclas asfálticas tradicional y con polímeros ABS, (3) Elaborar pruebas de estabilidad y flujo Marshall a la mezcla asfáltica tradicional y modificada con polímero ABS al 0.45%, 0.50%, 1%, 2%, 3% y 6%, porcentaje de vacíos y densidad, (4) Realizar una evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico. Estos objetivos trazados nos ayudarán a realizar una comparación sobre las propiedades de las mezclas asfálticas.

La hipótesis para esta investigación es; La evaluación comparativa de la mezcla asfáltica con polímeros ABS y a la mezcla asfáltica tradicional, genera mejores resultados en las propiedades mecánicas, durabilidad, incremento de vida útil y minimización de costos en pavimento flexible, Trujillo 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes en la presente tesis tenemos que realizar una investigación sobre polímeros reciclados en un diseño mezcla asfáltica con relación al pavimento flexible para el tráfico de vehículos se utilizan diferentes fuentes de información relacionada con el tema:

Dentro de los trabajos previos de estudios dedicados a esta investigación mencionaremos algunos, los mismos que fueron objeto de indagación por parte del autor indicando los más resaltantes, encontramos que para López y Veloz en su trabajo de tesis titulado: **“Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polímeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba”**, Indicó que los pasos a realizar para caracterizar los asfaltos modificados con polímeros contendrá variadas cantidades de modificadores SBR y SBS, de donde se obtiene una optimización de las mezclas asfálticas, así dará un mejor comportamiento en cuanto a la resistencia y a su vez alargar el tiempo de vida útil del pavimento, estas son diseñadas para beneficiar a la población garantizando una vía segura y dando comodidad al momento de la transitabilidad. En el análisis de comparación de la mezcla modificada con polímeros y la mezcla asfáltica en caliente simple, se obtuvo que la mezcla con polímeros tiene un 88.10% más en su capacidad de carga, esto indica que tiene una mayor estabilidad. En el análisis comparativo de una mezcla modificada con polímeros y una mezcla simple en frío, se conoció que la mezcla con polímeros tiene una mayor estabilidad con respecto a la mezcla en frío. Esta solo varía en un 3.68% en su capacidad de carga. (López, y otros, 2013 pág. 68)

(Silvestre, 2017 pág. 90), en su tesis **“Comparación técnica económica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plástico reciclado en la ciudad de Lima”**. Siendo la investigación de tipo experimental, su objetivo es determinar cuáles son los porcentajes en que mejoran las mezclas de asfalto, y ver su comportamiento estructural añadiendo a la mezcla plástico, para después compararla con la mezcla tradicional; como conclusión se obtuvo que la mezcla modificada con plástico tiene un mejor comportamiento al momento de resistir cargas y a las deformaciones, esta llega a mejorar su capacidad en un 4.49% con

respecto a las mezclas que no son modificadas con plástico. Lo cual la hace mejor para trabajar debido a que tiene mayor capacidad de resistir a las cargas. En su ensayo de absorción del agregado grueso se obtuvo los siguientes resultados: peso material saturado y superficialmente seco (en aire) $a = 1426.6$ g, peso material saturado y superficialmente seco (sumergido) $b = 902.3$ g, peso específico bulk (base seca) $d/c = 2.69$, peso específico bulk (base saturada) $a/c = 2.73$, peso aparente (base seca) $d/e = 2.76$ y absorción = 0.78%. El ensayo de absorción cumple con la normativa, ya que en ella se indica que debe ser menor o igual al 1%.

Para Carrizales en su trabajo de investigación titulado: "**Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimento flexibles**". Tuvo como objetivo estudiar y analizar el asfalto modificado con llantas recicladas, para después observar su comportamiento en los diseños de pavimentos flexibles. Se llegó a la conclusión de que este tipo de mezcla modificada no obtiene mejoras con respecto a su resistencia, luego de realizados los ensayos en el laboratorio como lo es el ensayo de Marshall, se obtuvo un resultado inferior a las mezclas convencionales. En el ensayo de porcentaje de vacíos de aire en la mezcla asfáltica modificada se obtuvo como valores máximos los siguientes resultados: para 6% de asfalto se obtuvo 13% de vacíos de aire, para 6.5% de asfalto se obtuvo 12.8% de vacíos de aire, para 7% de asfalto se obtuvo 10% de vacíos de aire, para 7.5% de asfalto se obtuvo 10.9% de vacíos de aire y para 8% de asfalto se obtuvo 11.1% de vacíos de aire. (Carrizales, 2015 pág. 114)

(Merino, y otros, 2017 pág. 90) en su tesis "**Estudio y análisis convencional MEZCLA DE RENDIMIENTO DE ASFALTO Plus 85/100 PEN y mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70 -28**". Determina que al realizar una mezcla convencional es afectada por varios componentes tales como el exceso de cargas, el alto volumen de tráfico como también el tiempo, mientras que la utilización de polímero SBS en la mezcla modificada ofrece óptima respuesta mecánica en relación con el rendimiento al asfalto convencional donde nos muestra un aumento de vida útil para el pavimento.

(Villagaray, 2017 pág. 114) en su trabajo de investigación “**SOLICITUD DE CAUCHO RECICLADO EN mezcla de asfalto UN DISEÑO PARA TRÁNSITO VEHICULAR AVENIDA TRAPICHE COMAS (REMANSO)**” tesis para el título de ingeniero civil. Concluye que a través del diseño Marshall podemos comprobar la rigidez en la mezcla asfáltica, el caucho reciclado lo podemos utilizar de manera confiable para optimizar las propiedades mecánicas de dicha mezcla asfáltica, a través del método seco. Es ahí donde incrementa la rigidez por 13,24% comparándolo con un asfalto tradicional como resultado a esto el asfalto modificado nos ofrece mayor resistencia.

En este trabajo de investigación también encontramos a: (Wulf, 2008 pág. 78), en su trabajo de tesis titulado “**Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero**”. Investigación realizada para obtener el título de ingeniero civil, siendo su objetivo la comparación de las mezclas asfálticas modificadas con polímeros y las mezclas tradicionales, para esto utilizó el ensayo de Marshall (Manual de carreteras Vol.8); llegó a la conclusión de que los asfaltos modificados tienen mayor capacidad de carga con respecto a los asfaltos tradicionales, esto debido a que tienen mayor estabilidad.

(Durabilidad de las mezclas asfálticas: efecto del tipo de agregado y promotores de adherencia, 2014 pág. 100) en su artículo titulado: “**Durabilidad de las mezclas de asfalto: Efecto del tipo agregado y promotores de adhesión**”, menciona que después de realizar ensayos de constitución biológica teniendo en cuenta la observación de factor de viscoelástica con propiedades del módulo respectivamente bajo en betún, él nos muestra resultados con mejor capacidad resistencia óptima y un mayor tiempo de vida útil en los EE.UU.

En la presente investigación tenemos **teorías relacionadas al tema**, donde hace muchos años los investigadores vienen trabajando en modificaciones de material de fibra de asfalto adicionando el polímero con el fin de perfeccionar sus particularidades mecánicas, con el fin de conseguir una tenacidad, flexibilidad a la deformación y factores relacionados con la climatología. El objetivo esperado en este asfalto que se encuentra mejorado con polímeros reciclados es tener mayor

cantidad de aglutinantes viscosos a altas temperaturas, con esto se logra disminuir las deformaciones. Algunas características que tienen los polímeros es que son de bajo costo, se pueden aplicar fácilmente, flexibilidades resistentes y pueden mezclarse con el asfalto.

Pavimento flexible; se llama a un pavimento cuya estructura entera flexiona o desvía las cargas a las que son sometidas. Este tipo de pavimento se utiliza mayormente en áreas de afluencia de tráfico pesado y puede ser carreteras, aceras o estacionamientos.

Mezcla asfáltica tradicional, consiste en la mezcla de asfalto con materiales minerales (áridos y finos) que juntos dan una mezcla asfáltica, se distribuyen extendiéndose en capas que luego serán compactadas, teniendo en cuenta sus características se utilizan en la construcción de pistas de aterrizaje, esparcimientos y carreteras, debido a ser impermeabilizante se usa en el núcleo de ciertas presas. (Awanti, 2013 pág. 61)

Mezclas de gradiente denso, este tipo de mezcla viene a ser un asfalto en caliente y se debe trabajar correctamente para obtener su mejor desempeño. Se clasifican por el tamaño de su agregado, estos pueden ser de grado fino o grado grueso, este tipo de mezclas se consideran relativamente impermeables. Las mezclas que contienen agregados finos, están constituidas por partículas finas y arena. Este tipo de mezclas se pueden utilizar para cualquier tipo de condición, así como parchados y nivelación, también aportan mejoras estructurales y mejoran la fricción. (Dunn, y otros, 2013 pág. 111)

La mezcla asfáltica en frío, es una de las más comunes y utilizadas para tener una mejor trabajabilidad, este tipo de asfalto es utilizado para subsanar fisuras de más de 2.54 cm de espesor y con varias irregularidades sobre el pavimento. No reemplaza a un trabajo de restauración, ya que para esto es necesario una mezcla asfáltica en caliente que cuenta con una mayor capacidad de resistencia y durabilidad.

Para la **clasificación de agregados** en mezclas asfálticas tenemos los siguientes: **Agregados en bancos**; son agregados naturales tales como la grava y arena que se encuentran en los lechos de algún río, necesariamente tienen que ser cernidos y separados por tamaño. Antes de ser utilizados en el asfalto de un pavimento deben ser lavados para disminuir impurezas orgánicas.

Agregados procesados; es un agregado que ha recibido un proceso de trituración y filtración. Al ser triturada la grava tiene bordes angulares o irregulares que son necesarias para una mejor adherencia de la mezcla asfáltica. Estas también son separadas por tamaño. ("Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC", 2013).

Agregados sintéticos; Son aquellos agregados procedentes de un alteramiento en sus propiedades físicas y químicas, dicho material llamado agregado artificial o sintético pueden ser procedentes de demoliciones utilizables y reciclables. ("Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC", 2013).

Para garantizar un **pavimento asfáltico de buena calidad** depende mucho de la calidad de los agregados que se utilice para su elaboración, su disponibilidad (si se encuentran cerca de la zona de trabajo), y el costo de los materiales, pues para determinar los agregados idóneos para las construcciones asfálticas es necesario evaluar las propiedades tales como: (Estudio de Variabilidad en Mezclas Asfálticas en Caliente Fabricadas con Altas Tasas de Material Asfáltico Reciclable (RAP), 2008 pág. 63).

Tamaño y clasificación; Para obtener la gradación deseada sobre los agregados se debe utilizar mallas que vayan desde una menor abertura hacia una de mayor abertura. De esta manera se ira pasando el agregado y separando según su tamaño.

Forma de partícula; Los agregados con bordes y de forma irregular que se obtienen a través de la trituración de rocas tienen una mayor ventaja para ser

trabajadas en los pavimentos flexibles, ya que estas irregularidades en su forma le ayudan a cerrar las juntas y le da una mayor resistencia con respecto al desplazamiento.

Textura de la superficie; Las texturas ásperas tienen una mejor capacidad de resistencia que las texturas suaves. Los agregados lisos son más manejables al momento de trabajar debido a que se pueden cubrir más rápidamente con asfalto, pero no llegan a tener el mismo coeficiente de fricción como las superficies rugosas.

Absorción; La absorción se da a través de la porosidad del agregado y forma una relación con el asfalto, es deseable que el pavimento obtenga un valor de porosidad, pero los que tienen demasiada porosidad ya no son recomendables.

Decapado; Si la capa de asfalto se separa de los agregados, debido a que se le incorpora agua, a este proceso se le conoce como *stripping*. El polvo también puede causar que no se produzca una buena mezcla entre el asfalto y los agregados, esto lleva a un fenómeno conocido como pelado de la superficie. Es donde no es adecuado utilizar las mezclas que son fácilmente eliminadas.

EL polímero; Es una sustancia que tiene un alto peso molecular compuesta por la mezcla de miles de pequeñas moléculas conocidas como monómeros (está compuesta por moléculas simples). Estas moléculas se unen a través de enlaces covalentes, estas pueden obtener diversas formas.

La materia prima para la elaboración de monómeros se encuentra de manera natural como el carbón mineral, hulla o petróleo, la elaboración de los polímeros, estos productos se obtienen en plantas especializadas, existiendo tipos de polimerización:

Polimerización en cadena; se realiza a elevadas temperaturas y baja presión siendo conocido como polimerización por adición, este tipo de reacción se lleva a cabo con los hidrocarburos donde el hidrógeno y el carbono llegan a obtener formas cadenas rectas (hidrocarburos alifáticos) y anillos de benceno (hidrocarburos aromáticos)

Polímeros de reacciones por pasos; es la unión de dos monómeros en grupos cortos llamados también reacción por condensación donde la partícula llevada a cabo a la reacción puede ser controlada, eso quiere decir que la polimerización puede ser controlada.

Los polímeros plastómeros (plástico) tienen características muy favorables para trabajar, debido a que tienen una mayor resistencia a las cargas, también tiene propiedades que le permiten aislarse del calor térmico, a su vez tiene mayor capacidad de filtración de agua. Estas características hacen que los pavimentos tengan mayor resistencia al agrietamiento en su tiempo de vida útil. (Ramirez Jimenez, 2011 pág. 28).

El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), es un tipo de plástico amorfo muy utilizado en la automoción y a su vez tiene usos domésticos como industriales, este polímero es procedente de la polimerización o emulsión del acrilonitrilo y estireno; a este tipo de plástico se le conoce como “plástico de alta ingeniería”, esto debido a que su fabricación es más complicada que los plásticos tradicionales, como lo es el polietileno.

Este tipo de bloques de acrilonitrilo tienen propiedades muy características que las benefician, como lo es la rigidez, estabilidad cuando se encuentra a temperaturas altas y es capaz de soportar ataques químicos, una de las propiedades más importantes es su resistencia a los impactos, dureza, resistencia química y al calor. Por otro lado, el butadieno le proporciona elasticidad incluso cuando este se encuentra a bajas temperaturas y le agrega mayor dureza. Es utilizado en dispositivos electrónicos y maquinaria pesada.

Este polímero ABS se puede utilizar a bajas temperaturas y también en altas temperaturas (-20 °C y los +80 °C). El ABS es resistente a fosfóricos concentrados, ácidos acuosos, ácidos clorhídricos, vegetales, minerales y álcali. Pero se ve atacado por los ácidos sulfúrico y nítrico concentrados.

Por otro lado, los bloques de butadieno, se utilizan en entornos de baja temperatura esto debido a que una de sus características es que otorgan tenacidad a diferentes

temperaturas. Esto le permite dar mayor resistencia y rigidez, evitando que se puedan quebrar, el bloque de estireno aporta resistencia mecánica y rigidez.

Dentro de los materiales de ABS tienen importantes **propiedades** en ingeniería, como buena resistencia mecánica y al impacto.

La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno, pero disminuyen entonces las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor, el amplio rango de propiedades que exhibe el ABS está relacionado en lo que presentan cada uno de sus componentes, donde **el acrilonitrilo** proporciona: Resistencia térmica, resistencia química, resistencia a la fatiga, dureza y rigidez; a su vez **el butadieno** proporciona: Ductilidad a baja temperatura, resistencia al impacto, resistencia a la fusión, así mismo **el estireno** proporciona: Facilidad de procesado (fluidez), brillo, dureza y rigidez.

Por otro lado, en concordancia con las propiedades cualitativas del polímero ABS está la **resistencia a la abrasión** alta.

La permeabilidad donde todos los grados son considerados impermeables al agua, pero ligeramente permeables al vapor.

Propiedades relativas a la fricción; no los degradan los aceites son recomendables para cojinetes sometidos a cargas y velocidades moderadas.

Estabilidad dimensional; es una de las características más sobresalientes, lo que permite emplearla en partes de tolerancia dimensional cerrada. La baja capacidad de absorción de la resina y su resistencia a los fluidos fríos, contribuyen a su estabilidad dimensional.

Pigmentación; la mayoría de estas resinas, están disponibles en colores estándar sobre pedido, se pueden pigmentar, aunque requieren equipo especial.

Facilidad de unión; se unen fácilmente entre sí y con materiales plásticos de otros grupos mediante cementos y adhesivos, como también tienen la capacidad de absorción la cual es baja.

Propiedades ambientales; la exposición prolongada al sol produce una capa delgada quebradiza, causando un cambio de color y reduciendo el brillo de la superficie y la resistencia a la flexión. La pigmentación en negro provee mayor resistencia a la intemperie.

Resistencia química; generalmente buena, aunque depende del grado de la resina, de la concentración química, temperatura y esfuerzos sobre las partes. En general no son afectadas por el agua, sales inorgánicas, álcalis y por muchos ácidos. Son solubles en ésteres, acetona, aldehídos y en algunos hidrocarburos clorados.

Formado; se adaptan bien a las operaciones secundarias de formado. Cuando se calientan, los perfiles extruidos, se pueden doblar y estampar.

Facilidad de maquinado; sus características son similares a las de los metales no ferrosos, se pueden barrenar, fresar, torneear, aserrar y troquelar.

Acabados superficiales; pueden ser acabados mediante metalizado al vacío y electro plateado.

Resistencia a la fatiga; se presenta para cargas cíclicas o permanentes mayores a 0.7 Kg mm².

Recocida; se mantiene 5° C arriba de la Temperatura de distorsión durante 2 a 4 h.

Obtención, hay tres procesos comerciales para la manufactura del ABS; la Emulsión, Masa y Suspensión - masa

Las aplicaciones habituales del ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) son las siguientes:

General: juguetes, bienes de consumo, teléfonos, cascos de seguridad.

Automóvil: paneles interiores para puertas, pilares, tapicería de asientos, rejillas, tableros de mandos, carcasas para espejos

Electrodomésticos: carcasas de electrodomésticos de cocina, carcasas de aspiradoras, paneles de control o productos de línea blanca.

Extrusión: chapados, platos de ducha, techos para tractores, cantos de mobiliario, revestimientos de neveras, equipaje.

El asfalto, material pegajoso de matiz negro, de color marrón oscuro, compuesto esencialmente por los llamados asfáltenos, aceites y resinas, mecanismos que proporcionan propiedades y características de estabilidad. Cuando se calienta a paso lento, se ablanda hasta que una nos da una resistencia a los líquidos. Estos tienen orígenes obtenidos a partir de aceites y natural. Suelos materiales, Materiales de calidad Asfálticos, (Course Hero, 2014 pág. 01).

Dentro de las **propiedades y características de asfalto**, podemos decir que es un fluido denso que tiene como elementos a los hidrocarburos o procedente de ellos mismos, como la consistencia, durabilidad, elasticidad, resistencia al corte.

