



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Incorporación de plástico reciclado PET para la estabilización de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolas Ayllón, La Victoria 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Muñante Méndez, Milagros Giomira (ORCID: 0000-0002-2286-5377)

Sánchez Requena, Cristhian Alexis (ORCID: 0000-0002-3042-992X)

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primordialmente a Dios, a mi madre Katia que siempre estuvo apoyándome incondicionalmente en todo lo necesario; a mi padre y hermano que estuvo conmigo dedicándome su apoyo.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado principalmente a Dios, a mi madre que siempre me brindó su apoyo incondicional y también a todas las personas que me apoyaron para lograr mi objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre está conmigo brindándome salud y fortaleza ante los obstáculos; a mis padres, quienes a lo largo de mi vida estuvieron velando por mi bienestar brindándome su apoyo incondicional; a Mg. Ing. Carlos Minaya por ser nuestro tutor de proyecto de investigación quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por guiarnos a lo largo de la carrera, por ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad; a mi madre, quien a lo largo de mi vida estuvo siempre presente con su apoyo incondicional; a Mg. Ing. Carlos Minaya por ser nuestro tutor de proyecto de investigación quien me ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

Índice

| | |
|---|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice..... | iv |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de figuras y gráficos..... | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGIA..... | 12 |
| 3.1. Tipo y Diseño de Investigación..... | 12 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 13 |
| 3.3. Población, Muestra y Muestreo..... | 14 |
| 3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 16 |
| 3.5. Procedimientos..... | 17 |
| 3.6. Métodos de Análisis de datos..... | 18 |
| 3.7. Aspectos Éticos..... | 18 |
| IV. RESULTADOS..... | 19 |
| V. DISCUSIÓN..... | 45 |
| VI. CONCLUSIONES..... | 49 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 50 |
| REFERENCIAS..... | 51 |
| ANEXOS..... | 60 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. <i>Probetas a ensayar</i> | 15 |
| Tabla 2. <i>Ensayos de laboratorio</i> | 16 |
| Tabla 3. <i>Mezcla de agregados</i> | 21 |
| Tabla 4. <i>Mezcla asfáltica</i> | 21 |
| Tabla 5. <i>Peso de materiales</i> | 22 |
| Tabla 6. <i>Análisis granulométrico</i> | 23 |
| Tabla 7. <i>Ensayo Marshall (4.4 % C.A)</i> | 25 |
| Tabla 8. <i>Ensayo Marshall (4.9 % C.A)</i> | 26 |
| Tabla 9. <i>Ensayo Marshall (5.4 % C.A)</i> | 27 |
| Tabla 10. <i>Ensayo Marshall (5.9 % C.A)</i> | 28 |
| Tabla 11. <i>Datos de las proporciones</i> | 29 |
| Tabla 12. <i>Características Marshall</i> | 31 |
| Tabla 13. <i>Resultados de porcentajes de vacíos patrón</i> | 32 |
| Tabla 14. <i>Resultados de flujo patrón</i> | 33 |
| Tabla 15. <i>Resultados de estabilidad patrón</i> | 34 |
| Tabla 16. <i>Resultados de porcentaje de vacíos</i> | 36 |
| Tabla 17. <i>Resultados de flujo</i> | 38 |
| Tabla 18. <i>Resultados de estabilidad</i> | 40 |
| Tabla 19. <i>Ensayo Marshall (1.5 % Plástico reciclado PET)</i> | 41 |
| Tabla 20. <i>Ensayo Marshall (3.5 % Plástico reciclado PET)</i> | 42 |
| Tabla 21. <i>Ensayo Marshall (5.5 % Plástico reciclado PET)</i> | 43 |
| Tabla 22. <i>Ligante asfáltico</i> | 44 |
| Tabla 23. <i>Características de Marshall modificado</i> | 44 |

Índice de figuras y gráficos

| | |
|---|----|
| Figura 1: <i>Componentes de la mezcla asfáltica</i> | 10 |
| Figura 2: <i>Mapa del Perú</i> | 19 |
| Figura 3: <i>Mapa de Lima</i> | 19 |
| Figura 4: <i>Localización de la avenida Nicolas Ayllón</i> | 19 |
| Figura 5: <i>Peso de materiales – 1</i> | 20 |
| Figura 6: <i>Peso de materiales – 2</i> | 20 |
| Figura 7: <i>Peso de materiales – 3</i> | 20 |
| Figura 8: <i>Peso de probeta de asfalto</i> | 20 |
| Figura 9: <i>Curva granulométrica de agregados</i> | 24 |
| Figura 10: <i>Gráfica de peso unitario</i> | 29 |
| Figura 11: <i>Gráfica de % de vacíos</i> | 29 |
| Figura 12: <i>Gráfica de V.M.A</i> | 30 |
| Figura 13: <i>Gráfica de vacíos llenos C.A</i> | 30 |
| Figura 14: <i>Gráfica de polvos / asfalto</i> | 30 |
| Figura 15: <i>Gráfica de flujo</i> | 30 |
| Figura 16: <i>Gráfica de estabilidad</i> | 31 |
| Figura 17: <i>Gráfico de resultados de % de vacíos en el asfalto – patrón</i> | 32 |
| Figura 18: <i>Gráfico de resultados de flujo en el asfalto – patrón</i> | 33 |
| Figura 19: <i>Gráfico de resultados de estabilidad en el asfalto – patrón</i> | 34 |
| Figura 20: <i>Elaboración de probetas</i> | 35 |
| Figura 21: <i>Elaboración de probetas 2</i> | 35 |
| Figura 22: <i>Gráfico de porcentaje de vacíos con plástico reciclado PET</i> | 36 |
| Figura 23: <i>Máquina Marshall</i> | 37 |
| Figura 24: <i>Elaboración de probetas 3</i> | 37 |
| Figura 25: <i>Gráfico de flujo con plástico reciclado PET</i> | 38 |
| Figura 26: <i>Ensayos Granulométricos</i> | 39 |
| Figura 27: <i>Ensayos Granulométricos 2</i> | 39 |
| Figura 28: <i>Gráfico de estabilidad con plástico reciclado PET</i> | 40 |
| Figura 29: <i>Parámetros de diseño Marshall</i> | 40 |

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia del plástico reciclado PET en la carpeta asfáltica en la av. Nicolas Ayllón, La Victoria, estableciéndose realizar los ensayos de granulometría y el método Marshall para determinar la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos. Indicando la metodología: su diseño de investigación fue cuasi experimental, su tipo de investigación fue nivel explicativo, de enfoque cuantitativo. Sus resultados según los objetivos específicos al implementar el plástico reciclado PET en 1.5%, 3,5% y 5.5% fueron: el primer objetivo específico fue determinar el incremento de la estabilidad, la cual se mejoró de 10.5 KN a 12.1 KN con el 5.5% de plástico reciclado PET, el segundo objetivo específico fue determinar la disminución del flujo, el cual mejoró de 13 (0.25mm) a un 12.7 (0.25mm) con el 1.5% de plástico reciclado PET, el tercer objetivo específico fue determinar la reducción del porcentaje de vacíos respecto a la muestra patrón, el cual no mejoró ya que aumentó de 4.2% a 6.8% con el 5.5% de plástico reciclado PET. Conclusión, la incorporación de plástico reciclado PET mejoró determinadas propiedades de la carpeta asfáltica.

Palabras clave: plástico, reciclado, propiedades, carpeta, asfáltica.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the influence of recycled PET plastic on the asphalt layer in the av. Nicolas Ayllón, La Victoria, establishing the granulometry tests and the Marshall method to determine the stability, flow and percentage of voids. Indicating the methodology: his research design was experimental cuasi, his type of research was explanatory level, quantitative approach. Their results according to the specific objectives when implementing recycled PET plastic in 1.5%, 3.5% and 5.5% were: the first specific objective was to determine the increase in stability, which was improved from 10.5 KN to 12.1 KN with 5.5 % of recycled PET plastic, the second specific objective was to determine the decrease in flow, which improved from 13 (0.25mm) to 12.7 (0.25mm) with 1.5% of recycled PET plastic, the third specific objective was to determine the reduction of the percentage of voids with respect to the standard sample, which did not improve since it increased from 4.2% to 6.8% with 5.5% of recycled PET plastic. Conclusion, the incorporation of recycled PET plastic improved certain properties of the asphalt binder.

Keywords: plastic, recycled, properties, folder, asphalt.

I. INTRODUCCION

Algunos pavimentos presentan deterioro, fisuras, etc. Debido a varios factores ya sea por un mal proceso constructivo, cargas no soportadas entre otros, se logró mejorar las propiedades del pavimento con un aditivo o similar, contribuyó en la reducción de diferentes características no favorables en la mezcla asfáltica, así mismo, se redujo el costo. A nivel mundial, existen diversas técnicas para una estabilización de terrenos para la mejoría de sus propiedades de la carpeta asfáltica, en distintos países: Colombia, Ecuador entre otros; eligieron por atípicas circunstancias de manejo de los materiales reciclados, motivos económicos, sociales y ambientales donde se buscó incrementar condiciones de plasticidad, su capacidad de resistencia, estabilidad y durabilidad. Lo cual es de suma importancia determinar, las fallas más continuas que se originan en la estructura del pavimento, sean subsanados a la brevedad, ya que son de mayor vulnerabilidad, manifestándose a soportar deterioros y daños en altas dimensiones. Lo cual fueron disminuyendo con el incremento de aditivos (grano de caucho reciclado, plástico reciclado PET) y así obstaculizar deficiencia en el diseño y su propia construcción. A nivel Nacional, el pavimento es la mayor infraestructura vial para reunir a la sociedad, por ello, es fundamental tener vías en buen estado principalmente para el desarrollo del país. El mayor problema a nivel nacional del pavimento es su deterioro, ya sea por falta de mantenimiento, un incremento de cargas no soportado, un mal proceso constructivo, entre otros; además a nivel nacional vemos el incremento de la contaminación, por lo tanto, es fundamental tener un método ecológico para incorporar esta técnica en el rubro de la construcción. En los últimos años, con la aparición de métodos innovadores para mejorar el asfalto con numerosos materiales, incluyendo el plástico reciclado PET ya que aumenta las propiedades positivamente, ya sea, en porcentajes de vacíos y estabilidad. En distintas regiones del Perú como Ayacucho, Tacna, Tarapoto encontramos distintos materiales que formaron parte de la investigación, implementando caucho en granos, caucho reciclado, geomallas de botellas recicladas, donde la incorporación de estos materiales incrementaron las características favorables del asfalto dándola

mayor estabilización. En el Perú la contaminación sigue en aumento, ya sea, por falta de compromiso de parte de nosotros mismos o por las mismas autoridades que no incentivan el reciclaje, entre otros. De manera que, se aplicó una reutilización de este material reciclado, para mejorar las propiedades del asfalto para una estabilización de la carpeta asfáltica, al igual que, reducir la contaminación y lograr un bien social, económico y ambiental.

A nivel local, La Victoria, distrito que está situado en el departamento de Lima, de acuerdo al censo del 2017 cuenta con 173 630 habitantes, esto hace que sea un distrito muy transitado debido a su comercio formal e informal. Por lo consiguiente, debido a que es un distrito muy concurrido tiene una enorme contaminación que se va acumulando cada vez más en distintos sectores del distrito ocasionando malestar por parte del transeúnte. Debido al deterioro del pavimento, se observó la cantidad de vehículos que transitan por esa zona, esto a su vez hace que se genere caos ya que es una avenida muy transitada, además, la contaminación en el distrito es otro factor que influye en el abandono de esta avenida; por este motivo, se plantea la incorporación de plástico reciclado PET en cantidades para mejorar las propiedades de la carpeta asfáltica para una mejor estabilización.

Se observó el mal estado del pavimento de la avenida Nicolás Ayllón debido a su poco interés en el mantenimiento por parte de las autoridades, de modo que, por la alta demanda de transitabilidad se propone su optimización incorporando plástico reciclado PET para que logre mejor estabilidad, porcentaje de vacíos y flujo.

Es por ello, que en la actual investigación se ha planteado el siguiente Problema General: ¿De qué manera influye la incorporación del plástico reciclado PET en la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021? Similarmente se plantearon los Problemas específicos: ¿Cuánto influye la incorporación de plástico reciclado PET en la estabilidad de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021?; ¿Cuánto influye la incorporación de plástico reciclado PET en el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021?; ¿Cuánto influye la incorporación de plástico reciclado PET en el flujo de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021?

Se puede justificar esta investigación planteando nuevas alternativas de solución para mejorar el pavimento, proponiendo usar plástico reciclado PET; la utilización de estos residuos será de gran ayuda para el medio ambiente; debido a que se dará un aprovechamiento del mismo, con este planteamiento se buscó implementar una solución ecológica respecto a deterioro del pavimento: Justificación teórica, en esta investigación se busca incrementar nuestros conocimientos respecto al comportamiento mecánico y físico de la carpeta asfáltica con la incorporación del plástico reciclado PET, respecto a la variable independiente Plástico reciclado PET es un polímero termoplástico que está apto para tornarse fluidos con el calentamiento y después de un procedimiento de enfriamiento, retorna a su estado original sin ninguna variación en sus propiedades¹. Respecto a la variable dependiente Carpeta asfáltica es la cubierta superior del pavimento flexible la cual otorga que se haga posible el circulamiento de vehículos y se fabrica con productos asfálticos y componentes petrosos². Justificación social, este proyecto benefició a los pobladores del distrito de La Victoria, al tener una vía de acceso más estabilizada, así mismo, les permitió y sirvió para trasladarse en menor tiempo sin ningún inconveniente, alargando la utilidad de la vía. Justificación metodológica, esta solución nos ayudó a conocer una nueva metodología para el mejoramiento de la carpeta asfáltica, al emplear el plástico reciclado PET muy abundante en el distrito de la Victoria - Lima. Justificación ambiental, la utilización de estos residuos fueron de gran ayuda para el ecosistema, dado que se reutilizó el residuo, en esta

propuesta se buscó dar una solución ecológica al problema del deterioro de los pavimentos empleando desechos que contaminan el medio ambiente de la zona.

En la siguiente investigación, se propone la Hipótesis General: La incorporación de plástico reciclado PET en porcentajes de 1.5%, 3.5% y 5.5% mejora las propiedades de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021. Similarmente se plantearon las Hipótesis Específicas: La incorporación de plástico reciclado PET incrementa la estabilidad de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021; La incorporación de plástico reciclado PET disminuye el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021; La incorporación de plástico reciclado PET disminuye el flujo de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021.

También se planteó el Objetivo General: Evaluar la influencia de la incorporación de plástico reciclado PET en las propiedades de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021. En forma similar se plantearon los Objetivos Específicos: Determinar la influencia de la incorporación de plástico reciclado PET en la estabilidad de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021. Determinar la influencia de la incorporación de plástico reciclado PET en el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021. Determinar la influencia de la incorporación de plástico reciclado PET en el flujo de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional se tiene a: Hernández, (2018), para lo cual su objetivo fue determinar el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente implementando fibras de polipropileno en zonas de gran altura, el tipo experimental y estudio descriptivo. Obteniendo como resultado que al incorporar el 0.6 % de fibra de polipropileno esta mejora su comportamiento, además de 3.8 % en flujo y mejorar equiparadas con una mezcla convencional de 1461 de estabilidad. La conclusión es que el uso de la fibra de polipropileno es una envergadura de 0.6 % incrementando su estabilidad en 38% la mezcla asfáltica en caliente, en correspondencia a su diseño convencional, esto hace que se incremente la estabilidad ya que facilita una mayor reacción estructural frente a cargas vehiculares³.

Arévalo, (2019), para lo cual su objetivo fue efectuar un diseño de mezcla asfáltica al incorporar geomallas de botellas recicladas a fin de desarrollar una transitabilidad más fluida en Tarapotillo en el departamento de San Martín, el tipo pre experimental con un estudio descriptivo. Obteniendo como resultado que al implementar geomallas de botellas recicladas se vio un incremento de su soporte de cargas en un 17.5 % en comparación con una mezcla convencional, esta mezcla incorporada disminuyó su fluidez en 9.56% comparado con la mezcla convencional, así mismo, incorporando geomallas de botellas recicladas mejora un 25.6% en relación flujo/estabilidad. La conclusión es que la mezcla incorporada mejora su capacidad de soporte de cargas en comparación a la mezcla convencional⁴.

Capcha, (2018), para lo cual su objetivo fue efectuar un diseño de mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado en el departamento de Tacna, el tipo experimental con un estudio aplicativo. Obteniendo como resultado que la mezcla asfáltica modificada obtuvo una mayor resistencia de 3.83 (con aumento al 10% de GCR) en comparación de la mezcla tradicional, además, se consiguió 1392.35 kg con estabilidad de 1339.05 kg, confirmando que ayuda a una mejor resistencia en deformaciones. La conclusión es que la deformación constante en las mezclas del caucho asfáltico puede vincularse con las propiedades del aglutinante del caucho asfáltico (viscosidad aparente, elasticidad y penetración)⁵.

