

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL



**Mezclas asfálticas modificadas con polímero Etileno Vinil Acetato
(EVA) en los pavimentos en el P.J. Atusparias del distrito de José
Leonardo Ortíz, Chiclayo, Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL Y AMBIENTAL**

AUTOR

Diego Oscar Randy Prado Suarez

ASESOR

Alejandro Manuel Borja Suarez

<https://orcid.org/0000-0002-6532-4976>

Chiclayo, 2024

**Mezclas asfálticas modificadas con polímero Etileno Vinil Acetato
(EVA) en los pavimentos en el P.J. Atusparias del distrito de José
Leonardo Ortíz, Chiclayo, Lambayeque**

PRESENTADA POR

Diego Oscar Randy Prado Suarez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL Y AMBIENTAL

APROBADA POR

Luis Quirós Quiñones

PRESIDENTE

Lucas Ludueña Gutiérrez

SECRETARIO

Alejandro Manuel Borja Suarez

VOCAL

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios quien me protege y me guía en mi vida espiritual, personal y académica, a mis padres que me criaron desde siempre y a quienes amo y agradezco a Dios por haberme puesto en mi camino, a Flor Amparo Trujillano Vásquez y a mi recordado padre Oscar Eduardo Prado Díaz, a mi querida tía Rosemary Prado por ofrecerme los mejores momentos de mi vida, a mi madre María de los Ángeles Suarez Vásquez por sus buenos consejos y por su apoyo incondicional, a mis abuelos Angélica Vásquez Samamé y Mario Diego Suarez Serrano porque a pesar de la distancias siempre están pendientes de mi persona, a mi tío Percy Prado porque es mi gran ejemplo a seguir tanto personal como profesional ,a mi padre Jerson Prado porque anhela mucho que triunfa en la vida y a mi hermano Harold Prado Suarez a quien lo quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo quien ofreció a largo de mi carrera las bases necesarias para llegar a culminar mis estudios universitarios.

Al asesor Manuel Alejandro Borja Suarez por su gran aporte académico en la culminación del presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento especial a mi tía Azucena Suárez Vásquez por su aporte económico en toda mi carrera universitaria a quien estaré siempre agradecido.

Y a mis tías Lucero, Vanessa y Sandy que en algún momento que he necesito su ayuda me la han brindado,

TESIS

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 25% | 25% | 3% | 11% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|---------------|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 6% |
| 2 | repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet | 3% |
| 3 | vbook.pub Fuente de Internet | 3% |
| 4 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 5 | core.ac.uk Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 9 | creativecommons.org Fuente de Internet | <1% |

Índice

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| INTRODUCCIÓN | 9 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 10 |
| Antecedentes | 10 |
| Bases Teórica Científicas | 11 |
| Pavimentos | 11 |
| Pavimento Flexible | 11 |
| El Asfalto | 15 |
| Mezclas Asfálticas | 17 |
| Polímero | 19 |
| Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente | 20 |
| Asfaltos Modificados. | 26 |
| Definición de Términos Básicos | 27 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| Tipo y Nivel de Investigación:..... | 27 |
| Diseño de Investigación | 28 |
| Población, Muestra y Muestreo..... | 28 |
| hipótesis..... | 29 |
| Variable | 29 |
| Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos | 32 |
| Instrumento de Recolección de Datos | 32 |
| procedimiento | 32 |
| Técnicas | 33 |
| Fuentes | 33 |
| Consideraciones Éticas..... | 34 |
| RESULTADOS Y DISCUSIONES | 34 |
| Caracterización para el Diseño de Mezclas Asfálticas..... | 34 |
| Diseño de Asfalto | 37 |
| Método Marshall para Asfalto Convencional..... | 38 |
| Método Marshall para Asfalto Modificado | 50 |
| Diseño Pavimento Flexible..... | 62 |

| | |
|--|----|
| CONCLUSIONES | 70 |
| RECOMENDACIONES | 71 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 71 |
| Anexos..... | 73 |
| ANEXOS N° 1: CUADRO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS | 73 |
| ANEXOS N° 2: DOCUMENTO | 87 |
| DOCUMENTO 2.1: CONSTANCIA DE LA NO EXISTENCIA DEL PROYECTO | 87 |
| | 87 |
| ANEXOS N° 3: ÍMAGENES | 88 |

Resumen

El objetivo principal de esta tesis es mejorar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales mediante la incorporación del polímero EVA, con un estudio realizado en el pueblo joven Atusparias. Se busca impulsar esta tecnología como una solución a los desafíos que actualmente enfrentan las carreteras en Perú. Para garantizar que los materiales sean adecuados para el diseño de la mezcla asfáltica, se realizaron ensayos en agregados gruesos y finos, así como en el asfalto, cumpliendo con los parámetros normativos. Se elaboraron 36 probetas para mezclas asfálticas convencionales y 45 probetas para el asfalto modificado, abarcando los tránsitos liviano, intermedio y pesado. Los resultados mostraron el porcentaje óptimo de diseño para cada tipo de tránsito, con mejoras significativas en la estabilidad y el flujo al añadir el polímero a la mezcla convencional. Además, se diseñó un pavimento flexible usando el método AASHTO para el pueblo joven Atusparias, concluyendo que esta tecnología ofrece una mayor vida útil del pavimento en comparación con el asfalto tradicional, proporcionando mayor resistencia a cargas de tránsito elevadas y a las variaciones climáticas, lo cual es fundamental ante el aumento de vehículos en los últimos años.

Palabras clave: Mezclas asfálticas, pavimentos, polímero, optimización de estructuras.

Abstract

This thesis focuses on enhancing the mechanical performance of conventional asphalt mixtures by incorporating EVA polymer, with a study conducted in the young town of Atusparias. The goal is to advocate for this technology as a potential solution to the current challenges faced by roads in Peru. Tests were performed on both fine and coarse aggregates, as well as on asphalt, adhering to the regulatory parameters to ensure the materials were suitable for asphalt mixture design. A total of 36 test specimens were created for conventional asphalt mixtures, while 45 specimens were made for modified asphalt, addressing light, intermediate, and heavy traffic conditions. The findings demonstrated an optimal design percentage for each traffic category and revealed significant improvements in stability and flow with the addition of polymer to the conventional asphalt mixture. A flexible pavement design was also developed using the AASHTO method for Atusparias, concluding that this technology could extend pavement lifespan compared to traditional asphalt, offering increased resistance to high traffic loads and climatic variations, addressing the rising number of vehicles in recent years.

Keywords: Asphalt mixtures, pavements, polymer, structural optimization.

Introducción

El crecimiento económico global ha incrementado la demanda de mejoras en las infraestructuras de transporte para facilitar la movilidad de la producción, lo que ha resultado en un aumento del tráfico vehicular y de la carga transportada. Esto plantea grandes retos en el desarrollo de las redes viales. En el pueblo joven de Atusparias, situado en el distrito de José Leonardo Ortiz, la mayoría de las calles carecen de pavimentación, y las superficies asfálticas existentes muestran un avanzado deterioro. Esta situación se debe a que aún se emplean mezclas asfálticas convencionales en su construcción, sin aprovechar tecnologías más modernas, debido a la falta de capacitación técnica de los profesionales encargados. Como consecuencia, los habitantes y conductores se ven afectados al transitar por calles que, tras poco tiempo de uso, ya presentan fisuras y baches considerables, lo que aumenta el riesgo de accidentes y genera polvo que afecta la calidad de vida de los residentes.

Ante este panorama, propongo desarrollar un proyecto que mejore la calidad de las superficies asfálticas mediante la incorporación del polímero etileno-vinil-acetato (EVA). Esta innovación contribuiría a mejorar la calidad del pavimento y al desarrollo urbano que los residentes de esta zona merecen. La justificación de este estudio radica en la necesidad de contar con una infraestructura vial adecuada, que no solo mejore la capa asfáltica, sino que también incremente la durabilidad del pavimento. Las mezclas asfálticas reforzadas con EVA presentan una mayor resistencia a las deformaciones y fisuras provocadas por el tráfico pesado. Este estudio se llevará a cabo en la pavimentación de las calles del pueblo joven Atusparias, empleando agregados provenientes de la ciudad de Chiclayo, adaptados a las condiciones específicas de la zona.

La implementación de este proyecto es fundamental para fomentar el crecimiento económico del país, dado que mejoraría la calidad de las infraestructuras viales. El objetivo general de esta investigación es optimizar el diseño de mezclas asfálticas mediante la adición de EVA. Para ello, se han definido los siguientes objetivos específicos: determinar las características físicas y mecánicas del suelo en Atusparias; mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas, como la estabilidad y el flujo, con la adición de EVA; definir el porcentaje óptimo de EVA para obtener la mejor mezcla posible; realizar un análisis económico comparativo entre una mezcla convencional y una modificada con polímero; y diseñar un pavimento flexible para el pueblo joven Atusparias, teniendo en cuenta el estado actual de sus calles.

Revisión de literatura

Antecedentes

C. Romero Bayas, R.L. Pérez Maldonado [6] en su tesis de 2017, tienen como principal objetivo mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales mediante la adición de polímero etileno vinil acetato (EVA). Para alcanzar este propósito, realizaron pruebas tanto en los agregados como en el asfalto, utilizando principalmente el método Marshall. Los resultados obtenidos permitieron identificar una dosificación adecuada para la mezcla. Posteriormente, se añadió el polímero EVA según sus especificaciones técnicas. Se prepararon 15 muestras de mezclas asfálticas convencionales y otras 15 con agregados volcánicos. Tras esto, se elaboraron 12 probetas con la adición del polímero EVA, demostrando que esta mejora significativamente las propiedades de las mezclas asfálticas convencionales.

M.N. Maila Paucar [7]. en 2013, desarrolló una tesis que analiza el comportamiento de mezclas asfálticas modificadas con EVA. El objetivo de su investigación fue mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales mediante la adición de este polímero. Se llevaron a cabo diversos ensayos, como el de estabilidad Marshall, el ensayo Cántabro, la tensión indirecta y el módulo dinámico elástico, este último para evaluar las deformaciones del asfalto a distintas temperaturas. Los resultados confirmaron que la inclusión de EVA mejora las propiedades de las mezclas asfálticas y reduce el deterioro causado por el tráfico pesado.

M.E. Carranza Manzanares de Ruiz [8] . En su tesis de 2020, investigó el efecto del polímero EVA en la estabilidad del concreto asfáltico. Se evaluó la influencia de agregar EVA a mezclas asfálticas convencionales, basándose en datos obtenidos a partir del ensayo Marshall, con el objetivo de mejorar el rendimiento del pavimento bajo cargas elevadas. En esta investigación se prepararon 30 muestras, analizadas mediante el método Marshall, y los resultados mostraron una estabilidad de 1210 kg para las mezclas convencionales con un porcentaje óptimo de 5.7% de EVA, y 1310 kg con un porcentaje óptimo de 4.8% para las mezclas modificadas, concluyendo que la adición de polímero reduce la deformación en un 8% respecto a las mezclas convencionales.

E.E. Pancorbo Román, B.A. Reime Sánchez [9] . En 2018, realizaron un análisis del comportamiento físico-mecánico de una mezcla asfáltica modificada con polímero EVA en comparación con una mezcla tradicional. Este estudio se llevó a cabo en la ciudad de Cuzco, empleando agregados locales, y mostró una mejora significativa en las propiedades de resistencia de la mezcla modificada en comparación con la mezcla tradicional, especialmente en términos de características físicas y mecánicas, utilizando la prueba de estabilidad Marshall.

C.A. Infante ATaurima, D.H. Vázquez Alarcón [10]. En su tesis de 2016, realizaron un estudio comparativo entre el método convencional y el uso de polímeros EVA y SBS en mezclas asfálticas. Los autores analizaron las propiedades de mezclas modificadas con estos polímeros en comparación con las convencionales, empleando el ensayo Marshall para determinar el porcentaje óptimo de polímeros. También realizaron un análisis económico comparativo entre las mezclas tradicionales y las modificadas con polímeros, mostrando las ventajas de estas últimas.

Bases Teórica Científicas

Pavimentos

[5] Manual de carreteras, “El pavimento está conformado por una gran cantidad de capas diseñada sobre la sub rasante del pavimento para poder ser capaz de soportar las cargas de los vehículos, así como también dar una mejor conformidad para el tránsito vehicular”. Comúnmente está constituido por diferentes capas como son: base, sub base y capa de rodadura.

Capa de rodadura: Es la que forma parte elevada del pavimento, en la que puede ser flexible o rígido o adoquín, que es capaz de apoyar directamente con el tráfico vehicular

Base: Se encuentra en la parte inferior de la capa de rodadura, que es capaz de mantener, transmitir y propalar los esfuerzos del tránsito vehicular, cuya capa puede ser de asfalto, cal o cemento

Sub base: Formada por una capa con un espesor de diseño, capaz de resistir la base y la capa de rodadura.

Pavimento Flexible

[5]Manual de carreteras. “Está compuesta por varias capas, incluyendo capas granulares como la subbase y la base, así como una capa de rodadura formada por betún como aglutinante, junto con agregados y aditivos.”.

Diseño estructural

[2]Norma técnica CE 010, establece que "para el diseño estructural del pavimento, se pueden utilizar las metodologías AASHTO-93 y PCA, las cuales son comúnmente aplicadas en Perú. Es fundamental asegurarse de emplear la versión más reciente de estas metodologías en el país de origen."

La misma norma indica que "el diseño estructural debe tener en cuenta los siguientes factores":

- Calidad y capacidad portante del suelo de fundación y la subrasante.
- Características y volumen del tránsito durante el periodo de diseño.
- Vida útil proyectada del pavimento.
- Condiciones climáticas y de drenaje.
- Características geométricas de la vía.
- Tipo de pavimento que se empleará.