Ubicándonos en las clases de asfalto localizamos:

Asfaltos Líquidos; se les conoce así debido a que se forman por los diseños y disolvente de hidrocarburo asfáltico, cementos de diferentes intervalos de destilación, proporcionándoles asfaltos diluidos que cuentan con tiempos variados de corte o curado, se trata de productos líquidos a temperatura ambiente y adaptarse al frío. El curado Medium más representativo y se utilizan (MC) y de la curación rápida (RC) y emulsiones de asfalto y de polímero modificado convencionales. Ellos sugieren con resultados probados y muy eficaces en

cebadores, sello suspensión, liga de riesgos, tratamientos de superficie, ya sea de una o dos capas.

Cementos Asfálticos; este asfalto se utiliza a temperatura del ambiente, se utilizan mayormente de obras de pavimentación. Se clasifican de acuerdo a su penetración o estabilidad de la viscosidad. En Perú se utiliza en penetración y clasificación a 25 °C. (Atero, 2016 pág. 3).

Polímeros utilizados en la modificación de asfaltos, estos cementos asfálticos llegan a ser modificados utilizando elastómeros, SBR (Estireno- Butadieno- Látex) y SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) o con plastómeros como el EVA (Etileno- Vinil-Acetato), estos cementos asfálticos modificados tienen una gran característica la cual es que debido al polímero EVA tienen una mayor viscosidad, esto le otorga una flexibilidad cuando se encuentra a bajas temperaturas y le da menor plasticidad a altas temperaturas. Los polímeros favorecen a los pavimentos dándole ciertas peculiaridades, estas tienen mayor resistencia al fisuramiento y a la deformación permanente. La elaboración de los polímeros, estos productos se obtienen en plantas especializadas a través de plantas, materias primas. Existen tipos de polimerización:

Tipos de mezclas asfálticas con polímeros. Elastómeros (Látex, Hule natural, SBS, SBR, PC y ABS) Estos componentes relevantes se mezclan: resina base, endurecedor y asfalto, los cuales sobrellevan y transforman al cemento asfáltico. Esto lleva que tengan una mejor conciliación entre sus elementos, a su vez sirven para devolver la rugosidad en pavimentos donde ya perdieron esta característica por el tiempo que han sido usadas, también se utiliza en partes de la vía que han perdido resistencia y áreas donde es necesario una mayor resistencia al derrapaje. (López, y otros, 2013 pág. 27)

Principales modificadores utilizados en asfalto; teniendo en cuenta trabajos anteriores, donde se ha buscado diferentes alternativas en el campo relacionado a la construcción, sin lugar a duda siempre se busca obtener asfaltos con mejores características y propiedades que permitan tener un rendimiento óptimo y obtener un pavimento de mejor calidad. Por lo tanto, dio lugar a nuevos asfaltos llamados

"asfaltos modificados", utilizando a los "Elastómeros y Plastómeros", en muchos países ya están utilizando el SBS tipo de polímeros son los más comúnmente utilizados en los pavimentos seguido en preferencia polímero EVA.

En las mezclas asfálticas modificadas con polímeros, los polímeros aportan mejoras físicas a los asfaltos, esto se obtiene a través de su combinación. Una de las características de las mezclas modificadas es que tienen un mejor comportamiento cuando son trabajadas en altas o bajas temperaturas ambientales. Estos nuevos asfaltos modificados tienen mejores características con respecto a los asfaltos convencionales utilizados comúnmente, esto permitirá que las vías con pavimento flexible obtengan mejoras notables con respecto a las convencionales. Esto nos lleva a la conclusión de que los asfaltos que se combinan con los polímeros se les conoce como "Asfaltos Modificados". (López, y otros, 2013 pág. 34)

Los asfaltos que contienen resinas tienen un mejor entendimiento con los agentes modificadores, las resinas son las que ayudan a que los polímeros se mezclen de una forma óptima con el asfalto. Por otro lado, los asfáltenos y asaltos altamente saturados, tienen un bajo coeficiente de trabajabilidad con los agentes modificadores, la refinación y la fuente del asfalto influyen bastante para que el asfalto modificado obtenga una calidad adecuada para trabajarse. (Ramirez, 2011 pág. 33).

(COMPORTAMIENTO DE UN CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON UN DESECHO DE PVC, 2013 pág. 3), en este artículo se estableció que se obtiene una resistencia óptima cuando los agregados minerales de la mezcla asfáltica son grava, arena, piedra triturada y polvo de roca. Para esto los agregados son mezclados uniformemente con filler mineral y asfalto para dar un mejor comportamiento a los pavimentos. Los principales soportes de un pavimento asfáltico son los agregados, estos representan un 90% a 95% del peso de la mezcla y son un 75% a 85% en cantidad de volumen.

A su vez ellos también establecieron que la versatilidad es una ventaja del asfalto como una obra de ingeniería, sin embargo, es semisólido a temperatura ambiente. El asfalto se puede disgregar empleando calor, añadiendo solventes o emulsionando. En los proyectos viales mayormente es usado este material por ser adhesivo como también impermeable. A su vez resiste a la mayoría de acciones como ácidos, álcalis y sales.

Dentro de las **propiedades de las mezclas asfálticas con polímeros** tenemos a: **Durabilidad**; las diversas propiedades en las mezclas asfálticas generan la durabilidad y resistencia en el asfalto aumentando así la resistencia mecánica a la vez presenta una mayor consistencia con los agregados aumentando su capacidad para el ahuellamiento y rodadura, a su vez obtiene una mejor condición con respecto a las tensiones, tiempo de carga y temperatura. Por otro lado, disminuye su sensación térmica y a su vez disminuye las cargas obtenidas por el tráfico vehicular. Este tipo de asfalto modificado tiene características que son favorables para su utilización. Estas mezclas reducen la exudación, esto debido a que tienen una considerable viscosidad, su gran elasticidad y su poca fluidez. Al mismo tiempo se destaca su flexibilidad cuando se encuentra a temperaturas bajas, esto evita que se produzcan fisuramientos con mayor rapidez. (Oribe, y otros, 2015 pág. 16)

De igual manera ("Resistencia al daño por humedad del asfalto de mezcla en caliente elaborado con desechos de la industria del papel como relleno", 2016 pág. 80), ellos señalaron que el asfalto es utilizado mayormente en la elaboración de carreteras (70%), este sirve como adhesivo o aglutinante para ser combinado con los agregados y así crear el concreto asfáltico. También es utilizado como impermeabilizante, este se utiliza en el sellado de techos.

De la misma forma ("Laboratory evaluation of SMA mixes prepared with SBS modified and neat bitumen", 2013 pág. 61) indicó que desde 1990 se ha utilizado en los Estados Unidos por ser resistente a la rodadura debido a la a que sus propiedades de durabilidad son mejores en comparación a las demás. Estas mezclas tienen la capacidad de mejorarla fricción en zonas donde su climatología es humedad y debido a su gran textura son capaces de disminuir las emisiones de ruido provocadas por los neumáticos. Los aditivos y los minerales tienen la capacidad de disminuir el drenaje del líquido asfáltico al momento de ser trabajado,

aumentan sus propiedades de durabilidad durante su tiempo de vida útil y sirven para aumentar el volumen del líquido asfáltico.

Tiempo de vida útil, las mezclas modificadas tienen una mayor resistencia con respecto a las mezclas tradicionales conocidas, el tiempo de vida útil es de 2 a 3 veces superior. El caucho es el principal agente que evita el envejecimiento prematuro del pavimento. Los elementos que componen estas mezclas modificadas son el látex, SBS, hule y SBR. Estos proporcionan mayor rigidez, lo cual ocasiona que se aumente el tiempo de vida útil debido a que puede soportar mayores cargas sin obtener deformaciones en su estructura. (Ramírez, 2011 pág. 69)

Las modificaciones sometidas a estos asfaltos lo hacen más rígido, manteniendo sus propiedades elásticas lo que evita que se produzcan fisuras en el pavimento. Los polímeros elastómeros dan una superior elasticidad a las mezclas asfálticas cuando son trabajadas a una temperatura de -10°C y $+10^{\circ}\text{C}$, esto permite que la mezcla pueda soportar mayores etapas de esfuerzo cortante sin sufrir daños notables, esto permite que el pavimento tenga un mayor tiempo de vida. El hule de la llanta es un material que tiene semejanza a los polímeros, para este tipo de mezcla se debe administrar considerablemente. (López, y otros, 2013 pág. 29).

El costo; como costo adicional tendremos un aumento del 25% para el proceso de esta mezcla es así que se debe considerar la selección de este procedimiento para su proyecto y elaboración de la mezcla asfáltica, relacionando si el costo será el adecuado para el beneficio de la población cuando sea necesaria su utilización. La polimerización y la disponibilidad de los polímeros influyen directamente en el costo que tendrá la mezcla asfáltica. Al ser un material que se están utilizando bastante tienen un valor competitivo en el mercado. (López, y otros, 2013 pág. 78)

Diseño de mezcla asfáltica; existen diversos métodos para la preparación de mezclas asfálticas en caliente. Dentro de las más usuales tenemos a Marshall,

Hyeem, Hurbbard-Field y Triaxialde Smit. En este trabajo de investigación se empleará el procedimiento de Marshall ya que este es el que más se adecua.

Método Marshall (ASTM D-1559), Esta normativa nos da a conocer el método que se debe utilizar para conseguir una alta resistencia ante las deformaciones que puedan ser ocasionadas por las cargas. A través de este método también se pueden llevar los controles en obra y a su vez para la elaboración de diseños de mezcla. Los procesos de este método consisten en combinar los agregados y el líquido asfáltico, para luego ser colocados en los moldes. Cada molde tendrá un porcentaje diferente de asfalto, para luego ser analizados y poder observar sus características de tamaño, calidad, etc.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de diseño de investigación.

La investigación será aplicada donde se maneja la variable independiente con el fin de medir el comportamiento de la variable dependiente. Para esta investigación se mostrarán los resultados relevantes con respecto a los trabajos que se realizarán, estos resultados serán los principales ejes de este proyecto, obteniendo como efecto la evaluación comparativa de la mezcla asfáltica con polímeros ABS (Hernandez, 2006 pág. 58).

Diseño de investigación.

En la investigación se utilizó el diseño experimental puro, diseño con dos grupos, aplicando una post prueba al grupo testigo y al grupo experimental.

GT	.....	O1
GE1	X	O2
GE2	X	O3
GE3	X	O4
GE4	X	O5
GE5	X	O6
GE6	X	O7

Grupo Testigo: AF + AG + 0 % (X)	O1
Grupo Experimental 1: AF + AG +A + 0.45% (ABS).....	O2
Grupo Experimental 2: AF + AG +A + 0.50% (ABS).....	O3
Grupo Experimental 3: AF + AG +A + 1.00% (ABS).....	O4
Grupo Experimental 4: AF + AG +A + 2.00% (ABS).....	O5
Grupo Experimental 5: AF + AG +A + 3.00% (ABS).....	O6
Grupo Experimental 6: AF + AG +A + 6.00% (ABS).....	O7

DONDE: GT= Grupo testigo.

GE= Grupo experimental

X= Estímulo (ABS)

AF= Agregado fino.

AG= Agregado grueso

A= Asfalto.

..... Ausencia del estímulo.

O1= Resultado sin polímero ABS.

O2,O3,O4,O5,O6,O7= Resultados con estímulo ABS.

3.2 Variables y operacionalización.

VI: Evaluación comparativa de la mezcla asfáltica con Polímero ABS al 0.45%, 0.50%, 1%, 2%, 3% y 6% con la mezcla asfáltica tradicional.

VD: Mejorar las propiedades mecánicas del pavimento flexible.

3.3 Población, muestra y muestreo.

La población, es el conjunto de unidades en estudio de las cuales se quiere conocer sus propiedades, para este trabajo de investigación la población está representada por 144 briquetas de asfalto modificado y asfalto tradicional.

La muestra, es una parte representativa de la población y para su obtención se aplica una fórmula para cada tipo de estudio en particular. Para este estudio como la variable es cuantitativa el tamaño de la muestra se hará por promedio poblacional, la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$n = \frac{Z^2 S^2 N}{E^2 (N - 1) + Z^2 S^2}$$

Z= Nivel de confianza

S= Desviación estándar

N= Tamaño de población

E= % del estimador

$$n = \frac{1.95^2 * 0.5^2 * 144}{0.05^2 (144 - 1) + 1.95^2 * 0.5^2} = 104.65$$

Para los estudios se tomó como muestra las 144 briquetas, la cual está conformada por 72 para el asfalto tradicional y 72 para la mezcla modificada con polímero ABS.

Se utilizó el **muestreo aleatorio simple**, esta es una técnica probabilística, donde cada muestra del laboratorio tiene una probabilidad de ser seleccionada y es extraída de una manera aleatoria.

Ensayos realizados a los agregados.

ENSAYOS REALIZADOS AL AGREGADO MINERAL			
ITEM	TIPO DE ENSAYO	CANTIDAD	NORMATIVA
1	Diseño de mezcla teórico	2.00	MARSHALL
2	Análisis granulométrico	2.00	MTC-E204
3	Gravedad específica y absorción	2.00	MTC E 205
4	Contenido de humedad	2.00	MTC-E108
5	Peso unitario suelto y varillado	2.00	MTC E 203
6	Ensayo de desgaste por abrasión	1.00	ASTM C 131
7	Ensayo de equivalente de arena	1.00	MTC E 114
8	Contenido de sales solubles en agregado	2.00	MTC E 219
10	Ensayo para la determinación de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso	2.00	MTC – 223

ENSAYOS REALIZADOS A LA MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL									
Ítem	Ensayo	Porcentajes						Cantidad	Normativa
		5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	9.00%	10.00%		
01	Estabilidad	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E504
02	Flujo	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E504
03	Cálculo de vacíos	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E505
04	Densidad	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E510

ENSAYOS REALIZADOS A LA MEZCLA ASFÁLTICA CON % DE POLÍMERO ABS									
Ítem	Ensayo	Porcentajes						Cantidad	Normativa
		0.45%	0.50%	1.00%	2.00%	3.00%	6.00%		
01	Estabilidad	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E504
02	Flujo	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E504
03	Cálculo de vacíos	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E505
04	Densidad	3	3	3	3	3	3	18	MTC-E510

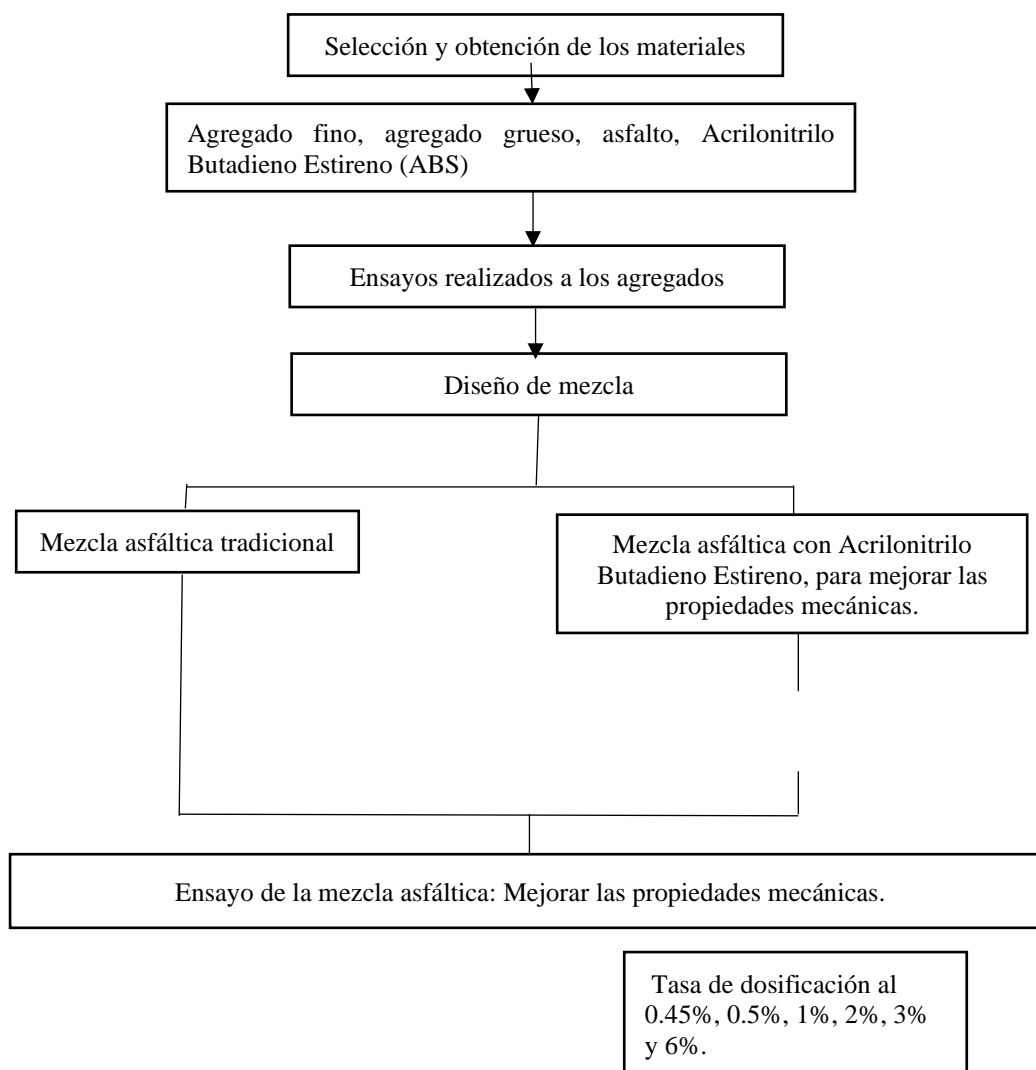
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la elaboración de este trabajo de investigación se empleó la técnica de observación de datos indirecta, estos datos se consiguieron a través de los ensayos que se realizaron dentro del tiempo de estudio y de todas las mezclas asfálticas.

En esta investigación se utilizó como instrumento el Manual de Carreteras vigente, este sirvió para elaborar la guía de observación de indicadores, esta guía tendrá los datos donde se muestran los valores referentes a los estudios realizados, con esto se pudo comparar los diferentes tipos de mezclas (modificado con polímeros y mezclas convencionales). También se utilizó los instrumentos del laboratorio de mecánica de suelos los cuales sirvieron para realizar los ensayos correspondientes.

3.3. Procedimiento.

Figura N° 01. Diagrama de flujo de procesos.



Paso 01. Características del agregado de la mezcla asfáltica

Se realizó el estudio de mecánica de suelos que consiste en realizar los siguientes ensayos: análisis granulométrico, gravedad específica y absorción, contenido de humedad, peso unitario suelto y varillado, ensayo de desgaste por abrasión, ensayo de equivalente de arena, contenido de sales solubles en agregado y el ensayo para la determinación de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso.