A nivel internacional tenemos a: Rojas, (2019), para lo cual su objetivo fue analizar el diseño de una mezcla de asfalto modificado con PET para así aplicar en ciclo vías, la metodología empleada fue de tipo experimental. Obteniendo como resultados obtenidos fueron que se compararon los contenidos de PET al 0, 6 y 12%; cada uno con valores de Va de 4,79, 13,97 y 21,05%, las briquetas con adiciones de PET del 2% al 6% mostraron un crecimiento en la estabilidad, pero más el 6% lo cual se mostró una disminución de su estabilidad, en el flujo, se encontró un crecimiento proporcional cuando los porcentajes de PET aumentan para todo el rango elegido para estudio (del 2 al 12%). La conclusión es que el porcentaje óptimo de PET se determinó en 6%, considerando como el porcentaje relacionado con el máximo valor de estabilidad, cumpliendo también con los parámetros de flujo, el diseño de la mezcla cumple satisfactoriamente con estrictos estándares, con los beneficios adicionales de ser un producto más económico y sostenible de diseño de mezcla de pavimento⁶.

Díaz – Castro, (2017), para lo cual su objetivo fue reforzar las mezclas asfálticas del pavimento incorporando grano de caucho reciclado de llantas usadas, la metodología empleada fue la experimental. Obteniendo como resultados se demostró que la óptima cantidad de GCR en la mezcla asfáltica para lograr un porcentaje de vacíos menor es de 15%, logrando un comportamiento superior ante el ahuellamiento, para ello se compararon 4 tipos de mezcla asfáltica, con 10 % de GCR, control (sin GCR), modificada con SBS y con 15% de GCR. La conclusión es que las mezclas asfálticas con GCR aumenta los inconvenientes de ahuellamiento, minimizando el contenido de vacíos en las mezclas asfálticas junto con un desarrollo más preciso de compactación de la mezcla⁷.

Camacho – Gómez – López (2019), para lo cual su objetivo fue determinar un resultado cuantitativo que determine la relación óptima entre el PET y la carpeta asfáltica, la metodología empleada fue experimental. Obteniendo como resultados que se determinó el porcentaje óptimo del asfalto que es de 5.6% ya que la mezcla asfáltica mostró una adherencia de 96 %, por ello cumple con la normativa que indica que para una mezcla tipo MDC-19 debe ser mayor al 80%, indica que se combinan con el filler y fibra PET. La conclusión es que una perfecta resistencia a

la fatiga que la norma exige, lo cual se garantiza la rigidez del espécimen no se reducirá con facilidad⁸.

In other languages we have: Pay (2017), for which its objective was to determine the effect of polymer-modified bitumen on permanent setting in asphalt mixtures designed for low-level conditions. The methodology is of an applied type and its experimental design. Obtaining as results that the improved properties in addition to cracking at low temperatures, resists high temperatures since the asphalt mixture is composed with PMB1 obtaining a significantly higher stiffness than the asphalt mixture that has a specific bituminous penetration with the use of polymer modified adhesive. the life span of the asphalt concrete pavement. The conclusion is that polymer-modified bitumen has the deformation properties of low-traffic asphalt, as well as improvements in the useful life of the pavement through the use of polymer-modified bitumen ⁹.

Lewis (2018), its objective was quantify the percentage of binder around RAP materials that are mixed with asphalt mixtures and analyze the effect of the mixture on the performance of the mixture. The methodology is of an applied type and experimental design, obtaining as a result a percentage of binder around the aggregates RAP 40% 55%). %) should not be mixed with the mix, as all asphalt mixes were designed with the assumption that there will be a 100% mix between RAP and virgin binders, the final mix has a binder content less than the design binder content. The bottom line is that the mix percentages for the three mixes are close, it is suggested to use an average mix percentage of 56.5% for the mix design and performance evaluation in Oregon for a RAP content of 40%¹⁰.

Abdullah (2015), for which his objective was: To determine the influence of rubber on a modified asphalt compared to a conventional asphalt. The methodology is descriptive and experimental design. Obtaining as a result that the standard asphalt with rubber was more sensitive to the formation of furrows than the modified asphalt, the standard types would last longer with the two volumes of traffic according to the last measurement and the average exchange rate. The conclusion is that rubber modified asphalt in comparison with traditional asphalt manages to improve its properties since it gives it greater stability making it have a longer life¹¹.

A nivel de artículos se tiene a: Rodríguez (2014), su objetivo principal fue transformar el asfalto empleando aceite crudo de palma, para fabricar mezclas asfálticas tibias y colocar su desempeño en laboratorio y compararlas con las mezclas en caliente. La metodología es de tipo aplicada y diseño experimental. Obtenemos como resultado que en el transcurso que se va aumentando el contenido de ACP, disminuyó la viscosidad para que el 1% de ACP se disminuya en 7°C así mismo con la temperatura del asfalto AC-20 para el 2% de ACP se aminoró a 10°C. La conclusión es que el desempeño de la mezcla MAT 1% y MAC es de idénticas propiedades y que cumplen con las especificaciones de diseño Marshall, teniendo en cuenta que la MAT 1% el flujo es más alto, pero la estabilidad disminuye¹².

Reyes – Camacho – Londoño (2013), su objetivo principal es centralizar el entendimiento de la influencia en la gradación pétreo y origen para obtener un deseable comportamiento de mezclas asfálticas. Obteniendo como resultados que las mezclas asfálticas con granulometría md20 tiene una mayor densidad de las md12, propiamente del origen del material pétreo, se determinó el porcentaje óptimo del asfalto con el método Marshall, así mismo, los ensayos que fueron realizados a las mezclas asfálticas fueron la Resistencia Conservada, el Módulo Resiliente, la Resistencia Conservada, resistencia a la tracción Indirecta en estados seco y húmedo. La conclusión es que existe un vínculo entre el módulo resiliente y la resistencia a la tracción indirecta de las mezclas asfálticas estudiadas, intrascendente de la frecuencia empleada en el ensayo¹³.

Ramírez (2016), su objetivo principal es evaluar la concordancia de agregados en su porcentaje inmejorable y diseño de mezcla caliente y fría formuladas junto con el cemento asfáltico PEN 60/70, empleando el método Marshall obtenemos resultados de la mezcla asfáltica caliente con un valor de 6% con un diseño de 45% de agregado fino y 55% de agregado grueso, la estabilidad de la mezcla asfáltica en caliente es de 11817 N y 10963 N para frío. La conclusión es que se demuestra la ejecución de la norma respecto a un tránsito pesado base y carpeta, indicado por el Instituto de Asfalto Americano para el diseño Marshall¹⁴.

Como bases teóricas relacionada a las variables y las dimensiones tenemos lo siguiente: **Definición de carpeta asfáltica.** Es la cubierta superior del pavimento flexible la cual otorga que se haga posible el circulamiento de vehículos y se fabrica con productos asfálticos y componentes petrosos. Los materiales petrosos para elaborar carpetas asfálticas superficies inertes, procedentes de arroyos o playones de ríos, de almacenes naturales, generalmente solicitan cribado y triturado para emplearse así mismo, también se puede comprobar la estabilidad del asfalto¹⁵. Las propiedades más significativas que poseen los materiales petrosos para carpetas asfálticas son dureza, granulometría y adherencia con el asfalto y forma de la partícula. La granulometría es fundamental y se debe acatar las normas respectivas, pues como los componentes envuelven repleto con el asfalto, si la granulometría se modifica, entonces variaría la superficie a cubrir. Debido a que la superficie por cubrir aparece dañada al disminuir o aumentar los finos que cuando hay una alteración en las partículas voluminosas. Estudiando los tipos de carpeta asfáltica, resultan las granulometrías necesarias y la conformidad pertinente¹⁶.

Propiedades de la carpeta asfáltica: Estabilidad. Obtenido del ensayo Marshall se obtiene que es la máxima resistencia a la deformación aplicando una carga continua. Esta estabilidad puede variar según el tipo, gradación de agregados y la cantidad. Así mismo, la estabilidad es la propiedad que puede prevenir las deformaciones debido a las cargas excesivas de los vehículos¹⁷. **Flujo.** Es una deformación en pulgadas o mm que aparece en la briqueta hasta que se produce una falla. El valor de flujo es igual a la alteración vertical (deformación) de la briqueta la cual ha sido doblada a una carga máxima y luego disminuye¹⁸. **Porcentajes de vacíos.** Es la concentración de aire capturado la que impregna las briquetas entre las partículas de la mezcla, seguidamente de la compactación de mezclas bituminosas se utiliza como referencia para fabricar el esbozo de la mezcla asfáltica y evaluar la compactación correcta de un pavimento asfáltico¹⁹.

Diagrama de componentes de la mezcla asfáltica



Figura 1: Componentes de la mezcla asfáltica

Fuente: Salazar W.

Definición de plástico reciclado (PET). El plástico más reciclado es el PET a nivel mundial. Los equipos de PET reutilizados sobresalen desde la recolección y separación hasta los métodos operativos adicionales y sus aplicaciones finales. El Tereftalato de Polietileno (PET) es un polímero termoplástico que está apto para poder restituir fluidos con el calentamiento y luego seguir con el procedimiento de refrigeramiento, retorna a su estado original sin absoluta variación en sus propiedades. Lo que se destaca de esta característica es que los termoplásticos sean adecuados y reciclados sin poder dañar sus propiedades físicas.

Las distintas variedades de ventajas del PET sobre otros termoplásticos son: bajo costos de producción, alta resistencia mecánica a temperaturas elevadas, transparencia, la facilidad de procesamiento, la estabilidad térmica, su baja densidad, la estabilidad hidrolítica y la estabilidad química, ocasionadas por la existencia de anillos aromáticos. Este material es utilizado para la elaboración de botellas de, agua, aceites, gaseosa etc. Es caracterizado por su ligereza a la compresión y buena resistencia, además, unas de sus capacidades es que puede llegar a ser reutilizado ya que puede ayudar a disminuir el impacto ambiental que se produce con este tipo de materiales y a reducir el uso de materia prima no renovable²⁰. El PET tiene la capacidad para ejecutar diversas especificaciones técnicas que han sido el argumento por las que los componentes han obtenido un progreso notorio en la elaboración una de envases y de fibras textiles, sus primordiales características son: Humedad, un mejor factor de escurrimiento, resistencia térmica y química, una mejor resistencia a la corrosión y desgaste Existen distintos métodos por lo cual se puede reutilizar el PET desde el reciclado químico, mecánico y que algunos fueron planteados a nivel global para la reutilización del PET, sin embargo, el propósito fue reducir el impacto ambiental y a su paralela el volumen de estos en los vertederos²¹. Una mayor fuente principal para el reciclaje es del plástico ya que se elabora distintos productos, desde muebles, tableros hasta un sinfín de variedad a un costo bajo²².

III. METODOLOGIA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Se conceptualiza una investigación de tipo aplicada aquella que inquiriere una generación de conocimientos con aplicando directamente a los problemas o errores de una sociedad o el sector productivo²³. Así como también busca esencialmente los descubrimientos tecnológicos de un estudio fundamental, posesionándose del procedimiento de la conexión del producto y la teoría²⁴. Por esta razón, la presente investigación es de tipo aplicada, puesto que se logró reflejar los conocimientos preliminares en la optimización de la carpeta asfáltica con el uso del plástico reciclado PET. En base a antecedentes semejantes, con el propósito de decidir de la mejor manera para mejorar las propiedades de la carpeta asfáltica con distintos porcentajes de plástico reciclado PET, basándose en los resultados obtenidos del laboratorio y los parámetros de estabilidad, porcentaje de vacíos y flujo.

Diseño de investigación:

- Diseño cuasi experimental

Se les domina diseño cuasi experimental ya que tienen ciertas limitaciones al implementar el diseño experimental real, sin embargo, si se logra relacionar con la variable independiente (plástico reciclado PET) con la determinación de ver el vínculo y efecto con una o más variables dependientes (carpeta asfáltica); A comparación del experimental real, este se aplaza la confiabilidad al comienzo de los grupos ²⁵.

De manera que, el trabajo de investigación es cuasi experimental, puesto que se manejará deliberadamente las cantidades de plástico reciclado PET (1.5 %, 3,5 % y 5.5 %) en la carpeta asfáltica, con el fin de especificar la influencia en las propiedades de la carpeta asfáltica, asimismo, se contó con los determinados ensayos correspondientes a la muestra mezcla convencional y las muestras con el plástico reciclado PET en 1.5%, 3.5% y 5.5% del volumen de la muestra; dosificaciones seleccionadas guiándonos de antecedentes de numerosos autores (tesis: Salazar 0.5%, 1% y 3%) realizados anteriormente.

3.2. Variable y Operacionalización

Variable independiente: Plástico reciclado PET

Definición conceptual:

Es un polímero termoplástico que está apto para tornarse fluidos con el calentamiento y después de un procedimiento de enfriamiento, retorna a su estado original sin ninguna variación en sus propiedades. Esta característica proporciona que los termoplásticos sean adaptados y reciclados sin dañar sus propiedades físicas²⁶. El plástico reciclado con mayor porcentaje en el mundo, simplemente se puede lavar y fundirse para su uso en productos de menor calidad, se puede polimerizar y así producir un nuevo PET para el consumo alimentario²⁷.

Definición operacional:

El plástico reciclado PET se incorporará en forma proporcional a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1.5%, 3.5% y 5.5% respecto al peso de la muestra de la carpeta asfáltica, para ello se realizan las briquetas en 4 combinaciones: N, N+1.5%, N+3.5% y N+5.5%, con el propósito de perfeccionar en las propiedades de la carpeta asfáltica teniendo como escala la razón.

Variable Independiente V1: Plástico reciclado PET.

Variable Dependiente: Carpeta asfáltica

Definición conceptual:

Es la capa superior de un pavimento flexible que otorga la superficie de rodamiento para los vehículos y se fábrica con productos asfálticos y materiales petrosos²⁸. Una mezcla de asfalto con agregados minerales pétreos lo cual tienen una relación ya constituida para construir pavimentos²⁹.

Definición operacional:

Las briquetas se combinan con plástico reciclado PET, para que mejore las propiedades mecánicas y físicas de la carpeta asfáltica, para ello se realiza el método Marshall para determinar el aumento de la estabilidad, el decrecimiento del flujo y la deducción del porcentaje de vacíos. Finalmente, los resultados obtenidos se procesan en formatos y fichas técnicas según la NTP y ASTM.

Variable Dependiente

V2: Carpeta asfáltica

3.3. Población, Muestra y muestreo

Población

El concepto de población es un censo que va por encima de lo común y de lo ordinario, Se puede decir que la población se define como un conjunto infinito o finito de hombres y de los objetos que representan las características comunes³⁰.

La población estuvo compuesta por todas las probetas de asfalto también conocidas como briquetas y sus ensayos, que resultaron de las pruebas de estabilidad, porcentaje de vacíos, el flujo y de las distintas mezclas con el plástico reciclado PET.

Muestra

Se conceptualiza como el conjunto de unidades que se consigue dentro de una población³¹. Así como también se define como un subconjunto o fracción de la población la cual se ejecutará en la investigación, existen maneras para poder alcanzar una cantidad de elementos de una muestra tales como lógica, fórmulas y otros que se verán progresivamente, en definición una muestra es un fragmento muy representativo de la población³².

De acuerdo al manual de ensayo de materiales del MTC (EM2000) se determina que, al efectuarse distintos porcentajes, se debe efectuar cinco probetas de asfalto como máximo. en tal ocasión fabricaremos cuatro probetas de asfalto por cada porcentaje. Por ello, la muestra estuvo compuesta por 16 probetas de asfalto también conocidas como briquetas y sus ensayos, que originen de los ensayos de estabilidad, porcentaje de vacíos, el flujo y de las distintas mezclas con el plástico reciclado PET.

Se tomó como muestra la misma que la población pues se analizaron todas las briquetas de asfalto acorde a los ensayos de laboratorio como la estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos, además, de definir las propiedades físicas y mecánicas, según las proporciones indicadas (N, N+1.5%, N+3.5%, N+5.5%).

Tabla 1: *Probetas a ensayar*

| PORCENTAJE DE PLÁSTICO RECICLADO PET | CANTIDAD DE PROBETAS PARA EL MÉTODO DE MARSHALL |
|---|--|
| N | 4 |
| N + 1.5% | 4 |
| N + 3.5% | 4 |
| N + 5.5% | 4 |
| TOTAL | 16 |

Fuente: Elaboración propia

Muestreo

El concepto del muestreo es todo suceso al elegir un grupo de hombres dentro de la población con la finalidad de investigarlos y así caracterizar lo global de la población³³. Se conceptualiza como un método para deducir numéricamente las unidades dentro de la población donde se realizó el estudio³⁴.

En definitiva, el muestreo es de tipo no probabilístico, ya que este no se acata a una posible fórmula estadística, más bien depende de la elección del tesista, del tipo de carretera y de características particulares de toda la investigación, esto hace que provenga la elaboración de una toma de decisiones por parte del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Se define como un proceso de toma de decisiones guardando relación con la naturaleza del objeto del estudio, con la teoría empleada para construirla y la lógica del investigador³⁵.