Factores que intervienen en el diseño de un pavimento:

Índice de tráfico:

[5] “Se refiere a la cantidad de vehículos que pasan por una sección de una vía en un período de tiempo determinado. Estos vehículos se clasifican en tres tipos de clases, según el tipo de circulación y el tipo de vehículos que transitan.”

Transito Promedio Diario Anual.

El T.P.D.A. se define como la cantidad promedio de vehículos que circulan en un punto específico durante un período de 24 horas, considerando ambos sentidos de la vía, y promediado a lo largo de los 365 días del año. Para estimar el T.P.D.A. futuro, se utiliza la siguiente fórmula:

$$T.P.D.A. = T.I. + T.G.$$

Donde:

- T.I. es el Tránsito Inducido.
- T.G. es el Tránsito Generado.

A partir del T.P.D.A., se procede a calcular el Índice de Tráfico.

Determinación del Índice de Tránsito (I.T.)

[5] La norma señala que "el Índice de Tránsito es el promedio de varias repeticiones de vehículos de 18,000 lb sobre un eje de diseño, a lo largo del periodo de uso del pavimento". El cálculo del I.T. se realiza mediante la fórmula:

$$I.T. = N \times C \times D \times E \times P$$

Donde:

- N es el número total de camiones con un peso bruto mayor a 10,000 lb o ejes tandem superiores a 18,000 lb.
- C representa el coeficiente de crecimiento del tráfico.
- D es el factor de corrección para el período de diseño.
- E es el coeficiente de equivalencia de carga, que refleja el número de vehículos con pesos menores a 18,000 lb en ejes simples.
- P es el coeficiente que representa el porcentaje del número total de vehículos que circulan por la trocha más cargada.

Composición del Tránsito

Para un diseño óptimo del pavimento, es fundamental conocer la cantidad de vehículos que circulan por las vías. Estos pueden clasificarse en diferentes tipos: el tipo A incluye automóviles, camionetas y todos los vehículos con una carga inferior a tres toneladas. Los vehículos de tipo B corresponden a los autobuses, mientras que el tipo C abarca los camiones de carga con un peso superior a tres toneladas.

Pesos de Vehículos Cargados y Vacíos:

[5] Señala que “Por cada vehículo es importante saber sus pesos, primordialmente del automóvil de carga en la que están conformados por una unidad de tracción, una caja y un remolque, cada uno forma parte de distintos ejes en diferentes combinaciones con uno o más ruedas”

Numero de posiciones de ejes y llantas

Es fundamental conocer los diferentes tipos de vehículos que transitan por el pavimento, incluyendo su peso, la posición de los ejes y el número de ruedas. Esta información es crucial para estudiar la estructura vial y diseñar la sección estructural del pavimento de manera adecuada.

Dimensiones de los vehículos

[5] Como nos señala la norma peruana: “Para la circulación por las vías del país, los vehículos no serán capaz de soportar las siguientes dimensiones”.


















| TIPO DE VEHICULO | CONFIGURACION DE EJES | DIMENSIONES MAX. | | | PESO MAX (BRUTO) |
|---|--------------------------|--|-------|------|------------------|
| | | LARGO | ANCHO | ALTO | |
|  | S-1 D-1 | 13.20 | 2.60 | 4.10 | 16.50 |
|  | S-1 D-2 | 13.20 | 2.60 | 4.10 | 24.00 |
|  | S-1 D-3 | 13.20 | 2.60 | 4.10 | 30.00 |
|  | S-2 D-2 | 13.20 | 2.60 | 4.10 | 28.00 |
|  | S-1 D-1 D-1 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 27.00 |
|  | S-1 D-1 D-2 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 34.50 |
|  | S-1 D-1 D-3 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 42.00 |
|  | S-1 D-2 D-2 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 42.00 |
|  | S-1 D-2 D-1 D-1 | TOT.= 18.60 DIST. Ejes DE ACCP. >2.40 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-2 M-3 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-2 D-1 D-1 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-1 D-1 D-1 | 18.60 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-1 D-1 D-1 | TOT.= 20.00 | 2.60 | 4.10 | 37.50 |
|  | S-1 D-1 D-1 D-2 | TOT.= 20.00 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-2 D-1 D-1 | TOT.= 20.00 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-2 D-1 D-2 | TOT.= 20.00 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |
|  | S-1 D-1 D-1 D-1 | TOT.= 20.50 | 2.60 | 4.10 | 45.00 |

Figura N°1: Pesos y Dimensiones de vehículos

Fuente: Normas Para La Circulación En Las Carreteras De La Red Vial Nacional

Incremento Anual de tránsito

Para estimar la vida útil de un pavimento, es fundamental conocer la tasa anual de crecimiento del tránsito, tanto para vehículos livianos como pesados. El cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$T_n = T_o \times (1 + i)^n - 1$$

Donde:

- T_n es el tránsito proyectado para el año "n" en vehículos por día.
- T_o es el tránsito actual (año base) en vehículos por día.
- n son los años del período de diseño.
- i es la tasa anual de crecimiento del tránsito, que varía entre el 2 % y el 6 %, dependiendo del tipo de estudio.

Clima

Influyen según zona por lo que muy importante tomar en consideración los cambios de temperaturas y las lluvias.

Terreno de fundación

[4]“Sirve como base para el pavimento una vez que se ha completado el movimiento de tierra. Tras la compactación, se obtienen las secciones transversales y pendientes especificadas en los planos de diseño.”, se clasifican:

Pésimo. - Forma la materia orgánica, porque es recomendable eliminar ese material

Malo. - Cuyo material es limo o arcilla o la unión de ambos, por lo que es recomendable colocar una capa sub-base granular.

Regular a bueno. - Se encuentra un suelo bien graduado, lo que asegura que no hay riesgo para la estructura del pavimento..

Excelente. - Se encuentra en la parte elevada del terreno de fundación, por lo que es importante controlar los materiales según la especificación estándar AASHTO M 576-64. Esta norma recomienda que los materiales utilizados en la construcción no contengan cantidades perjudiciales de materia orgánica.

El Asfalto

[11] "Es un material de consistencia viscosa, pegajoso y de color negro, que se emplea como aglutinante en el diseño de mezclas asfálticas para la construcción de pavimentos." Originalmente, este material se obtenía de manera natural en formaciones geológicas. En América se le conoce como asfalto, mientras que en Europa se le denomina betún, ya que para los europeos, el asfalto se refiere a la combinación del aglutinante con los agregados. Se trata de un material viscoelástico de tonalidad marrón oscuro a negro que se utiliza como aglutinante en mezclas asfálticas.

[1] "El asfalto que se emplea para pavimentar, conocido como cemento asfáltico, es un material viscoelástico cuya respuesta varía en función de la temperatura y la frecuencia de carga. No es afectado por ácidos, bases o álcalis, lo que permite que, si es adecuadamente construido, un pavimento de cemento asfáltico sea resistente e impermeable."

Refinación del asfalto

[12] "El proceso de refinación del petróleo ocurre en una refinería mediante destilación a altas temperaturas y presiones. En la primera etapa, el crudo se calienta a temperaturas entre 350°C y 380°C antes de ingresar en la parte inferior de la torre de destilación. El vapor asciende por la torre a través de bandejas perforadas en distintas alturas. En cada bandeja, el vapor se condensa cuando la temperatura de la bandeja es inferior a la de ebullición del vapor. Las fracciones más

ligeras se separan primero, produciendo propano y butano, seguidos por nafta, queroseno y diésel. El residuo de este proceso se utiliza para fabricar asfalto. En esta fase, se reduce la presión de la torre a un rango de entre 10 y 100 mmHg y se mantiene una temperatura de entre 350°C y 425°C para obtener aceites, destilados y residuos cortos."

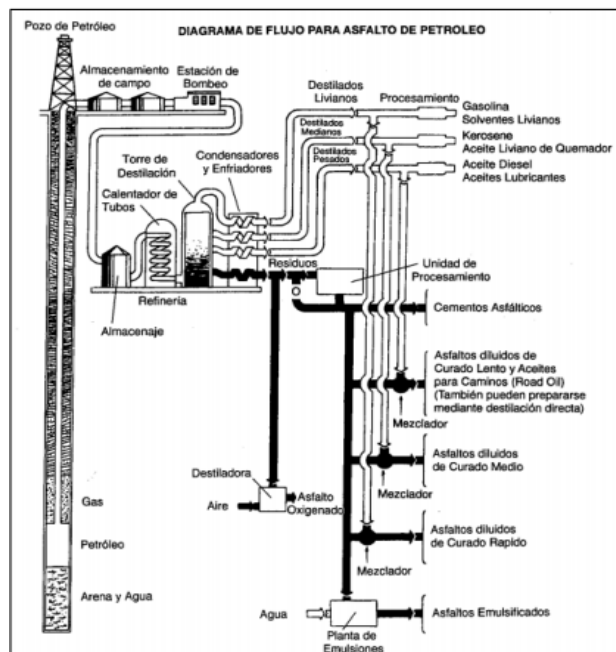


Figura N°2: proceso típico de refinación

Fuente: Asphalt Institute (1982)

Composición del asfalto

[13] "Es una combinación por diferentes hidrocarburos (unión de hidrogeno y carbono) variando en el caso del cemento asfalto semisólidos de materiales de menor peso molecular a materiales de gran peso molecular".

Los asfáltenos se centran los metales contenidos en el crudo: Ni, V, Fe, Co

| Elemento | Betún A | Betún B | Betún C | Betún D |
|---------------|---------|---------|---------|---------|
| Carbono (%) | 83.77 | 85.78 | 82.90 | 86.77 |
| Hidrógeno (%) | 9.91 | 10.19 | 10.45 | 10.93 |
| Nitrógeno (%) | 0.28 | 0.26 | 0.78 | 1.10 |
| Azufre (%) | 5.25 | 3.41 | 5.43 | 0.99 |
| Oxígeno (%) | 0.77 | 0.36 | 0.29 | 0.20 |
| Vanadio (ppm) | 180 | 7 | 1380 | 4 |
| Níquel (ppm) | 22 | 0.4 | 109 | 6 |

Tabla N°1: Composición del asfalto

Fuente: REPSOL

Propiedades del asfalto

Adhesión y Cohesión.

Es la composición del cemento asfáltico con el agregado pétreo obtenido de la cantera para mezcla de la pavimentación. Cohesión logra conservar las partículas de agregado pétreo en el pavimento concluido.

Durabilidad.

Nos señala la persistencia del cemento asfáltico en el proceso de degradación y envejecimiento.

Susceptibilidad al Endurecimiento

El asfalto se endurece cuando se combinan con el oxígeno, esto ocurre durante el proceso de mezclado en planta

Susceptibilidad a la Temperatura.

En esta propiedad el asfalto cuando está sometida a diferentes temperaturas cambiando sus propiedades

Mezclas Asfálticas

Composición de las Mezclas Asfálticas:

[1] "Es la combinación de agregados minerales, filler (relleno), asfalto y, si es necesario, aditivos o modificadores. Los materiales pétreos se obtienen mediante la trituración de rocas y se separan según su tamaño. Los agregados que no pasan a través de la malla N° 4 se denominan agregados gruesos, mientras que aquellos que pasan por la malla N° 4 se conocen como agregados finos o arena".

La arena se obtiene a partir de la combinación de arenas naturales, que son resultado del zarandeo, y arenas derivadas del proceso de trituración. Cuando el agregado pasa a través de la malla N°200, se añade un llenante (relleno) para completar la fracción faltante, el cual suele ser cal hidratada o cemento.

[1] "Las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas se derivan de la fricción y la cohesión entre sus componentes." La fricción se genera por la interconexión de los agregados, y está fuertemente influenciada por el tamaño máximo del agregado grueso y la gradación de los materiales pétreos empleados.

Cementos Asfálticos

Los cementos asfálticos se utilizan en la construcción de carreteras. Son partículas sólidas que se adaptan a la temperatura del entorno y se clasifican según su consistencia, ya sea por el grado de penetración o por la viscosidad. En Perú, se emplea principalmente la clasificación por penetración a 25°C. Estos cementos son fundamentales en la construcción de pavimentos asfálticos, ya que proporcionan propiedades esenciales como impermeabilidad, flexibilidad y durabilidad, resistiendo a diversos factores externos como el clima, la altitud, la temperatura ambiente y el aumento del tráfico.

[1] “Utilizados para la construcción del pavimento, se desarrolla para obtener un buen grado de consistencia como tenemos: AC 80-100, AC 60-80, AC 70-90. Estos señalan que la penetración nos da en decimas de milímetros. El ensayo de penetración es el que más se utiliza para la caracterización del asfalto”

Clasificación por Penetración

Por lo general en el Perú se emplea el ensayo de penetración para la clasificación del asfalto. por lo que su uso nos permite caracterizar la consistencia del asfalto, son de origen empírico. sean llevados a cabo por la condición que los estándares establecen para que sus resultados tengan validez

| CARACTERÍSTICA | UNIDADES | MÉTODO ASTM | GRADO DE PENETRACIÓN | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------------------|----------------------|------|-------|------|--------|------|---------|------|------------------|------|
| | | | 40-50 | | 60-70 | | 85-100 | | 120-150 | | 200-300 | |
| | | | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. |
| Penetración, 25°C, 100 g, 5 s | --- | D-5 | 40 | 50 | 60 | 70 | 85 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 |
| Punto de inflamación, Cleveland Copa Abierta | °C | D-92 | 232 | --- | 232 | --- | 232 | --- | 218 | --- | 177 | --- |
| Ductilidad, 25°C, 5 cm/min | cm | D-113 | 100 | --- | 100 | --- | 100 | --- | 100 | --- | 100 ^A | --- |
| Solubilidad en tricloroetileno | % | D-2042 | 99.0 | --- | 99.0 | --- | 99.0 | --- | 99.0 | --- | 99.0 | --- |
| Penetración retenida después de la prueba de horno sobre película delgada | % | D-5 Después de realizar D-1754 | 55+ | --- | 52+ | --- | 47+ | --- | 42+ | --- | 37+ | --- |
| Ductilidad 25°C, 5 cm/min, después de prueba de horno sobre película delgada | cm | D-113 Después de realizar D-1754 | --- | --- | 50 | --- | 75 | --- | 100 | --- | 100 ^A | --- |

Tabla N°2: Grado de penetración estándar ASTM

Fuente: Asphalt Institute (1982)

Clasificación Por Viscosidad

En el año 1960, un grupo de organismos de carreteras en EE. UU comenzaron a clasificar el asfalto de acuerdo a su viscosidad con la norma ASTM D33381.