Paso 02. Diseño de la mezcla asfáltica tradicional y modificada con polímero ABS

Utilizando el método Marshall se realizó el diseño de la mezcla asfáltica tradicional para posteriormente determinar el porcentaje óptimo contenido de asfalto. Una vez obtenido el porcentaje óptimo de asfalto, este sirvió como base para elaborar el segundo diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero ABS usando también el método Marshall, el cual fue ensayado para determinar la estabilidad de las briquetas con 0.45%, 0.50%, 1%, 2%, 3% y 6% de polímero ABS en la prensa Marshall.

Paso 03. Elaboración de briquetas de ensayo

Cada biqueta contiene porcentajes diferentes de asfalto, los agregados se mezclan con el asfalto y se calientan hasta conseguir una mezcla uniforme. Con esto se consigue imitar el procedimiento que se realiza en la planta. Esta mezcla uniforme se coloca en las briquetas Marshall y luego son compactadas haciendo uso de un martillo. Para su compactación se van dando golpes haciendo uso del martillo, la cantidad de golpes que se darán dependerá del diseño de la mezcla.

Paso 04. Ensayos de estabilidad y flujo, porcentaje de vacíos y densidad

A cada biqueta con mezcla tradicional y modificada con polímero ABS se realizó los ensayos de estabilidad y flujo, porcentaje de vacíos y densidad. Con el fin de conocer sus características con las diferentes cantidades de asfalto y con los diferentes porcentajes de polímeros ABS.

Paso 05. Evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico

Se realizará la evaluación desde el punto de vista técnico, la durabilidad de mezcla asfáltica tradicional y modificada, su tiempo de vida útil. También se realizará la comparación desde el punto de vista económico para poder saber cuál de las dos mezclas presenta mejor viabilidad para ser ejecutada.

3.3.1. Método de análisis de datos

Los datos que se recolectaron fueron analizados estadísticamente, incurriendo en un tipo de análisis descriptivo, para los ensayos de laboratorio se elaboraron basándose en las normativas vigentes como lo es el Manual de Carreteras.

3.4. Aspectos éticos

Todos los datos recogidos fueron tal e igual a los resultados del trabajo de campo obtenidos por el investigador. Todos los datos recogidos de los ensayos son verídicos y no fueron manipulados de ninguna manera así se obtuvo un trabajo de calidad, esto se realizó con el aporte de más personas que apoyaron para la elaboración de este proyecto; tomando como apoyo trabajos de investigación, las cuales están relacionadas con el presente estudio, revistas científicas y trabajos de tesis.

IV. RESULTADOS

Los ensayos realizados en este trabajo de investigación se realizaron en un laboratorio de mecánica de suelo debidamente certificado y que cuenta con sus instrumentos calibrados. Con estos ensayos se logró conocer las características del agregado con el cual se trabajó para luego realizar el diseño de mezcla tradicional y modificado con polímero ABS, posteriormente se realizó los ensayos de estabilidad y flujo, porcentaje de vacíos y densidad.

4.1 Análisis de las características de los agregados.

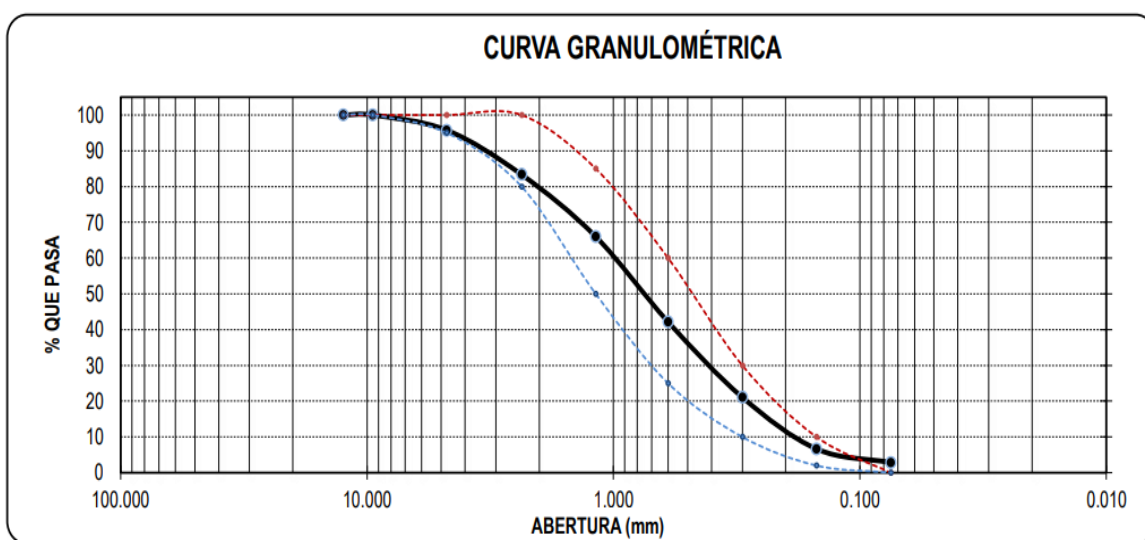
A continuación, se presentan los resultados de las características de los agregados fino y grueso de la cantera San Martín ubicado en el sector El Milagro de la ciudad de Trujillo.

A. Agregado fino:

Tabla N° 01 Resultados de los ensayos al agregado fino.

N°	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	NORMA
01	Gravedad específica y absorción	%	1.68	MTC E-205
02	Contenido de humedad	%	2.07	NTP 339.185
03	Peso unitario seso	(Kg/m ³)	1540	MTC E 203,
04	Peso unitario compactado	(Kg/m ³)	1704	MTC E 203
05	Sales solubles totales	%	0.37	MTC 2019
06	Durabilidad al sulfato o magnesio.	%	8.13	MTC E 209
07	Equivalente de arena	%	27.00	MTC E 114

Gráfico N° 02 Curva granulométrica del agregado fino (arena)



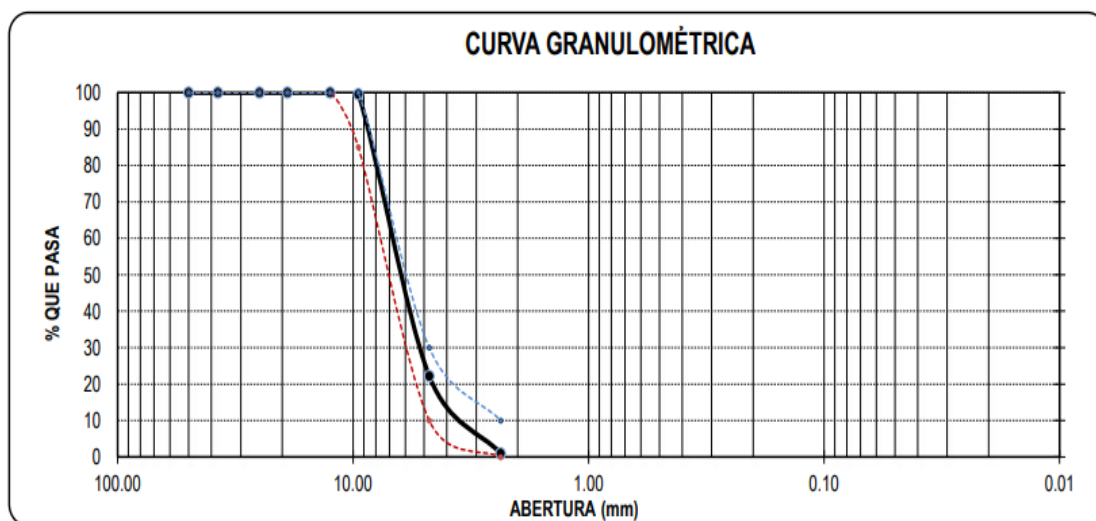
Después de realizar el análisis granulométrico del agregado, se determinó que este cumple con las especificaciones NTP 400.037, en el gráfico 2 se puede observar que la curva granulométrica del agregado se encuentra dentro de los límites permitidos por la especificación. Los tamices que se utilizaron para el análisis granulométrico del agregado fino van desde el N°4 hasta el N°100.

B. Agregado grueso

Tabla N° 02 Resultados de los ensayos al agregado grueso

N°	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	NORMA
1	Gravedad específica y absorción	%	2.37	MTC E-206
2	Contenido de humedad	%	0.74	NTP 339.185
3	Peso unitario seco	gr/cm ³	1404	MTC E 203
4	Peso unitario compactado	gr/cm ³	1507	MTC E 203
5	Desgaste por abrasión	%	21.40	ASTM C 131
7	Sales solubles totales	%	0.07	MTC E 2019
8	Durabilidad al sulfato de magnesio	%	12.41	MTC E 209
9	Partículas chatas y alargadas en masa	%	3.00	ASTM D 4791
10	Partículas chatas y alargadas por conteo	%	0.80	ASTM D 4791
11	Abrasión de los ángeles	%	21.43	MTC E 207
12	Caras fracturadas	%	3.00	MTC E 219

Gráfico N° 03: Curva granulométrica del agregado grueso (confitillo)



Con el ensayo del análisis granulométrico del confitillo, los tamices que se utilizaron van desde el N°1/2" hasta el N°8. Como se puede observar en el gráfico 3, el agregado cumple con los límites establecidos por la especificación Grout. Con el ensayo se pudo determinar que el agregado cumple con la calidad requerida para un óptimo desempeño al momento de trabajarse.

4.2. Diseño de mezcla asfáltica usando el método Marshall.

A. Diseño de mezcla asfáltica tradicional

Para conocer con qué porcentaje de asfalto se obtiene un mejor resultado se elaboraron briquetas con 6 porcentajes de asfalto diferentes. Con los resultados obtenidos se pudo determinar que la mezcla tiene un mejor comportamiento utilizando un 6.05% de asfalto.

Tabla N° 03 Diseño de mezcla asfáltica tradicional (Marshall)

Asfalto: PEN	T° Mezcla:	T° Compactación:	Gravedad Especifica:	N° Golpes:
60/70	146°C	138°C	1.0136	75

% Asfalto en peso	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%	9.00%	10.00%
% Agregado grueso en peso	42.80	42.50	42.30	42.10	41.00	40.50
% Agregado fino en peso	52.30	52.00	51.70	51.40	50.10	49.50
% Filler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

B. Diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero ABS

Para conocer con qué porcentaje de polímero ABS se obtiene un mejor resultado se elaboraron briquetas con 6 porcentajes de polímero diferentes. Por otra parte, en el diseño de la mezcla asfáltica modificada se obtuvo como resultado que el porcentaje óptimo de polímero ABS es del 0.856%, esta mezcla presenta mejores propiedades con respecto a la mezcla tradicional.

**Tabla N° 05 Diseño de mezcla asfáltica modificada con polímero ABS
(Marshall)**

Asfalto: PEN	T° Mezcla	T° Compactación	Gravedad Especifica	N° Golpes
60/70	146°C	138°C	1.0136	75

% De polímero ABS reemplazante del agregado grueso	0.45%	0.50%	1.00%	2.00%	3.00%	6.00%
% Del polímero ABS en la mezcla	0.42	0.47	0.94	1.88	2.82	5.64
% Cemento asfáltico en peso	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05
% Agregado grueso en peso	41.855	41.808	41.338	40.399	39.459	36.641
% Agregado fino en peso	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673

4.3. Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica

- Propiedades de la mezcla asfáltica tradicional**

Se elaboraron pruebas de estabilidad y flujo Marshall, porcentaje de vacíos y densidad a la mezcla asfáltica con porcentajes de asfalto al 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 9% y 10%. Con estos ensayos se pudo conocer las propiedades mecánicas de la mezcla.

Tabla N° 07. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 5.00% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	42.80%	52.20%	938.88	1023.68 (Lb)
02	Estabilidad	42.80%	52.20%	1192.32	
03	Estabilidad	42.80%	52.20%	939.84	
01	Flujo	42.80%	52.20%	4.09	4.39 (mm)
02	Flujo	42.80%	52.20%	4.27	
03	Flujo	42.80%	52.20%	4.83	
01	%de vacíos	42.80%	52.20%	11.04	11.24 %
02	%de vacíos	42.80%	52.20%	11.09	
03	%de vacíos	42.80%	52.20%	11.57	
01	Densidad	42.80%	52.20%	2.148	2.143 (gr/cm3)
02	Densidad	42.80%	52.20%	2.146	
03	Densidad	42.80%	52.20%	2.135	

Con el porcentaje de 5% de asfalto la mezcla asfáltica no cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

Tabla N° 08. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 5.50% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Promedio parcial	Promedio final
01	Estabilidad	42.50%	52.00%	1468.80	1457.20 (Lb)
02	Estabilidad	42.50%	52.00%	1410.00	
03	Estabilidad	42.50%	52.00%	1492.80	
01	Flujo	42.50%	52.00%	6.86	5.80 (mm)
02	Flujo	42.50%	52.00%	5.08	
03	Flujo	42.50%	52.00%	5.46	
01	%de vacíos	42.50%	52.00%	10.34	10.56 %
02	%de vacíos	42.50%	52.00%	10.12	
03	%de vacíos	42.50%	52.00%	11.22	
01	Densidad	42.50%	52.00%	2.149	2.144 (gr/cm ³)
02	Densidad	42.50%	52.00%	2.154	
03	Densidad	42.50%	52.00%	2.128	

Con el porcentaje de 5.5% de asfalto la mezcla asfáltica no cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

Tabla N° 09. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 6.00% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Promedio parcial	Promedio final
01	Estabilidad	42.30%	51.70%	1814.40	1894.72 (Lb)
02	Estabilidad	42.30%	51.70%	2007.36	
03	Estabilidad	42.30%	51.70%	1862.40	
01	Flujo	42.30%	51.70%	4.06	3.85 (mm)
02	Flujo	42.30%	51.70%	3.68	
03	Flujo	42.30%	51.70%	3.81	
01	%de vacíos	42.30%	51.70%	9.44	9.29 %
02	%de vacíos	42.30%	51.70%	9.25	
03	%de vacíos	42.30%	51.70%	9.16	
01	Densidad	42.30%	51.70%	2.155	2.159 (gr/cm3)
02	Densidad	42.30%	51.70%	2.159	
03	Densidad	42.30%	51.70%	2.161	

Con el porcentaje de 6.00% de asfalto la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

Tabla N° 10. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 6.50% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Promedio parcial	Promedio final
01	Estabilidad	42.10%	51.40%	1945.00	2015.00 (Lb)
02	Estabilidad	42.10%	51.40%	1940.00	
03	Estabilidad	42.10%	51.40%	2160.00	
01	Flujo	42.10%	51.40%	3.56	3.71 (mm)
02	Flujo	42.10%	51.40%	3.76	
03	Flujo	42.10%	51.40%	3.81	
01	%de vacíos	42.10%	51.40%	7.01	7.13 %
02	%de vacíos	42.10%	51.40%	7.84	
03	%de vacíos	42.10%	51.40%	6.53	
01	Densidad	42.10%	51.40%	2.197	2.194 (gr/cm3)
02	Densidad	42.10%	51.40%	2.177	
03	Densidad	42.10%	51.40%	2.208	

Con el porcentaje de 6.5% de asfalto la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

Tabla N° 11. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 9.00% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Promedio parcial	Promedio final
01	Estabilidad	41.00%	50.10%	2801.30	2801.30 (Lb)
02	Estabilidad	41.00%	50.10%	2801.30	
03	Estabilidad	41.00%	50.10%	2801.30	
01	Flujo	41.00%	50.10%	5.33	5.33 (mm)
02	Flujo	41.00%	50.10%	5.33	
03	Flujo	41.00%	50.10%	5.33	
01	%de vacíos	41.00%	50.10%	-0.37	-0.37 %
02	%de vacíos	41.00%	50.10%	-0.37	
03	%de vacíos	41.00%	50.10%	-0.37	
01	Densidad	41.00%	50.10%	2.290	2.290 (gr/cm3)
02	Densidad	41.00%	50.10%	2.290	
03	Densidad	41.00%	50.10%	2.290	

Con el porcentaje de 9.00% de asfalto la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos no cumplen con lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto nos da a conocer que el pavimento es susceptible al fisuramiento debido a que es una mezcla muy cerrada. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por encima de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

Tabla N° 12. Resultado del ensayo de la mezcla tradicional al 10.00% de asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	Agregado grueso	Agregado fino	Promedio parcial	Promedio final
01	Estabilidad	40.50%	49.50%	2256.80	2256.80 (Lb)
02	Estabilidad	40.50%	49.50%	2256.80	
03	Estabilidad	40.50%	49.50%	2256.80	
01	Flujo	40.50%	49.50%	6.10	6.10 (mm)
02	Flujo	40.50%	49.50%	6.10	
03	Flujo	40.50%	49.50%	6.10	
01	%de vacíos	40.50%	49.50%	-0.81	-0.81 %
02	%de vacíos	40.50%	49.50%	-0.81	
03	%de vacíos	40.50%	49.50%	-0.81	
01	Densidad	40.50%	49.50%	2.269	2.269 (gr/cm3)
02	Densidad	40.50%	49.50%	2.269	
03	Densidad	40.50%	49.50%	2.269	

Con el porcentaje de 10.00% de asfalto la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos no cumplen con lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto nos da a conocer que el pavimento es susceptible al fisuramiento debido a que es una mezcla muy cerrada. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por encima de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

- **Propiedades de la mezcla asfáltica modificada con polímero ABS**

Se elaboraron pruebas de estabilidad y flujo Marshall, porcentaje de vacíos y densidad a la mezcla asfáltica modificada con porcentajes de polímero BAS al 0.45%, 0.50%, 1.00%, 2.00%, 3.00% y 6.00%. Con estos ensayos se pudo conocer las propiedades mecánicas de la mezcla.