Por ello en el presente proyecto de investigación, el método de recopilación de datos utilizó la observación para ofrecer distintas soluciones a las problemáticas, además, probar las hipótesis planteadas. Sin embargo, las fuentes de información como bases teóricas para cada variable se utilizó las fichas bibliográficas, finalmente se tiene la ficha de la cuasi experimentación.

Al mismo tiempo se utiliza las normativas establecidas por el Ministerio de transportes: MTC EG 2013, MTC E-504, MTC E-505, MTC E-507.

Instrumentos de recolección de datos

Se define como todo aquel recurso del investigador donde puede apoyarse o guiarse para aproximarse a los distintos fenómenos y separar de estos la información³⁶. Por esa razón que para la investigación se realizaron ensayos para la obtención de los resultados, por lo cual se menciona lo siguiente:

- Observación
- Ensayos
- Fichas de laboratorio (Ver anexo)

Tabla 2: *Ensayos de laboratorio*

| | Ensayo | Instrumento |
|---------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Ensayos | Ensayo de análisis granulométrico | Fichas de resultados de laboratorio |
| | Método Marshall | Fichas de resultados de laboratorio |

Fuente: Elaboración propia

Confiabilidad

La confiabilidad nos da a entender que es el grado de una aplicación recurrente del propio instrumento hacia el mismo sujeto, elabore los mismos resultados y la validez relata el propio grado en el que el mismo instrumento mide lo que se supone que debe medir³⁷.

Al discutir sobre la confiabilidad se describe como la aplicación reiterada de un objeto que será estudiado, lo cual al ser muestra de estudio debió impulsar lanzar resultados idénticos o semejantes entre ellos, brindando la confianza de los resultados conseguidos y de los instrumentos que serán empleados en el ensayo, así mismo, se brindará certificados de calibración del instrumento a emplearse en los ensayos.

Validez

Se conceptualiza como una congruencia de un instrumento midiendo lo que se necesita, indicando la precisión con la que la herramienta de medición mide, es decir, la eficiencia del equipo para representarlo, describiendo el atributo de la herramienta de interés para el investigador³⁸.

Por consiguiente, que los instrumentos a emplearse son sometidos a una validación de especialistas en el rubro de la construcción o carreteras, así mismo, se encargan de revisar y aprobar el contenido del instrumento a emplearse en esta investigación.

3.5. Procedimientos

Se realizaron las muestras con distintos porcentajes de cemento asfáltico para determinar nuestra mezcla patrón óptima, dichas muestras se ejecutaron en el laboratorio, para ser sometidos al ensayo del método de Marshall según la MTC E-504, para estimar la óptima elección de los resultados, considerando la cantidad de briquetas y el número de ensayos a efectuarse, teniendo ya nuestra mezcla convencional se precedió a implementar el plástico reciclado PET cumpliendo con los parámetros según la norma, todo esto ensayado en el laboratorio.

3.6. Método de Análisis de datos

Se conceptualiza al análisis de datos como el sometimiento de datos para ejecución de operaciones, con el propósito de lograr conclusiones contundentes que nos aportaran a conseguir los objetivos trazados, tales operaciones no se logran definirse anticipadamente, debido a que la recolección de datos puede manifestar diversas dificultades³⁹. Los datos que se obtuvieron en campo por medio de la técnica de formatos fueron analizados y comparados por tablas y gráficos con respecto a las normas nacionales e internacionales⁴⁰.

Para el análisis de datos, estos se efectuaron por medio de la observación directa, mediante ellos nos dio acceso a las evaluaciones de la carpeta asfáltica la cual se ensayaron en el laboratorio, apuntando las notas correspondientes resaltantes de los resultados, las cuales fueron comparadas con la hipótesis.

3.7. Aspectos éticos

Nuestro presente proyecto de investigación se elaboró con absoluta confianza, honra, responsabilidad y respeto, como estudiantes de la carrera profesional de ingeniería civil podemos afirmar que en ningún momento hemos plagiado fragmentos de tesis de varios autores, citando sus contribuciones, indicando las normas, manuales e instrumentos que se utilizaron en el presente proyecto de investigación con sus correspondientes iniciativas, por lo tanto, al finalizar fueron comparados por la web Turnitin.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Incorporación de plástico reciclado PET para la estabilización de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolas Ayllón, La Victoria 2021

Ubicación:

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : La Victoria

Ubicación : Av. Nicolas Ayllón, La Victoria

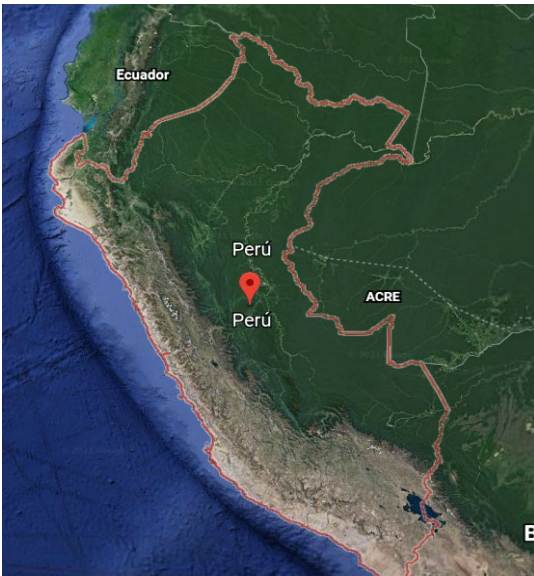


Figura 2: Mapa del Perú

Fuente: Google Earth

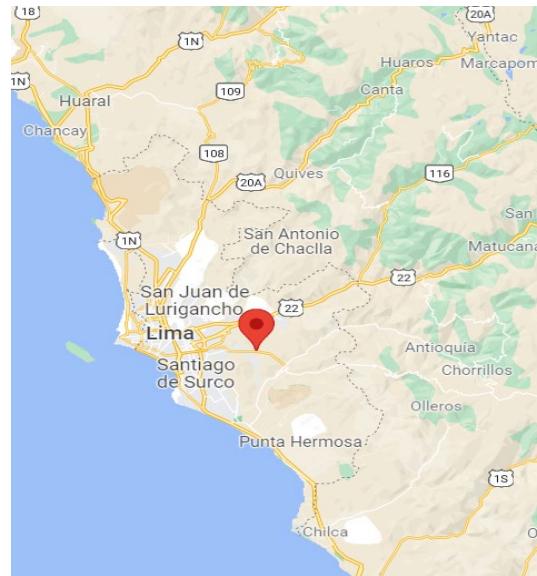


Figura 3: Mapa de Lima

Fuente: Google Maps

Localización:

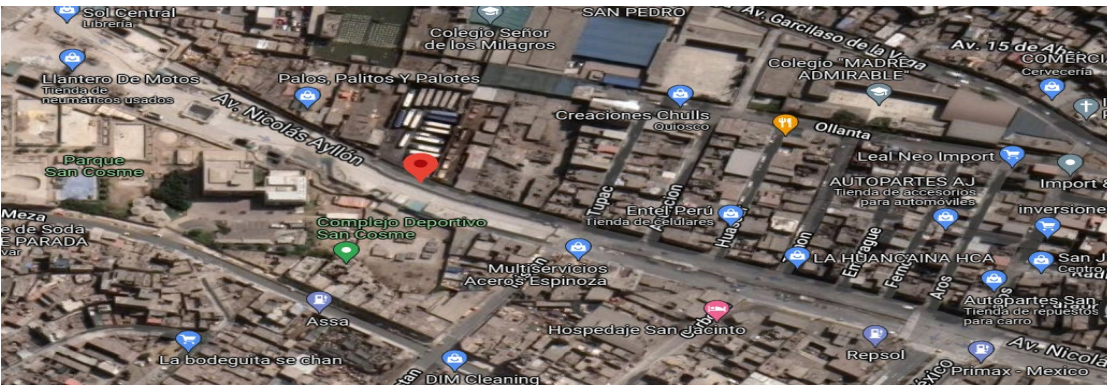
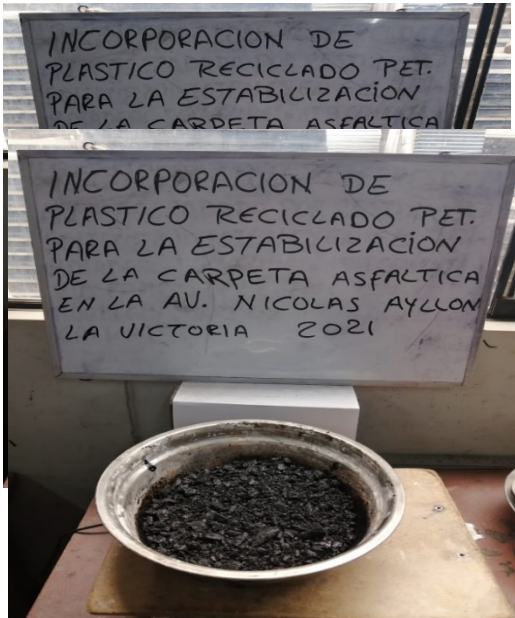


Figura 4: Localización de la avenida Nicolas Ayllón

Fuente: Google Maps

Se realizó el peso de los materiales, para posteriormente realizar las probetas de asfalto según la norma:

Figura 5: Peso de materiales – 1

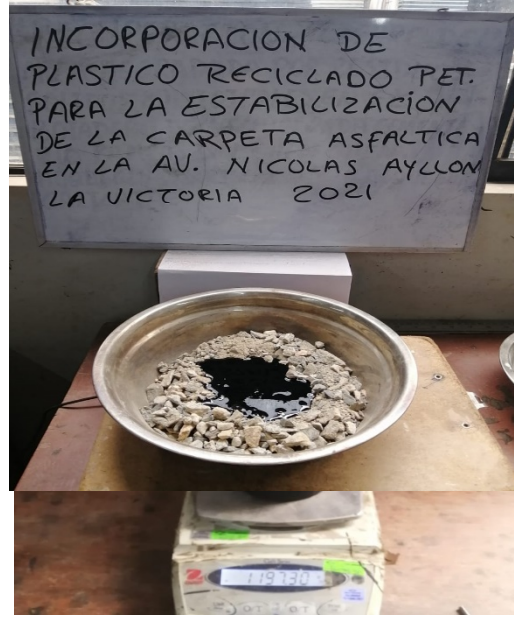


Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Peso de materiales – 3

Fuente: Elaboración propia

Figura 6: Peso de materiales – 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Peso de probeta de asfalto

Fuente: Elaboración propia

Trabajo de Laboratorio

Para especificar los resultados finales de nuestra muestra se realizó los ensayos de granulometría a fin de verificar el tipo de material que emplearemos en la elaboración de briquetas con la mezcla asfáltica para especificar la flexibilidad y la resistencia a la deformación del pavimento, así mismo, los materiales fueron extraídos de la cantera Carapongo ya sea los agregados finos y agregados gruesos.

Tabla 3: *Mezcla de agregados*

| AGREGADOS | CANTIDAD EN PORCENTAJE |
|-------------------------------|------------------------|
| Grava triturada TM 3/4" | 40% |
| Arena triturada | 20% |
| Arena natural | 39.5% |
| Filler | 0.5% |
| Especificaciones de Gradación | MAC – 2 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: *Mezcla asfáltica*

| | |
|-------------------------------|-----------|
| Especificaciones de Gradación | MAC – 2 |
| Tipo de Asfalto | PEN 60/70 |
| % óptimo de asfalto residual | 5.15 |

Fuente: Elaboración propia

Teniendo ya realizada el diseño de la mezcla para la pronta preparación de nuestras briquetas se procedió a evaluar el peso de los materiales, debido a que, se incluirá en cada briketa comenzando con la muestra patrón y la mezcla incorporando el plástico reciclado PET.

Tabla 5: *Peso de materiales*

| | | | | |
|---------------------------|-------------|-------|-------|-------|
| % Asfalto | 4.4 | 4.9 | 5.4 | 5.9 |
| Peso asfalto | 53.6 | 59.7 | 65.8 | 71.8 |
| Peso grava | 464.6 | 462.1 | 459.7 | 457.3 |
| Peso arena t. | 232.3 | 231.1 | 229.8 | 228.6 |
| Peso arena n. | 458.7 | 456.3 | 453.9 | 451.5 |
| Filler | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 5.7 |
| Peso de la briketa | 1215 | | | |

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis granulométrico para especificar los tamaños de las partículas ya sea agregados gruesos y agregados finos, utilizando tamices de distintas medidas.

Tabla 6: Análisis granulométrico

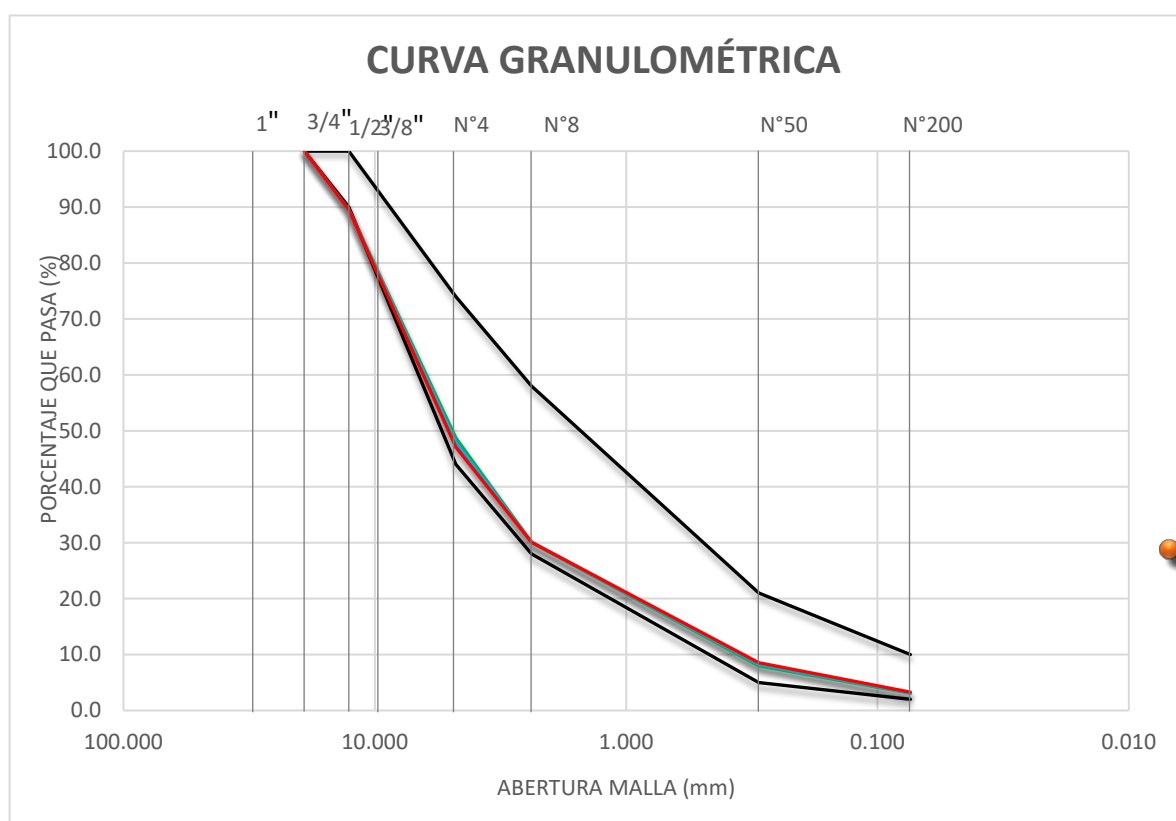
| TAMIZ ASTM | ANALISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | 1 | 2 | 3 | ASTM D 3515 "D 5" | |
|---------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-------|
| | ABERT. mm | Grava triturada | Arena triturada | Arena natural | Filler | % Pasa | % Pasa | % Pasa | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1/2" | 12.700 | 74.4 | 100.0 | 99.5 | 100.0 | 89.6 | 89.6 | 89.5 | 90.0 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | | | | |
| N° 4 | 4.760 | 0.6 | 88.8 | 72.4 | 100.0 | 48.7 | 47.9 | 47.1 | 44.0 | 74.0 |
| N° 6 | 3.360 | | | | | | | | | |
| N° 8 | 2.380 | | 49.6 | 49.8 | 100.0 | 30.1 | 30.1 | 30.1 | 28.0 | 58.0 |
| N° 10 | 2.000 | | | | | | | | | |
| N° 16 | 1.190 | | | | | | | | | |
| N° 20 | 0.840 | | | | | | | | | |
| N° 30 | 0.590 | | | | | | | | | |
| N° 40 | 0.426 | | | | | | | | | |
| N° 50 | 0.297 | | 9.9 | 15.4 | 98.0 | 8.0 | 8.3 | 8.5 | 5.0 | 21.0 |
| N° 80 | 0.177 | | | | | | | | | |
| N° 100 | 0.149 | | | | | | | | | |
| N° 200 | 0.074 | | 3.4 | 5.3 | 99.0 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 2.0 | 10.0 |
| -200 | - | | | | | | | OK | | |

Fuente: Elaboración propia

| | | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------|----|
| Mezcla N° 01 | 40.0 | 30.0 | 29.5 | 0.5 | OK |
| Mezcla N° 02 | 40.0 | 25.0 | 34.5 | 0.5 | |
| Mezcla N° 03 | 40.0 | 20.0 | 39.5 | 0.5 | |

Se puede observar la curva granulometrica; cumpliendo con la especificacion que indica la norma MAC en relacion a mezclas asfalticas respecto a su granulometria.