Estas especificaciones comparten cinco grados de viscosidad que abarca desde un asfalto duro clasificado en “AC-40” a un cemento asfáltico poco endurecido “AC-2.5”.

| CARACTERÍSTICA | UNIDADES | MÉTODO ASTM | Grado de viscosidad | | | | | |
|---|--------------------|-------------|---------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | | | AC-25 | AC-5 | AC-10 | AC-20 | AC-30 | AC-40 |
| Viscosidad, 60°C | N s/m ² | D-2170 | 250 ± 50 | 500 ± 100 | 1000 ± 200 | 2000 ± 400 | 3000 ± 600 | 4000 ± 800 |
| Viscosidad, 135°C, mínimo | mm ² /s | D.2170 | 125 | 175 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| Penetración, 25°C, 100 g, 5 s, mínimo | 1/10 mm | D-5 | 220 | 140 | 80 | 60 | 50 | 40 |
| Punto de inflamación, Cleveland Copa Abierta, mínimo | °C | D-92 | 163 | 177 | 219 | 232 | 232 | 232 |
| Solubilidad en tricloroetileno, mínimo | % | D-2042 | 99.0 | 99.0 | 99.0 | 99.0 | 99.0 | 99.0 |
| Pruebas sobre residuo del ensayo de horno sobre película delgada: | | D-1754 | | | | | | |
| Viscosidad, 60°C, máx. | N s/m ² | D-2171 | 1250 | 2500 | 5000 | 10000 | 15000 | 20000 |
| Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, mínimo | cm | D-113 | 100 ^A | 100 | 75 | 50 | 40 | 25 |

Tabla N°3: Requisito del cemento asfáltico clasificado por viscosidad a 60 ° C

Fuente: Asphalt Institute (1982)

Polímero

[14] “Conformados por la combinación, de gran cantidad de partículas pequeñas, llamados monómeros, La gran cantidad de materiales poliméricos hace que su proceso de composición y sistematización sea difícil”, se clasifica para el diseño del pavimento como en la siguiente tabla.

| Termo - Endurecibles | Termo - Plásticos | |
|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| | Plastómeros | Elastómeros |
| -Resinas Epoxi | -Polietileno (PE) | -S.B.R. (estireno-butadieno) |
| -Poliuretanos | -Polipropileno (PP) | -Cauchos Naturales: Isopreno |
| -Poliésteres | -E.V.A. (etileno-acetato de vinilo) | -Cauchos Artificiales: Neopreno |
| | -P.V.C. (policloruro de vinilo) | -S.B.S. (estireno-butadieno-estireno) |

Tabla N°4: Clasificación de polímeros

Fuente: Montejo (2002)

Tipo de Polímero

Elastómero Termoplástico

[15] “Son polímeros amorfos, mayormente insaturados que son contenidos al proceso de vulcanización requieren una estructura principalmente reticulada, que confiere las propiedades elásticas”.

Termoplástico

[15]“Se mezcla los tres componentes: endurecedor, asfalto y resina base, lo que implica que la modificación debe existir una compatibilidad entre ellos. En general son de estructura unidimensional y tienen peso molecular de gran tamaño, son básicamente rígidos a temperatura ambiente”, pero se convierten en blandos y flexibles al aumentar la temperatura pudiendo moldearse bajo presión. los termoplástico más comunes. Los termoplásticos por lo general, están el polipropileno, polietileno, copolimero etileno vinil acetato (EVA), entre otros

Eva:

[15] "Son polímeros termoplásticos compuestos por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo." Estos materiales son más elastoméricos que el polietileno. El etileno vinil acetato, comúnmente conocido como EVA, generalmente tiene un porcentaje que varía entre el 10 % y el 40 %. Sin embargo, en algunos casos, esta proporción puede llegar hasta el 75 %, utilizándose como suspensiones acuosas.

Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente

[1] "El propósito del diseño de mezclas asfálticas es lograr una mezcla en caliente que funcione de manera efectiva tanto en aspectos funcionales como estructurales. Estas mezclas deben ser duraderas y capaces de resistir fallas en el pavimento, como fracturas por bajas temperaturas, deformaciones permanentes, fatiga por carga, daño inducido y fatiga térmica. Durante la construcción, es fundamental que estas mezclas sean compactadas y colocadas de manera adecuada. Además, la superficie de rodadura debe proporcionar una resistencia suficiente al deslizamiento para garantizar la seguridad. Existen dos metodologías principales para el diseño de mezclas asfálticas: el método de estabilidad Marshall y el método Hveem. En este proyecto, me enfocaré únicamente en el método Marshall."

Propiedades Volumétricas de las Mezclas Asfáltica

[1] "Las mezclas asfálticas compactadas están formadas por agregados, asfalto y aire. Dada la dificultad de medir estos componentes tanto en laboratorio como en el campo, se utilizan

combinaciones de masa y volumen para convertir las masas medibles en sus respectivos volúmenes.

La masa de un componente se relaciona con su volumen a través de la siguiente ecuación:

$$M = V \cdot G \cdot \rho_w$$

Donde:

- M es la masa del componente;
- V es el volumen del componente;
- G es el peso específico del componente;
- ρ_w es la densidad del agua (1.0 g/cm³).

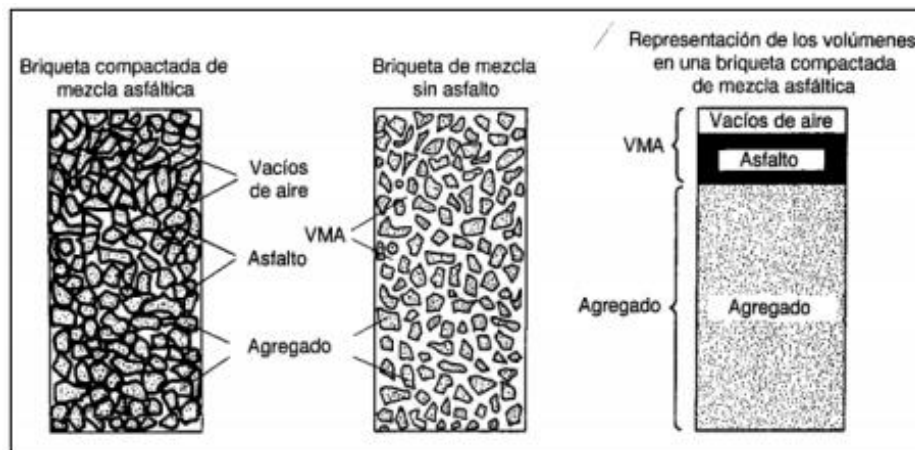


Figura N°3: Diagrama de fases masa-volumen de una mezcla bituminosa

Fuente: Asphalt Institute (1982)

Gravedad Especifica Bulk de la Mezcla Compactada

La gravedad específica bulk se define como la relación entre el peso de un molde de mezcla asfáltica compactada a una temperatura específica y el peso de un volumen equivalente de agua a la misma temperatura. La fórmula para calcularla es:

$$G_{mb} = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

- A = peso seco al aire de una muestra en gramos.
- B = peso al aire de una muestra saturada de superficie seca en gramos.
- C = peso en agua de una muestra en gramos.

La gravedad específica se calcula como:

$$G_{mb} = \frac{M_t}{V_{mb}}$$

Donde:

- M_t = masa del agregado y asfalto.
- V_{mb} = volumen del agregado, asfalto y aire.

Peso Específico de los Agregados Combinados (gsb):

[1] "El peso específico de los agregados pétreos combinados se calcula a partir de la masa total del agregado, separando el agregado grueso, fino y llenante, cada uno con diferentes gravedades específicas."

$$Gsb = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}}$$

Donde:

- P1, P2, ..., Pn = porcentaje específico de la masa de los agregados.
- G1, G2, Gn = peso específico de los áridos.

Gravedad Especifica Efectiva del Agregado (gse):

Este ensayo incluye todos los vacíos en las partículas de los agregados, excepto aquellos que absorben asfalto. Por lo tanto, la gravedad específica se basa en la gravedad específica máxima de la mezcla, conocida como Gmm (Gravedad Específica Máxima de la Mezcla).

$$U_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} + \frac{P_b}{G_b}} = \frac{1 - P_b}{\frac{1}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Donde:

- Gse = gravedad específica efectiva del agregado.
- Gmm = máxima gravedad específica de la mezcla (ASTM D2041/AASHTO T209).
- Pmm = porcentaje en masa de la mezcla total (100 %).
- Pb = porcentaje de asfalto de la masa total de mezcla.
- Gb = gravedad específica del asfalto.

Gravedad Especifica Rice (gse):

En este ensayo se determina el peso de un volumen unitario de una muestra de mezcla asfáltica no compactada y se compara con el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura. Para calcular Gmm se utiliza la siguiente fórmula:

$$Gmm = \frac{A}{A - B}$$

Donde:

- A = peso al aire de la muestra en gramos.
- B = peso en agua de la muestra en gramos.

También se utiliza la fórmula:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} = \frac{1}{\left(\frac{1-P_b}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}\right)}$$

Donde:

- P_{mm} = porcentaje en masa de la mezcla total (100 %).
- P_s = porcentaje de asfalto de la masa total de la mezcla.
- G_{se} = peso específico efectivo del agregado combinado.
- G_b = gravedad específica del asfalto.

Porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (vma):

[1] "Este porcentaje se refiere al volumen total de espacios dentro de los agregados en una mezcla asfáltica compactada, que se llena con el ligante asfáltico efectivo y aire. El VMA se expresa como un porcentaje del volumen total de la mezcla, y su rango se sitúa entre el 12 % y el 16 %, dependiendo del tamaño máximo nominal del agregado; a mayor tamaño, menor será el valor mínimo del vacío del agregado."

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}}$$

$$VMA, \% = \left(1 - \frac{G_{mb}(1 - P_b)}{G_{sb}}\right) \cdot 100$$

Donde:

- G_{sb} = gravedad específica del agregado combinado.
- G_{mb} = gravedad específica de la mezcla compactada.
- P_s = porcentaje del agregado combinado en la masa total de la mezcla.
- P_b = porcentaje de asfalto en la masa total de la mezcla.

Vacíos en la Mezcla Total Compactada (vtm):

[1] "Se refiere al volumen total de aire dentro del agregado cubierto por asfalto en una mezcla asfáltica compactada. Un buen rango de VTM debe estar entre 3 y 5 para asegurar estabilidad y durabilidad."

La fórmula es:

$$VTM = V_a = P_a = 100 \cdot \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}\right) = 100 \cdot \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right)$$

Donde:

- G_{mm} = máxima gravedad específica teórica de la mezcla.
- G_{mb} = peso específico de la mezcla compactada.

Vacíos Llenados con Asfalto (vfa):

[1] "Este porcentaje mide los espacios vacíos dentro del agregado en una mezcla compactada que se llenan con asfalto. Generalmente, este porcentaje varía entre 65 % y 80 %, dependiendo del nivel de tráfico."

La fórmula es:

$$VFA = \frac{100 \cdot (VMA - Va)}{VMA}$$

Donde:

- VMA = vacíos en el agregado mineral.
- Va = vacíos en la mezcla compactada, como porcentaje del volumen total.

Método Marshall de Diseño de Mezclas:

Desarrollado por ingenieros de la Armada de los Estados Unidos en las décadas de 1940 y 1950, el Método Marshall fue aprobado y estandarizado por AASHTO en el procedimiento AASHTO R-12 [3] "Norma práctica recomendada para el diseño de mezclas bituminosas mediante los procedimientos Marshall y Hveem." Este método sigue siendo ampliamente utilizado para el diseño de pavimentos. Los pasos para llevar a cabo el diseño con el Método Marshall son los siguientes:

[3] "Evaluar el agregado, considerando su absorción, gravedad específica y granulometría, además de realizar ensayos de calidad necesarios para encontrar la mejor combinación de agregados y obtener una gradación óptima con los materiales disponibles."

Verificar la calidad del cemento asfáltico, asegurándose de que sea el adecuado para la ubicación geográfica donde se aplicará la mezcla.

[3] "Realizar ensayos de viscosidad del asfalto a diferentes temperaturas y graficar viscosidad vs temperatura; estas temperaturas deben estar en un rango de 170 ± 20 centistokes, y para la temperatura de compactación, debe estar entre 280 ± 30 centistokes."