Tabla N° 13. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 0.45% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% polímero en la mezcla	% cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	41.855	51.673	0.42	6.050	1677.52	1672.32 (Lb)
02	Estabilidad	41.855	51.673	0.42	6.050	1667.12	
03	Estabilidad	41.855	51.673	0.42	6.050	1672.32	
01	Flujo	41.855	51.673	0.42	6.050	3.56	3.54 (mm)
02	Flujo	41.855	51.673	0.42	6.050	3.53	
03	Flujo	41.855	51.673	0.42	6.050	3.54	
01	%de vacíos	41.855	51.673	0.42	6.050	4.91	4.98 %
02	%de vacíos	41.855	51.673	0.42	6.050	5.05	
03	%de vacíos	41.855	51.673	0.42	6.050	4.98	
01	Densidad	41.855	51.673	0.42	6.050	2.268	2.266 (gr/cm3)
02	Densidad	41.855	51.673	0.42	6.050	2.265	
03	Densidad	41.855	51.673	0.42	6.050	2.266	

Con el porcentaje de 0.45% de polímero ABS la mezcla asfáltica no cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos cumplen con lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto nos da a conocer que el pavimento tendrá un óptimo desempeño al momento de la compactación. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por encima de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

Tabla N° 14. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 0.50% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% Polímero en la mezcla	% Cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	41.808	51.673	0.47	6.050	1625.52	1746.85 (Lb)
02	Estabilidad	41.808	51.673	0.47	6.050	1885.52	
03	Estabilidad	41.808	51.673	0.47	6.050	1729.52	
01	Flujo	41.808	51.673	0.47	6.050	2.79	3.23 (mm)
02	Flujo	41.808	51.673	0.47	6.050	2.84	
03	Flujo	41.808	51.673	0.47	6.050	4.06	
01	%de vacíos	41.808	51.673	0.47	6.050	6.01	5.82 %
02	%de vacíos	41.808	51.673	0.47	6.050	5.63	
03	%de vacíos	41.808	51.673	0.47	6.050	5.81	
01	Densidad	41.808	51.673	0.47	6.050	2.243	2.247 (gr/cm3)
02	Densidad	41.808	51.673	0.47	6.050	2.252	
03	Densidad	41.808	51.673	0.47	6.050	2.247	

Con el porcentaje de 0.50% de polímero ABS la mezcla asfáltica no cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo es inferior al valor mínimo requerido, esto hace saber que la mezcla es susceptible a la deformación. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

Tabla N° 15. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 1.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% polímero en la mezcla	% Cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	41.338	51.673	0.94	6.050	1932.32	1786.72 (Lb)
02	Estabilidad	41.338	51.673	0.94	6.050	1927.12	
03	Estabilidad	41.338	51.673	0.94	6.050	1500.72	
01	Flujo	41.338	51.673	0.94	6.050	2.92	4.11 (mm)
02	Flujo	41.338	51.673	0.94	6.050	5.33	
03	Flujo	41.338	51.673	0.94	6.050	4.06	
01	%de vacíos	41.338	51.673	0.94	6.050	7.03	9.31 %
02	%de vacíos	41.338	51.673	0.94	6.050	6.51	
03	%de vacíos	41.338	51.673	0.94	6.050	7.06	
01	Densidad	41.338	51.673	0.94	6.050	2.228	2.232 (gr/cm3)
02	Densidad	41.338	51.673	0.94	6.050	2.240	
03	Densidad	41.338	51.673	0.94	6.050	2.227	

Con el porcentaje de 1.00% de polímero ABS la mezcla asfáltica no cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

Tabla N° 16. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 2.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% Polímero en la mezcla	% Cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	40.399	51.673	1.88	6.050	1793.00	1812.33 (Lb)
02	Estabilidad	40.399	51.673	1.88	6.050	1771.00	
03	Estabilidad	40.399	51.673	1.88	6.050	1873.00	
01	Flujo	40.399	51.673	1.88	6.050	4.32	3.98 (mm)
02	Flujo	40.399	51.673	1.88	6.050	4.06	
03	Flujo	40.399	51.673	1.88	6.050	3.56	
01	%de vacíos	40.399	51.673	1.88	6.050	9.20	9.31 %
02	%de vacíos	40.399	51.673	1.88	6.050	9.17	
03	%de vacíos	40.399	51.673	1.88	6.050	9.56	
01	Densidad	40.399	51.673	1.88	6.050	2.195	2.192 (gr/cm3)
02	Densidad	40.399	51.673	1.88	6.050	2.196	
03	Densidad	40.399	51.673	1.88	6.050	2.186	

Con el porcentaje de 2.00% de polímero ABS la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

Tabla N° 17. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 3.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% polímero en la mezcla	% Cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	39.459	51.673	2.82	6.050	2063.00	1967.16 (Lb)
02	Estabilidad	39.459	51.673	2.82	6.050	1858.00	
03	Estabilidad	39.459	51.673	2.82	6.050	1980.48	
01	Flujo	39.459	51.673	2.82	6.050	4.06	3.89 (mm)
02	Flujo	39.459	51.673	2.82	6.050	4.06	
03	Flujo	39.459	51.673	2.82	6.050	3.56	
01	% de vacíos	39.459	51.673	2.82	6.050	10.86	11.03 %
02	% de vacíos	39.459	51.673	2.82	6.050	11.037	
03	% de vacíos	39.459	51.673	2.82	6.050	11.19	
01	Densidad	39.459	51.673	2.82	6.050	2.174	2.170 (gr/cm ³)
02	Densidad	39.459	51.673	2.82	6.050	2.170	
03	Densidad	39.459	51.673	2.82	6.050	2.166	

Con el porcentaje de 3.00% de polímero ABS la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm³.

Tabla N° 18. Resultado del ensayo de la mezcla modificada al 6.00% de polímero ABS asfalto en peso de la mezcla.

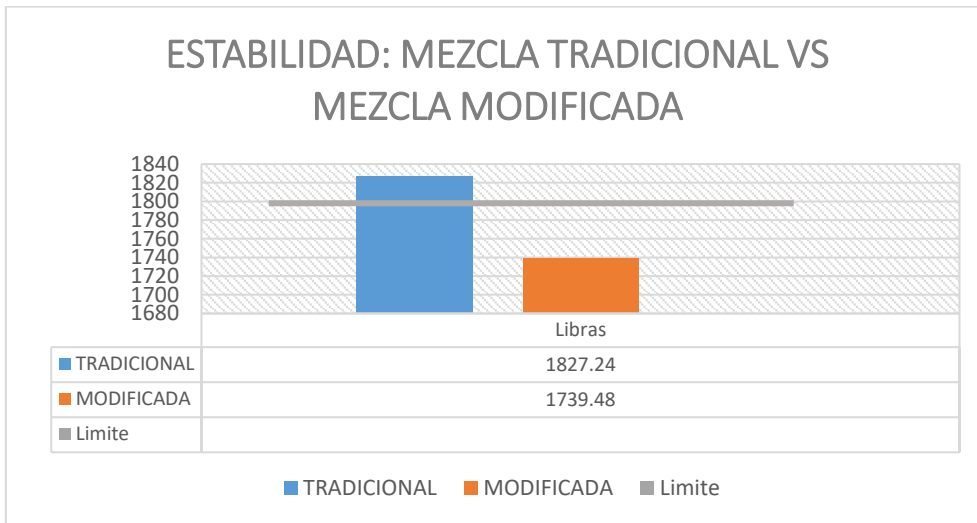
Muestra	Ensayo	% Agregado grueso	% Agregado fino	% Polímero en la mezcla	%Cemento asfáltico en peso	Prom. parcial	Prom. Final
01	Estabilidad	36.641	51.673	5.64	6.050	1863.00	1863.00 (Lb)
02	Estabilidad	36.641	51.673	5.64	6.050	1863.00	
03	Estabilidad	36.641	51.673	5.64	6.050	1863.00	
01	Flujo	36.641	51.673	5.64	6.050	4.57	4.57 (mm)
02	Flujo	36.641	51.673	5.64	6.050	4.57	
03	Flujo	36.641	51.673	5.64	6.050	3.57	
01	%de vacíos	36.641	51.673	5.64	6.050	12.80	12.80 %
02	%de vacíos	36.641	51.673	5.64	6.050	12.80	
03	%de vacíos	36.641	51.673	5.64	6.050	12.80	
01	Densidad	36.641	51.673	5.64	6.050	2.185	2.185 (gr/cm3)
02	Densidad	36.641	51.673	5.64	6.050	2.185	
03	Densidad	36.641	51.673	5.64	6.050	2.185	

Con el porcentaje de 6.00% de polímero ABS la mezcla asfáltica cumple con el valor de 1800 lb establecido por el método Marshall – INVIAS. Mientras que el valor del flujo supera el valor mínimo requerido, esto hace saber que tiene una buena fricción interna. Los porcentajes de vacíos superan lo establecido, donde indica que deben estar entre el 3% y 5%, esto provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. El resultado del ensayo de densidad se encuentra por debajo de lo mínimo establecido el cual es 2.253 gr/cm3.

4.4 Evaluación comparativa de la mezcla asfáltica tradicional y modificada.

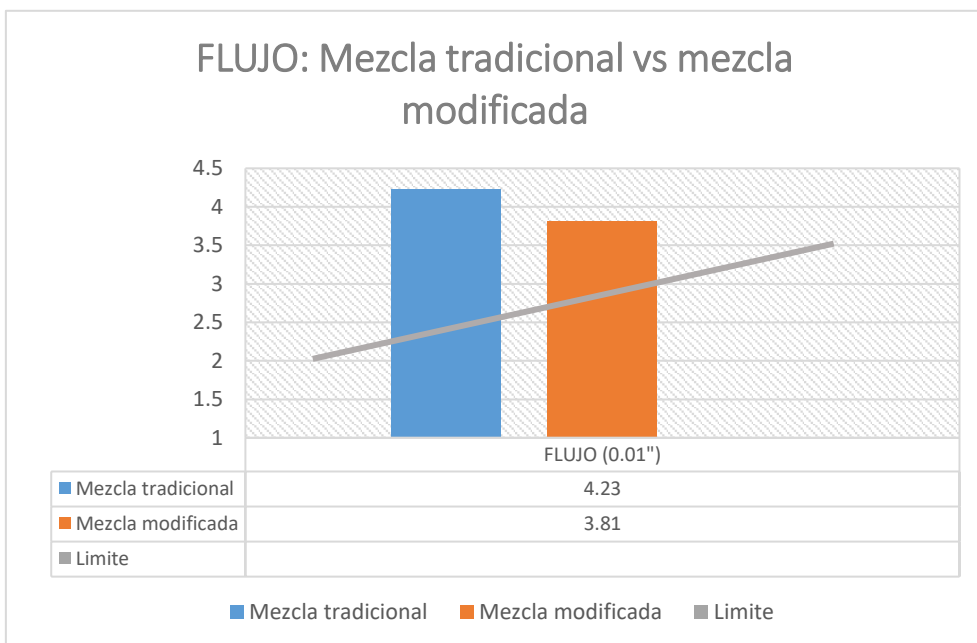
A través de los resultados obtenidos comparamos el cumplimiento de los parámetros establecidos por la normativa de criterio Marshall.

Gráfico N°12 Comparación de resultados estabilidad en la mezcla (tradicional y modificada)



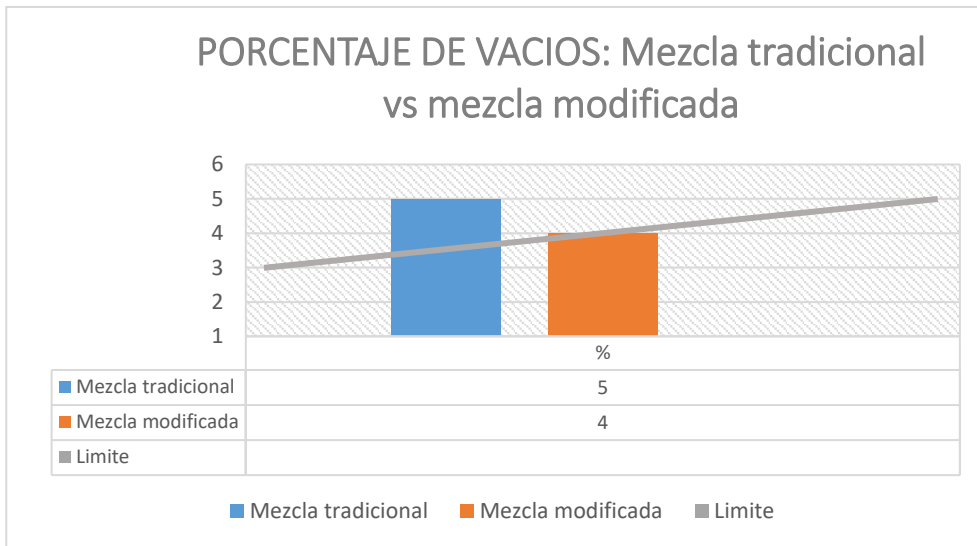
En el gráfico N° 06 se puede observar que la mezcla tradicional presenta un valor de estabilidad que supera al mínimo (1800 lb) según el método Marshall, esto nos da a conocer que el pavimento es susceptible al fisuramiento debido a que es una mezcla muy cerrada. Mientras que la mezcla modificada presenta se acerca al valor mínimo, esto nos indica que su capacidad de desplazamiento y deformación es de 1734.48 lb.

Gráfico N°13 Comparación de resultados de flujo en la mezcla (tradicional y modificada)



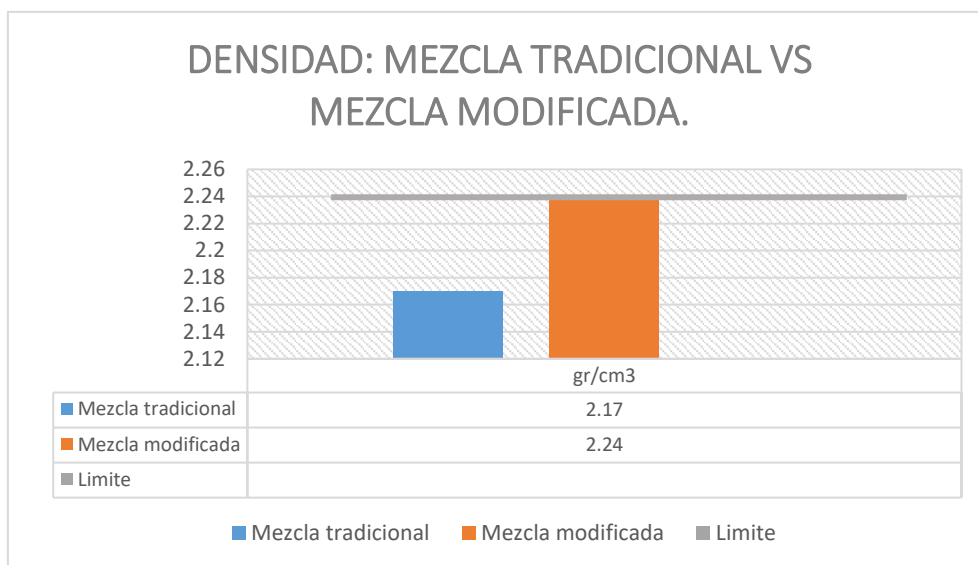
En este gráfico se observa que el flujo de la mezcla tradicional supera los parámetros establecidos por el método Marshall que van desde 2 – 3.5, el valor de flujo representa la deformación o movimiento total que se produce en el espécimen entre estar sin carga y el punto máximo del ensayo de estabilidad, mientras que la mezcla modificada presenta un mejor comportamiento al momento de aplicarle una carga.

Gráfico N°14 Comparación de resultados de % de vacíos en la mezcla (tradicional y modificada)



El porcentaje de vacíos de la mezcla tradicional se encuentra en el límite establecido (3%-5%), cuando hay un exceso de vacíos provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas. Mientras que la mezcla modificada presenta un mejor comportamiento debido al polímero ABS, este porcentaje nos indica que al ser menor tendrá un mejor comportamiento al momento de la compactación y evitará que el agua pueda filtrarse.

Gráfico N°15 Comparación de resultados densidad en la mezcla (tradicional y modificada)



La mezcla modificada presenta un valor más alto con respecto a la mezcla tradicional. Los resultados del ensayo de densidad que se obtiene en laboratorio sirven como base para los ensayos que se realizan in situ, si los resultados del ensayo son altos son un indicador de mejor rendimiento y durabilidad del pavimento. Esto nos indica que la mezcla modificada presentará una mayor durabilidad.

4.5 Evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico.

Tabla N° 19 Comparación desde el punto de vista técnico

PARÁMETROS DE DISEÑO	Mezcla asfáltica tradicional (6.05% de asfalto)	Mezcla asfáltica modificada con polímero ABS (0.856% de ABS)
% cemento asfáltico en peso	6.00	6.05
% de vacíos total de la mezcla	9.29	4.00
% de vacíos del agregado mineral	19.99	17.11
% de vacíos llenos con asfalto	53.56	62.06
Flujo (mm)	4.23	3.81
Estabilidad (lb)	1827.24	1739.48
Densidad (gr/cm3)	2.17	2.24

El porcentaje de vacíos total de la mezcla modificada con polímero ABS, se encuentra dentro de los parámetros establecidos (3% - 5%). Esto indica que tendrá un mejor comportamiento en su compactación y se evitará el desprendimiento del agregado. Los valores de flujo, estabilidad y densidad de ambas mezclas cumplen con los parámetros.

Evaluación comparativa económica

Los materiales de la mezcla asfáltica tradicional, tienen un menor costo con respecto a la mezcla modificada. El polímero ABS tiene un costo mucho menor si se utiliza material reciclado. Al utilizar material reciclado se obtiene un mejor impacto ambiental y se utiliza más mano de obra. Desde el punto de vista económico esto se convierte en más trabajo para la población.

V. DISCUSIÓN.

En concordancia con los resultados mostrados en el capítulo anterior se realizó la discusión de resultados en esta investigación, los cuales mencionamos a continuación.

5.1. Determinación de las características de los elementos de la mezcla asfáltica.

En lo que respecta al análisis granulométrico de la arena la cual cumplió con la especificación NTP 400.037 y el análisis granulométrico del conquitillo el cual cumplió con la especificación, esto nos indicó que el agregado con el cual se trabajó es el indicado por las especificaciones antes mencionadas.

En cuanto al ensayo de gravedad específica y absorción del agregado (2.37% absorción agregado grueso y 1.68% absorción agregado fino), esto nos indica el cambio que se produce en la masa con respecto a su absorción de la mezcla bituminosa.

Con relación al contenido de humedad, el cual fue de un 0.76% y 0.72% del agregado grueso y 2.04% y 2.09% del agregado fino, este se encuentra dentro de los parámetros indicado en la normativa NTP 339.185 el cual indica que la variación de cada muestra deberá ser $\pm 1\%$.

El peso unitario suelto y varillado, se obtuvo un valor de peso unitario suelto del agregado grueso de 1.27 gr/cm³ (1268 kg/m³) y peso unitario compactado del agregado grueso de 1.40 gr/cm³ (1396 kg/m³) y del agregado fino un peso unitario suelto de 1.54 gr/cm³ (1540 kg/m³) y peso unitario compactado de 1.70 gr/cm³ (1704 kg/m³), lo cual cumple según especificaciones NTP 400.019 donde indica que la variación de cada muestra ensayada para la obtención del peso unitario suelto y varillado no deberá ser mayor a 40kg/m³.

Según el ensayo al agregado desgaste por abrasión, se obtuvo como resultado el 21.40%, esto nos indica que el agregado que se utilizó es sólido, durable, resistente y de buena calidad (desgaste debe ser igual o menor al 50%) ASTM C 131.

Para el equivalente de arena, como resultados del ensayo se obtuvieron los siguientes valores 47.00%, 47.20% y 46.80%, esto nos indicó que el material fino que se utilizó para este trabajo de investigación es de buena calidad en concordancia con la normativa ASTM D 2419, donde indica que para porcentajes menores al 80% no debe diferir más de 8.2 entre cada muestra.