Figura 9: Curva granulométrica de agregados



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Ensayo Marshall (4.4 % C.A)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927) | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|----------|--|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 4.4 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.58 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.53 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.48 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1211.2 | 1209.6 | 1210.5 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60 '(gr) | | | | 1213.3 | 1211.5 | 1212.1 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 699.0 | 697.2 | 697.1 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 514.3 | 514.2 | 515.0 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.355 | 2.352 | 2.350 | 2.353 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.509 | | | |
| 18 | % de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203) | | | | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.691 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.65 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 3.80 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.16 | | | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 17.8 | 17.9 | 17.9 | 17.9 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 65.6 | 65.1 | 64.8 | 65.2 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 11.0 | 12.0 | 11.0 | 11.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1009 | 1035 | 1022 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1009 | 1035 | 1022 | 1022 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 3669 | 3450 | 3716 | 3612 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Ensayo Marshall (4.9 % C.A)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927) | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|----------|--|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 4.9 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.31 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.30 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.48 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1206.7 | 1210.6 | 1207.0 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60' (gr) | | | | 1207.3 | 1211.6 | 1208.8 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 698.6 | 700.3 | 698.0 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 508.7 | 511.3 | 510.8 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.372 | 2.368 | 2.363 | 2.368 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.486 | | | |
| 18 | % de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203) | | | | 4.6 | 4.8 | 4.9 | 4.8 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.686 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.71 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.24 | | | |
| 23 | Relacion Filler/Betun | | | | | 1.29 | | | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 17.6 | 17.8 | 17.9 | 17.8 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 74.0 | 73.2 | 72.4 | 73.2 | |
| 26 | Flujo 0,01'(0,25 mm) | | | | 13.0 | 13.0 | 12.0 | 12.7 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1086 | 1099 | 1092 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1086 | 1099 | 1092 | 1092 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 3342 | 3382 | 3640 | 3454 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Ensayo Marshall (5.4 % C.A)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927) | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|----------|--|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 26 - 56 | 5 - 21 | | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.4 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.05 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.07 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1203.1 | 1207.0 | 1206.9 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60' (gr) | | | | 1204.5 | 1208.3 | 1207.8 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 698.3 | 699.3 | 700.3 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 506.2 | 509.0 | 507.5 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.377 | 2.371 | 2.376 | 2.375 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.465 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 3.6 | 3.8 | 3.5 | 3.6 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.684 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.74 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.71 | | | |
| 23 | Relacion Filler/Betun | | | | | 1.44 | | | 0.5 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 17.9 | 18.1 | 17.6 | 17.9 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 79.9 | 78.9 | 80.2 | 79.7 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 14.0 | 13.0 | 13.0 | 13.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 987 | 942 | 964 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.04 | 1.00 | 1.04 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1027 | 942 | 1003 | 991 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2934 | 2900 | 3085 | 2973 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Ensayo Marshall (5.9 % C.A)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D6927) | | | | | | | | | |
|---|--|-----------|----------|--|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en peso de la Mezcla | | | | | 5.9 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 49.78 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 43.83 | | | |
| 4 | % Cemento Portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1205.0 | 1209.2 | 1208.5 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60' (gr) | | | | 1205.2 | 1209.6 | 1209.0 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 699.2 | 702.2 | 702.2 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 506.1 | 507.5 | 506.8 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.381 | 2.383 | 2.385 | 2.383 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.450 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 2.8 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.688 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.69 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 5.27 | | | |
| 23 | Relacion Filler/Betun | | | | | 1.81 | | | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 18.2 | 18.1 | 18.0 | 18.1 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 84.5 | 84.8 | 85.2 | 84.9 | |
| 26 | Flujo 0.01"(0,25 mm) | | | | 14.0 | 14.0 | 15.0 | 14.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 888 | 899 | 920 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.04 | 1.04 | 1.04 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 924 | 935 | 957 | 939 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2639 | 2673 | 2551 | 2621 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

DETERMINACIÓN OPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO

Tabla 11: Datos de las proporciones

| DATOS DE LAS PROPORCIONES | | | | |
|---------------------------|--------|--------|-------|-------|
| % C.A. | 4.4 | 4.9 | 5.4 | 5.9 |
| P.U. BRIQUETA | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.4 |
| VACIOS | 6.2 | 4.8 | 3.6 | 2.7 |
| V.M.A. | 17.9 | 17.8 | 17.9 | 18.1 |
| V.LL.A | 65.2 | 73.2 | 79.7 | 84.9 |
| POLVO / ASF. | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.6 |
| FLUJO | 11.3 | 12.7 | 13.3 | 14.3 |
| ESTABILIDAD | 1022.0 | 1092.3 | 990.7 | 938.6 |

Fuente: Elaboración propia

Se realizó los gráficos para especificar el óptimo contenido de cemento asfáltico.

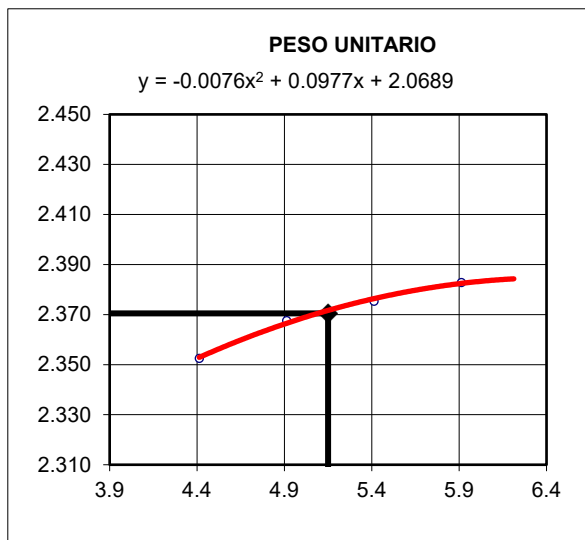


Figura 10: Gráfica de peso unitario

Fuente: Elaboración propia

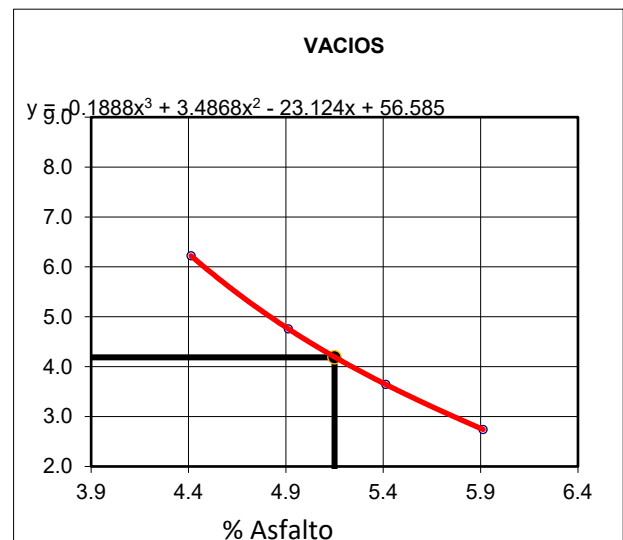


Figura 11: Gráfica de % de vacíos

Fuente: Elaboración propia

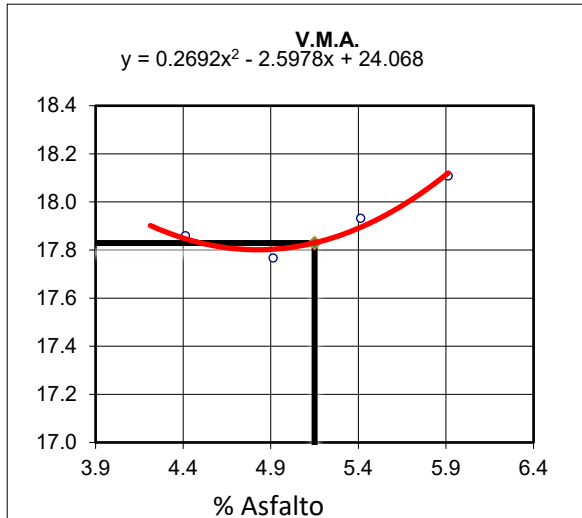


Figura 12: Gráfica de V.M.A.

Fuente: Elaboración propia

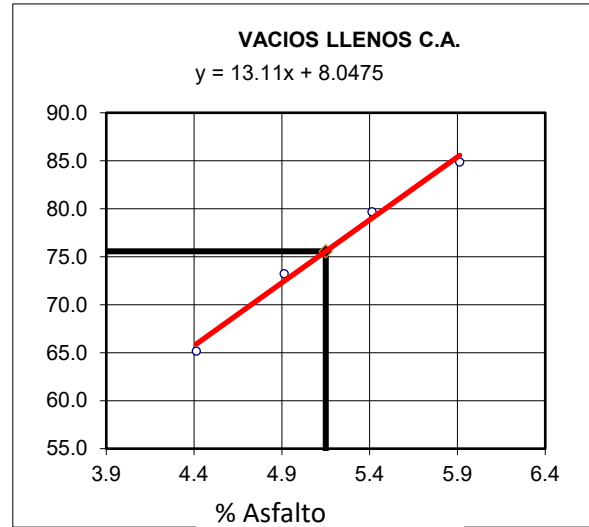


Figura 13: Gráfica de vacíos llenos C.A.

Fuente: Elaboración propia

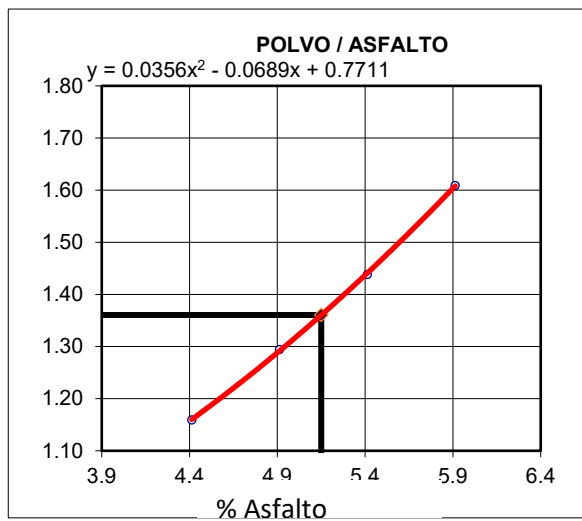


Figura 14: Gráfica de polvos / asfalto

Fuente: Elaboración propia

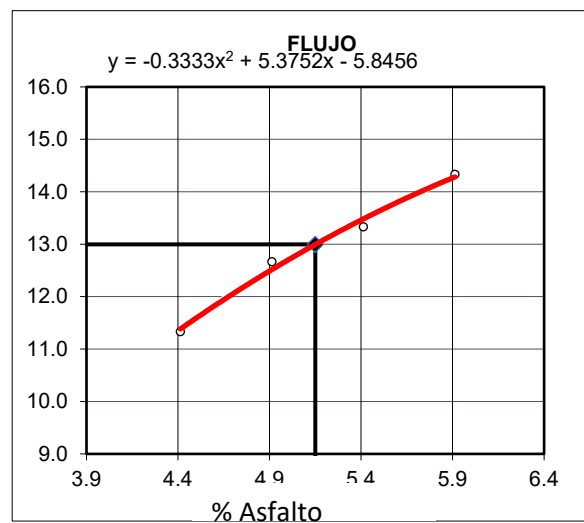


Figura 15: Gráfica de flujo

Fuente: Elaboración propia

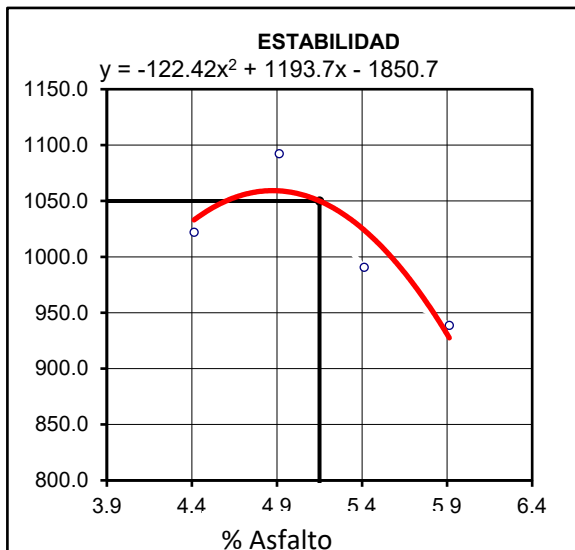


Figura 16: Gráfica de estabilidad

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Características Marshall

| CARACTERISTICA MARSHALL | | | |
|-------------------------|-------|--------------|-------|
| % C.A. | 4.95 | 5.15 | 5.35 |
| P.U. BRIQUETA | 2.366 | 2.370 | 2.374 |
| VACIOS | 4.7 | 4.2 | 3.8 |
| V.M.A. | 17.8 | 17.8 | 17.9 |
| V.LL.A | 72.9 | 75.6 | 78.2 |
| POLVO / ASF. | 1.30 | 1.36 | 1.42 |
| FLUJO | 12.6 | 13.0 | 13.4 |
| ESTABILIDAD | 1059 | 1050 | 1032 |

Fuente: Elaboración propia

RESULTADOS DE PORCENTAJES VACÍOS PATRON

Tabla 13: Resultados de porcentajes de vacíos patrón

| VACÍOS | PATRON |
|-------------------|------------|
| 4.4% C. A | 6.2 |
| 4.9% C. A | 4.8 |
| 5.4% C. A | 3.6 |
| 5.9% C. A | 2.7 |
| 5.15% C. A | 4.2 |

Fuente: Elaboración propia

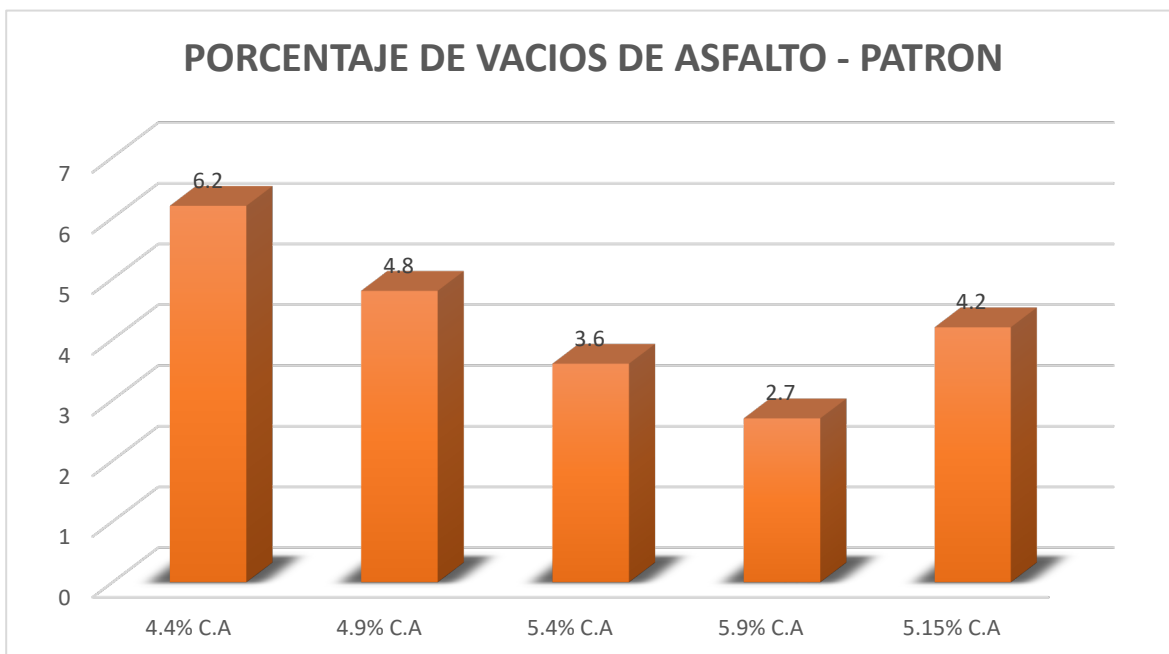


Figura 17: Gráfico de resultados de % de vacíos en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - En el correspondiente gráfico comparativo se observa el porcentaje de vacíos por cada diseño de la mezcla, en distintos porcentajes de C.A: 4.4%, 4.9%, 5.4% y 5.9%. Se observa que en un 4.4% de cemento asfáltico, la mezcla asfáltica tuvo un porcentaje de vacíos de 6.2%, continuando con un 4.9% de cemento asfáltico vemos que la mezcla asfáltica nos dio un 4.8% de porcentaje de vacíos, con el 5.4% de C.A. verificamos que la mezcla asfáltica obtuvo un 3.6% de porcentaje de vacíos, en un 5.9% de C.A. en donde la mezcla asfáltica obtuvo

un porcentaje de vacíos de 2.7%. Por último, en un 5.15% de cemento asfáltico en donde el asfalto patrón tuvo un porcentaje de vacíos de 4.2%.