[3] "Preparar 18 probetas, dividiéndolas en 6 grupos con 3 niveles diferentes de contenido de asfalto: 0.5 % por encima, 0.5 % por debajo y el contenido óptimo. Las probetas deben compactarse de acuerdo con los requisitos del tráfico, siguiendo la norma establecida en AASHTO R-12."

| Especificación del Método Marshall | Tráfico Liviano | | Tráfico Mediano | | Tráfico Pesado | |
|------------------------------------|-----------------|------|-----------------|------|----------------|------|
| | Min. | Máx. | Min. | Máx. | Min. | Máx. |
| No. de golpes | 35 | | 50 | | 75 | |
| Estabilidad Newtons | 3336 | | 5338 | | 8006 | |
| Libras | 750 | | 1200 | | 1800 | |
| Fluencia 0,25 mm (0,01") | 8 | 18 | 8 | 16 | 8 | 14 |
| % de vacíos | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 |

Tabla N°5: Valores para el diseño Marshall

Fuente: Asphalt Institute (1982)

Para determinar el peso específico aparente de las probetas compactadas y el peso específico máximo teórico de las mezclas sueltas, se emplean los estándares MTC E506 (AASHTO T275, ASTM D1188). Estos ensayos se centran en la gravedad específica aparente y el peso unitario de las mezclas asfálticas compactadas, utilizando especímenes parafinados.

[3] “Para evaluar las probetas en términos de estabilidad y flujo, se utiliza el equipo de estabilidad-flujo Marshall. La estabilidad se mide conforme al estándar ASTM D1559, que establece la capacidad máxima que puede soportar una muestra compactada. Esta muestra se acondiciona en un baño de agua a una temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140^{\circ}\text{F} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) durante 30 a 40 minutos, aplicando una velocidad de carga de 2 cm/min.”

El objetivo principal de la prueba de estabilidad Marshall es evaluar el efecto del cemento asfáltico en el diseño de mezclas utilizando el método Marshall.

Se grafican las relaciones entre el contenido de asfalto y el peso unitario, la estabilidad Marshall y el contenido de asfalto, el VMA y el contenido de asfalto, y el VFA y el contenido de asfalto.

Al seleccionar el contenido óptimo de asfalto, se observa que el peso unitario tiende a aumentar con el contenido de asfalto hasta alcanzar un máximo, después del cual comienza a disminuir. La estabilidad Marshall muestra una tendencia similar; sin embargo, el contenido de asfalto que brinda el máximo valor de estabilidad suele ser ligeramente menor que el que produce el peso unitario máximo. Además, la cantidad de vacíos disminuye considerablemente a medida que se incrementa

el asfalto. El VMA, por su parte, también aumenta con el contenido de asfalto hasta alcanzar un máximo y luego disminuye con un mayor contenido de asfalto.

Asfaltos Modificados.

[16] “Se emplean en la capa de rodadura en el pavimento, teniendo como objetivo principal garantizar mayor calidad al pavimento, así como también resistir las grandes cargas del tránsito y asegurar un confort a los usuarios que circulan en la vía

Los primeros estudiados para la modificación del asfalto con polímeros se realizaron en Europa (Francia, Alemania Italia).”

Tipos de Modificadores

- Elastómero (SBS, SBR)
- PLASTOMERO (EVA)
- CAUCHO (polvo de neumático)
- Fibra (celulosa, sintéticas)
- Minerales (cemento, cal, zeolita)
- Aditivos (Aminas)

selección del tipo de modificador

Según las propiedades que se desea mejorar:

- Resistencia a las deformaciones permanentes
- Resistencia a la fisura miento por fatiga
- Resistencia del escurrimiento
- Resistencia al flujo plástico

Modificación de Asfalto con Plastomero tipo Eva

[15] La adición del plastómeros en el asfalto convencional se evidencia un incremento en el comportamiento plástico (rigidez) del asfalto convirtiéndose en más frágil, impidiendo la unión de surcos a elevadas temperaturas con ciertas restricciones en el agrietamiento por fatiga

Especificaciones Técnicas del Polímero EVA.

[16] Los polímeros termoplásticos formados por unidades repetitivas de etileno y acetato de vinilo son conocidos como etileno-vinil-acetato (EVA). Estos productos son más elastoméricos que el polietileno. El porcentaje de EVA en las mezclas suele variar entre el 10% y el 40%, aunque en

algunos casos puede ser mayor, hasta un 75%, especialmente cuando se utilizan como suspensiones acuosas.

Herramienta de la Medición

Un asfalto modificado está formado por dos casos distintos, se concluyen tres casos:

Polímero inferior al 4 %

[16] En este contexto, el betún juega un papel crucial en la fase donde el polímero se dispersa. A temperaturas superiores a los 60 °C, la fase del polímero demuestra un rendimiento superior en comparación con la matriz que forma parte del betún, lo que contribuye a mejorar el comportamiento mecánico. Sin embargo, a bajas temperaturas, la capacidad mecánica se reduce, lo que hace que la fase del polímero sea esencial para mejorar las propiedades del material. Por tanto, la elección del asfalto es un factor determinante en este proceso.

Definición de Términos Básicos

Asfalto: Es un componente de color negro, cementante, pegajosa, con respecto a temperaturas ambientales, es de consistencia pastosa por lo que se esparce con mayor facilidad

Mezclas Asfálticas: Es la unión de agregado mineral, filler, asfalto, y según el caso de modificadores o polímeros.

Polímero: Es un componente formado por la combinación de millones de moléculas denominadas monómeros.

Plastomero: Permite tener módulo de rigidez y tenacidad superior, mayor resistencia a la temperatura altas de servicios de tráfico

Pavimento flexible: Formado por un material bituminoso (ejemplo: Mezclas asfálticas)

Estructura de pavimento: Es una combinación de capas cuyo material adecuado logra la resistencia a la carga de diseño que están sobre la subrasante de forma horizontal

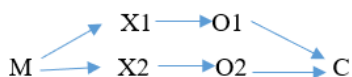
Materiales y Métodos

Tipo y Nivel de Investigación:

Se realizará una investigación tipo experimental, ya que para poder obtener respuestas se realizarán diferentes ensayos. La investigación debido a su naturaleza se ajusta a un estudio experimental, puesto que vamos a analizar el efecto producido por la acción o manipulación de uno o más variables independiente sobre una o más variable dependientes.

Diseño de Investigación

La presente investigación, fue diseñada para que se desarrolle de manera experimental y se presenta con el siguiente esquema:



Fuente: Elaboración propia

M: Muestra

X1: Convencional

X2: Polímero (EVA)

O: Observación

C: Comparación de propiedades mecánicas y dinámica

Población, Muestra y Muestreo

La población objeto de estudio son los pavimentos flexibles, y la muestra corresponde a la mezcla asfáltica modificada con polímeros EVA. Se prepararon 36 briquetas de asfalto convencional para tránsito liviano y pesado, y 45 briquetas para cada tipo de polímero (EVA), también divididas entre tránsito liviano y pesado. En total, se utilizaron 60 briquetas, sometidas al ensayo Marshall para determinar su estabilidad y fluencia.

Tabla N° 6: Cantidad de probetas para el ensayo Marshall del concreto asfáltico convencional

| Variable | PORCENTAJE DE ASFALTO | | | | |
|--------------|-----------------------|-------|-------|-------|--|
| | 3.5% | 4% | 4.5% | 5% | |
| Repeticiones | p.1.1 | p.2.1 | p.3.1 | p.4.1 | |
| | p.1.2 | p.2.2 | p.3.2 | p.4.2 | |
| | p.1.3 | p.2.3 | p.3.3 | p.4.3 | |

Total, de probetas: 12

Tabla N° 7: Cantidad de probetas para el ensayo Marshall del con concreto asfáltico modificado

| Variable | PORCENTAJE DE POLIMERO EVA | | | | |
|--------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 4.5% | 5% | 5.5% | 6% | 6.5% |
| Repeticiones | p.1.1 | p.2.1 | p.3.1 | p.4.1 | p.5.1 |
| | p.1.2 | p.2.2 | p.3.2 | p.4.2 | p.5.2 |
| | p.1.3 | p.2.3 | p.3.3 | p.4.3 | p.5.3 |

Total, de probetas: 15

hipótesis

Con el polímero EVA una mezcla asfáltica mejorara sus propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica convencional.

Variable

- a) Variable Dependiente: Propiedades Mecánicas de las Mezcla Asfáltica.
- b) Variable Independiente: Polímero EVA

| Variable | Dimensiones | Indicador | Unid.medida | Instrumento de medición |
|---|---|---|-------------|--------------------------|
| Dependiente: | | | | |
| Características de las Mezclas Asfálticas en caliente | Trafico Liviano : son de menos de 5 toneladas de capacidad Transito intermedio : cuyo transito es mayor a diez mil ejes equivalentes | Contenido de asfalto | % | Dosificación del Asfalto |
| | | Estabilidad | kg | Ensayo Marshall MTC 504 |
| | | Flujo | 0.01 pulg | Ensayo Marshall MTC 504 |
| | Transito pesado : Cuentan con una capacidad mayor a 5 toneladas | Porcentaje vacíos llenos de aire | % | Ensayo Marshall MTC 504 |
| | | Porcentajes vacíos agregados mineral | % | Ensayo Marshall MTC 504 |
| | | Porcentajes de vacíos llenos de asfalto | % | Ensayo Marshall MTC 504 |
| Independiente : | | | | |
| Polímero Eva | ----- | Polímero Eva (porcentaje polímero) | % | Ensayo Marshall MTC 504 |

| Variable | Dimensiones | Indicador | Unid.medida | Instrumento de medición |
|-------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|
| Interviniente : | | | | |
| Viscosidad | | | °C | ASTM D3381 |
| Durabilidad | | | % | Ensayo MTC E 209 |
| Abrasion Los angeles | | | % | Ensayo MTC E 207 |
| Adherencia | | | % | Ensayo MTC E 517 |
| Indice de durabilidad | | | gr | Ensayo MTC E 214 |
| Particulas chatas y Alargadas | | | % | ATM 4791 |
| Caras fracturadas | | | % | Ensayo MTC E 210 |
| Sales Solubles totales | | | % | MTC E 219 |
| Absorcion | | | % | MTC E 206 |
| Equivalente de Arena | | | % | MTC E 114 |
| Angularidad del Agregado Fino | | | % | MTC E 222 |
| Indice de Metileno | | | mg/gr | AASTHO TP 57 |
| Indice de Plasticidad | | | % | Ensayo MTC E 111 |
| Indice de Durabilidad | | | ml | Ensayo MTC E 214 |
| Abhesividad | | | | Ensayo MTC E 220 |
| Sales Solubles totales | | | % | MTC E 219 |
| Absorcion | | | % | Ensayo MTC 205 |
| PENETRACION ASFALTO | | | °C | Ensayo MTC E 304 |
| Glanulometria | | | % | Ensayo MTC E 202 |

Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Instrumento de Recolección de Datos

Se empleó una ficha de recolección de datos para registrar todos los resultados de las variables del estudio. La fiabilidad de este instrumento se aseguró a través de ensayos de laboratorio, utilizando equipos calibrados que garantizan la precisión de los resultados. Los procedimientos se llevaron a cabo bajo la supervisión de ingenieros del laboratorio, siguiendo el Manual de Ensayos del MTC.

procedimiento

Etapas I: Recopilación de la información

Recolección de información disponible:

Se recopiló información de entidades pertinentes, como el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), artículos científicos, y tesis relacionadas con el tema en cuestión.

Estudio de agregados pétreos:

El análisis de los agregados pétreos se realizó en la cantera “Tres Tomas”, donde se determinaron características como el peso específico bruto, el peso específico aparente y la absorción. Los ensayos de los agregados se realizaron según la norma ASTM, lo que garantizará un mejor comportamiento en el diseño de las mezclas asfálticas.

Estudio de asfalto:

El análisis del asfalto incluyó varias pruebas para evaluar su rendimiento y establecer el porcentaje óptimo que asegure las mejores condiciones para su uso como solución a los problemas actuales. En esta investigación, el asfalto se obtuvo de la planta “Tres Tomas – Ferreñafe”. De acuerdo con la norma CE.010 sobre Pavimentos Urbanos, se definieron los grados de asfalto recomendados para diferentes temperaturas.

| Condición de temperatura | Grados de asfalto |
|---|---------------------|
| Frio, temperatura media anual del aire $\leq 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ | PEN 120/150, 85/100 |
| Templado, temperatura media anual del aire entre $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ | PEN 85/100, 60/70 |
| Caliente, temperatura media anual del aire $\geq 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ | PEN 60/70, 40/50 |

Tabla N° 9: Tabla B1 materiales para Pavimento

Fuente: Norma CE.010

Técnicas

Ensayos Agregado fino y Grueso

Análisis granulométrico: Este procedimiento se lleva a cabo mediante tamizado, siguiendo las pautas de la norma MTC E204, utilizando varios tamices estándar conforme a la normativa establecida.

Peso específico y absorción de agregados finos: Se determina el peso específico bruto y la absorción del agregado tras 24 horas de inmersión en agua.

Peso específico y absorción de agregados gruesos: Se evalúan el peso específico aparente y bruto en estado de superficie seca saturada y la absorción, evitando su uso en agregados ligeros.

Equivalente de arena: Este ensayo tiene como objetivo indicar, bajo condiciones normalizadas, la proporción relativa de finos plásticos o arcillosos en suelos granulares, permitiendo detectar variaciones en la calidad de los agregados durante la colocación o producción.

Resistencia a la abrasión del agregado grueso de tamaños inferiores: Se mide el desgaste causado por una mezcla de choque y roce superficial en el agregado grueso.

Límite plástico para los materiales pétreos: Este ensayo determina la cantidad de agua, expresada en porcentaje, que un suelo puede retener antes de romperse al ser enrollado en cilindros de 3 mm de diámetro.