Con respecto contenido de sales solubles en agregado donde se obtuvo un resultado de 0.37% (3700 ppm) de sales en el agregado fino y un 0.07% (700 ppm) en el agregado grueso, estos porcentajes fueron muy bajos lo cual nos indicó que los agregados que se utilizaron en este proyecto se encuentran libres de sales solubles y nos dan una mejor confiabilidad del agregado según el (MTC 219) donde indica que las sales solubles deberán ser menor a 15000 partes por millón. Si el valor fuera mayor a lo establecido puede ocasionar problemas de pérdida de resistencia mecánica por problemas de lixiviación.

Para la inalterabilidad de los agregados al sulfato de sodio o magnesio donde se obtuvo un resultado de 8.13% de pérdida en agregado fino y en el ensayo se observa que hubo un 12.41% de pérdida en agregado grueso, estos porcentajes nos indicó que los efectos de desintegración o agrietamiento se darán muy levemente cuando el pavimento sea expuesto a agentes atmosféricos. Según la normativa ASTM C 88 indica que el valor máximo para el agregado grueso y fino deberá ser 18%.

Con relación a la determinación de partículas chatas y alargadas, donde se pudo determinar que el porcentaje en masa de 3% y por conteo tiene un 0.8%, esto nos dio a conocer que el agregado tendrá un buen comportamiento en su consolidación ya que según las normas peruanas estos porcentajes deben ser menor al 10%.

Los ensayos se realizaron según el Manual de Ensayos de Materiales, este fue la base principal para su elaboración. Según (Estudio de Variabilidad en Mezclas Asfálticas en Caliente Fabricadas con Altas Tasas de Material Asfáltico Reciclable (RAP), 2008), consideraron que para garantizar un pavimento asfáltico de buena

calidad depende mucho de la calidad de los agregados que se utilice para su elaboración, pues para determinar los agregados idóneos para las construcciones asfálticas es necesario evaluar las propiedades tales como tamaño, clasificación, limpieza, resistencia, solidez, forma de partícula y textura de la superficie.

5.2. Diseñar con metodología Marshall mezclas asfálticas tradicional y modificada con polímeros ABS.

En cuanto a los resultados obtenidos sobre la mezcla asfáltica tradicional a través de la metodología Marshall trabajándose con porcentajes diferentes como 5.00%, 5.50%, 6.00%, 6.50%, 9.00% y 10.00% se obtuvo como porcentaje óptimo de 6.05 % el cual nos da conocer un mejor comportamiento de la mezcla.

De acuerdo con los ensayos a través de la metodología Marshall sobre las mezclas asfálticas con polímeros ABS, el diseño se trabajó con porcentajes de polímero ABS al 0.45%, 0.50%, 1%, 2%, 3% y 6%. De donde se obtuvo que el porcentaje óptimo de plástico (polímero ABS) es del 0.856%. Relacionándolo con (Silvestre, 2017), la mezcla modificada con plástico tiene un mejor comportamiento al momento de resistir cargas y a las deformaciones, esta llega a mejorar su capacidad en un 4.49% con respecto a las mezclas que no son modificadas con plástico, lo cual la hace mejor para trabajar debido a que tiene mayor capacidad de resistir a las cargas.

5.3. Elaborar pruebas de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y densidad a la mezcla tradicional y modificada adicionando polímero ABS al 0.45%,0.50%, 1%,2%,3% y 6%.

Con respecto a las pruebas relacionadas a este objetivo, la estabilidad de la mezcla asfáltica tradicional se obtuvo que con la cantidad de asfalto al 6%, 6.5%, 9.00% y 10%, la estabilidad es mayor a lo indicado por los parámetros (1800 lb) mínimas según Método Marshall – INVIAS.

Para el ensayo de flujo de la mezcla asfáltica tradicional con porcentajes de asfalto del 5.5%, 9% y 10% el flujo no cumple con los parámetros establecidos criterio de

Método Marshall MTC E 504, donde indica que para 75 golpes de compactación de cada espécimen el flujo (0.25 mm) debe encontrarse entre 2 a 3.5.

Para la mezcla asfáltica modificada con polímeros ABS al 0.45%, 0.50% y 1% (1672.32; 1746.85; 1786.72) los valores de estabilidad no cumplen con los valores mínimos (1800 Lb) y con los porcentajes del 2%, 3% y 6% los valores resultantes 1812.33; 1967.16; 1863.00 si cumplen con los parámetros, estos son mayores a lo indicado en la tabla de la normativa Marshall, donde indica que para tráfico pesado el valor de estabilidad deberá ser mayor a 1800 lb, esto nos da a conocer que el pavimento no es susceptible al fisuramiento debido a que tiene un mejor comportamiento al momento de aplicarle una carga vertical.

Con relación al ensayo de cálculo de vacíos de la mezcla asfáltica se obtuvo que la mezcla tradicional los vacíos van desde el -0.81% al 11.24% y para mezcla modificada van desde el 4.98% al 12.80%, el rango para este ensayo es del 3% al 5%. Indicándonos que cuando hay un exceso de vacíos provoca una deformación plástica del pavimento cuando esta es sometida especialmente a altas temperaturas.

Con relación a la densidad de la mezcla asfáltica tradicional el valor menor de densidad se obtiene con un porcentaje del 5.0% de emulsión, y el mayor valor de densidad con el 9.0% de emulsión, esto nos indica que se obtiene una mejor característica de estabilidad con un porcentaje del 9.0% de emulsión. Y para una mezcla modificada con polímero ABS el valor menor de densidad se obtiene con un porcentaje del 3.0% de polímero ABS, y el mayor valor de densidad con el 0.45% de polímero ABS, esto nos indica que se obtiene una mejor característica de estabilidad con un porcentaje del 0.45% de polímero.

Estos resultados fueron comparados con los obtenidos por (Carrizales, 2015), donde se obtuvo que con material reciclado de llantas los porcentajes de vacíos para 6% de asfalto se obtuvo 13% de vacíos de aire, para 6.5% de asfalto se obtuvo 12.8% de vacíos de aire, para 7% de asfalto se obtuvo 10% de vacíos de aire, para 7.5% de asfalto se obtuvo 10.9% de vacíos de aire y para 8% de asfalto se obtuvo

11.1% de vacíos de aire. Y según el método Marshall (INVIAS), los parámetros para el ensayo de estabilidad para tráfico son de 750 lb a más, tráfico medio 1200 a más y para tráfico pesado 1800 lb a más. Para el ensayo de flujo para tráfico ligero son de 2 a 4.5 in, tráfico medio 2 a 4 in y para tráfico pesado 2 a 3.5 in. Y para el porcentaje de vacíos son del 3% al 5% en todos.

5.4. Realización de la evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico.

Realizada la evaluación comparativa desde el punto de vista técnico y económico, se obtuvo como resultado que la mezcla modificada presenta mejores características con respecto a la mezcla tradicional. Con respecto a la durabilidad la mezcla asfáltica modificada con polímero ABS y la tradicional, presentan buenos resultados al ser expuestas a condiciones climatológicas esto depende de la calidad del agregado que se utilizó.

Para condiciones de tráfico la mezcla modificada se comportó de una mejor manera ya que sus valores de estabilidad y flujo son los óptimos. Su tiempo de vida útil de la mezcla modificada es mayor con respecto a la mezcla tradicional, esto debido a que el polímero ABS tiene características plásticas esto ayuda a que el pavimento sea más impermeable y así evite la filtración del agua.

El porcentaje de vacíos de la mezcla modificada con polímero ABS al 0.856% es del 4%, este se encuentra dentro del rango del 3% al 5%, esto indica que su compactación es mucho más óptima con respecto a la otra mezcla.

El costo de materiales es mucho más caro en la mezcla modificada con polímeros, ya que esta requiere de materiales adicionales (polímero ABS) y su preparación al ser en caliente requiere de maquinaria especial para este trabajo, esto eleva su costo de preparación.

Con respecto al mantenimiento la mezcla modificada tiene menor costo, debido a que por sus propias características anteriormente mencionadas evitan su deterioro prematuro. (Silvestre, 2017) en su trabajo de investigación obtuvo como resultado

que la mezcla asfáltica modificada con polímero PET presenta mejores características técnicas con respecto a una mezcla tradicional y también tiene un menor costo utilizando el polímero PET. Esto indica que al utilizar polímeros en una mezcla asfáltica se aumenta sus propiedades, tiempo de vida útil y resistencia. Pero su costo se puede elevar según el tipo de polímero a utilizar.

VI. CONCLUSIONES

1. En cuanto a los análisis de los agregados de la cantera evaluada, cumplen con todas las normativas ASTM que corresponden. Se hace mención que en cuanto a la durabilidad al sulfato de magnesio 12.41%, y caras fracturadas 3%, los cuales se encuentran dentro de los parámetros normativos.
2. Se realizó el diseño de la mezcla asfáltica tradicional donde se obtuvo que su porcentaje óptimo de asfalto es del 6.05% y para el diseño de la mezcla asfáltica modificada con polímero ABS se obtuvo un porcentaje óptimo de plástico del 0.856%, según las especificaciones requeridas por la metodología Marshall.
3. En concordancia a las pruebas de Marshall; estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y densidad. Se concluye que la mezcla modificada presenta mejor comportamiento mecánico al adicionar 0.856 % de polímero ABS en el agregado grueso.
4. La evaluación comparativa desde el punto de vista técnico, la durabilidad la mezcla asfáltica tradicional y modificada presenta buenos resultados expuestos a condiciones climatológicas, para condiciones de tráfico la mezcla modificada se comporta de una mejor manera ya que la estabilidad y flujo son óptimos, su tiempo de vida útil de la mezcla modificada es mayor debido a que el polímero tiene característica de impermeabilidad evitando filtración de agua, el porcentaje de vacíos de la mezcla modificada con ABS al 0.856% es del 4% , este se encuentra dentro del rango del 3% al 5%, esto indica que su compactación es óptima con respecto a la tradicional.
5. En relación a la mezcla asfáltica modificada con polímeros ABS genera un mayor tiempo de vida útil entre 20 a 25 años, con una diferencia del 50% con relación a la mezcla tradicional, por lo cual la mezcla modificada necesita menos mantenimiento, de esta manera aminora los costos, compensando los costos de los materiales como la adición del polímero.

VII. RECOMENDACIONES.

La utilización de los polímeros reciclados en mezclas asfálticas evidencia una mejora en lo relacionado al tipo de averías de deformación constante, por lo cual se recomienda continuar con las investigaciones variando la densidad del polímero, con el fin de verificar la incidencia de los polímeros (ABS) en las mezclas asfálticas.

Se recomienda complementar el presente estudio de investigación realizando pruebas de fatiga a las mezclas ensayadas debido a que, por ser mezclas asfálticas con un alto índice de rigidez, estas podrían ser susceptibles a las fisuras, obteniéndose por otro lado las fallas por fatiga dinámica.

Se sugiere realizar estudios siguiendo los mismos métodos del presente estudio en zonas distintas como la selva y en zonas de temperaturas extremas.

Es necesario que los futuros estudios sobre mezclas asfálticas estén relacionados con el cuidado del medio ambiente mejorando así las condiciones climáticas actuales, concientizando y generando empleo en los diversos proyectos de infraestructura vial.

REFERENCIAS

"Comportamiento de un cemento asfáltico modificado con un desecho de PVC".
Reyes, Fredy, y otros. 2013. medellin : s.n., 2013, Ingenierías de la Universidad de Medellín, págs. 75-84.

"Durabilidad de las mezclas asfálticas: efecto del tipo de agregado y promotores de adherencia". **Shuang, Cui. 2014.** 2014, Revista internacional de Adhesión y Adhesivos, págs. 100-111.

"Resistencia al daño por humedad del asfalto de mezcla en caliente elaborado con desechos de la industria del papel como relleno". **Pasadin, Ana, Perez, Ignacio y Cano, Miguel. 2016.** 2016, Clear Production, págs. 853-862.

A review of advances of Nanotechnology in asphalt mixtures; Procedia. **Yang, J. y Tighe, S. 2013.** 2013, Social and Behavioral Sciences , págs. 1269 - 1276.

Amasifuen, Hector. 2018. *Diseño de bloques de concreto ligero con la aplicación de perlas de poliestireno, Distrito de Tarapoto, San Martín - 2018.* Tarapoto : s.n., 2018.

Arias, Fidias. 2006. *El proyecto de Investigación .* Caracas - República Bolivariana de Venezuela. : Episteme., 2006.

Atero Poma, Diana. 2016. PDFCOOKIE. [En línea] 2016.
<https://pdfcookie.com/documents/tipos-de-asfalto-en-el-peru-wylj7zpr3dl3>.

Atero, Diana. 2016. *Tipos de asfalto.* Lima : s.n., 2016.

Awanti, S. 2013. "Laboratory evaluation of SMA mixes prepared with SBS modified and neat bitumen". 2013.

Ayala, Yelitza, y otros. 2018. *MANUAL DE ENSAYOS PARA LABORATORIO.* Querétaro : s.n., 2018.

Balestrini, Mirian. 2003. "Metodología de la investigación". Caracas- Venezuela : Consultores Asociados, 2003.

Blanco, Farid y Montañez, Juan. 2016. *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO – EN MEZCLAS ASFÁLTICAS MDC-19 MODIFICADO CON SODIO Y GLUCOSA.* Bogotá : s.n., 2016.

Capa, Karla. 2017. *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA ABIERTA CON LA ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO.* Ecuador : s.n., 2017.

Carrizales Apaza, José Javier. 2015. Universidad nacional del Altiplano Repositorio institucional. [En línea] 23 de Septiembre de 2015. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1888>.

Carrizales, Apaza. 2015. "Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su apelacion en pavimentos flexibles". Puno : s.n., 2015.

Castellanos, Sergio. 2016. DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE VACIOS OPTIMO EN UNA MEZCLA. 2016.

Chavez, Holmer y Pezo, Anders. 2020. Propuesta Teórica de Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente producida a Temperatura Ambiente Menor a Seis Grados Centígrados en Perú. Lima : s.n., 2020.

COMPORTAMIENTO DE UN CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON UN DESECHO DE PVC. **Reyes Lizcano, Fredy Alberto, y otros. 2013.** 2013, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, págs. 1-3.

Course Hero. 2014. Course Hero. [En línea] 2014. <https://www.coursehero.com/file/p2q6ouho/Material-bituminoso-viscoso-pegajoso-y-de-color-negro-constituido/>.

Dunn, E, Fosdick, Roger y Slemord, Marshall. 2013. "Shock Induced Transitions and Phase Structures in General Media". Springer- Verlarg : s.n., 2013.

Durabilidad de las mezclas asfálticas: efecto del tipo de agregado y promotores de adherencia. **Shuang, Cui, y otros. 2014.** 2014, ScienceDirect, págs. 100-111.

Durability of asphalt mixtures: Effect of aggregate type and adhesion promoters. **Shuang, C. et al. 2014.** 2014, Internacional Journal of adhesion and Adhesives, Volume 54, págs. 100-111.

Estudio de Variabilidad en Mezclas Asfálticas en Caliente Fabricadas con Altas Tasas de Material Asfáltico Reciclable (RAP). **Valdez, Gonzalo, Martinez, Adriana y Jimenez, Felix. 2008.** 2008, Revista de la Construcción, págs. 50-60.

estudio de variabilidad en mezclas asfalticas en caliente. **Valdés, Gonzalo. 2013.** 2013, Revista de construccion , págs. 60-71.

Garcia, Augusto. 2016. DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS HMA METODO MARSHALL. 2016.

Garnica, Paul, Delgado, Horacio y Gomez, Jose. 2004. ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE MÉTODO DE COMPACTACIÓN EN EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS. 2004.

Hernandez, Gerardo y Ramirez, Fernando. 2016. *ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL GRADO DE COMPACTACIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN SU DEFORMACIÓN PERMANENTE Y LA SUSCEPTIBILIDAD A LA HUMEDAD.* Bogota : s.n., 2016.

Hernandez, Roberto. 2006. *Metodología de la investigación .* Mexico : McGRAW-HILL INTERAMERICANA DE MEXICO., 2006.

Herrada. 2013. *"Uso de polimeros en el asfalto y su influencia en la variacion del pavimento"*. trujillo : s.n., 2013.

Improved Mix Design, Evaluation, and materiales Management. USA.: **Clarrk, R. 2013.** 2013, National Cooperative Highway Research Program.

Libertad, Region Ia. 2017. [En línea] 2017.

—. 2017. [En línea] 2017.

López y Veloz. 2013. Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. *Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.* [En línea] 5 de mayo de 2013. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6533>.

López, Stalin y Veloz, Yadira. 2013. *"Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polimeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba"*. Quito Ecuador : s.n., 2013.

López, Stalin y Yadira, Veloz. 2013. *"Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polimeros SBR y SBS, con agregados provenientes de la cantera de Guayllabamba"*. Quito-Ecuador : s.n., 2013.

Manual de Carreteras EG. 2013. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. [En línea] 2013. [http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA S/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf](http://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMA%20S/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf).

Manual de ensayos. 2016. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. [En línea] Mayo de 2016. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.

Merino Yépez, Robert Milton y Estrada Escalante, Víctor Rafael. 2017. Repositorio Uandina. [En línea] 3 de octubre de 2017. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/1057>.

Ministerio de Infraestructura . 2003. India Documents. [En línea] Noviembre de 2003. <https://documents.in/document/mva-20-marshall-astm-d-1559.html>.

Moisture damage resistance of hot-mix asphalt made with paper industry waste as filler. **Pasadin, A et al. 2016.** 2016, Journal of Cleaner production; Volumen 112 part 1,20, págs. 853-862.

Naranjo, Lopez. 2013. *DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA.* Quito : s.n., 2013.

Oribe Rodríguez, Marlon Rolmer y Herrada Barreto, Yontan Roy. 2015. Repositorio de Tesis UPAO. [En línea] 2015. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/5877>.

Padilla, Alejandro. ENSAYOS DE LABORATORIO. págs. 111-133.

PROPUESTA DE NORMA PARA ELABORACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA ALMACENABLE, PARA BACHEOS Y REPARACIONES DE EMERGENCIA.

Augusto, Jugo. 2013. 2013, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (UCLA), págs. 5-13.

Puma, Rodrigo. 2016. Slideshare. [En línea] 2016. <https://es.slideshare.net/rodrogonzalo/elaboracion-de-briquetas-de-asfalto>.

Quispe, Monica. 2017. *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LA JUNTA FRÍA DIAGONAL CON TIEMPOS DE FORMACIÓN DE 1, 1 1/2, 2, 3 Y 4 HORAS EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN EN TESTIGOS DE CONCRETO F`C=210 KG/CM² CON AGREGADOS DE LAS CANTERAS DE PILLAHUARA Y CUNYAC .* Cusco : s.n., 2017.

Quispe, Rodrigo. 2016. *ELABORACION DE ESPECIMENES DE CONCRETO ASFALTICO MEDIANTE DISEÑO MARSHALL.* CUSCO : UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO, 2016.