RESULTADOS DE FLUJO PATRON

Tabla 14: Resultados de flujo patrón

| FLUJO | PATRON |
|-------------------|-----------|
| 4.4% C. A | 11.3 |
| 4.9% C. A | 12.7 |
| 5.4% C. A | 13.3 |
| 5.9% C. A | 14.3 |
| 5.15% C. A | 13 |

Fuente: Elaboración propia

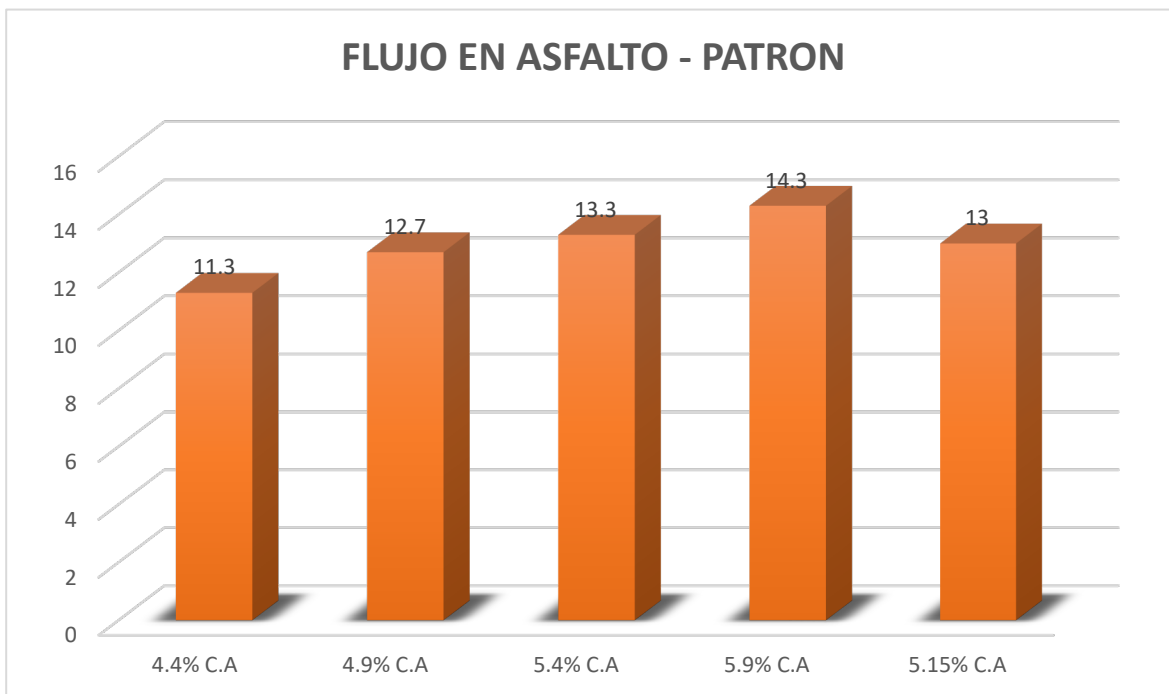


Figura 18: Gráfico de resultados de flujo en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - En el gráfico comparativo se muestra el valor del flujo por cada diseño de la mezcla, en distintos porcentajes de C.A: 4.4%, 4.9%, 5.4% y 5.9%. Se aprecia que en un 4.4% de cemento asfáltico, la mezcla asfáltica obtuvo un flujo de 11.3, siguiendo con un 4.9% de cemento asfáltico vemos que la mezcla asfáltica nos dio un 12.7 de flujo, con el 5.4% de C.A. verificamos que la mezcla asfáltica obtuvo un 13.3 de flujo, en un 5.9% de C.A. en donde la mezcla asfáltica obtuvo el

valor de 14.3 de flujo. Por último, en un 5.15% de cemento asfáltico en donde nuestra mezcla convencional obtuvo un flujo de 13 (0.25mm).

RESULTADOS DE ESTABILIDAD PATRON

Tabla 15: Resultados de estabilidad patrón

| ESTABILIDAD | PATRON |
|-------------------|---------------|
| 4.4% C. A | 1022.0 |
| 4.9% C. A | 1092.3 |
| 5.4% C. A | 990.7 |
| 5.9% C. A | 938.6 |
| 5.15% C. A | 1050.0 |

Fuente: Elaboración propia

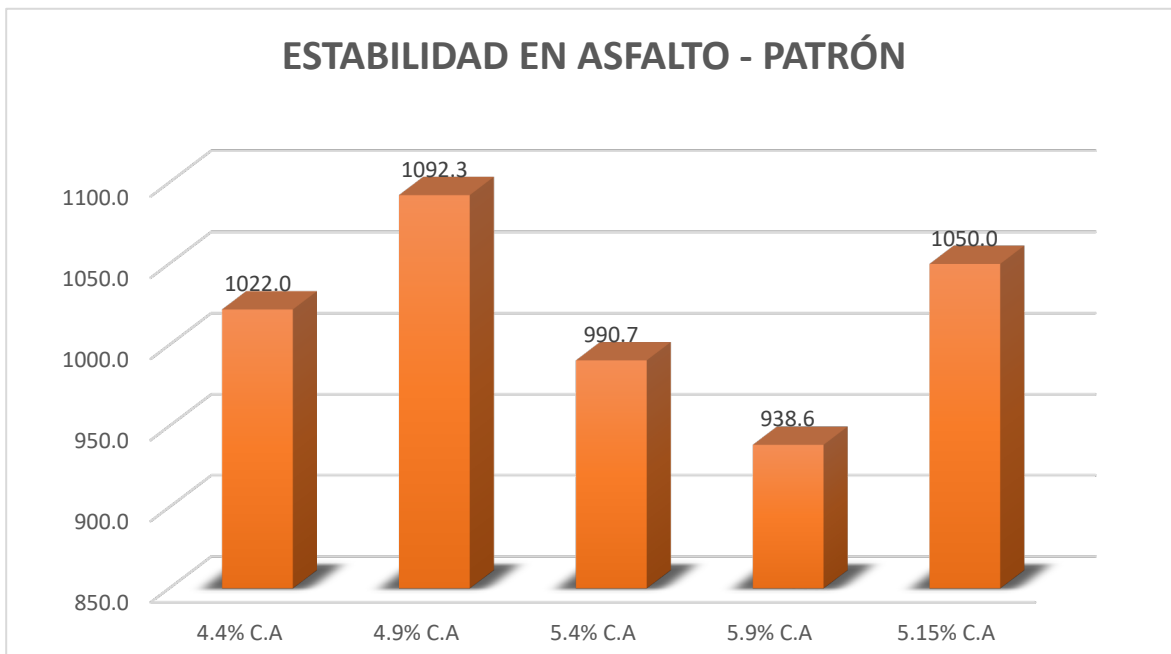


Figura 19: Gráfico de resultados de estabilidad en el asfalto - patrón

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - En el correspondiente gráfico comparativo se observa la estabilidad por cada diseño de la mezcla, en distintos porcentajes de C.A: 4.4%, 4.9%, 5.4% y 5.9%. Se aprecia que en un 4.4% de cemento asfáltico, como resultado la mezcla asfáltica obtuvo una estabilidad de 1022 kg, siguiendo con un 4.9% de cemento asfáltico vemos que la mezcla asfáltica nos dio un 1092 kg de

estabilidad, con el 5.4% de C.A. verificamos que la mezcla asfáltica obtuvo una estabilidad de 990.7 kg, en un 5.9% de C.A. en donde la mezcla asfáltica obtuvo una estabilidad de 933 kg. Por último, ya con el 5.15% de cemento asfáltico en la cual nuestra muestra patrón tuvo una estabilidad de 1050 kg.

Objetivo 1:

Evaluar la aplicación del plástico reciclado PET en un 1.5%, 3.5%, 5.5% para determinar el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Método de Marshall para Porcentaje de vacíos

En que consiste el ensayo: Hallar el porcentaje de vacíos realizando el método de Marshall, para los casos a) PATRON + 1.5% de plástico reciclado PET b) PATRON + 3.5% de plástico reciclado PET c) PATRON + 5.5% de plástico reciclado PET y determinar si el plástico reciclado PET contribuye de forma favorable a la carpeta asfáltica cumpliendo los parámetros del ensayo Marshall en mezclas asfálticas respecto a el porcentaje de vacíos.

Evidencia Fotográfica



Figura 20: Elaboración de probetas
Fuente: Elaboración propia



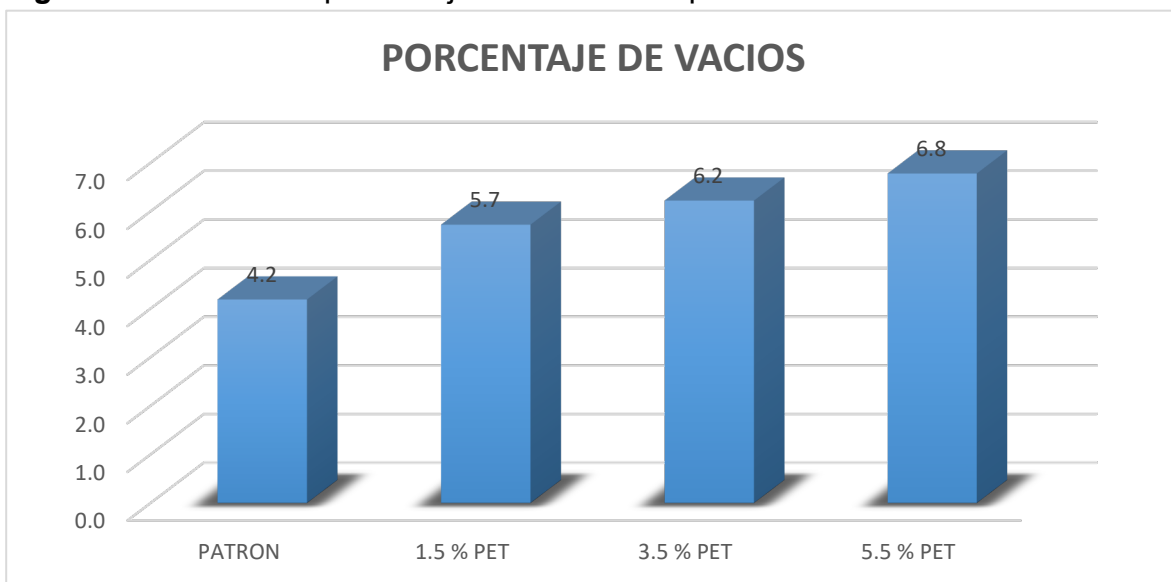
Figura 21: Elaboración de probetas 2
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Resultados de porcentaje de vacíos

| | PORCENTAJE DE VACIOS |
|-----------|----------------------|
| PATRON | 4.2 |
| 1.5 % PET | 5.7 |
| 3.5 % PET | 6.2 |
| 5.5 % PET | 6.8 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Gráfico de porcentaje de vacíos con plástico reciclado PET



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Para este caso se realizó el ensayo Marshall para determinar el porcentaje de vacíos, se incluyeron distintos porcentajes de plástico reciclado PET, inicialmente en nuestro asfalto Patrón se obtuvo un 4.2% de vacíos, sin embargo al incorporar el 1.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 5.7% de vacíos, con 3.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 6.2% de vacíos y al implementar el 5.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 6.8% de vacíos, esto hace que no cumpla con los parámetros de diseño de mezclas asfálticas ya que estos se incrementaron y la norma indica que debe estar entre 3% y 5%.

Objetivo 2:

Evaluar la aplicación del plástico reciclado PET en un 1.5%, 3.5%, 5.5% para determinar el flujo de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Método de Marshall para el flujo

En que consiste el ensayo: Hallar el flujo realizando el método de Marshall, para los casos a) PATRON + 1.5% de plástico reciclado PET b) PATRON + 3.5% de plástico reciclado PET c) PATRON + 5.5% de plástico reciclado PET y determinar si el plástico reciclado PET contribuye de forma favorable a la carpeta asfáltica cumpliendo los parámetros del ensayo Marshall en mezclas asfálticas respecto a el flujo.

Evidencia Fotográfica



Figura 23: Máquina Marshall

Fuente: Elaboración propia



Figura 24: Elaboración de probetas 3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Resultados de flujo

| | FLUJO |
|-----------|-------|
| PATRON | 13.0 |
| 1.5 % PET | 12.7 |
| 3.5 % PET | 13.3 |
| 5.5 % PET | 14.3 |

Fuente: Elaboración propia

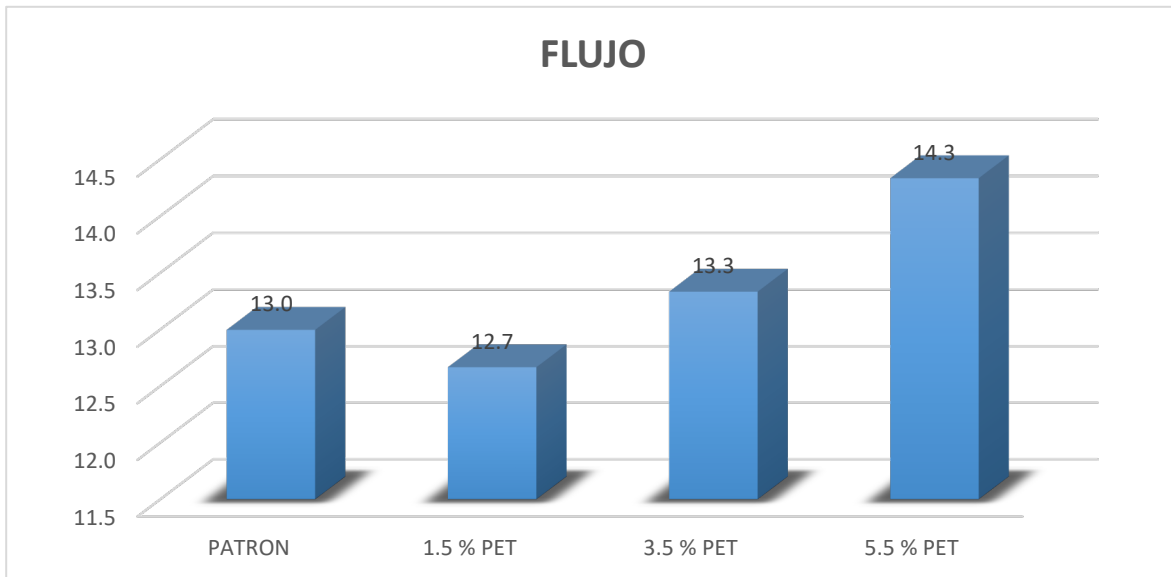


Figura 25: Gráfico de flujo con plástico reciclado PET

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En esta ocasión se realizó el ensayo Marshall para determinar el flujo, se incluyeron distintos porcentajes de plástico reciclado PET inicialmente en nuestro asfalto Patrón se obtuvo un valor de 13 (0.25 mm) de flujo, sin embargo al incorporar el 1.5% de plástico reciclado PET se obtuvo el valor de 12.7 (0.25 mm) de flujo, con 3.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un valor de 13.3 (0.25 mm) de flujo y al implementar el 5.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un valor de 14.3 (0.25 mm) de flujo, esto evidencia que al incorporar el 1.5% de plástico reciclado PET se redujo el flujo en un 12.7 (0.25 mm) a diferencia de asfalto Patrón

que tuvo un valor de 13 (0.25 mm), cumpliendo favorablemente con los parámetros de diseño que indica que debe estar entre 8 a 14.

Objetivo 3:

Evaluar la aplicación del plástico reciclado PET en un 1.5%, 3.5%, 5.5% para determinar la estabilidad de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Método de Marshall para la estabilidad

En que consiste el ensayo: Hallar la estabilidad realizando el método de Marshall, para los casos a) PATRON + 1.5% de plástico reciclado PET b) PATRON + 3.5% de plástico reciclado PET c) PATRON + 5.5% de plástico reciclado PET y determinar si el plástico reciclado PET contribuye de forma favorable a la carpeta asfáltica cumpliendo los parámetros del ensayo Marshall en mezclas asfálticas respecto a la estabilidad.