Límite líquido para materiales pétreos: Los límites de Atterberg se aplican a suelos finos y se establecen a través de varios ensayos para determinar la cantidad de agua presente en el suelo.

Mezclas asfálticas

Índice de penetración de cementos asfálticos: Este ensayo mide la dureza del cemento asfáltico, evaluando la distancia que una aguja puede penetrar en posición vertical en el asfalto bajo condiciones específicas de temperatura, carga y tiempo.

Método Marshall del diseño de mezclas asfálticas: Este método se enfoca en la preparación y compactación de especímenes de mezclas asfálticas para pavimentos, así como en el cálculo de los distintos parámetros de comportamiento.

Fuentes

- i. Bibliografías
- ii. Normativas existentes

Consideraciones Éticas

La formación brindada por la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo nos enseñó los valores éticos y morales, por lo que esta investigación ha sido desarrollada por mi persona, cumpliendo con mis objetivos, donde empleare resultados reales con respecto a los ensayos realizados, en el cual tengo los conocimientos poniendo en aplicación esta investigación

Resultados y Discusiones

Esta investigación se desarrolló mediante ensayos adicionando porcentaje de polímero EVA de 3%,4%,5% y 6% verificando en la variación de la estabilidad en el diseño de las mezclas asfálticas, así como también se hizo el diseño del pavimento flexible mediante el método AASTHO 93

Caracterización para el Diseño de Mezclas Asfálticas

Caracterización del Agregado Grueso

Se utilizaron agregados de la cantera “Tres Tomas”, en la que se realizó los siguientes ensayos cumpliendo con la norma técnica.

| Ensayos | Norma | Requerimiento | Resultados | Observaciones |
|-----------------------------------|-----------|---------------|------------|---------------|
| Durabilidad (sulfato de magnesio) | MTC E 209 | 18 % máx. | 7.7 % | Cumple |
| Abrasión de los Ángeles | MTC E 207 | 40 % máx. | 19% | Cumple |
| Adherencia | MTC E 517 | + 95 | +95 | Cumple |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | 35 % min | 56.5 | Cumple |
| Partículas Chatas y Alargadas | ASTM 4791 | 10 % máx. | 8.4% | Cumple |
| Caras Fracturadas | MTC E 210 | 85/50 | 97.4/100 | Cumple |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | 0.5% máx. | 0.03% | Cumple |
| Absorción | MTC E 206 | 1.00 % | 0.43 % | Cumple |

Tabla N° 10: Ensayos del agregado Grueso

Fuente: Propia

Caracterización del Agregado Fino

Se utilizaron agregados de la cantera “Tres Tomas”, material procesado producto del chancado de la piedra pasante de la malla $\frac{1}{4}$ “en la que se realizó los siguientes ensayos cumpliendo con la norma técnica.

| Ensayos | Norma | Requerimiento | Resultados | Observaciones |
|-------------------------------------|----------------|---------------|------------|---------------|
| Equivalente de Arena | MTC E 114 | 60 % min | 65% | Cumple |
| Angularidad del Agregado Fino | MTC E 222 | 30 % min | 51% | Cumple |
| Azul de metileno | AATHO TP 57 | 8 % máx. | 3% | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N°40) | MTC E 111 | NP | NP | Cumple |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | 35 min | 60.7 | Cumple |
| Índice de plasticidad (malla N°200) | MTC E 111 | Max 4 | 2 | Cumple |
| Adhesividad | MTC E 220 | 4 min | Grado 6 | Cumple |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | 0.5 % máx. | 0.05 % | Cumple |

Tabla N° 11: Ensayos del agregado Fino

Fuente: Propia

Método de Ensayo Marshall para Mezclas Asfálticas Convencionales

| Tamices | Agregados a intervenir | | | MAC - 2 | | |
|---------|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|----------------|------------|
| | Tolva 1 | Tolva 2 | Tolva 3 | Combinación teórica (%) | Especificación | |
| | Piedra Chancada (%) | Arena Chancada (%) | Arena Zarandeada (%) | | | |
| | 41.0 | 28.0 | 31.0 | 100.0 | MAC-2 | |
| 3/4" | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100 | 100 |
| 1/2" | 71.2 | 100.0 | 100.0 | 88.2 | 80 | 100 |
| 3/8" | 32.3 | 100.0 | 100.0 | 72.3 | 70 | 88 |
| # 04 | 0.0 | 99.3 | 89.3 | 55.5 | 51 | 68 |
| # 10 | 0.0 | 69.5 | 68.9 | 40.8 | 38 | 52 |
| # 40 | 0.0 | 25.5 | 32.7 | 17.3 | 17 | 28 |
| # 80 | 0.0 | 14.0 | 20.9 | 10.4 | 8 | 17 |
| # 200 | 0.0 | 5.8 | 10.3 | 4.8 | 4 | 8 |

Tabla N° 12: Granulometría

Fuente: Propia

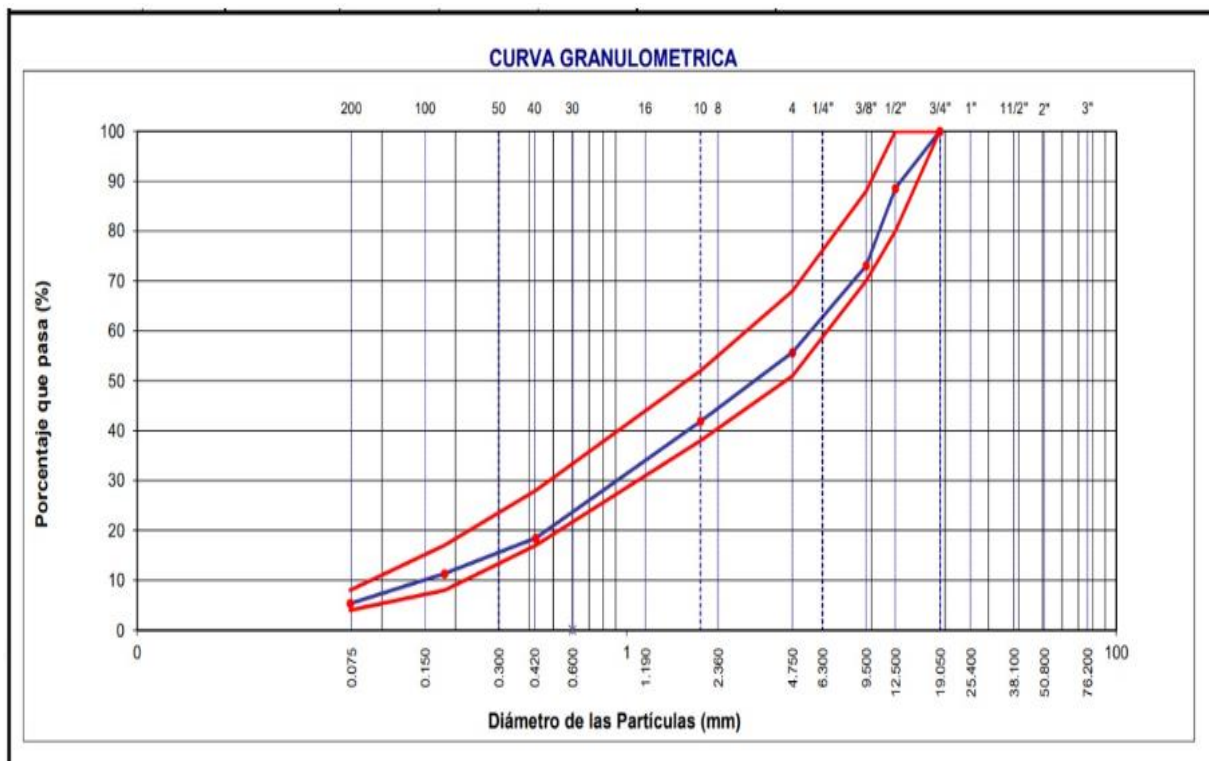
Con el procedimiento del análisis granulométrico dio como resultado las mezclas de los agregados pétreos obteniendo los siguientes porcentajes:

| Agregados | Diseño Mac-2 |
|------------------|--------------|
| Piedra chancada | 41 % |
| Arena chancada | 28 % |
| Arena zarandeada | 31 % |

Tabla N° 13: Porcentaje de los agregados

Fuente: Propia |

Figura N° 4: Curva Granulométrico



Fuente: Propia

Diseño de Asfalto

Dosificación del asfalto:

$$P = 0.035a + 0.045b + kc + K$$

P= cantidad de cemento asfáltico en porcentaje

a= Cantidad de agregado retenido en la malla N° 10

b= Cantidad de agregado que pasa el tamiz N° 10 y retenido en el tamiz N° 200

c= Cantidad de agregado que pasa el tamiz N° 200

k=0.18 dependiendo si el tamiz N° 200 está en relación de 0.6% a 10%

K= esta con respecto a la absorción del agregado pétreo, está en relación de 0 a 2

Datos de acuerdo al análisis granulométrico:

| | |
|---|------|
| a | 6 |
| b | 44.3 |
| c | 5.3 |
| k | 0.18 |
| K | 1.47 |
| P | 4.5 |

Tabla N° 14: Contenido del Asfalto

Fuente: Propia

Para esta investigación de diseño de mezclas asfálticas los datos obtenidos de estabilidad y flujo deberá estar a una cantidad mínima de 03 especímenes de acuerdo al manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicación, por el que la cantidad de ligante varia en 0.5 %

Método Marshall para Asfalto Convencional

Método Marshall para Transito Liviano

Pesos para la elaboración de las probetas en un asfalto convencional para Transito liviano:

| PESO DE LA MUESTRA PARA EL MEZCLADO CONVENCIONAL | | | | |
|---|------|------|------|------|
| Asfalto (g) | 59 | 80 | 67 | 60 |
| Agregado Grueso (g) | 391 | 400 | 385 | 380 |
| Agregado Fino (g) | 750 | 720 | 748 | 760 |
| | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |

Tabla N° 15: Peso de la muestra

Fuente: Propia

Se desarrolló las probetas guiando según la norma MTC E 504 y por consiguiente se realizó el ensayo Marshall para la obtención de la estabilidad y el flujo

a. Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas convencionales para transito livianos

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta (cm3) | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF % | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|------------------------------|------------|------------|------|-------|-------|------------------|---------|-----------|----------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 4.00% | 1160 | 1160.73 | 672 | 512.38 | 2.265 | 2.28 | 4.90 | 15.8 | 68.99 | 454.78 | 1.001 | 455.23478 | 13 |
| 1.2 | 4.00% | 1163 | 1163.87 | 664 | 500.17 | 2.327 | 2.28 | 4.90 | 15.6 | 68.59 | 435.7 | 0.985 | 429.1645 | 13 |
| 1.3 | 4.00% | 1174 | 1174.9 | 681 | 485.65 | 2.419 | 2.28 | 4.90 | 15.36 | 58.00 | 430.68 | 1.052 | 453.07536 | 12 |
| | | | | | | 2.34 | 2.28 | 4.90 | 15.59 | 65.19 | 440.39 | 1.01 | 445.82 | 8.00 |
| 2.1 | 4.5% | 1204 | 1205.26 | 667 | 512.38 | 2.352 | 2.29 | 4.77 | 14.78 | 77.30 | 551.3 | 0.965 | 532.005 | 9 |
| 2.2 | 4.5% | 1207 | 1207.14 | 690 | 507.97 | 2.376 | 2.29 | 4.77 | 14.96 | 68.11 | 519.05 | 1.029 | 534.102 | 10 |
| 2.3 | 4.5% | 1167 | 1168.23 | 658 | 485.94 | 2.404 | 2.29 | 4.77 | 14.85 | 79.00 | 509.4 | 1.049 | 534.361 | 8 |
| | | | | | | 2.38 | 2.29 | 4.77 | 14.86 | 74.80 | 526.58 | 1.01 | 743.39 | 9.00 |
| 3.1 | 5.00% | 1215 | 1216.32 | 655 | 508.30 | 2.393 | 2.27 | 4.40 | 13.95 | 87.00 | 965.7 | 0.94 | 907.758 | 10 |
| 3.2 | 5.00% | 1205 | 1206.17 | 690 | 505.32 | 2.387 | 2.27 | 4.40 | 14.25 | 85.00 | 952.92 | 1.01 | 962.4492 | 11 |
| 3.3 | 5.00% | 1135 | 1135.26 | 665 | 495.81 | 2.290 | 2.27 | 4.40 | 14.14 | 89.00 | 865.3 | 1.05 | 908.565 | 9 |
| | | | | | | 2.36 | 2.27 | 4.40 | 14.11 | 87.00 | 927.97 | 1.00 | 926.26 | 10.00 |
| 4.1 | 5.50% | 1194 | 1194.92 | 662 | 531.67 | 2.248 | 2.25 | 4.30 | 11.4 | 88.94 | 840.1 | 0.942 | 791.3742 | 12 |
| 4.2 | 5.50% | 1188 | 1189.07 | 680 | 493.84 | 2.408 | 2.25 | 4.30 | 14.3 | 87.40 | 792.3 | 1.045 | 827.9535 | 12 |
| 4.3 | 5.50% | 1145 | 1146.03 | 658 | 502.69 | 2.280 | 2.25 | 4.30 | 14.24 | 84.40 | 830.4 | 1.069 | 887.6976 | 12 |
| | | | | | | 2.31 | 2.25 | 4.30 | 13.31 | 86.91 | 820.93 | 1.02 | 835.68 | 12.00 |