Ramirez Jimenez, Lina Marcela. 2011. PAVIMENTOS CON POLÍMEROS RECICLADOS. [En línea] 2011. <https://www.udocz.com/pe/read/9243/pavimentos-con-pol-meros-reciclad--lina-marcela-ram-rez-jim-nez>.

2017. Region La Libertad. [En línea] 2017.

Region la Libertad. 2017. Tu Region informa. [En línea] 06 de Marzo de 2017. <http://www.regionlalibertad.gob.pe/noticias/nacionales/7019-la-libertad-tiene-el-22-de-sus-carreteras-pavimentadas>.

Rodriguez Valdivia, Fernando Andres. 2008. Cybertesis. [En línea] 16 de octubre de 2008.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/sources/bmfciw961a.pdf>.

Sabino, Carlos. 2003. *El proceso de investigacion* . Caracas : Panamericana, 2003.

Sican Ankara. 2018. UTEST. [En línea] 2018.

<https://www.utest.com.tr/es/26049/Extractor-de-Espec-menes-Marshall-CBR-Proctor>.

Silvestre Velasquez, Deyvis Fausto Fausto. 2017. Repositorio Digital institucional. [En línea] 10 de mayo de 2017.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1506>.

Silvestre, Deyvis. 2017. "*Comparacion tecnica economica entre las mezclas asfálticas tradicionales y reforzadas con plastico reciclado en la ciudad de Lima*". lima : s.n., 2017.

Sican Ankara. 2018. UTEST. [En línea] 2018.

<https://www.utest.com.tr/upload/Node/26142/xfiles/Testing-Sieves-IMPORTS-ES+1.pdf>.

Sican, Ankara. 2018. UTEST. [En línea] 2018.

<https://www.utest.com.tr/upload/Node/26142/xfiles/Testing-Sieves-IMPORTS-ES+1.pdf>.

Tecnological and economic design of asphalt mixture composition based on optimization methods. **Sivilevicius, Sivilavicius y Brazuñas. 2017.** 2017, Technological And Economic Development Of Economy, Volume 23, págs. 627 - 648.

Tecnological and economic design of asphalt mixture composition based on optimozation methods. **sarang, G. Lekha,B.Geethu, J. y Shanker, R. 2015.** 2015, Technological And Economic Development of Economy., págs. 627-648.

The mechanisms of hydrated lime modification of asphalt mixtures: a state-of the - art review.t. **Lesueur, J. y Hans,J. 2013.** 2013, Road Materials and Pavemen desing,14:1-16.

Universidad Central de Ecuador. 2016. *ENSAYO PARA LA ELABORACION DE BRIQUETAS PARA ENSAYO MARSHALL.* Ecuador : s.n., 2016.

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA. *DENSIDAD TOTAL (PESO UNITARIO) Y VACIOS EN AGREGADOS PARA CONCRETO.* El Salvador : s.n.

UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA. *LOS PESOS UNITARIOS DE LOS AGREGADOS Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD.* Lima : s.n.

Universidad Wilver Fajardo Mamani. 2016. *ENSAYO MARSHALL.* 2016.

Uribe, Rodrigo. 2015. Ministerio de Obras Publicas. [En línea] 04 de Junio de 2015. <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/laboratorionacional/MaterialCursos/Mezcla%20Asf%C3%A1ltica%20Ejercicio%202015%20Modo%20de%20compatibilidad.pdf>.

Urrego, Edward y Ruiz, Cristian. 2016. *DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS ELABORADAS CON ASFALTOS CONVENCIONALES Y MATERIALES DE PEÑA Y RIO.* Bogota : s.n., 2016.

use of reclaimed asphalt pavement(RAP)in warm mixasphalt (WMA) pavements: a review. . Adnan, M y Shafi,M,. 2017. 2017, Innovative Infrastructure Solutions, .

Villagaray Medina, Edwin Jesús. 2017. Repositorio Digital Institucional. [En línea] 8 de julio de 2017. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1535>.

Wulf Rodriguez, Fernando Andres. 2008. Cybertesis. [En línea] 25 de octubre de 2008.

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfciw961a/sources/bmfciw961a.pdf>.

Wulf, Fernando. 2008. *"Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero".* Valdivia_Chile : s.n., 2008.

—. **2013.** *"Análisis de pavimento asfáltico modificado con polímero".* Valdivia_Chile : s.n., 2013.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXOS

Evaluación comparativa de mezclas asfálticas con polímeros ABS y tradicional para mejorar las propiedades mecánicas en pavimentos flexibles, Trujillo

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

ANEXO 02: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- 2.1 Análisis granulométrico de los agregados.
- 2.2 Análisis granulométrico de agregados
- 2.3 Ensayo de agregados: contenido de humedad y gravedad específica.
- 2.4 Desgaste por abrasión.
- 2.5 Contenido de humedad y gravedad específico.
- 2.6 Humedad y gravedad específica y absorción.
- 2.7 Peso unitario suelto y compactado de agregado fino.
- 2.8 Peso unitario suelto y compactado agregado grueso.
- 2.9 Equivalente de arena
- 2.10 Contenido de sales solubles en agregados.
- 2.11 Inalterabilidad de agregados al sulfato de sodio o magnesio.
- 2.12 Determinación de partículas chatas y alargadas en agregado grueso.
- 2.13 Diseño de mezcla asfáltica Marshall.
- 2.14 Gráfico de resultados.

ANEXO 03: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO.

- 3.1 Análisis granulométrico de agregados.
- 3.2 Ensayo de agregados humedad y gravedad específica.
- 3.3 Peso unitario suelto y compactado agregado fino

.

3.4 Análisis granulométrico de agregados.

3.5 Ensayos de agregados: contenido de humedad y gravedad específica

3.6 Peso unitario suelto y compactado agregado grueso.

3.7 Ensayo de desgaste por abrasión.

3.8 Equivalente de arena.

3.9 Contenido de sales solubles en agregados.

3.10 Inalterabilidad de los agregados al sulfato de sodio o magnesio.

3.11 Método de ensayo para determinación de partículas chatas y alargadas en agregado grueso.

3.12 Diseño de mezcla asfáltica tradicional Marshall.

3.13 Gráficos de los resultados de los ensayos Marshall.

3.14 Diseño de mezcla asfáltica modificada Marshall

3.15 Gráficos de los resultados de ensayos Marshall.

ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO.

ANEXO N° 01 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Evaluación comparativa de la mezcla asfáltica con Polímero ABS y tradicional.	Se conoce como mezclas asfálticas modificadas a la combinación del asfalto con los polímeros, estos aportan estabilidad con respecto al clima donde se utilizan, estas mejoran las características mecánicas del cemento asfáltico. A su vez reducen la oxidación y la vulnerabilidad producida por los cambios ambientales. Por ello al estar mezclado el polímero con asfalto le agrega propiedades elásticas (Herrada, 2013 pág. 14).	El efecto de una mezcla modificada con polímeros, está sujeta de la calidad que tengan los polímeros a incorporarse y que la mezcla sea totalmente uniforme, esto servirá para obtener una estructura consistente. Esto le aporta propiedades elásticas que le servirán para soportar cargas evitando agrietamientos y dándole propiedades reológicas. (Wulf, 2013 pág. 24)	Diseño de mezcla con la metodología Marshall.	Diseño de mezcla con asfalto tradicional	Porcentajes %	Escala de intervalo
				Diseño de mezcla con asfalto modificado	Porcentajes %	Escala de intervalo
			Densidad	Asfalto tradicional (gr/cm ³)	gramo / centímetro cúbico (Kg/cm ³)	Escala de intervalo
				Asfalto modificado (gr/cm ³)		
			% de vacíos	3%-5% Tradicional	Porcentaje %	Escala de intervalo
				3%-5% Modificado		
Estabilidad y flujo Marshall	1800 lb (modificado)	Libras (lb)	Escala de intervalo			
	1800 lb (tradicional)					
VD: Mejorar las propiedades mecánicas del pavimento flexible.	Consta de una combinación de agregados y asfalto, estos se colocan por capas y se van compactando cada una. Debido a sus características y su buen funcionamiento es el material más usado en la elaboración de carreteras. Estas mezclas asfálticas tienen como característica ser altamente impermeabilizantes, es por ello que también se utilizan en presas. ("Resistencia al daño por humedad del asfalto de mezcla en caliente elaborado con desechos de la industria del papel como relleno", 2016 pág. 859)	Se diseñará usando el procedimiento Marshall mezclas asfálticas con polímeros ABS y mezcla asfáltica tradicional, para posteriormente realizar las pruebas correspondientes.	Durabilidad	Condiciones climatológicas	Temperatura °C –	Escala ordinal.
				Condiciones de tráfico	Tipo de vehículo (parque auto motor)	
			Vida útil	10-15 años asfalto tradicional	Observación inestructurada.	Escala de razón.
				20-25 años asfalto modificado.		
			Costos	materiales	Observación inestructurada.	Escala nominal.
				Mantenimiento		

ANEXO 02: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.1 Análisis granulométrico de los agregados

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS							
NTP 400.012 / MTC E 204							
PROYECTO : _____ SOLICITANTE : _____ UBICACIÓN : _____ FECHA : _____							
DATOS DEL ENSAYO							
MUESTRA :	CANTERA						
MATERIAL :		PROFUNDIDAD :	----	m	COORDENADA UTM :	E: ----	N: ----
PROGRESIVA :	----						
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% que	Especificación	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	NTP 400.037	
1/2"	12.500						Peso de inicial seco: : gr
3/8"	9.500						Peso lavado seco : gr
No4	4.750						Peso Material que pasa #200 : gr
8	2.360						
16	1.180						TAMAÑO MÁXIMO :
30	0.600						
50	0.300						MODULO DE FINEZA :
100	0.150						
200	0.075						Observación :
FONDO							
Total							

CURVA GRANULOMÉTRICA

*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.

2.2 Análisis granulométrico de agregados

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS								
NTP 400.012 / MTC E 204								
PROYECTO : SOLICITANTE : UBICACIÓN : FECHA :								
DATOS DEL ENSAYO								
MUESTRA :	CANTERA							
MATERIAL :		PROFUNDIDAD :	....	m	COORDENADA UTM :	E:	N:
PROGRESIVA :	....						
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% que	Especificación	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	GROUT		
2"	50.00							Peso de inicial seco: : gr
1 1/2"	37.50							TAMAÑO MAXIMO : :
1"	25.00							TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : :
3/4"	19.00							
1/2"	12.50							
3/8"	9.50							
Nº 4	4.75							Observación :
8	2.36							
FONDO								
Total								

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.</p>

2.3 Ensayo de agregados: contenido de humedad y gravedad específica.

ENSAYOS DE AGREGADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECIFICA				
PROYECTO : SOLICITANTE : UBICACIÓN : FECHA :				
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA			
MATERIAL :		PROFUNDIDAD :	.... m	COORDENADA UTM : E: N:
PROGRESIVA :	....		
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185				
TARA	1	2	3	
Peso tara (gr)				
Peso tara + Material humedo (gr)				
Peso tara + Material seco (gr)				
Peso del agua (gr)				
Peso de material seco (gr)				
Humedad %				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESO (NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)				
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)				
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)				
Vol. de masa + vol de vacios (gr)				
Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)				
Vol de masa (gr)				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				
RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL				
CONTENIDO DE HUMEDAD %				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				

2.4 Desgaste por abrasión.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
ENSAYO DE DESGASTE POR ABRASIÓN	
ASTM C 131	
PROYECTO :	
SOLICITANTE :	
UBICACIÓN :	
FECHA :	

Material : Agregado grueso

Procedencia : San Martín - Chicama

TAMIZ		GRADACIÓN			
		"A"	"B"	"C"	"D"
PASA	RETIENE				
1 1/2" - 1"		1250 ± 25	-	-	-
1" - 3/4"		1250 ± 25	-	-	-
3/4" - 1/2"		1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
1/2" - 3/8"		1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
3/8" - 1/4"		-	-	2500 ± 10	-
1/4" - N°4		-	-	2500 ± 10	-
N°4 - N°8		-	-	-	5000 ± 10
ESFERAS		12	11	8	6
PESO DE LA MUESTRA					
Peso Retenido Tamiz N° 12					
Peso Pasante Tamiz N° 12					
% DESGASTE					
PROMEDIO					

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

2.5 Contenido de humedad y gravedad específica.

ENSAYOS DE AGREGADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD Y GAVEDAD ESPECIFICA				
<p>PROYECTO : _____</p> <p>SOLICITANTE : _____</p> <p>UBICACIÓN : _____</p> <p>FECHA : _____</p>				
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA _____			
MATERIAL :	PROFUNDIDAD :	.... m	COORDENADA UTM :	E: N:
PROGRESIVA :	....		
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185				
TARA	1	2	3	
Peso tara (gr)				
Peso tara + Material húmedo (gr)				
Peso tara + Material seco (gr)				
Peso del agua (gr)				
Peso de material seco (gr)				
Humedad %				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESO (NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)				
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)				
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)				
Vol. de masa + vol de vacíos (gr)				
Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)				
Vol de masa (gr)				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				
RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL				
CONTENIDO DE HUMEDAD %				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				

2.6 Humedad y gravedad específica y absorción.

ENSAYOS DE AGREGADOS HUMEDAD Y GAVEDAD ESPECIFICA				
PROYECTO : SOLICITANTE : UBICACIÓN : FECHA :				
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA			
MATERIAL :		PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----			
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185				
TARA		1	2	3
Peso tara (gr)				
Peso tara + Material húmedo (gr)				
Peso tara + Material seco (gr)				
Peso del agua (gr)				
Peso de material seco (gr)				
Humedad %				
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (NORMA MTC E-205, NTP 400.022: AASHTO T-84)				
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)				
Peso Frasco + agua (gr)				
Peso Frasco + agua + A (gr)				
Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)				
Vol de masa + vol de vacio (gr)				
Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)				
Vol de masa (gr)				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				
RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL				
CONTENIDO DE HUMEDAD %				
Pe bulk (Base seca)				
Pe bulk (Base saturada)				
Pe aparente (Base Seca)				
Porcentaje de absorción				

2.7 Peso unitario suelto y compactado de agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO				
PROYECTO : SOLICITANTE : UBICACION : FECHA :				
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA			
MATERIAL :	PROFUNDIDAD :	.... m	COORDENADA UTM :	E: N:
PROGRESIVA :	....		
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde :	
			Volumen Molde :	
Muestra	1	2	3	
Peso de molde + muestra (gr)				
Peso de molde (gr)				
Peso de la muestra (gr)				
Volumen (cm ³)				
Peso unitario suelto (gr/cm ³)				
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde :	
			Volumen Molde :	
Muestra	1	2	3	
Peso de molde + muestra (gr)				
Peso de molde (gr)				
Peso de la muestra (gr)				
Volumen (cm ³)				
Peso unitario compactado (gr/cm ³)				
PESO UNITARIO AGREGADO FINO				
PESO UNITARIO SUELTO				
PESO UNITARIO COMPACTADO				

2.8 Peso unitario suelto y compactado agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO GRUESO					
<p>PROYECTO : _____</p> <p>SOLICITANTE : _____</p> <p>UBICACIÓN : _____</p> <p>FECHA : _____</p>					
DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA :	CANTERA _____				
MATERIAL :		PROFUNDIDAD :	.... m	COORDENADA UTM :	E: N:
PROGRESIVA :	....			
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)					
				Peso Molde :	5392.40 gr
				Volumen Molde :	9500.645 cm ³
Muestra	1	2	3		
Peso de molde + muestra (gr)					
Peso de molde (gr)					
Peso de la muestra (gr)					
Volumen (cm ³)					
Peso unitario suelto (gr/cm ³)					
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)					
				Peso Molde :	5392.40 gr
				Volumen Molde :	9500.645 cm ³
Muestra	1	2	3		
Peso de molde + muestra (gr)					
Peso de molde (gr)					
Peso de la muestra (gr)					
Volumen (cm ³)					
Peso unitario compactado (gr/cm ³)					
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO					
PESO UNITARIO SUELTO					
PESO UNITARIO COMPACTADO					

2.9 Equivalente de arena.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
EQUIVALENTE DE ARENA	
ASTM D 2419	
PROYECTO :	
SOLICITANTE :	
UBICACIÓN :	
FECHA :	

Material : Arena Gruesa (agregado fino) Procedencia : Cantera San Martín

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada			
4	Hora de Salida			
5	Hora de Entrada			
6	Hora de Salida			
7	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas)			
8	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)			
9	Equivalente de Arena (%)			
10	Equivalente de Arena Promedio (%)			

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

2.10 Contenido de sales solubles en agregados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS	
REF. MTC 219 - 2000	
PROYECTO	:
SOLICITANTE	:
UBICACIÓN	:
FECHA	:

Material : Agregados Fino / Grueso Procedencia :

AGREGADO FINO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYOS		
1	Recipiente	gr.	01	02	03
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.			
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.			
4	Masa Sal	gr.			
5	Masa de Agregado	gr.			
6	Aforo de Agua Total	gr.			
7	Volumen de Agua Utilizada	%			
8	Sales Solubles	%			
9	Promedio Sales Solubles	%			

AGREGADO GRUESO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYOS		
1	Recipiente	gr.			
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.			
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.			
4	Masa Sal	gr.			
5	Masa de Agregado	gr.			
6	Aforo de Agua Total	gr.			
7	Volumen de Agua Utilizada	%			
8	Sales Solubles	%			
9	Promedio Sales Solubles	%			

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

2.12 Determinación de partículas chatas y alargadas en agregado grueso.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
METODO DE ENSAYO PARA DETERMINACION DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO	
ASTM D 4781	
PROYECTO :	_____
SOLICITANTE :	_____
UBICACIÓN :	_____
FECHA :	_____

Material : Agregado Grueso

Procedencia : _____

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Masa de partículas Chatas	Masa de partículas Alargadas	Masa de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (Σ:)		
		Masa Retenido Grad. Original	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.000								
1/2"	12.700								
3/8"	9.500								
Nº 4	4.750								
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:									

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%)	0.0
---	-----

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Nº de partículas Chatas	Nº de partículas Alargadas	Nº de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (Σ:)		
		Cantidad de partículas O. Gr.	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.000								
1/2"	12.700								
3/8"	9.500								
Nº 4	4.750								
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:									


PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS POR CONTEO (%)	0.0
--	-----

OBSERVACIONES:

* Muestras probadas e identificadas por el solicitante

ANEXO 03: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DEL LABORATORIO.