Evidencia Fotográfica



Figura 26: Ensayos Granulométricos

Fuente: Elaboración propia



Figura 27: Ensayos Granulométricos 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Resultados de estabilidad

| | ESTABILIDAD |
|-----------|-------------|
| PATRON | 10.5 |
| 1.5 % PET | 9.4 |
| 3.5 % PET | 10.8 |
| 5.5 % PET | 12.1 |

Fuente: Elaboración propia

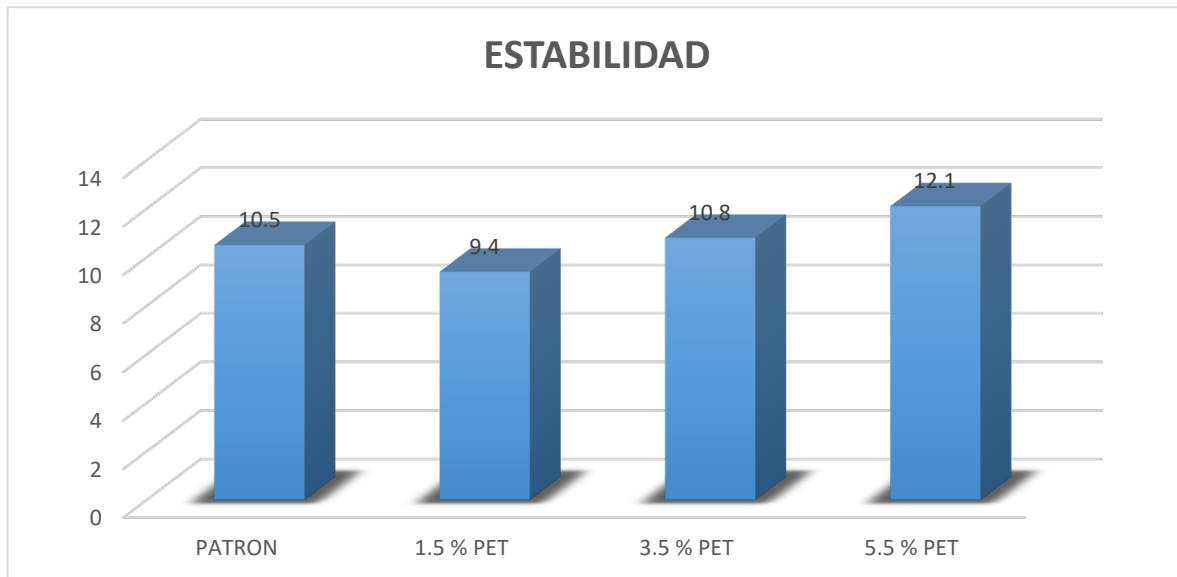


Figura 28: Gráfico de estabilidad con plástico reciclado PET

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En esta oportunidad se realizó el ensayo Marshall para determinar la estabilidad, se incluyeron distintos porcentajes de plástico reciclado PET inicialmente en nuestro asfalto Patrón se obtuvo un 10.5 KN de estabilidad, sin embargo al incorporar el 1.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 9.4 KN de estabilidad, con 3.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 10.8 KN de estabilidad y al implementar el 5.5% de plástico reciclado PET se obtuvo un 12.1 KN de estabilidad, esto demuestra que al incorporar el 5.5% de plástico reciclado PET aumenta la estabilidad en un 12.1 KN con respecto a nuestra mezcla convencional que se obtuvo el valor de 10.5 KN, en efecto cumple con los parámetros de diseño ya que indica que la estabilidad debe ser mínima 8.14KN.

Tabla 19: Ensayo Marshall (1.5 % Plástico reciclado PET)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927) | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | -- | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | -- | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1206.7 | 1204.6 | 1205.8 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60 (gr) | | | | 1212.2 | 1214.9 | 1211.8 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 695.1 | 698.2 | 696.0 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 517.1 | 516.7 | 515.8 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.334 | 2.331 | 2.338 | 2.334 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.476 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 5.7 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.685 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.73 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.46 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.36 | | 1.36 | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 19.1 | 19.2 | 19.0 | 19.1 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 70.0 | 69.6 | 70.6 | 70.1 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 13.0 | 12.0 | 13.0 | 12.7 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 869 | 957 | 982 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 869 | 957 | 982 | 936 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2674 | 3190 | 3022 | 2962 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Ensayo Marshall (3.5 % Plástico reciclado PET)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927) | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | -- | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | -- | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | | |
| 4 | % Cemento Portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1206.2 | 1206.2 | 1206.3 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60'(gr) | | | | 1214.2 | 1212.1 | 1210.9 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 695.4 | 693.2 | 692.4 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 518.8 | 518.9 | 518.5 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.329 | 2.325 | 2.327 | 2.327 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.481 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.730 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.691 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.64 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.54 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.39 | | 1.39 | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 19.3 | 19.5 | 19.4 | 19.4 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 68.2 | 67.6 | 67.9 | 67.9 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 14.0 | 13.0 | 13.0 | 13.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1048 | 1088 | 1095 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1048 | 1090 | 1095 | 1077 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2993 | 3349 | 3369 | 3237 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21: Ensayo Marshall (5.5 % Plástico reciclado PET)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927) | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| TAMIGES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | -- | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | -- | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1208.2 | 1207.7 | 1210.1 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60'(gr) | | | | 1215.8 | 1214.8 | 1216.1 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 694.7 | 695.0 | 694.3 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 521.1 | 519.8 | 521.6 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.318 | 2.323 | 2.319 | 2.320 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.489 | | | |
| 18 | % de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203) | | | | 6.9 | 6.7 | 6.8 | 6.8 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.701 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.50 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.68 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.43 | | 1.43 | 0.6 - 1.3 |
| 24 | Y.M.A. | | | | 19.7 | 19.5 | 19.7 | 19.6 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 65.2 | 65.9 | 65.2 | 65.4 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 15.0 | 14.0 | 14.0 | 14.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1185 | 1210 | 1221 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1195 | 1210 | 1221 | 1209 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 3187 | 3457 | 3489 | 3377 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: Ligante asfáltico

| Tipo de asfalto | PEN 60 / 70 | AMP (1.5% PET) | AMP (3.5% PET) | AMP (5.5% PET) |
|------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| % óptimo de asfalto residual | 5.15 | 5.15 | 5.15 | 5.15 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23: Características de Marshall modificado

| Parámetros de diseño | | % Óptimo diseño convencional | AMP (1.5% PET) | AMP (3.5% PET) | AMP (5.5% PET) | Especificación EG 2013 |
|----------------------|-------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| GOLPES | Nº | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| CEMENTO ASFÁLTICO | % | 5.15 | 5.15 | 5.15 | 5.15 | |
| PESO UNITARIO | kg/m ³ | 2.370 | 2.334 | 2.327 | 2.320 | |
| VACIOS | % | 4.2 | 5.7 | 6.2 | 6.8 | 3 - 5 |
| V.M.A. | % | 17.8 | 19.1 | 19.4 | 19.6 | 14 |
| V. LL.C.A. | % | 75.6 | 70.1 | 67.9 | 65.4 | |
| POLVO / ASFALTO | % | 1.36 | 1.36 | 1.39 | 1.43 | 0.6 - 1.3 |
| FLUJO | 0.01", 0.25 mm | 13.0 | 12.7 | 13.3 | 14.3 | 8 - 14 |
| ESTABILIDAD | kN | 10.5 | 9.4 | 10.8 | 12.1 | 8,15 |
| ESTABILIDAD/ FLUJO | kg/cm | 3231.5 | 2961.7 | 3237.2 | 3377.5 | 1700 - 4000 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Parámetros de diseño Marshall

| Parámetro de Diseño | Clase de Mezcla | | |
|--|-------------------------|---------|---------|
| | A | B | C |
| Marshall MTC E 504 | | | |
| 1. Compactación, número de golpes por lado | 75 | 50 | 35 |
| 2. Estabilidad (mínimo) | 8,15 kN | 5,44 kN | 4,53 kN |
| 3. Flujo 0,01" (0,25 mm) | 8-14 | 8-16 | 8-20 |
| 4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505) | 3-5 | 3-5 | 3-5 |
| 5. Vacíos en el agregado mineral | <u>Ver Tabla 423-10</u> | | |
| Inmersión – Compresión (MTC E 518) | | | |
| 1. Resistencia a la compresión Mpa mín. | 2,1 | 2,1 | 1,4 |
| 2. Resistencia retenida % (mín.) | 75 | 75 | 75 |
| Relación Polvo – Asfalto (2) | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 |
| Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3) | 1.700-4.000 | | |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283 | 80 Mín. | | |

Fuente: MTC (2013)

V. DISCUSION

Objetivo 1: Determinar el efecto de las dosificaciones del plástico reciclado PET (1.5%, 3.5% y 5.5%) en el flujo de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Antecedente: Arévalo (2019) tuvo como principal objetivo especificar un comportamiento óptimo de la carpeta asfáltica con plástico reciclado y su comparación con la carpeta asfáltica patrón, en su investigación implementó porcentajes de geomallas de botellas recicladas en la mezcla asfáltica, obteniendo mejoras en las propiedades al disminuir el flujo con respecto de la mezcla patrón, llegando a la conclusión que contribuye propiedades elásticas con un valor inicial de un 14.9 expresado en 0.25 mm a un 13.78 (0.25mm) incorporando el 1% de geomallas de botellas recicladas. En consecuencia, se presentó una reducción favorable que a su vez se reflejó un incremento de la rigidez de la mezcla asfáltica incorporada y en general concluyó que se logró una mezcla con aspectos muy significativo en función de la resistencia.

Resultados: Al iniciar la investigación y en base a los parámetros de diseño de la mezcla asfáltica se tuvo un flujo inicial el valor de 13 (0.25mm) y en medida que se implementaba en forma creciente el plástico reciclado PET desde un 1.5% (12.7), 3.5% (13.3) y 5.5% (14.3), disminuyó el flujo cumpliendo los requisitos exigidos por el ensayo Marshall ya que nos indica que el valor del flujo debe estar entre 8 a 14 para la mezcla de clase A, siendo su mejor resultado la incorporación del 1.5% de plástico reciclado PET quien se redujo en un 12.7 (0.25mm) lo cual se evidencia que proporciona propiedades elásticas a la mezcla modificada, así mismo. ayuda aportando rigidez, logrando una mezcla con características muy favorables aportando una resistencia ante las deformaciones constantes mejorando la propiedad de la carpeta asfáltica.

Comparación: Según los antecedentes, al incorporar las geomallas de botellas recicladas en porcentajes disminuyó progresivamente el flujo en la mezcla asfáltica a comparación de la mezcla convencional, esto se dio por medio del ensayo Marshall cumpliendo con la norma, precisamente se demuestra en la investigación, por otro lado, al implementar las dosificaciones de plástico reciclado PET (1.5%, 3.5% y 5.5%) en la carpeta asfáltica, ayudó favorablemente a disminuir el flujo de la carpeta asfáltica a comparación de nuestra muestra patrón, por ello, se recalca la influencia de las dosificaciones del plástico reciclado PET en la carpeta asfáltica donde se obtuvo el objetivo que era mejorar la propiedad de la carpeta asfáltica, siendo similar al antecedente.

Objetivo 2: Determinar el efecto de las dosificaciones del plástico reciclado PET (1.5%, 3.5% y 5.5%) en la estabilidad de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Antecedente: Capcha (2018) en su investigación incorporó porcentajes de caucho reciclado GCR en la mezcla asfáltica, obteniendo mejoras en las propiedades al incrementar la estabilidad con un valor inicial de un 13.13 KN a un 13.65 KN incorporando el 10% de caucho reciclado GCR. Esta mezcla modificada con el 10 % de caucho reciclado GCR muestra una mayor rigidez ya que aumento favorablemente la estabilidad cumpliendo los requisitos del ensayo Marshall para mezclas asfálticas en relación a la muestra patrón.

Resultados: En el presente trabajo de investigación y en base a los requisitos del ensayo Marshall de diseño de la mezcla asfáltica se tuvo una estabilidad inicial el valor de 10.5 KN y en medida que se implementaba en forma aumentativa el plástico reciclado PET desde un 1.5% (9.4 KN), 3.5% (10.8 KN) y 5.5% (12.1 KN), aumentó la estabilidad solo con los porcentajes de 3.5% y 5.5% a diferencia de nuestra muestra patrón, estando dentro de los requisitos exigidos por el ensayo Marshall ya que nos indica que para la estabilidad el valor debe estar desde 8.15 KN para la mezcla de clase A, siendo su mejor resultado la incorporación del 5.5% de plástico reciclado PET quien se incrementó en un 12.1 KN, lo cual se evidencia que la mezcla asfáltica alterada con plástico reciclado PET otorgando una mayor resistencia a

deformaciones que nuestra mezcla patrón, aportando una resistencia a las deformaciones constantes. mejorando las propiedades de la carpeta asfáltica.

Comparación: Según los antecedentes, al agregar caucho reciclado GCR en porcentajes aumentó progresivamente la estabilidad en la mezcla asfáltica a comparación de la mezcla convencional, esto se dio por medio del ensayo Marshall cumpliendo con los parámetros de diseño Marshall, precisamente se demuestra en la investigación, por otro lado, al incorporar las dosificaciones de plástico reciclado PET (1.5%, 3.5% y 5.5%) en la carpeta asfáltica, ayudó favorablemente a aumentar el valor de la estabilidad de la mezcla asfáltica, es por ello, que se destaca la influencia de las dosificaciones del plástico reciclado PET en la carpeta asfáltica donde se obtuvo el objetivo que era incrementar la estabilidad para mejorar la propiedad de la carpeta asfáltica, siendo similar al antecedente.

Objetivo 3: Determinar el efecto de las dosificaciones del plástico reciclado PET (1.5%, 3.5% y 5.5%) en los porcentajes de vacíos de la carpeta asfáltica en la avenida Nicolas Ayllón, La Victoria, 2021.

Antecedente: Condori and Lonazco (2019) en su investigación incorporó distintos porcentajes (0.5%, 1% y 1.5%) de grano de caucho, no teniendo la mejoría que esperaba de la propiedad ya que se incrementó el porcentaje de vacíos con un valor inicial de un 4% con el 5% C.A. a un 5.1% de porcentaje de vacíos incorporando el 0.5% de grano de caucho. Esta mezcla modificada con el 0.5 % de grano de caucho no muestra un progreso favorablemente ya que el resultado no cumplió los requisitos del ensayo Marshall para mezclas asfálticas a diferencia de la mezcla convencional.

Resultados: En la presenta investigación y basándose en los factores de diseño Marshall y al realizarse el ensayo Marshall para poder obtener el porcentaje de vacíos con la mezcla asfáltica patrón sin la implementación del plástico reciclado PET, nuestro resultado inicial fue 4.2%, se aprecia una tendencia creciente a medida que se agregó el plástico reciclado PET en porcentajes de 1.5% (5.7%), 3.5% (6.2%) y 5.5% (6.8%), estos resultados que no disminuyeron a diferencia de nuestra muestra patrón, y ninguno de nuestros 03 porcentajes de plástico reciclado

PET logró disminuir el porcentaje de vacíos. En general se puede demostrar debido a que el plástico reciclado PET forma un agregado más, en otras palabras, el asfalto se recubre y el agregado mineral se compone con menos ligante utilizable. Esto hace que no cumple con los requisitos del diseño Marshall donde indica que los valores deben ser de 3% a 5% de porcentajes de vacíos.

Comparación: Con el grano de caucho de los antecedentes no se obtuvo los resultados beneficiosos pues en todo momento se aumentó el porcentaje de vacíos respecto a la mezcla asfáltica a comparación de la mezcla convencional, esto se dio por medio del ensayo Marshall en esta oportunidad no cumpliendo con los requisitos de diseño Marshall, esto se demuestra en la investigación, por otra parte, tampoco se alcanzó el resultado que esperábamos pues la mezcla asfáltica modificada con plástico reciclado PET con los porcentajes 1.5%, 3.5% y 5.5% sufrió mayor desintegración al desgaste, esto debido a que su peso unitario y propiedades mecánicas disminuyen con relación a los valores obtenidos en nuestra mezcla patrón, por lo tanto, hay un aumento en el porcentaje de vacíos generando que la mezcla asfáltica sea más propenso a padecer daños por desgaste. En consecuencia, hace que la propiedad no presenta mejoras respecto a nuestra muestra patrón.

VI. CONCLUSIONES

Analizar la influencia de la incorporación de plástico reciclado PET en las propiedades de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021

Objetivo General, Se analizó que, para la estabilización de la carpeta asfáltica con plástico reciclado PET, se optimizan determinadas características de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolás Ayllón, La victoria 2021, analizando su evaluación en sus propiedades: 1) al incrementar la estabilidad de la carpeta asfáltica; 2) al disminuir el flujo de la carpeta asfáltica; 3) al incrementar el porcentaje de vacíos de la carpeta asfáltica.

1) Estabilidad

Objetivo Especifico 1, Se produjo la vinculación de los porcentajes de plástico reciclado PET en la estabilidad de la mezcla asfáltica, el cual se reflejó en el ensayo Marshall realizado, ya que contribuyeron en el incremento de 1.6 KN de estabilidad de la mezcla asfáltica, pasando de 10.5 KN a 12.1 KN por medio de la implementación del 5.5% de plástico reciclado PET, por consiguiente, la influencia de mejora está vinculada con los porcentajes propuestos, en relación con la estabilidad, el cual queda demostrado.