Resumen de los resultados del ensayo Marshall para Mezclas Asfálticas Convencionales con diferentes porcentajes:

| ENSAYO MARSHALL | % Asphalt | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|
| | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% |
| Estabilidad (kg) | 445.82 | 743.39 | 720.20 | 480.25 |
| Flujo | 8 | 9 | 10 | 12 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 4.87 | 4.72 | 4.61 | 4.52 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 42.54 | 52.03 | 58.35 | 62.30 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VMA | 10.11 | 7.94 | 7.25 | 7.10 |

Tabla N° 16: Resultados del Ensayo Marshall

Fuente: Propia

Curvas Marshall

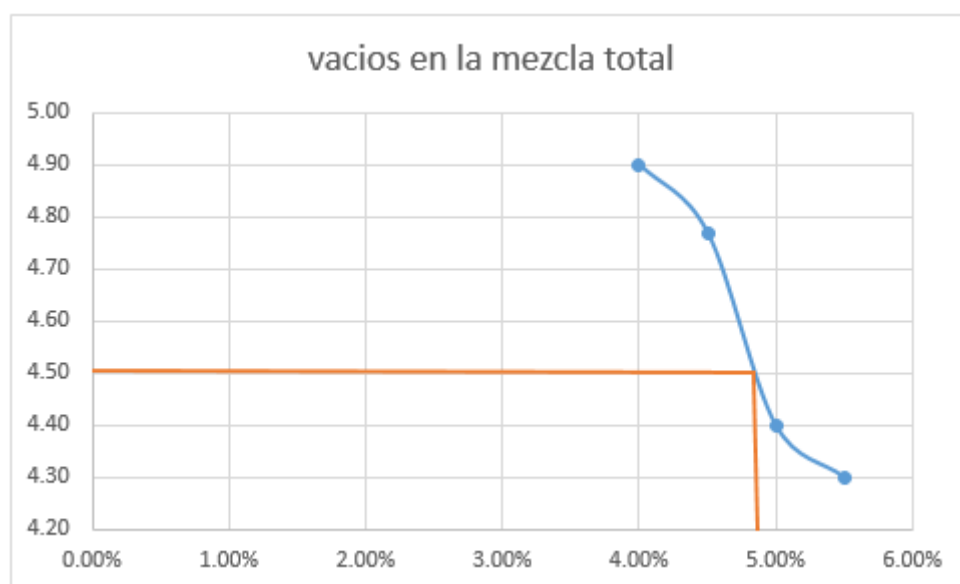


Figura N° 5: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con el porcentaje de vacíos del 4.5% se obtuvo el porcentaje óptimo de asfalto convencional de 4.87%, y con este se determina el valor de las propiedades Marshall

Estabilidad Marshall vs contenido de asfalto

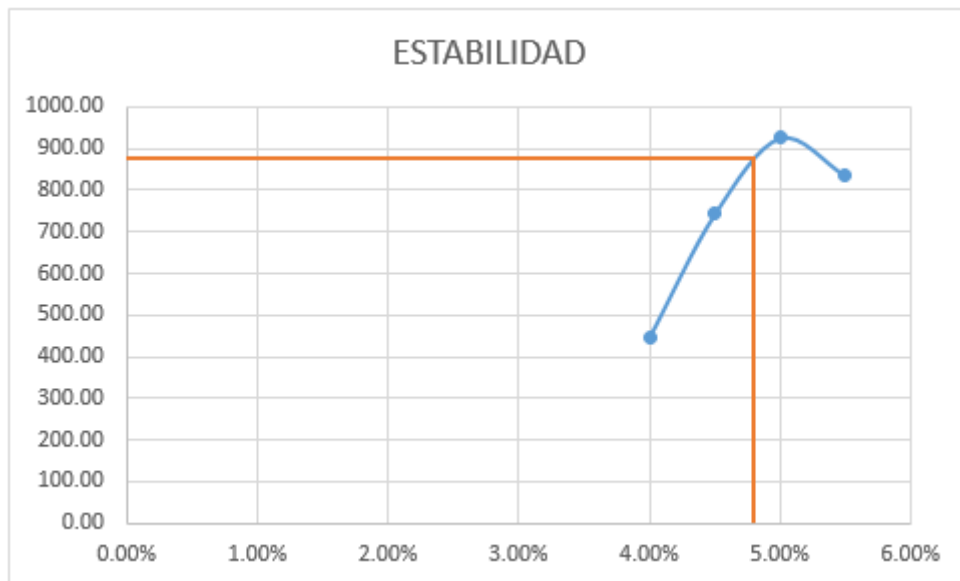


Figura N° 6: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de estabilidad Marshall vs contenido de asfalto se obtuvo un resultado de 880 kg, se puede verificar que al aumentar el porcentaje de asfalto aumenta la estabilidad, pero eso no quiere decir que aumentando el asfalto va a aumentar la estabilidad, ya que llega el momento en que se va a separar el agregado, disminuyendo el rozamiento interno y como resultado disminuye la estabilidad.

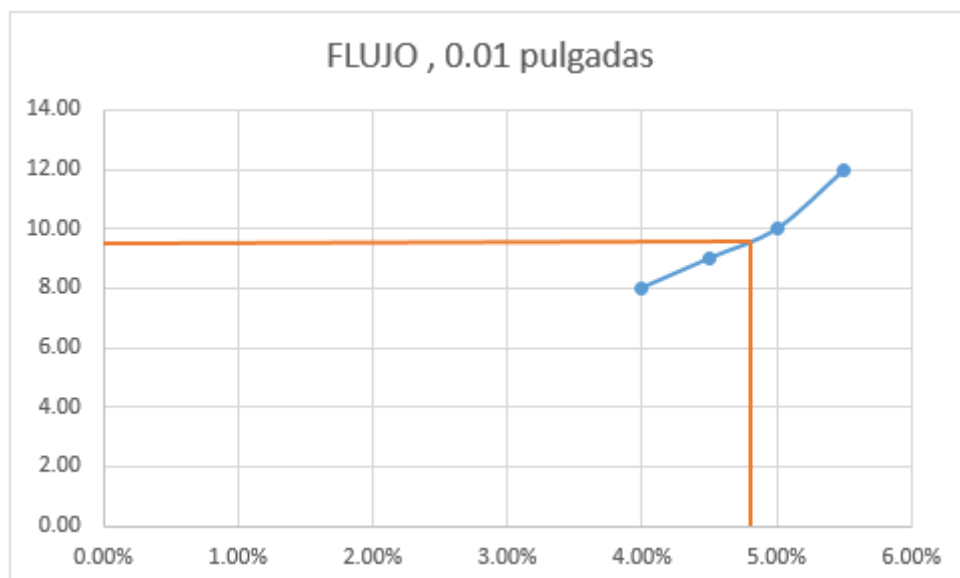


Figura N° 7: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de flujo vs porcentaje de asfalto se obtuvo un resultado de 8.5 cumpliendo con los que especifica la norma técnica, ya que valores más altos indican mezclas plásticas, susceptibles a la deformación

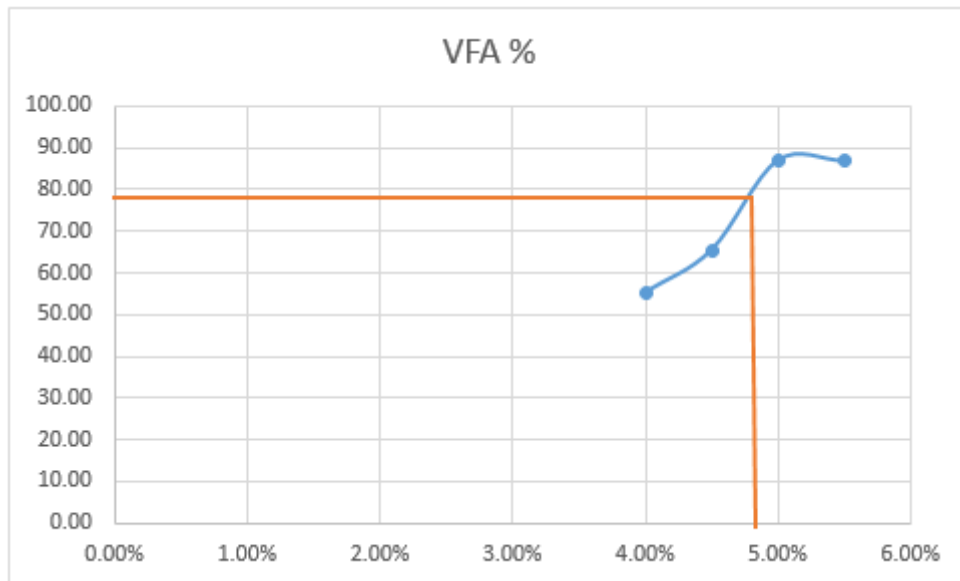


Figura N° 8: Vacíos llenados del asfalto vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Gráfico de Vacíos llenados en el asfalto vs porcentaje de contenido de asfalto

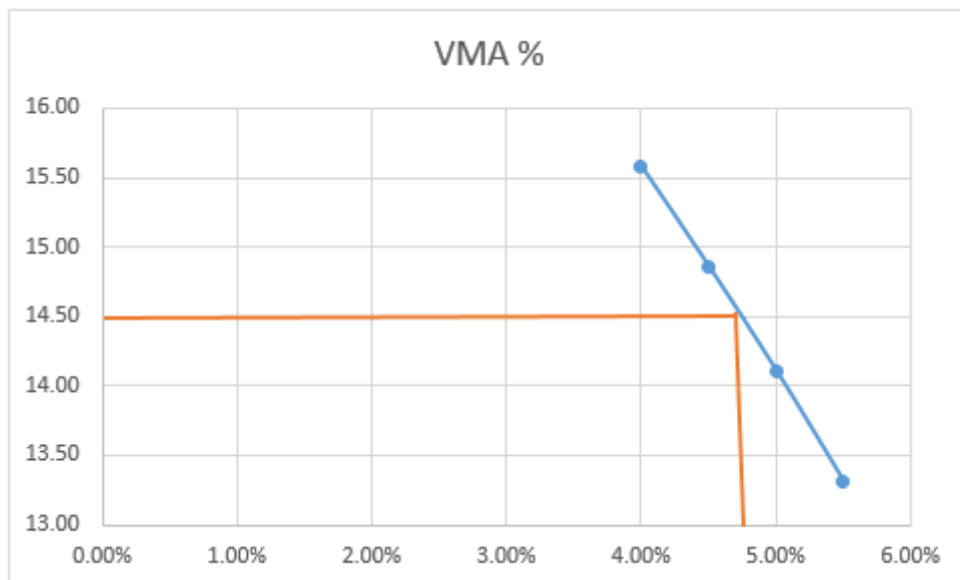


Figura N° 9: Vacíos agregados Mineral vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Gráfico de Porcentaje de Vacíos en el agregado mineral vs porcentaje de contenido de asfalto
 Resultado del ensayo Marshall para un porcentaje óptimo de 4.87%

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|---|------------------|-----|------------|
| | Min | Max | |
| Estabilidad (kg) | 346.7 | | 880 |
| Flujo | 8-18 | | 9.6 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 3-5 | | 4.5 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 70-80 | | 78 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VMA | 14% | | 14.5 |

Tabla N° 17: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas convencionales para transito intermedio

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF % | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|---------------------|------------|------------|-------|--------|--------|------------------|---------|-----------|-------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 4.00% | 1165 | 1160.7 | 670 | 497.25 | 2.334 | 2.32 | 4.68 | 15.32 | 59.40 | 745.3 | 1.04 | 775.112 | 15 |
| 1.2 | 4.00% | 1174 | 1170.67 | 661 | 500.34 | 2.340 | 2.32 | 4.68 | 15.14 | 57.40 | 785.4 | 1.067 | 838.0218 | 14 |
| 1.3 | 4.00% | 1179 | 1178.6 | 680 | 496.20 | 2.375 | 2.32 | 4.68 | 14.98 | 50.40 | 780.9 | 1.046 | 816.8214 | 12 |
| | | | | | | 2.35 | 2.32 | 4.68 | 15.15 | 55.73 | 770.53 | 1.05 | 809.99 | 9.00 |
| 2.1 | 4.5% | 1185 | 1157.2 | 662 | 496.31 | 2.332 | 2.3 | 4.15 | 15.36 | 64.24 | 888.5 | 1.077 | 956.9145 | 10 |
| 2.2 | 4.5% | 1198 | 1195.24 | 692 | 492.20 | 2.428 | 2.3 | 4.15 | 14.78 | 59.30 | 865.3 | 1.084 | 937.9852 | 9 |
| 2.3 | 4.5% | 1160 | 1161.89 | 659 | 487.74 | 2.382 | 2.3 | 4.15 | 14.21 | 60.40 | 840 | 1.047 | 879.48 | 8 |
| | | | | | | 2.381 | 2.300 | 4.150 | 14.783 | 61.313 | 864.600 | 1.069 | 924.793 | 11.000 |
| 3.1 | 5.00% | 1200 | 1189.64 | 662 | 489.30 | 2.431 | 2.29 | 3.78 | 13.69 | 87.40 | 890.4 | 1.064 | 947.3856 | 12 |
| 3.2 | 5.00% | 1198 | 1197.87 | 680 | 503.14 | 2.381 | 2.29 | 3.78 | 14.52 | 68.40 | 901.4 | 1.042 | 939.2588 | 10 |
| 3.3 | 5.00% | 1148 | 1152.4 | 675 | 491.86 | 2.343 | 2.29 | 3.78 | 13.89 | 69.40 | 924.7 | 1.046 | 967.2362 | 9 |
| | | | | | | 2.385 | 2.290 | 3.780 | 14.033 | 75.067 | 905.500 | 1.051 | 951.294 | 13.000 |
| 4.1 | 5.50% | 1214 | 1210.7 | 684 | 515.30 | 2.350 | 2.27 | 3.42 | 13.25 | 78.60 | 945.6 | 1.08 | 845.4 | 12 |
| 4.2 | 5.50% | 1192 | 1197.3 | 684 | 499.37 | 2.398 | 2.27 | 3.42 | 13.85 | 74.20 | 1035.2 | 1.087 | 897.2 | 11 |
| 4.3 | 5.50% | 1178 | 1187.4 | 672 | 495.10 | 2.398 | 2.27 | 3.42 | 13.74 | 84.30 | 1098.4 | 1.068 | 821.3 | 10 |
| | | | | | | 2.382 | 2.270 | 3.420 | 13.613 | 79.033 | 1026.400 | 1.078 | 854.633 | 15.000 |