3.1 Análisis granulométrico de agregados.



RUC: 20606092297

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
NTP 400.012 / MTC E 204

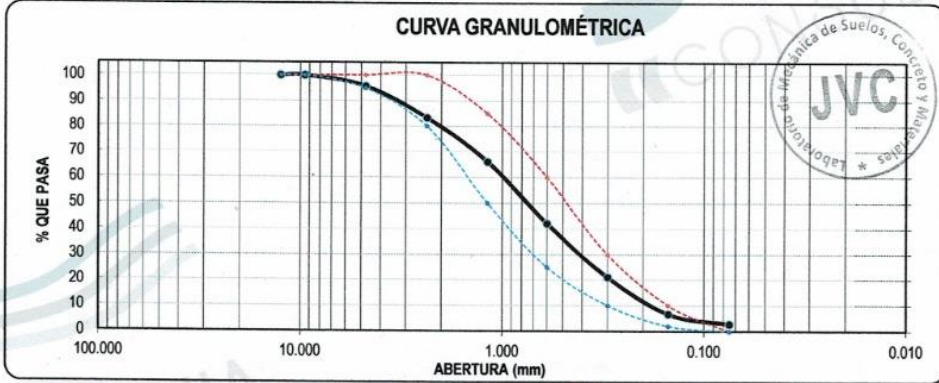
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021

DATOS DEL ENSAYO


MUESTRA :	CANTERA	SAN MARTIN - CHICAMA
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD : ---- m COORDENADA UTM: E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----	


Tamices	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación NTP 400.037	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de inicial seco: : 1170.50 gr Peso lavado seco : --- gr Peso Material que pasa #200 : 33.10 gr TAMAÑO MAXIMO : 3/8" MODULO DE FINEZA : 2.85 Observación :
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
No4	4.750	49.80	4.25	4.25	95.75	95 - 100	
8	2.360	145.20	12.40	16.66	83.34	80 - 100	
16	1.180	203.10	17.35	34.01	65.99	50 - 85	
30	0.600	279.00	23.84	57.85	42.15	25 - 60	
50	0.300	246.60	21.07	78.91	21.09	10 - 30	
100	0.150	169.00	14.44	93.35	6.65	2 - 10	
200	0.075	44.70	3.82	97.17	2.83		
FONDO		33.10	2.83	100.00	0.00		
Total		1170.50	100.0				

CURVA GRANULOMÉTRICA



*** Muestreo e identificación realizada por el solicitante.


 Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

3.2 Ensayo de agregados humedad y gravedad específica.

ENSAYOS DE AGREGADOS HUMEDAD Y GAVEDAD ESPECIFICA				
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO			
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS			
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA	SAN MARTIN - CHICAMA		
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----			
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185				
TARA		1	2	3
Peso tara (gr)		76.30	95.60	
Peso tara + Material húmedo (gr)		690.20	672.61	
Peso tara + Material seco (gr)		677.90	660.80	
Peso del agua (gr)		12.30	11.81	
Peso de material seco (gr)		601.60	565.20	
Humedad %		2.04%	2.09%	
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS FINOS (NORMA MTC E-205, NTP 400.022: AASHTO T-84)				
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)		500.00	500.00	
Peso Frasco + agua (gr)		687.20	687.20	
Peso Frasco + agua + A (gr)		1187.20	1187.20	
Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)		995.20	995.30	
Vol de masa + vol de vacio (gr)		192.00	191.90	
Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)		491.80	491.70	
Vol de masa (gr)		183.80	183.60	
Pe bulk (Base seca)		2.561	2.562	
Pe bulk (Base saturada)		2.604	2.606	
Pe aparente (Base Seca)		2.676	2.678	
Porcentaje de absorción		1.67%	1.69%	
RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL				
CONTENIDO DE HUMEDAD %		2.07%		
Pe bulk (Base seca)		2.562		
Pe bulk (Base saturada)		2.605		
Pe aparente (Base Seca)		2.677		
Porcentaje de absorción		1.68%		



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

3.3 Peso unitario suelto y compactado agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO				
PROYECTO	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO			
SOLICITANTE	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS			
UBICACIÓN	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA	18 DE JUNIO DEL 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA	CANTERA	SAN MARTIN - CHICAMA		
MATERIAL	ARENA	PROFUNDIDAD	---- m	COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA	----			
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde	: 2568.60 gr
			Volumen Molde	: 2849.990 cm ³
Muestra	1	2	3	
Peso de molde + muestra (gr)	6956.80	6964.30	6948.50	
Peso de molde (gr)	2568.60	2568.60	2568.60	
Peso de la muestra (gr)	4388.20	4395.70	4379.90	
Volumen (cm ³)	2849.99	2849.99	2849.99	
Peso unitario suelto (gr/cm ³)	1.54	1.54	1.54	
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO FINO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde	: 2568.60 gr
			Volumen Molde	: 2849.990 cm ³
Muestra	1	2	3	
Peso de molde + muestra (gr)	7412.70	7426.30	7433.40	
Peso de molde (gr)	2568.60	2568.60	2568.60	
Peso de la muestra (gr)	4844.10	4857.70	4864.80	
Volumen (cm ³)	2849.99	2849.99	2849.99	
Peso unitario compactado (gr/cm ³)	1.70	1.70	1.71	
PESO UNITARIO AGREGADO FINO				
PESO UNITARIO SUELTO	1.54 gr/cm ³	1540 Kg/m ³		
PESO UNITARIO COMPACTADO	1.70 gr/cm ³	1704 Kg/m ³		

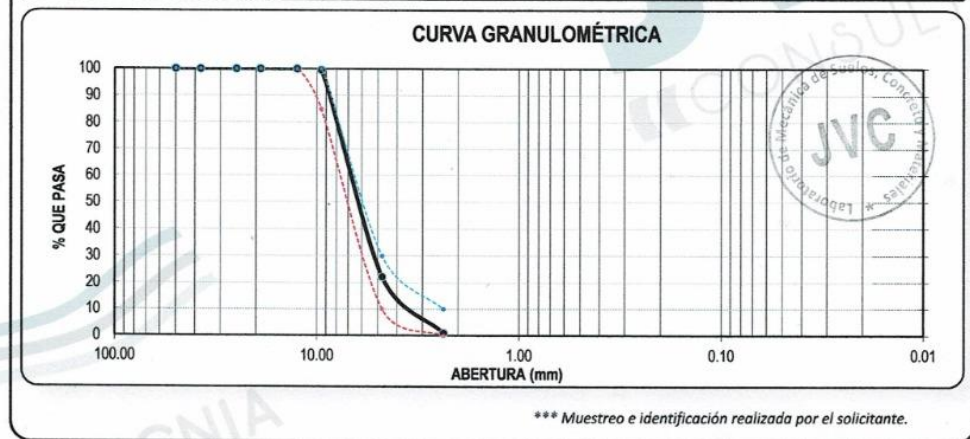


JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Victoria de los Angeles Agustín Díaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

3.4 Análisis granulométrico de agregados.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS							
NTP 400.012 / MTC E 204							
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO						
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS						
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD						
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021						
DATOS DEL ENSAYO							
MUESTRA :	CANTERA SAN MARTIN - CHICAMA						
MATERIAL :	CONFITILLO	PROFUNDIDAD :	----	m	COORDENADA UTM: E: ---- N: ----		
PROGRESIVA :	----						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación GROUT	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	Peso de inicial seco: : 2099.00 gr
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	TAMAÑO MAXIMO : 1/2"
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/8"
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100	
3/8"	9.50	9.40	0.45	0.45	99.55	85 - 100	Observación :
Nº 4	4.75	1623.30	77.34	77.78	22.22	10 - 30	
8	2.36	445.80	21.24	99.02	0.98	0 - 10	
FONDO		20.50	0.98	100.00	0.00		
Total		2099.00	100.0				



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

 Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
 GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

3.5 Ensayos de agregados: contenido de humedad y gravedad específica.

ENSAYOS DE AGREGADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD Y GAVEDAD ESPECIFICA				
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO			
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS			
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA	SAN MARTIN - CHICAMA		
MATERIAL :	CONFITILLO	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----			
CONTENIDO DE HUMEDAD NTP 339.185				
TARA		1	2	3
Peso tara (gr)		121.10	118.30	
Peso tara + Material húmedo (gr)		978.30	996.20	
Peso tara + Material seco (gr)		971.80	989.90	
Peso del agua (gr)		6.50	6.30	
Peso de material seco (gr)		860.70	871.60	
Humedad %		0.76%	0.72%	
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS GRUESO (NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)				
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)		2453.50	2498.70	
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)		1496.30	1524.90	
Vol. de masa + vol de vacios (gr)		967.20	973.80	
Peso material seco en estufa (105 °C) (gr)		2396.60	2441.10	
Vol de masa (gr)		900.30	916.20	
Pe bulk (Base seca)		2.504	2.507	
Pe bulk (Base saturada)		2.563	2.566	
Pe aparente (Base Seca)		2.662	2.664	
Porcentaje de absorción		2.37%	2.36%	
RESUMEN DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL				
CONTENIDO DE HUMEDAD %		0.74%		
Pe bulk (Base seca)		2.505		
Pe bulk (Base saturada)		2.565		
Pe aparente (Base Seca)		2.663		
Porcentaje de absorción		2.37%		



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Victoria de los Angeles Agustin Diaz
Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

3.6 Peso unitario suelto y compactado agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO GRUESO				
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO			
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS			
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA :	CANTERA	SAN MARTIN - CHICAMA		
MATERIAL :	CONFITILLO	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM : E: ---- N: ----
PROGRESIVA :	----			
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde :	5392.40 gr
			Volumen Molde :	9500.645 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		17424.50	17415.60	17471.80
Peso de molde (gr)		5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)		12032.10	12023.20	12079.40
Volumen (cm ³)		9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario suelto (gr/cm ³)		1.27	1.27	1.27
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)				
			Peso Molde :	5392.40 gr
			Volumen Molde :	9500.645 cm ³
Muestra		1	2	3
Peso de molde + muestra (gr)		18668.30	18661.70	18634.20
Peso de molde (gr)		5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra (gr)		13275.90	13269.30	13241.80
Volumen (cm ³)		9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario compactado (gr/cm ³)		1.40	1.40	1.39
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO				
PESO UNITARIO SUELTO	1.27 gr/cm ³	1268 Kg/m ³		
PESO UNITARIO COMPACTADO	1.40 gr/cm ³	1396 Kg/m ³		




Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL


Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

3.8 Equivalente de arena.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES

EQUIVALENTE DE ARENA
ASTM D 2419

PROYECTO	: EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO
SOLICITANTE	: GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN	: TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA	: 18 DE JUNIO DEL 2021

Material : Arena Gruesa (agregado fino) Procedencia : Cantera San Martín

ITEM	DESCRIPCIÓN	ENSAYOS		
1	Tamaño Maximo (mm)	4.76	4.76	4.76
2	Muestra N°	1	2	3
3	Hora de Entrada	10:20	10:28	10:37
4	Hora de Salida	10:30	10:38	10:47
5	Hora de Entrada	10:32	10:40	10:49
6	Hora de Salida	10:52	11:00	11:09
7	Altura Maxima de la Arena (Pulgadas)	4.16	4.36	4.21
8	Altura Maxima de Material Fino (Pulgadas)	8.86	9.23	8.99
9	Equivalente de Arena (%)	47.0	47.2	46.8
10	Equivalente de Arena Promedio (%)		47	

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Victoria de los Angeles Agustín Díaz
Ing. Victoria de los Angeles Agustín Díaz
GERENTE GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

3.9 Contenido de sales solubles en agregados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS	
REF. MTC 219 - 2000	
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021

Material : Agregados Fino / Grueso Procedencia : Cantera San Martín

AGREGADO FINO					
ITEM	DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
1	Recipiente	gr.	01	02	03
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.	104.32	102.98	103.47
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.	104.36	103.01	103.51
4	Masa Sal	gr.	0.04	0.03	0.04
5	Masa de Agregado	gr.	100.0	100.0	100.0
6	Aforo de Agua Total	gr.	500.0	500.0	500.0
7	Volumen de Agua Utilizada	%	50.0	50.0	50.0
8	Sales Solubles	%	0.400	0.300	0.400
9	Promedio Sales Solubles	%	0.37		

AGREGADO GRUESO					
ITEM	DESCRIPCIÓN		ENSAYOS		
1	Recipiente	gr.	01	02	03
2	Masa (Biker 250 ml.)	gr.	105.28	102.33	103.56
3	Masa + Sal + Biker 250 ml.	gr.	105.33	102.36	103.59
4	Masa Sal	gr.	0.05	0.03	0.03
5	Masa de Agregado	gr.	500.0	500.0	500.0
6	Aforo de Agua Total	gr.	500.0	500.0	500.0
7	Volumen de Agua Utilizada	%	50.0	50.0	50.0
8	Sales Solubles	%	0.100	0.060	0.060
9	Promedio Sales Solubles	%	0.07		

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL


Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574



3.10 Inalterabilidad de los agregados al sulfato de sodio o magnesio.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
INALTERABILIDAD DE LOS AGREGADOS AL SULFATO DE SODIO O MAGNESIO ASTM C 88	
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRUJILLO-LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021

Material : Agregados Fino / Grueso

Procedencia : Cantera San Martín

AGREGADO FINO							
TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS
PASANTE	RETENIDO	%	Grs.	Grs.	Grs.	%	%
3/8"	N° 4	2.5				3.30	0.08
N° 4	N° 8	22.9	100.0	90.8	9.20	9.20	2.11
N° 8	N° 16	24.8	100.0	91.1	8.90	8.90	2.21
N° 16	N° 30	19.2	100.0	91.8	8.20	8.20	1.57
N° 30	N° 50	20.1	100.0	94.2	5.80	5.80	1.17
N° 50	N° 100	11.5	100.0	91.4	8.60	8.60	0.99
< N° 100		0.8					
TOTALES							8.13

AGREGADO GRUESO							
TAMAÑO DE MALLA		ESCALON ORIGINAL	PESO ANTES DEL ENSAYO	PESO DESPUES DEL ENSAYO	PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO	% DE PERDIDA CORREGIDAS
PASANTE	RETENIDO	%	Grs.	Grs.	Grs.	%	%
2 1/2"	1 1/2"	4.9				5.20	0.25
1 1/2"	3/4"	25.6	1504.4	1342.0	162.40	10.80	2.76
3/4"	3/8"	45.1	1003.8	869.3	134.50	13.40	6.04
3/8"	N° 4	23.8	300.1	257.9	42.20	14.06	3.35
< N° 4		0.6					
TOTALES							12.41

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

* Solución utilizada : Sulfato de Magnesio

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Victoria de los Angeles Agustin Diaz
GERENTE GENERAL


Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574



3.11 Método de ensayo para determinación de partículas chatas y alargadas en agregado grueso.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINACIÓN DE PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO ASTM D 4791	
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMEROS ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES, TRUJILLO
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRUJILLO- LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DE 2021

Material : Agregados Grueso

Procedencia : Cantera San Martín

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		Masa de partículas Chatas	Masa de partículas Alargadas	Masa de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5:1)		
		Masa Retenida Grad. Original	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0				0.00	-	-
1 1/2"	38.100		0.0				0.00	-	-
1"	25.400	397.46	9.5	18.70		13.21	31.91	8.0	0.8
3/4"	19.000	796.30	19.1		42.30	13.40	55.70	7.0	1.3
1/2"	12.700	671.30	16.1	15.30		12.10	27.40	4.1	0.7
3/8"	9.500	914.60	21.9		4.80		4.80	0.5	0.1
N° 4	4.750	1387.20	33.3	6.10			6.10	0.4	0.1
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:		4166.9							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN MASA (%) 3.0

TAMIZ (Pulg.)	ABERTURA (mm)	AGREGADO GRUESO		N° de partículas Chatas	N° de partículas Alargadas	N° de partículas Chatas y Alargadas	CHATAS y ALARGADAS (5:1)		
		Cantidad de partículas G. Or.	% Retenido				Σ	(%)	(%) CORREGIDO
2"	50.800		0.0				0	-	-
1 1/2"	38.100	14	0.3				0	-	-
1"	25.400	28	0.7	1		2	3	10.7	0.1
3/4"	19.000	118	2.8		5	4	9	7.6	0.2
1/2"	12.700	209	5.0	2		11	13	6.2	0.3
3/8"	9.500	766	18.4	4		4	4	0.5	0.1
N° 4	4.750	466	11.2		5		5	1.1	0.1
MASA TOTAL DE LA MUESTRA:		1600							

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS POR CONTEO (%) 0.8

OBSERVACIONES:

* Muestras provistas e identificadas por el solicitante

JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.
Agustín Díaz
INGENIERO GENERAL

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574



3.12 Diseño de mezcla asfáltica tradicional Marshall.





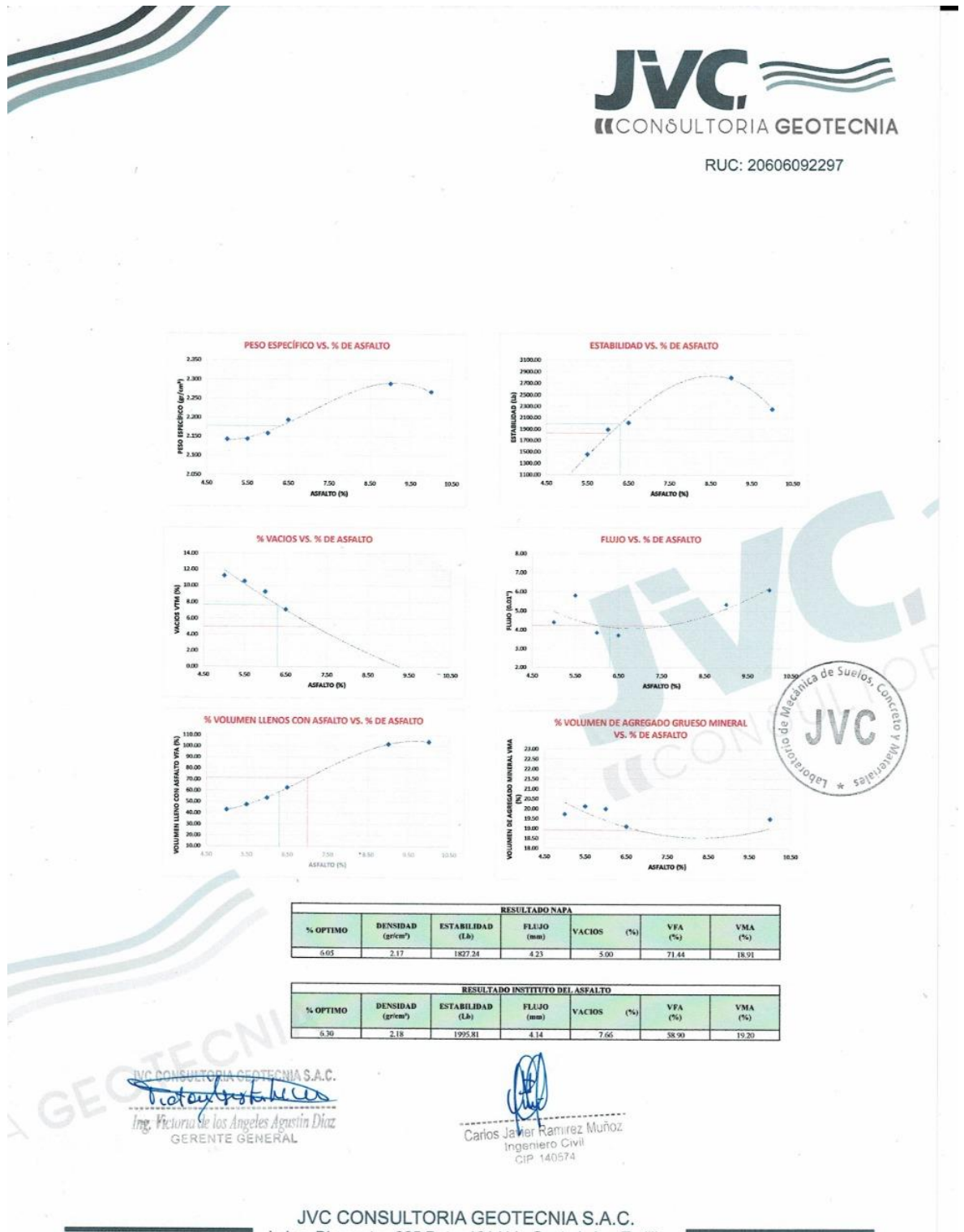
JVC
CONSULTORIA GEOTECNIA

RUC: 20606092297

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MARSHALL	
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFALTICAS CON POLÍMEROS ASB Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.
SOLICITANTE :	DAMICA ANJA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRILULLO - LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021