2) Flujo

Objetivo Especifico 2, Se estableció la vinculación del porcentaje de plástico reciclado PET en el flujo de la mezcla asfáltica, el cual se reflejó en el ensayo Marshall realizado, ya que contribuyeron en la disminución de 0.3 (0.25mm) de flujo de la mezcla asfáltica, pasando de 13 (0.25mm) a 12.7 (0.25mm) por medio de la implementación del 1.5% de plástico reciclado PET, por consiguiente, la influencia de mejora está vinculada con los porcentajes propuestos, en relación al flujo, el cual queda demostrado.

3) Porcentaje de vacíos

Objetivo Especifico 3, No se estableció la dependencia del plástico reciclado PET en el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, el cual se reflejó en el ensayo Marshall realizado, no obstante, incrementó en un 2.6%, incrementando el 4.2% de la mezcla patrón hasta un 6.8% de porcentaje de vacíos al implementar el 5.5% de plástico reciclado PET, por consiguiente, la influencia del plástico reciclado PET es desfavorable en los porcentajes propuestos, en relación al porcentaje de vacíos.

VII. RECOMENDACIONES

1) Estabilidad

Objetivo Especifico 1, En la investigación al seleccionarse los porcentajes de plástico reciclado PET desde un 1.5% hasta un 5.5%, en ciertas proporciones se logró incrementar la estabilidad, para proseguir una futura investigación sugerimos incrementar mayor al 5.5%, la incorporación de plástico reciclado PET, para comprobar si permanece aumentando la estabilidad, hasta descubrir el valor limite, que origine el incremento de la estabilidad en la mezcla asfáltica.

2) Flujo

Objetivo Especifico 2, En la investigación al seleccionarse los porcentajes de plástico reciclado PET desde un 1.5% a un 5.5%, en ciertas proporciones se logró la disminución del flujo respecto a nuestra muestra patrón, por consiguiente, se sugiere emplear el plástico reciclado PET hasta un porcentaje de 0.5% que es el óptimo calculado matemáticamente y que resultará en la disminución del flujo en la mezcla asfáltica de 12.4(0.25mm) proyectado.

3) Porcentaje de vacíos

Objetivo Especifico 3, En la investigación al seleccionarse los porcentajes de plástico reciclado PET desde un 1.5% a un 5.5%, en todos estos porcentajes no se logró la disminución del porcentaje de vacíos, para continuar la investigación sugerimos disminuir en cantidades menores al 1.5% de incorporación del plástico reciclado PET.

REFERENCIAS

CAMACHO REYES, Y, GOMES ESPINOZA, L Y LOPEZ LOPEZ, L. *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia, 2019, pág.27. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12256/6/2019_viabilidad_dise%C3%B1o_mezcla.pdf

¿Qué es Carpeta Asfáltica? [en línea]. México: Vise [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>

HERNÁNDEZ AGUILAR, M. *Análisis del comportamiento de mezclas asfálticas en caliente con fibras de polipropeno incorporada para condiciones de zonas de altura* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, 2018, pág. 10, 13, 16, 17,30. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8514/1/2018_Pilares-Calla.pdf

AREVALO MORALES, J. *Diseño de mezcla asfáltica incorporando geomallas de botellas recicladas para mejorar la transividad en el sector Tarapotillo, Tarapoto - 2019* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Tarapoto, 2019, pág. 30, 49, 86, 90,91. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39516?show=full>

CAPCHA ESPINOZA, K. *Diseño de mezcla asfáltica con incorporación del caucho reciclado, Tacna 2018* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018, pág. 42, 43, 47, 52,92. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36367>

ROJAS AVENDAÑO, N. *Diseño de pavimento modificado con la adición de plástico reciclado para ciclo vías en Ecuador 2019* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad de Cuenca, Ecuador, 2019, pág. 7, 8, 9, 11, 15. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32429/3/Trabajo%20de%20Titulaci3n.pdf>

DIAZ CLAROS, C Y CASTRO CELIS, L. *Implementación del grano del caucho reciclado (GCR) provenientes de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá 2017* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Santo Tomas Bogotá, Colombia, 2017, pág. 1, 18, 36, 53, 56,57. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2633/Diazcesar2017.pdf>

CAMACHO REYES, Y, GOMES ESPINOZA, L Y LOPEZ LOPEZ, L. *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia, 2019, pág. 18, 25, 31, 32, 43, 71, 77,79. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12256/6/2019_viabilidad_dise%c3%b1o_mezcla.pdf

PAY, P. *Effect of polymer modified bitumen on deformation characteristics of low – traffic asphalt pavements* [on line]. Thesis to obtain the professional title of civil engineering. Norwegian University of science and technology, Norwegian, 2017, page. 21,49,51,57,58. [Consult 02 may 2021]. Available in:

<https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2451318?locale-attribute=en>

LEWIS, S. *Quantification of Recycled Asphalt Pavement Blending and Tack Coat Performance to Develop Strategies to Improve Pavement* [on line]. Thesis to obtain the professional title of civil engineering. Oregon State University, Oregon, 2018, page. 12,15,18,21,26,45. [Consult 02 may 2021]. Available in:

https://ir.library.oregonstate.edu/concern/parent/5425kh04g/file_sets/2r36v4235

ABDULLAH, S. *Comparing rubber modified asphalt to conventional asphalt* [on line]. Thesis to obtain the professional title of civil engineering. The Chalmers University of Technology, Chalmers, 2015, page. 12,15,18,21,26,45. [Consult 02 may 2021]. Available in:

<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/221482/221482.pdf>

RODRIGUEZ CEPEDA, J. *Análisis de desempeño de mezclas asfálticas tibias* [en línea]. Universidad de las Fuerzas Armadas –ESPE, Ecuador, 2014, pág. 3, 5, 6, 7, 9. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8436/AC-C-ESPE-048015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REYES ORTIZ, J; CAMACHO TAUTA, J Y LONDOÑO LEON, A. *Caracterización mecánica de mezclas asfálticas en función del origen y gradación del agregado pétreo* [en línea]. Universidad General José María Córdova, Colombia, 2013, pág. 5, 6, 16, 17. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/4762/476248925011.pdf>

RAMIREZ MONTENEGRO, M. *Evaluación de compatibilidad de mezclas asfálticas, utilizando agregados de la cantera San Martín con cemento asfáltico PEN 60/70 y emulsión asfáltica CSS-HP* [en línea]. Universidad Santo Tomás Bogotá, Colombia, 2017, pág. 1, 2, 3,15, 17. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

<http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INGnosis/article/view/2013/1703>

ABDULLAH, S. *Comparing rubber modified asphalt to conventional asphalt* [on line]. Thesis to obtain the professional title of civil engineering. The Chalmers University of Technology, Chalmers, 2015, page. 17. [Consult 02 may 2021]. Available in:

<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/221482/221482.pdf>

ORTEGA, Antonio, 2014. Pavimentos flexibles y compuestos carpeta asfáltica. EN: *Construaprende.com* [en línea]. Disponible en:

<https://www.construaprende.com/docs/trabajos/310-pavimentos-flexibles?start=2>

[consulta: 7 mayo 2021].

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 21. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 22. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en

línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 26. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CAMACHO REYES, Y, GOMES ESPINOZA, L Y LOPEZ LOPEZ, L. *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia, 2019, pág. 17, 28. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12256/6/2019_viabilidad_dise%C3%B1o_mezcla.pdf

¿What is PET? [online]. South África: *Petco*, 2019 [consult: 08 may 2021]. Available in:

<https://petco.co.za/what-is-pet/>

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 16. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

LOZADA, JOSE, 2014. Definición, propiedad intelectual e industria [en línea] Ecuador, Vol. 3 N°1, pp.47-50 [consulta: 07 de mayo del 2021] ISSN 1390-9592. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749#:~:text=La%20investigaci%C3%B3n%20aplicada%20busca%20la,la%20teor%C3%ADa%20y%20el%20producto>.

BACH CHOCHABOT PRENON, J. *Diseño de pavimentos flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en lomas de Carabayllo 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 10. [Consulta 12 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58111>

BONO CABRE, ROSER. *Diseños cuasi-experimentales y longitudinales* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad de Barcelona, España, 2019, pág. 2, 4,13,15. [Consulta 10 mayo 2021]. Disponible en:

<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales.pdf>

CAMACHO REYES, Y, GOMES ESPINOZA, L Y LOPEZ LOPEZ, L. *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio, Colombia, 2019, pág. 17, 28. [Consulta 10 mayo 2021]. Disponible en:

https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/12256/6/2019_viabilidad_dise%C3%B1o_mezcla.pdf

¿Is PET plastic recyclable? [online]. New York: *Budget branders*, 2019 [consult: 08 may 2021]. Available in:

<https://budgetbranders.com/blog/what-is-pet-plastic/>

ORTEGA, Antonio, 2014. Pavimentos flexibles y compuestos carpeta asfáltica. EN: *Construaprende.com* [en línea]. Disponible en:

<https://www.construaprende.com/docs/trabajos/310-pavimentos-flexibles?start=2>

[consulta: 10 mayo 2021].

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 19. [Consulta 08 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¿What is population? [en línea]. Canadá: *Investopedia*, 2021 [consult: 08 may 2021]. Available in:

<https://www.investopedia.com/terms/p/population.asp>

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 20. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

¿What is sample? [online]. Canadá: *Investopedia*, 2021 [consult: 08 may 2021]. Available in:

<https://www.investopedia.com/terms/s/sample.asp>

¿What is sampling? [online]. Brasil: *Questionpro*, 2016 [consult: 08 may 2021]. Available in:

<https://www.questionpro.com/blog/types-of-sampling-for-social-research/>.

SALAZAR ZELA, W. *Evaluación de mezcla asfáltica con aplicación de plástico reciclado para los pavimentos flexibles en San Juan de Miraflores, Lima 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 20. [Consulta 02 mayo 2021]. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50498/Salazar_ZWG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ABDULLAH, S *Comparing rubber modified asphalt to conventional asphalt* [on line]. Thesis to obtain the professional title of civil engineering. The Chalmers University of Technology, Chalmers, 2015, page. 29. [Consult 02 may 2021]. Available in:

<https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/221482/221482.pdf>

Técnicas e instrumentos de recolección de datos [en línea]. Venezuela: *Wordpress*, 2010 [consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en:

<https://bloquemetodologicodelainvestigacionudo2010.wordpress.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>

¿What is realibity? [online]. Estados Unidos: *IGI global*, 2019 [consult 12 de may 2021]. Available in:

<https://www.igi-global.com/dictionary/markovian-reliability-in-multiple-agv-system/25011>

¿What is validity? [online]. Estados Unidos: *Chally*, 2019 [consult: 12 de may 2021]. Available in:

<https://chally.com/blog/what-is-validity/>

¿What is data analysis? [online]. Estados Unidos: *Simplilearn*, 2020 [consult 12 may 2021]. Available in:

<https://www.simplilearn.com/data-analysis-methods-process-types-article>

BACH CHOCHABOT PRENON, J. *Diseño de pavimentos flexible adecuado para carpeta asfáltica mejorada adicionando residuos plásticos reciclados, en lomas de Carabayllo 2020* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de ingeniería civil. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020, pág. 13. [Consulta 12 mayo 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58111>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE OPERALIZACION

| Título: Incorporación de plástico reciclado PET para la estabilización de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolas Ayllón, La Victoria – 2021 | | | | | | |
|---|---|--|---|---------------------------|--------|---|
| Autor: MUÑANTE MENDEZ, MILAGROS GIOMIRA SÁNCHEZ REQUENA, CRISTHIAN ALEXIS | | | | | | |
| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA | METODOLOGIA |
| INDEPENDIENTE | | | | | | |
| PLÁSTICO RECICLADO PET | Camacho, Gomes (2019). Es un polímero termoplástico que está apto para tomarse fluidos con el calentamiento y después de un procedimiento de enfriamiento, retorna a su estado original sin ninguna variación en sus propiedades. Esta característica proporciona que los termoplásticos sean adaptados y reciclados sin dañar sus propiedades físicas. | El plástico reciclado PET se incorporará en forma proporcional a la mezcla asfáltica en dosificaciones de 1.5%, 3.5% y 5.5% respecto al peso de la muestra de la carpeta asfáltica, para ello se realizan las briquetas en 4 combinaciones: N, N+1.5%, N+3.5% y N+5.5%, con la finalidad de una mejora en las propiedades de la carpeta asfáltica. | DOSIFICACIÓN POR PESO DE LA MUESTRA DE LA CARPETA ASFÁLTICA | 1.5% | RAZON | Método: Científico Tipo de Investigación: Tipo Aplicada Nivel de Investigación: Explicativa (Causa efecto) Diseño de Investigación: Experimental (Cuasi) Enfoque: Cuantitativo Población: Todas las briquetas y sus ensayos Muestra: 16 probetas de asfalto Muestreo: No Probabilístico Técnica: Observación Directa Instrumentos de la investigación: Ficha Recolección de Datos Ficha Resultados de Laboratorio Según NTP - ASTM |
| | | | | 3.5% | | |
| | | | | 5.5% | | |
| DEPENDIENTE | | | | | | |
| CARPETA ASFÁLTICA | Ortega (2014). Es la capa superior de un pavimento flexible que otorga la superficie de rodamiento para los vehículos y se fabrica con productos asfálticos y materiales petrosos. | Las briquetas se combinan con plástico reciclado PET, para que mejore las propiedades mecánicas y físicas de la carpeta asfáltica, para ello se realiza el método Marshall para determinar el incremento de la estabilidad, la disminución del flujo y la reducción del porcentaje de vacíos. Finalmente los resultados obtenidos se procesan en formatos y fichas técnicas según la NTP y ASTM. | PROPIEDADES MECANICAS | Estabilidad (KN) | RAZON | Muestra: 16 probetas de asfalto Muestreo: No Probabilístico Técnica: Observación Directa Instrumentos de la investigación: Ficha Recolección de Datos Ficha Resultados de Laboratorio Según NTP - ASTM |
| | | | | Flujo (mm) | RAZON | |
| | | | PROPIEDADES FISICAS | Porcentajes de vacíos (%) | RAZON | |

ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Plástico reciclado PET

“Incorporación de plástico reciclado PET para la estabilización de la carpeta asfáltica en la Av. Nicolas Ayllón, La Victoria 2021”

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Muñante Méndez, Milagros Giomira

Tesista 02: Sánchez Requena, Cristhian Alexis

Fecha: Lima, 30 de septiembre del 2021

Parte B: Plástico reciclado PET

| | |
|------|----|
| 1.5% | OK |
| 3.5% | OK |
| 5.5% | OK |

Tesis: Salazar, W. (2027) Plástico reciclado: 0.5%, 1%, 3%

| VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO | | |
|--|--|--|
| Apellidos: Miranda Rucoba | Apellidos: Lavado Pisco | Apellidos: Velásquez Huamán |
| Nombres: Alexis | Nombres: Raúl Dennis | Nombres: Kannel Anderson |
| Título: Ingeniero Civil | Título: Ingeniero Civil | Título: Ingeniero Civil |
| Grado: Bachiller | Grado: Bachiller | Grado: Bachiller |
| N° Reg. CIP: 238713 | N° Reg. CIP: 245096 | N° Reg. CIP: 247591 |
| Firma: | Firma: | Firma: |
|  R. Alexis Miranda Rucoba INGENIERO CIVIL CIP. N° 238713 |  RAUL DENNIS LAVADO PISCO Ingeniero Civil CIP N° 245096 |  KENNET ANDERSON VELASQUEZ HUAMAN Ingeniero Civil CIP N° 247591 |

ANEXO 4: Fichas de Resultados de Laboratorio

ANEXO 4-A: Análisis granulométrico de agregados



Telf.: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz.48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

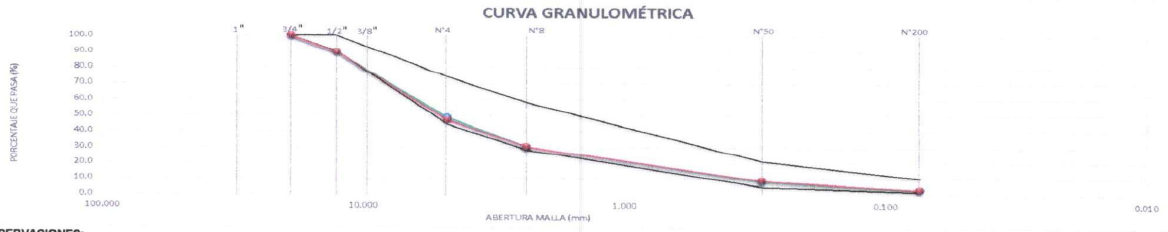
www.jjgeotecniasac.com

REFERENCIA: Datos de laboratorio
 SOLICITANTE: Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Glomira
 TESIS: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA
 UBICACIÓN: AV. NICOLÁS AYLÓN, LA VICTORIA - 2021
 Fecha de emisión: 18/10/2021

| TAMIZ ASTM | ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | | | | | 1 | 2 | 3 | ASTM D 3515 "D 5" | |
|------------|-------------------------|-----------------|-----------------|---------------|--------|--------|--------|--------|-------------------|-------|
| | ABERT. mm | Grava triturada | Arena triturada | Arena natural | Filler | % Pasa | % Pasa | % Pasa | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| 1/2" | 12.700 | 74.4 | 100.0 | 99.5 | 100.0 | 89.6 | 89.6 | 89.5 | 90.0 | 100.0 |
| 3/8" | 9.525 | | | | | | | | | |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | | | | |
| N° 4 | 4.760 | 0.8 | 88.8 | 72.4 | 100.0 | 48.7 | 47.9 | 47.1 | 44.0 | 74.0 |
| N° 6 | 3.360 | | | | | | | | | |
| N° 8 | 2.380 | | 49.6 | 49.8 | 100.0 | 30.1 | 30.1 | 30.1 | 28.0 | 58.0 |
| N° 10 | 2.000 | | | | | | | | | |
| N° 16 | 1.180 | | | | | | | | | |
| N° 20 | 0.840 | | | | | | | | | |
| N° 30 | 0.590 | | | | | | | | | |
| N° 40 | 0.426 | | | | | | | | | |
| N° 50 | 0.297 | | 9.9 | 15.4 | 98.0 | 8.0 | 8.3 | 8.5 | 5.0 | 21.0 |
| N° 80 | 0.177 | | | | | | | | | |
| N° 100 | 0.149 | | | | | | | | | |
| N° 200 | 0.074 | | 3.4 | 5.3 | 99.0 | 9.1 | 9.2 | 9.9 | 2.0 | 10.0 |
| -200 | - | | | | | | | | | |