Curvas Marshall

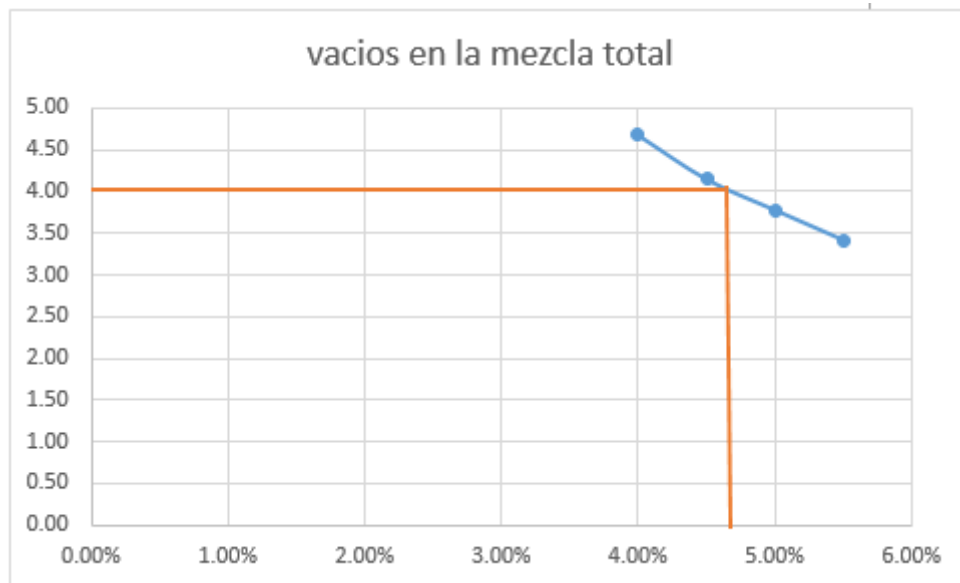


Figura N° 10: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con el porcentaje de vacíos del 4.0% se obtuvo el porcentaje óptimo de asfalto convencional de 4.71%, y con este se obtendrá el valor de las propiedades Marshall

Estabilidad Marshall vs contenido de asfalto

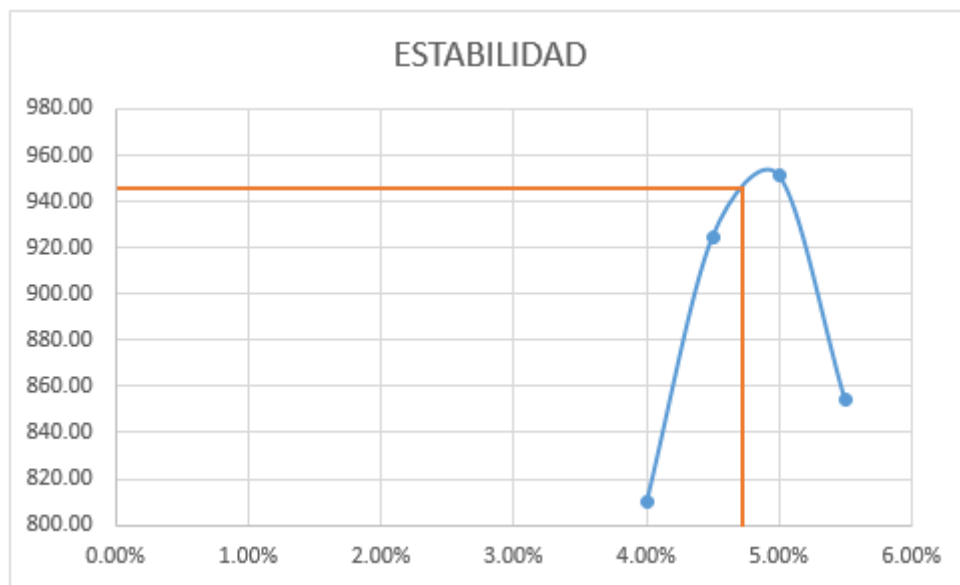


Figura N° 11: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de estabilidad Marshall vs contenido de asfalto se obtuvo un resultado de 945 kg, se puede verificar que a medida que aumentamos el porcentaje de asfalto aumenta la estabilidad, pero eso no quiere decir que aumentando el asfalto va a aumentar la estabilidad, ya que llega el momento en que se va a separar el agregado, disminuyendo el rozamiento interno y como resultado disminuye la estabilidad

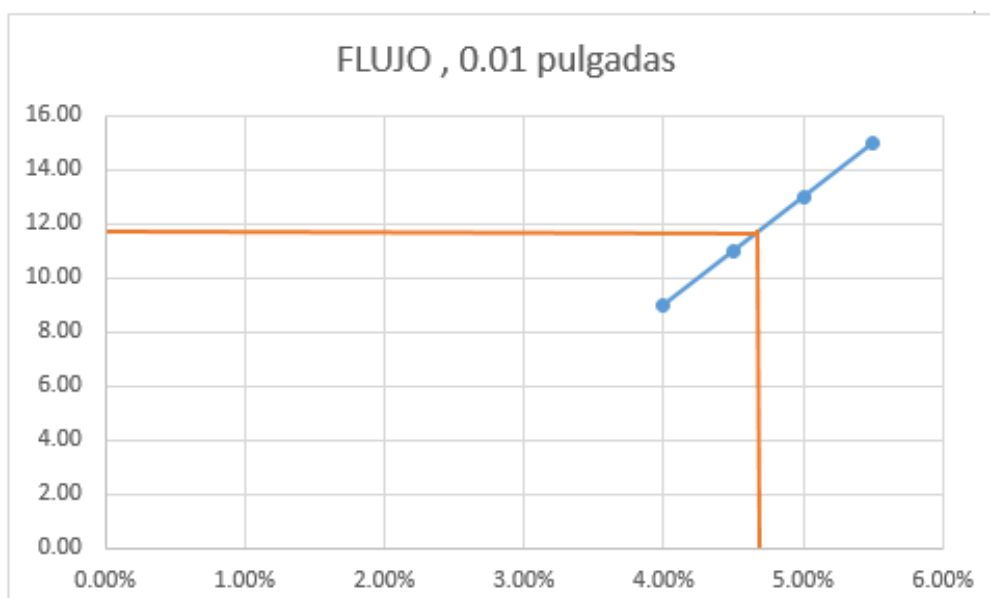


Figura N° 12: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de flujo vs porcentaje de asfalto se obtuvo un resultado de 11.8 cumpliendo con lo que especifica la norma técnica, ya que valores más altos indican mezclas plásticas, susceptibles a la deformación

Resultado del ensayo Marshall para un porcentaje óptimo de 4.71%

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|--|------------------|-----|------------|
| | Mín | Max | |
| Estabilidad (kg) | 554.72 | | 948 |
| Flujo | Ago-16 | | 11.8 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 3-5 | | 4 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 65-78 | | 68 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral | | | |
| VMA | 14% | | 14.64 |

Tabla N° 18: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

Método Marshall para Tránsito Pesado

Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas convencionales para transito Pesado

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF% | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|---------------------|------------|------------|-------|-------|--------|------------------|---------|-----------|-------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 4.00% | 1173 | 1175.8 | 671 | 488.30 | 2.408 | 2.31 | 4.15 | 5.82 | 50.20 | 774 | 1.047 | 810.378 | 13 |
| 1.2 | 4.00% | 1185 | 1185.85 | 659 | 492.60 | 2.407 | 2.31 | 4.15 | 6.26 | 55.30 | 736 | 1.022 | 752.192 | 13 |
| 1.3 | 4.00% | 1180 | 1183.03 | 679 | 510.82 | 2.316 | 2.31 | 4.15 | 10.31 | 54.20 | 742 | 1.09 | 808.78 | 12 |
| | | | | | | 2.377 | 2.310 | 4.150 | 7.463 | 53.233 | 750.667 | 1.053 | 790.450 | 8.000 |
| 2.1 | 4.5% | 1154 | 1153.2 | 660 | 475.31 | 2.426 | 2.31 | 3.50 | 6.34 | 57.45 | 963 | 1.075 | 1035.225 | 8 |
| 2.2 | 4.5% | 1187 | 1187.26 | 691 | 482.70 | 2.460 | 2.31 | 3.50 | 4.95 | 54.90 | 962 | 1.085 | 1043.770 | 8 |
| 2.3 | 4.5% | 1153 | 1150 | 701 | 487.30 | 2.360 | 2.31 | 3.50 | 8.39 | 57.30 | 950 | 1.096 | 1041.200 | 9 |
| | | | | | | 2.42 | 2.31 | 3.50 | 6.56 | 56.55 | 958.33 | 1.09 | 1040.07 | 10.00 |
| 3.1 | 5.00% | 1166 | 1167.85 | 669 | 481.40 | 2.426 | 2.3 | 3.41 | 6.25 | 75.60 | 1160.5 | 1.116 | 1295.118 | 12 |
| 3.2 | 5.00% | 1187 | 1186.6 | 675 | 500.32 | 2.372 | 2.3 | 3.41 | 8.16 | 69.40 | 1150.3 | 1.078 | 1240.023 | 10 |
| 3.3 | 5.00% | 1162 | 1160.2 | 702 | 485.78 | 2.388 | 2.3 | 3.41 | 7.54 | 68.30 | 1130 | 1.049 | 1185.370 | 9 |
| | | | | | | 2.40 | 2.30 | 3.39 | 6.35 | 71.10 | 1146.93 | 1.08 | 1240.17 | 12.00 |
| 4.1 | 5.50% | 1220 | 1220.39 | 699 | 500.38 | 2.439 | 2.3 | 3.10 | 5.87 | 77.30 | 1500 | 1.018 | 1527.000 | 10 |
| 4.2 | 5.50% | 1201 | 1201.24 | 683 | 503.35 | 2.386 | 2.3 | 3.10 | 8.34 | 74.50 | 1510 | 1.01 | 1525.100 | 9 |
| 4.3 | 5.50% | 1200 | 1200.54 | 695 | 491.74 | 2.441 | 2.3 | 3.10 | 6.59 | 72.30 | 1490 | 1.06 | 1579.400 | 7 |
| | | | | | | 2.422 | 2.300 | 3.100 | 6.200 | 74.700 | 1500.000 | 1.029 | 1150.300 | 15.000 |

Curvas Marshall

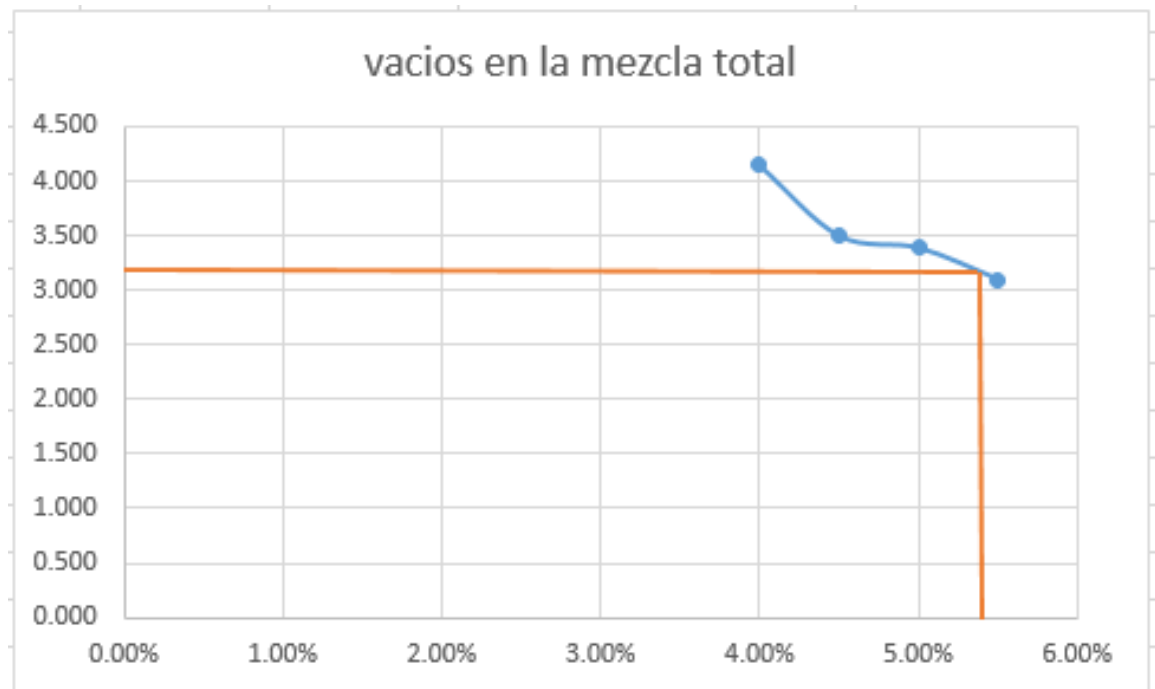


Figura N° 13: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con el porcentaje de vacíos del 3.2% se obtuvo el porcentaje óptimo de asfalto convencional de 5.45%, y con este se obtendrá el valor de las propiedades Marshall