		Asfalto: FEN (60/70)					Tª Mezcla: 140 °C					Tª Compactación: 138 °C					Gravedad específica: 1.0136		Nº Golpes: 75												
		A					B					C					D		E		F										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	% Contenido Asfáltico en peso de la mezcla (Ca)	5.000	5.000	5.000	5.500	5.500	5.500	6.000	6.000	6.000	6.500	6.500	6.500	6.900	6.900	6.900	7.000	7.000	7.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500		
2	% Agregado grueso en peso de la mezcla (Pg)	42.750	42.750	42.750	42.525	42.525	42.525	42.300	42.300	42.300	42.300	42.075	42.075	42.075	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950	40.950		
3	% Agregado fino en peso de la mezcla (Pf)	52.250	52.250	52.250	51.975	51.975	51.975	51.700	51.700	51.700	51.700	51.425	51.425	51.425	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050	50.050		
4	% Filler en peso de la mezcla (Ff)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
5	Gravedad Especifica Agregado (Ca) Contenido Asfáltico	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014			
6	Gravedad Especifica Saca Brk (Ca) Agregado Grueso	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505			
7	Gravedad Especifica Saca Brk (Ca) Agregado Fino	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502	2.502			
8	Gravedad Especifica Saca Brk (Ca) Filler	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
9	Gravedad Especifica Saca Agregado (Ca) Agregado Grueso	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663			
10	Gravedad Especifica Saca Agregado (Ca) Agregado Fino	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677	2.677			
11	Gravedad Especifica Saca Agregado (Ca) Filler	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
12	Índice A = (Ca + Ca) / (Z del agregado grueso)	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584			
13	Índice B = (Ca + Ca) / (Z del agregado fino)	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620	2.620			
14	Índice C = (Ca + Ca) / (Z del filler)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
15	Altura promedio del espesímetro (mm)	6.72	6.72	6.68	6.66	6.58	6.50	6.53	6.50	6.50	6.48	6.57	6.50	6.58	6.50	6.40	6.50	6.40	6.40	6.50	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40			
16	Gravedad Especifica Saca Brk de la combinación de agregados	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530			
17	Gravedad Especifica Saca Agregado de la combinación de agregados	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671			
18	Peso del espesímetro en sus condiciones SSD en el aire, gr. W _{ss}	1138.2	1138.8	1138.0	1137.0	1135.0	1135.0	1137.0	1137.0	1137.0	1137.8	1140.6	1138.4	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3	1124.3			
19	Peso del espesímetro seco en sus condiciones SSD en el aire, gr. W _{sc}	669.5	669.5	666.9	661.0	660.1	663.5	611.6	611.8	612.2	622.9	616.2	630.5	633.5	633.5	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7	632.7			
20	Volumen del espesímetro	530.00	530.00	531.10	529.10	516.70	533.40	528.50	528.60	528.40	519.20	522.10	520.70	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00	491.00			
21	Gravedad específica saca brk del espesímetro, G _s	2.148	2.146	2.135	2.149	2.154	2.128	2.153	2.159	2.160	2.197	2.177	2.208	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280			
22	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	2.414	2.414	2.414	2.397	2.397	2.397	2.379	2.379	2.379	2.363	2.363	2.363	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281			
23	Índice de vacíos del total de la mezcla, VTM	11.04	11.09	11.57	10.34	10.12	11.22	9.44	9.25	9.16	7.07	7.84	6.53	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77			
24	Índice de vacíos espesímetro Marshall, V _m , Ca, G _s	2.148	2.146	2.135	2.149	2.154	2.128	2.153	2.159	2.160	2.197	2.177	2.208	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280	2.280			
25	% de vacíos del agregado mineral, VMA	19.6	19.6	20.0	19.9	19.7	20.1	20.0	19.9	19.9	19.0	19.7	18.6	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8			
26	% de vacíos llenos con asfalto, VFA	43.5	43.4	42.2	48.1	48.7	45.8	53.1	53.7	53.9	63.1	60.3	66.9	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1	102.1			
27	Gravedad específica aparente de la combinación de agregados, G _a	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671	2.671			
28	Gravedad específica brk de la combinación de agregados, G _b	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530	2.530			
29	G _a - G _b - G _s , coeficiente de la ventilación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
30	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	2.414	2.414	2.414	2.397	2.397	2.397	2.379	2.379	2.379	2.363	2.363	2.363	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281			
31	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	2.414	2.414	2.414	2.397	2.397	2.397	2.379	2.379	2.379	2.363	2.363	2.363	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281	2.281			
32	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
33	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
34	Gravedad específica técnica máxima, Rice, G _m	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
35	% de vacíos del agregado mineral, VMA	19.6	19.6	20.0	19.9	19.7	20.1	20.0	19.9	19.9	19.0	19.7	18.6	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8			
36	% de vacíos del agregado mineral, VMA	19.6	19.6	20.0	19.9	19.7	20.1	20.0	19.9	19.9	19.0	19.7	18.6	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8			
37	% de vacíos del agregado mineral, VMA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK			
38	Índice de vacíos del agregado mineral, VMA	19.6	19.6	20.0	19.9	19.7	20.1	20.0	19.9	19.9	19.0	19.7	18.6	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8			
39	Índice de vacíos del agregado mineral, VMA	19.6	19.6	20.0	19.9	19.7	20.1	20.0	19.9	19.9	19.0	19.7	18.6																		

3.13 Gráficos de los resultados de los ensayos Marshall.



3.14 Diseño de mezcla asfáltica modificada Marshall.

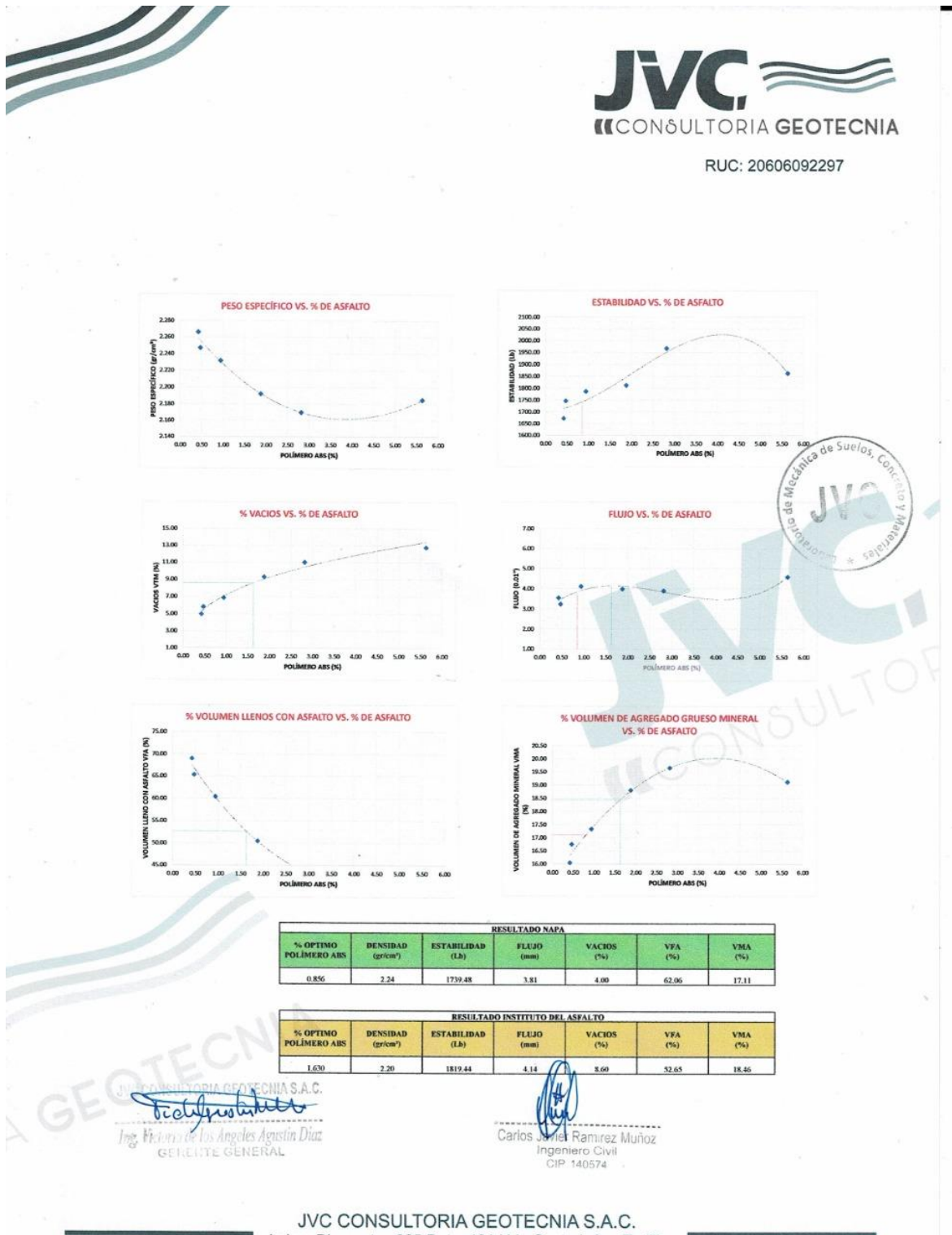


RUC: 20606092297

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO-ASFALTO Y MATERIALES	
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MARSHALL	
PROYECTO :	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON POLÍMERO ABS Y TRADICIONAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES
SOLICITANTE :	GAMBOA ÁVILA JOSÉ CARLOS
UBICACIÓN :	TRUJILLO- LA LIBERTAD
FECHA :	18 DE JUNIO DEL 2021

DISEÑO DE MEZCLA MODIFICADA																				
Asfalto:	PEN 60/70																			
Tª Mezcla:	146 °C																			
Tª Compactación:	138 °C																			
Gravedad específica:	1.0136																			
Nº Golpes:	75																			
% asfalto en la mezcla	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05		
% agregado grueso	41.9	41.8	41.8	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	41.3	
% agregado fino	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	51.7	
% filler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1 % del Polímero ABS recombinado del agregado grueso	0.45%				0.50%				1%				2%					3%		6%
2 % de Polímero ABS en la mezcla	0.47				0.47				0.94				1.88					2.82		5.64
3 % Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (P _a)	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050	6.050
4 % Cemento Asfáltico en peso de la mezcla (P _a)	41.855	41.855	41.855	41.808	41.808	41.808	41.338	41.338	41.338	40.399	40.399	40.399	39.459	39.459	39.459	36.641	36.641	36.641	36.641	
5 % Agregado grueso en peso de la mezcla (P _g)	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673	51.673
6 % Filler en peso de la mezcla (F _l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7 Gradación Especifica Aparente (G _a) Cemento Asfáltico	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014	1.014
8 Gradación Especifica Sesa Bulk (G _{sb}) Agregado Grueso	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505
9 Gradación Especifica Sesa Bulk (G _{sb}) Agregado Fino	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562	2.562
10 Gradación Especifica Sesa Bulk (G _{sb}) Filler	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11 Gradación Especifica Sesa Aparente (G _a) Agregado Grueso	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663	2.663
12 Gradación Especifica Sesa Aparente (G _a) Agregado Fino	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667	2.667
13 Gradación Especifica Sesa Aparente (G _a) Filler	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14 Promedio A = (G _a +G _{sb})/2 del agregado grueso	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584	2.584
15 Promedio B = (G _a +G _{sb})/2 del agregado fino	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615	2.615
16 Promedio C = (G _a +G _{sb})/2 del filler	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17 Altura promedio del espesimen (cm)	6.30	6.40	6.39	6.35	6.35	6.35	6.36	6.35	6.36	6.45	6.46	6.30	6.55	6.54	6.60	6.50	6.50	6.50	6.50	6.50
18 Gradación Especifica Sesa Bulk de la combinación de agregados	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537
19 Gradación Especifica Sesa Aparente de la combinación de agregados	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
20 Peso del espesimen al aire, gr. W _p	1137.7	1136.8	1135.2	1131.8	1131.0	1130.2	1128.4	1130.5	1133.4	1135.7	1134.7	1135.6	1136.3	1134.3	1137.7	1132.2	1132.2	1132.2	1132.2	1132.2
21 Peso del espesimen en su condición SSD en el aire, gr. W _{ss}	1134.2	1137.5	1135.9	1132.6	1131.5	1130.7	1129.1	1131.0	1134.3	1136.4	1135.3	1136.5	1136.9	1135.9	1138.6	1132.3	1132.3	1132.3	1132.3	1132.3
22 Peso del espesimen sumergido, gr. W _u	634.3	635.5	634.9	627.9	629.2	632.8	622.6	626.4	625.4	619.0	618.5	617.1	614.2	613.1	613.3	614.1	614.1	614.1	614.1	614.1
23 Volumen del espesimen	499.90	502.00	500.95	504.70	502.30	506.90	506.50	504.60	508.90	517.40	516.80	519.40	522.70	522.80	523.30	518.20	518.20	518.20	518.20	518.20
24 Gradación específica seca bulk del espesimen, G _{sb}	2.268	2.265	2.266	2.243	2.252	2.247	2.228	2.240	2.227	2.195	2.196	2.186	2.174	2.170	2.166	2.185	2.185	2.185	2.185	2.185
25 Gradación específica líquida mínima, Rice, G _{lm}	2.385	2.385	2.385	2.386	2.386	2.386	2.396	2.396	2.396	2.417	2.417	2.417	2.439	2.439	2.439	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505
26 Porcentaje de vacíos del total de la mezcla, VIM	4.91	5.05	4.98	6.01	5.63	5.81	7.03	6.51	7.06	9.20	9.17	9.56	10.86	11.070	11.19	12.80	12.80	12.80	12.80	12.80
27 Densidad de cada espesimen Marshall, ρ = G _{sb} × G _l	2.208	2.265	2.266	2.243	2.252	2.247	2.228	2.240	2.227	2.195	2.196	2.186	2.174	2.170	2.166	2.185	2.185	2.185	2.185	2.185
28 % de vacíos del agregado mineral, VMA	16.0	16.1	16.1	16.9	16.6	16.7	17.5	17.0	17.5	18.7	18.7	19.0	19.5	19.2	19.8	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1
29 % de vacíos llenos con asfalto, VFA	69.3	68.7	69.0	64.5	66.1	65.3	59.8	61.7	59.7	50.8	50.9	49.8	44.3	43.8	44.4	33.1	33.1	33.1	33.1	33.1
30 Gradación específica efectiva, G _e	2.613	2.613	2.613	2.614	2.614	2.614	2.627	2.627	2.627	2.654	2.654	2.654	2.682	2.682	2.682	2.768	2.768	2.768	2.768	2.768
31 Gradación específica aparente de la combinación de agregados, G _a	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665	2.665
32 Gradación específica bulk de la combinación de agregados, G _b	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.536	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537	2.537
33 Si G _e > G _a > G _b , continuar con la verificación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
34 Gradación específica líquida mínima, Rice, G _{lm}	2.385	2.385	2.385	2.386	2.386	2.386	2.396	2.396	2.396	2.417	2.417	2.417	2.439	2.439	2.44	2.439	2.505	2.505	2.505	2.505
35 Si 35% > G _{lm} , continuar con la verificación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
36 % de vacíos del agregado mineral, VMA	16.0	16.1	16.1	16.9	16.6	16.7	17.5	17.0	17.5	18.7	18.7	19.0	19.5	19.2	19.8	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1
37 % de vacíos del agregado mineral, VMA	16.4	16.5	16.4	17.3	17.0	17.2	18.3	17.8	18.3	20.3	20.6	21.9	22.1	22.2	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
38 % de vacíos del agregado mineral, VMA	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
39 Si 38-39, cancelar la verificación	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
40 Densidad unitaria (congru) (lb)	1613.00	1603.00	1608.0	1563.00	1613.00	1663.00	1858.00	1853.00	1853.00	1443.00	1793.00	1771.00	1873.00	2063.00	1858.00	1863.00	1863.00	1863.00	1863.00	1863.00
41 Factor de Estabilidad	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
42 Estabilidad (congru)	1677.52	1667.12	1672.32	1625.52	1685.52	1729.52	1932.32	1927.12	1500.72	1793.00	1771.00	1873.00	2063.00	1858.00	1863.00	1863.00	1863.00	1863.00	1863.00	1863.00
43 Estabilidad (congru) promedio	1672.32				1746.85			1786.72			1812.33		1907.16			1863.00				
44 Flujo (0.01")	3.56	3.57	3.54	2.79	2.84	4.06	2.92	3.33	4.06	4.32	4.06	3.56	4.06	4.06	3.56	4.57	4.57	4.57	4.57	4.57
45 Flujo promedio (mm)	3.54				3.23			4.11			3.98		3.89			4.57				
46 Densidad de cada espesimen Marshall (gr/cm ³), promedio	2.266				2.247			2.232			2.192		2.179			2.185				
47 Porcentaje de vacíos del total de la mezcla,																				

3.15 Gráficos de los resultados de ensayos Marshall.



ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO.



Análisis granulométrico por tamizado.



Secado de los agregados en el horno.



Pesado de los agregados



Llenado el agregado para el peso unitario suelto.



Calentamiento del asfalto.



Midiendo la temperatura del asfalto.



Compactando la briqueta a 75 golpes.



Muestra de las briquetas



Espécimen para luego realizar la prueba Marshall.



Tomando lectura de la ruptura de la briqueta.