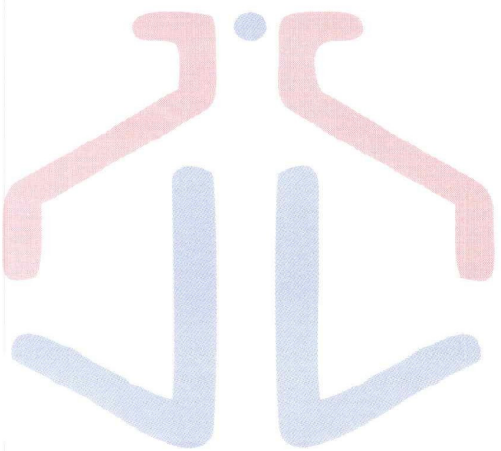
| Mezcla de agregados | | | | |
|---------------------|------|------|------|-----|
| Mezcla N° 01 | 40.0 | 39.0 | 29.5 | 0.5 |
| Mezcla N° 02 | 40.0 | 25.0 | 34.5 | 0.5 |
| Mezcla N° 03 | 40.0 | 20.0 | 39.5 | 0.5 |

OK



OBSERVACIONES:

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



ANEXO 4-B: Porcentaje óptimo de asfalto



Tel.: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz.48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasoł - Los Olivõs - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

SUB REFERENCIA: Datos de laboratorio
SOLICITANTE: Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Giomira
TESIS: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. NICOLÁS AYLLÓN, LA VICTORIA - 2021
UBICACIÓN: LA VICTORIA **Fecha de emisión:** 18/10/2021

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

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

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" : 40.0
 Agregado arena triturada : 20.0
 Agregado arena natural : 39.5
 Filler : 0.5
 Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70
 % optimo de asfalto residual : 5.15

3.- Características marshall modificado

| Parámetros de diseño | | -0.2 % | % Óptimo | +0.2 % | Especificación EG 2013 |
|-----------------------------|-------------------|--------|-------------|--------|---------------------------|
| GOLPES | N° | | 75.0 | | 75 |
| CEMENTO ASFÁLTICO | % | 4.95 | 5.15 | 5.35 | |
| PESO UNITARIO | kg/m ³ | 2.366 | 2.370 | 2.374 | |
| VACIOS | % | 4.7 | 4.2 | 3.8 | 3 - 5 |
| V.M.A. | % | 17.8 | 17.8 | 17.9 | 14 |
| V. L.L.C.A. | % | 72.9 | 75.6 | 78.2 | |
| POLVO / ASFALTO | % | 1.30 | 1.36 | 1.42 | 0.6 - 1.3 |
| FLUJO | mm | 12.6 | 13.0 | 13.4 | 8 - 14 |
| ESTABILIDAD | kN | 10.6 | 10.5 | 10.3 | 8,15 |
| ESTABILIDAD/ FLUJO | kg/cm | 3361.7 | 3231.5 | 3086.0 | 1700 - 4000 |
| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN | Mpa | | 4.1 | | 2.1 |
| RESISTENCIA RETENIDA | % | | 77 | | 75 |

Observaciones:

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

ANEXO 4-C: Asfalto modificado con 1.5% de plástico reciclado PET



Tel.: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz.48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

| | |
|-------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Giomira |
| TESIS | : INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. NICOLÁS AYLLÓN, LA VICTORIA - 2021 |
| UBICACION | LA VICTORIA |
| Fecha de emisión: 18/10/2021 | |

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Porcentaje óptimo de diseño MAC (Asfalto Modificado con tereftalato de polietileno PET - 1.5%)

| INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927) | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|----------|-------------|
| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | -- | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | -- | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1206.7 | 1204.6 | 1205.8 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60° (gr) | | | | 1212.2 | 1214.9 | 1211.8 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 695.1 | 698.2 | 696.0 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 517.1 | 516.7 | 515.8 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.334 | 2.331 | 2.338 | 2.334 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.476 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 5.7 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.685 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.73 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.46 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | | | 1.36 | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 19.1 | 19.2 | 19.0 | 19.1 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 70.0 | 69.6 | 70.6 | 70.1 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 13.0 | 12.0 | 13.0 | 12.7 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 869 | 957 | 982 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 869 | 957 | 982 | 936 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2674 | 3190 | 3022 | 2962 | 1700 - 4000 |

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

ANEXO 4-D: Asfalto modificado con 3.5 % de plástico reciclado PET



Tel: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz.48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

| | |
|-------------------------------------|---|
| REFERENCIA | Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Giomira |
| TESIS | : INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. NICOLÁS AYLLÓN, LA VICTORIA - 2021 |
| UBICACIÓN | LA VICTORIA |
| Fecha de emisión: 18/10/2021 | |

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Porcentaje óptimo de diseño MAC (Asfalto Modificado con tereftalato de polietileno PET - 3.5%)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | | No 200 |
|--------------------|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|--------------|-------------|
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | -- | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | -- | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO | ESPECIF. |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | | |
| 4 | % Cemento Portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1206.2 | 1206.2 | 1206.3 | | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60° (gr) | | | | 1214.2 | 1212.1 | 1210.9 | | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 695.4 | 693.2 | 692.4 | | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 518.8 | 518.9 | 518.5 | | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.329 | 2.325 | 2.327 | 2.327 | |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.481 | | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 3 - 5 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | | |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.691 | | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.64 | | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.54 | | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.39 | | 1.39 | 0.6 - 1.3 |
| 24 | V.M.A. | | | | 19.3 | 19.5 | 19.4 | 19.4 | 14 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 68.2 | 67.6 | 67.9 | 67.9 | |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 14.0 | 13.0 | 13.0 | 13.3 | 8 - 14 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1048 | 1088 | 1095 | | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1048 | 1088 | 1095 | 1077 | MIN 815 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 2993 | 3349 | 3369 | 3237 | 1700 - 4000 |

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

ANEXO 4-E: Asfalto modificado con 5.5 % de plástico reciclado PET



Tel.: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

| | |
|-------------------------------------|---|
| REFERENCIA | : Datos de laboratorio |
| SOLICITANTE | : Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Giomira |
| TESIS | : INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. NICOLÁS AYLLÓN, LA VICTORIA - 2021 |
| UBICACION | LA VICTORIA |
| Fecha de emisión: 18/10/2021 | |

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Porcentaje óptimo de diseño MAC (Asfalto Modificado con tereftalato de polietileno PET - 5.5%)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D 6927)

| TAMICES ASTM | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No 4 | No 8 | No 50 | No 200 |
|--------------------|--|-----------|----------|------|---------|---------|--------|----------|
| % PASA MATERIAL | 100.0 | 100.0 | 89.5 | | 47.1 | 30.1 | 8.5 | 3.3 |
| ESPECIFICACIONES | 100 | 100 - 100 | 90 - 100 | | 44 - 74 | 28 - 58 | 5 - 21 | 2 - 10 |
| BRIQUETA N° | | | | | 1 | 2 | 3 | PROMEDIO |
| 1 | % C.A. en Peso de la Mezcla | | | | | 5.15 | | |
| 2 | % Grava > N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 50.19 | | |
| 3 | % Arena < N°4 en peso de la Mezcla | | | | | 44.19 | | |
| 4 | % Cemento portland en peso de la Mezcla | | | | | 0.47 | | |
| 5 | Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc | | | | | 1.017 | | |
| 6 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.713 | | |
| 7 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc | | | | | 2.763 | | |
| 8 | Peso Especifico del Cemento Portland (Aparente) gr/cc | | | | | 3.110 | | |
| 9 | Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | |
| 10 | Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc | | | | | | | |
| 11 | Altura promedio de la briqueta cm | | | | | | | |
| 12 | Peso de la briqueta al aire (gr) | | | | 1208.2 | 1207.7 | 1210.1 | |
| 13 | Peso de la briqueta al agua por 60' (gr) | | | | 1215.8 | 1214.8 | 1216.1 | |
| 14 | Peso de la briqueta desplazada (gr) | | | | 694.7 | 695.0 | 694.3 | |
| 15 | Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14) | | | | 521.1 | 519.8 | 521.6 | |
| 16 | Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15) | | | | 2.318 | 2.323 | 2.319 | 2.320 |
| 17 | Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041) | | | | | 2.489 | | |
| 18 | % de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203) | | | | 6.9 | 6.7 | 6.8 | 6.8 |
| 19 | Peso Especifico Bulk Agregado Total | | | | | 2.738 | | 3 - 5 |
| 20 | Peso Especifico Efectivo Agregado total | | | | | 2.701 | | |
| 21 | Asfalto Absorbido por el Agregado | | | | | 0.50 | | |
| 22 | % de Asfalto Efectivo | | | | | 4.68 | | |
| 23 | Relación Polvo/Asfalto | | | | | 1.43 | | 1.43 |
| 24 | V.M.A. | | | | 19.7 | 19.5 | 19.7 | 19.6 |
| 25 | % Vacios llenos con C.A. | | | | 65.2 | 65.9 | 65.2 | 65.4 |
| 26 | Flujo 0,01"(0,25 mm) | | | | 15.0 | 14.0 | 14.0 | 14.3 |
| 27 | Estabilidad sin corregir (Kg) | | | | 1195 | 1210 | 1221 | |
| 28 | Factor de estabilidad | | | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 29 | Estabilidad Corregida 27 * 28 | | | | 1195 | 1210 | 1221 | 1209 |
| 30 | Estabilidad / Flujo | | | | 3187 | 3457 | 3489 | 3377 |

| | | |
|----------------------------|---|---------------------------------------|
| Elaborado por: | Revisado por: | Aprobado por: |
| | | |
| Jefe de Laboratorio | Ingeniero de Suelos y Pavimentos | Contro de Calidad JJ GEOTECNIA |

ANEXO 4-F: Resumen de características Marshall modificado



Telf.: (01) 632-9183
 Cel: 980703014 / 947280585
 Av. A, Mz.48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

JJ GEOTECNIA SAC

SUELOS - ASFALTOS
REFERENCIA
SOLICITANTE
TESIS

Datos de laboratorio
 : **Cristhian Sánchez / Muñante Mendez Giomira**
 : **INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO PET PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA CARPETA ASFÁLTICA EN LA AV. NICOLÁS AYLLÓN, LA VICTORIA - 2021**

UBICACIÓN LA VICTORIA

Fecha de emisión: 18/10/2021

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
 Identificación :
 Descripción : Comparativo de mezclas asfálticas con asfaltos modificados utilizando Tereftalato de Polietileno (PET)

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

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TM 3/4" : 40.0
 Agregado arena triturada : 20.0
 Agregado arena natural : 39.5
 Filler : 0.5

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

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto
 % óptimo de asfalto residual

| PEN 60 / 70 | AMP (1.5% PET) | AMP (3.5% PET) | AMP (5.5% PET) |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 5.15 | 5.15 | 5.15 | 5.15 |

3.- Características marshall modificado

| Parámetros de diseño | % Óptimo diseño convencional | AMP (1.5% PET) | AMP (3.5% PET) | AMP (5.5% PET) | Especificación EG 2013 |
|---------------------------------|------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
| GOLPES Nº | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| CEMENTO ASFÁLTICO % | 5.15 | 5.15 | 5.15 | 5.15 | |
| PESO UNITARIO kg/m ³ | 2.370 | 2.334 | 2.327 | 2.320 | |
| VACIOS % | 4.2 | 5.7 | 6.2 | 6.8 | 3 - 5 |
| V.M.A. % | 17.8 | 19.1 | 19.4 | 19.6 | 14 |
| V. L.L.C.A. % | 75.6 | 70.1 | 67.9 | 66.4 | |
| POLVO / ASFALTO % | 1.36 | 1.36 | 1.39 | 1.43 | 0.6 - 1.3 |
| FLUJO 0.01", 0.25 mm | 13.0 | 12.7 | 13.3 | 14.3 | 8 - 14 |
| ESTABILIDAD kN | 10.5 | 9.4 | 10.8 | 12.1 | 8,15 |
| ESTABILIDAD/ FLUJO kg/cm | 3231.5 | 2961.7 | 3237.2 | 3377.5 | 1700 - 4000 |

Observaciones:

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

ANEXOS 5: Panel Fotográfico



Preparación de briquetas – 1



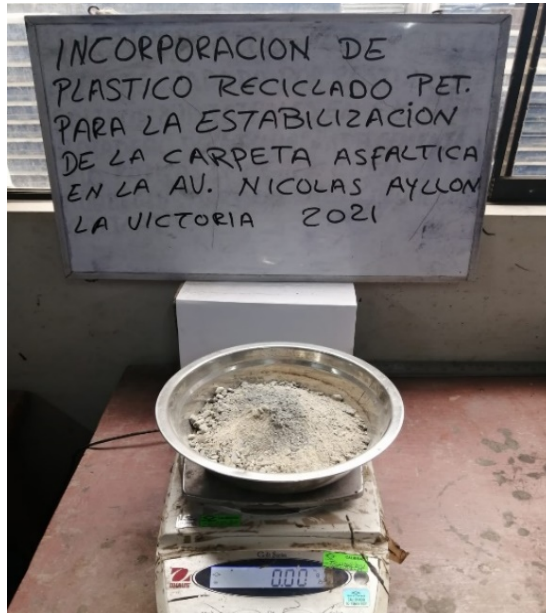
Preparación de briquetas – 2



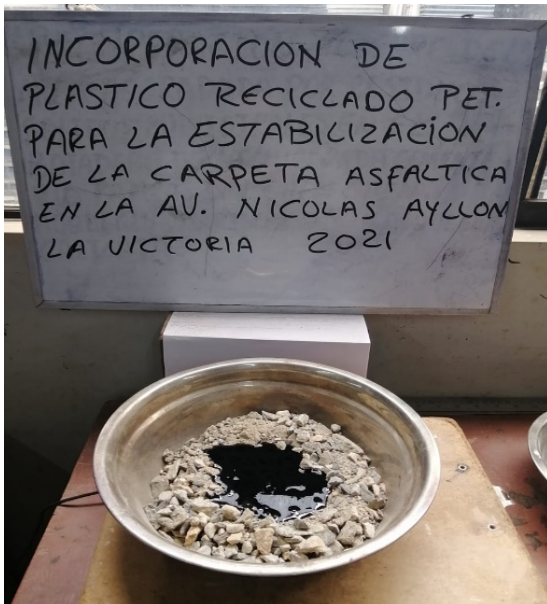
Ensayos de granulometría – 1



Ensayos de granulometría – 2



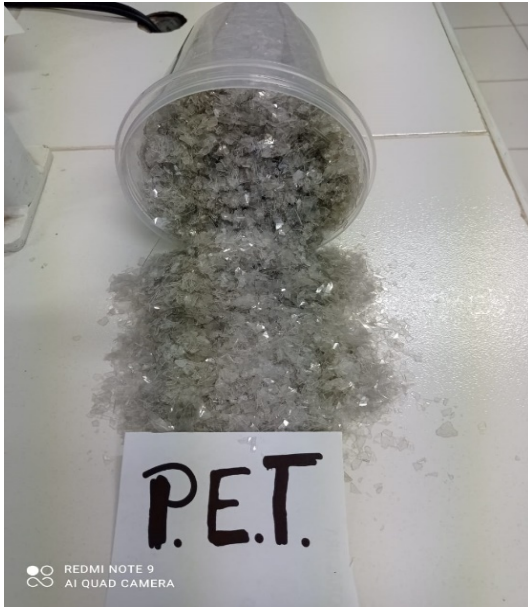
Peso de agregados – 1



Peso de agregados – 2



Peso de agregados – 3



Plástico reciclado PET



Incorporación de plástico PET



Briqueta de asfalto



Maquina Marshall