Estabilidad Marshall vs contenido de asfalto

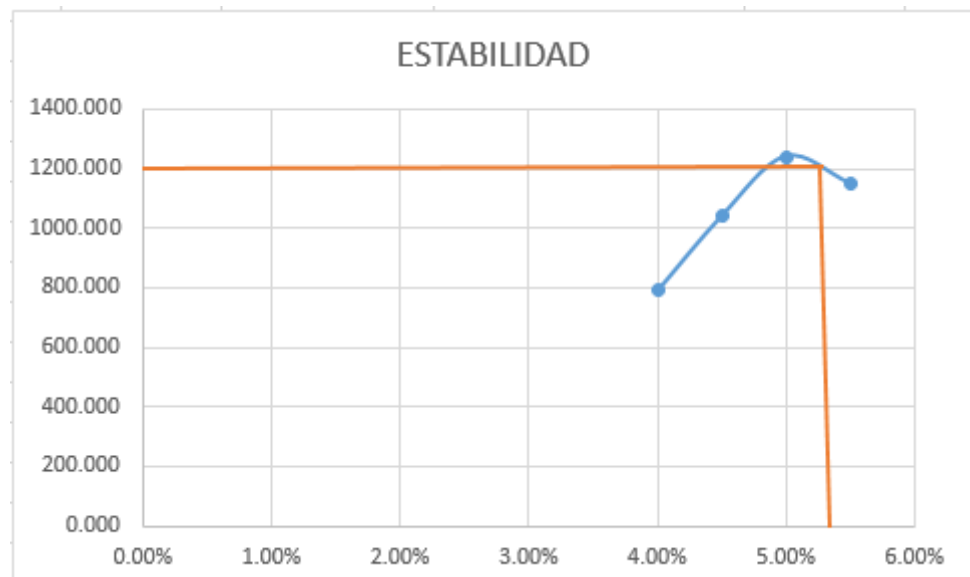


Figura N° 14: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de estabilidad Marshall vs contenido de asfalto se obtuvo un resultado de 1200 kg, se puede verificar que a medida que aumentamos el porcentaje de asfalto aumenta la estabilidad, pero eso no quiere decir que aumentando el asfalto va a aumentar

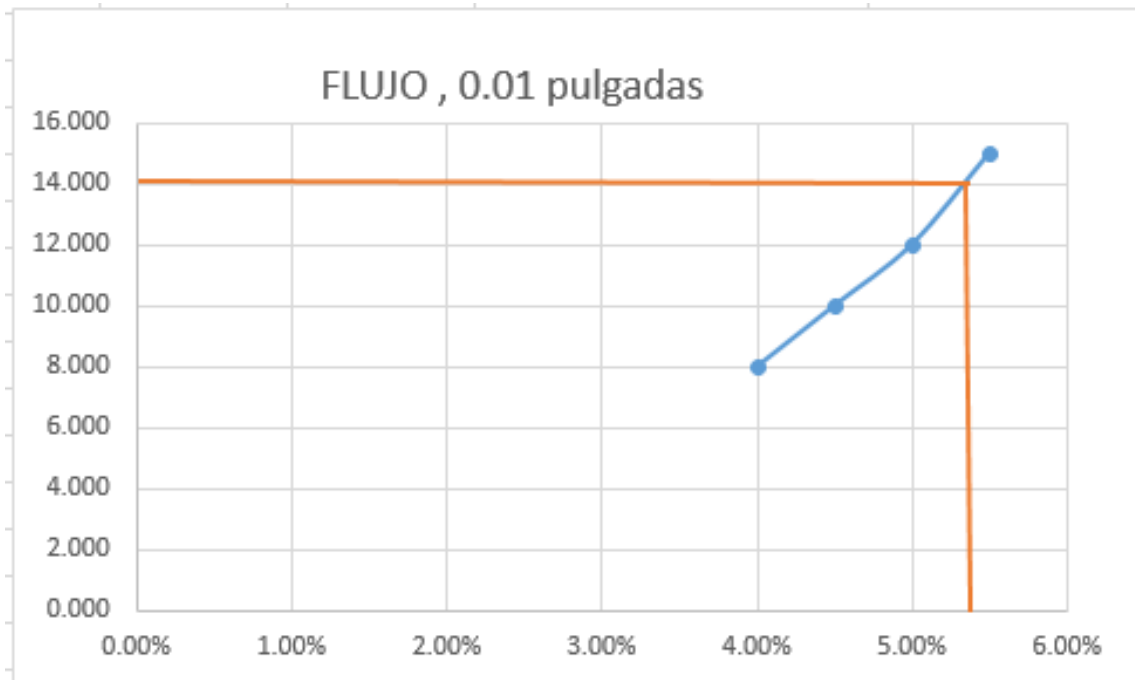


Figura N° 15: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de flujo vs porcentaje de asfalto se obtuvo un resultado de 14 cumpliendo con lo que especifica la norma técnica, ya que valores más altos indican mezclas plásticas, susceptibles a la deformación

Resultado del ensayo Marshall para un porcentaje óptimo de 4.71%

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|---|------------------|-----|------------|
| | Min | Max | |
| Estabilidad (kg) | 554.72 | | 1200 |
| Flujo | 8-14 | | 14 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 3-5 | | 4 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 65-78 | | 72 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VMA | 14% | | 14.64 |

Tabla N° 19: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

Método Marshall para Asfalto Modificado

Método Marshall para Transito Liviano

Pesos para la elaboración de las probetas para asfalto modificado para Transito liviano:

Para el transito liviano se tiene como ejemplo 4% de EVA, para luego desarrollar el resumen del método Marshall para el transito intermedio y pesado con un porcentaje de 4.5% y 5.5 % respectivamente

Incorporación del polímero EVA en el Asfalto convencional cuyo porcentaje de 4.87 %

| | | | |
|----------------------|-------|-------|----|
| ASFALTO CONVENCIONAL | | 57.4 | |
| POLÍMERO <u>EVA</u> | | | |
| ∴ | 4.50% | 2.583 | |
| | | 60.0 | gr |

| | | | |
|----------------------|-------|-------|----|
| ASFALTO CONVENCIONAL | | 57.1 | |
| POLÍMERO <u>EVA</u> | | | |
| ∴ | 5.00% | 2.855 | |
| | | 60.0 | gr |

| | | | |
|----------------------|-------|--------|----|
| ASFALTO CONVENCIONAL | | 56.9 | |
| POLÍMERO <u>EVA</u> | | | |
| ∴ | 5.50% | 3.1295 | |
| | | 60.0 | gr |

| | | | |
|----------------------|-------|-------|----|
| ASFALTO CONVENCIONAL | | 56.6 | |
| POLÍMERO <u>EVA</u> | | | |
| ∴ | 6.00% | 3.396 | |
| | | 60.0 | gr |

| | | | |
|----------------------|-------|--------|----|
| ASFALTO CONVENCIONAL | | 56.3 | |
| POLÍMERO <u>EVA</u> | | | |
| ∴ | 6.50% | 3.6595 | |
| | | 60.0 | gr |

Tabla N° 20: Peso del Asfalto con adición del polímero Eva

Fuente: Propia

Pesos para la elaboración de las probetas en un asfalto convencional para Transito liviano:

| PESO DE LA MUESTRA PARA EL MEZCLADO CONVENCIONAL | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Asfalto (g) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Agregado Grueso (g) | 360 | 394 | 356 | 380 | 363 |
| Agregado Fino (g) | 780 | 746 | 784 | 760 | 777 |
| | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 | 1200 |

Tabla N° 21: Peso para el diseño de mezclas asfálticas modificadas con polímero

Fuente: Propia

Se prepararon las probetas siguiendo las directrices de la norma MTC E 504, y posteriormente se llevó a cabo el ensayo Marshall para determinar tanto la estabilidad como el flujo de las mezclas asfálticas.

a. Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas Modificadas para transito liviano

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta (cm3) | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF % | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|------------------------------|------------|------------|------|-------|-------|------------------|---------|-----------|----------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 3.00% | 1179 | 1185.27 | 660 | 491.30 | 2.413 | 2.31 | 6.50 | 16.25 | 60.00 | 730.1 | 0.95 | 693.595 | 13 |
| 1.2 | 3.00% | 1183 | 1194.8 | 661 | 504.30 | 2.369 | 2.31 | 6.50 | 16.12 | 59.68 | 710.85 | 0.95 | 675.3075 | 13 |
| 1.3 | 3.00% | 1189 | 1192.3 | 664 | 495.30 | 2.407 | 2.31 | 6.50 | 16.2 | 59.88 | 810.1 | 0.95 | 769.595 | 12 |
| | | | | | | 2.40 | 2.31 | 6.50 | 16.19 | 59.85 | 750.35 | 0.95 | 712.83 | 12.67 |
| 2.1 | 3.5% | 1196 | 1200.2 | 669 | 479.60 | 2.503 | 2.31 | 5.51 | 15.89 | 65.32 | 862.24 | 0.96 | 827.750 | 9 |
| 2.2 | 3.5% | 1174 | 1152.7 | 664 | 502.30 | 2.295 | 2.31 | 5.51 | 15.73 | 64.97 | 842 | 0.96 | 808.320 | 10 |
| 2.3 | 3.5% | 1167 | 1195.4 | 668 | 481.90 | 2.481 | 2.31 | 5.51 | 15.87 | 65.28 | 891 | 0.96 | 855.360 | 12 |
| | | | | | | 2.43 | 2.31 | 5.51 | 15.83 | 65.19 | 865.08 | 0.96 | 830.48 | 10.33 |
| 3.1 | 4.00% | 1188 | 1192.36 | 668 | 478.60 | 2.491 | 2.3 | 4.30 | 15.64 | 72.51 | 1000.2 | 1 | 1000.2 | 9 |
| 3.2 | 4.00% | 1174 | 1135.37 | 659 | 523.90 | 2.167 | 2.3 | 4.30 | 15.59 | 72.42 | 998.47 | 0.98 | 978.5006 | 9 |
| 3.3 | 4.00% | 1185 | 1185.17 | 662 | 461.15 | 2.570 | 2.3 | 4.30 | 15.54 | 72.33 | 1002.3 | 1 | 1002.3 | 10 |
| | | | | | | 2.41 | 2.30 | 4.30 | 15.59 | 72.42 | 1000.32 | 0.99 | 993.67 | 9.33 |
| 4.1 | 4.50% | 1197 | 1197.36 | 663 | 480.36 | 2.493 | 2.32 | 2.70 | 15.24 | 82.28 | 935 | 0.98 | 916.3 | 10 |
| 4.2 | 4.50% | 1184 | 1189 | 660 | 507.30 | 2.344 | 2.32 | 2.70 | 15.17 | 82.20 | 897.2 | 0.96 | 861.312 | 9.5 |
| 4.3 | 4.50% | 1075 | 1065.3 | 588 | 451.30 | 2.361 | 2.32 | 2.70 | 15.3 | 82.35 | 915.3 | 0.98 | 896.994 | 10 |
| | | | | | | 2.40 | 2.32 | 2.70 | 15.24 | 82.28 | 915.83 | 0.97 | 891.54 | 9.83 |
| 5.1 | 5.00% | 1187 | 1190 | 660 | 494.30 | 2.407 | 2.3 | 2.60 | 15 | 82.67 | 897.2 | 0.96 | 861.312 | 13 |
| 5.2 | 5.00% | 1189 | 1195.2 | 657 | 512.80 | 2.331 | 2.3 | 2.60 | 15.1 | 82.78 | 884.32 | 0.96 | 848.9472 | 11 |
| 5.3 | 5.00% | 1192 | 1193.25 | 639 | 486.45 | 2.453 | 2.3 | 2.60 | 15.01 | 82.68 | 867 | 0.96 | 832.32 | 12 |
| | | | | | | 2.40 | 2.30 | 2.60 | 15.04 | 82.71 | 882.84 | 0.96 | 847.53 | 12.00 |

Resumen de los resultados del ensayo Marshall para Mezclas Asfálticas Modificados con diferentes porcentajes:

| ENSAYO MARSHALL | % Asfalto | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | 3% | 3.50% | 4% | 4.50% | 5.50% |
| Estabilidad (kg) | 712.83 | 830.48 | 993.67 | 891.54 | 891.54 |
| Flujo | 12.67 | 10.33 | 9.33 | 9.83 | 12 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 42.54 | 52.03 | 4.3 | 2.7 | 2.6 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 59.851 | 65.192 | 72.418 | 82.279 | 82.71 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VMA | 16.19 | 15.83 | 15.59 | 15.24 | 15.04 |

Tabla N° 22: Resultados del Ensayo Marshall

Fuente: Propia

Curvas Marshall

| ENSAYO MARSHALL | % Asfalto | | | | |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|
| | 3% | 3.50% | 4% | 4.50% | 5.50% |
| Estabilidad (kg) | 712.83 | 830.48 | 993.67 | 891.54 | 891.54 |
| Flujo | 12.67 | 10.33 | 9.33 | 9.83 | 12 |
| Porcentaje de Vacios llenos del Aire | 42.54 | 52.03 | 4.3 | 2.7 | 2.6 |
| Porcentaje de Vacios llenos de Asfalto VFA | 59.851 | 65.192 | 72.418 | 82.279 | 82.71 |
| Porcentaje de Vacios del Agregado Mineral VMA | 16.19 | 15.83 | 15.59 | 15.24 | 15.04 |

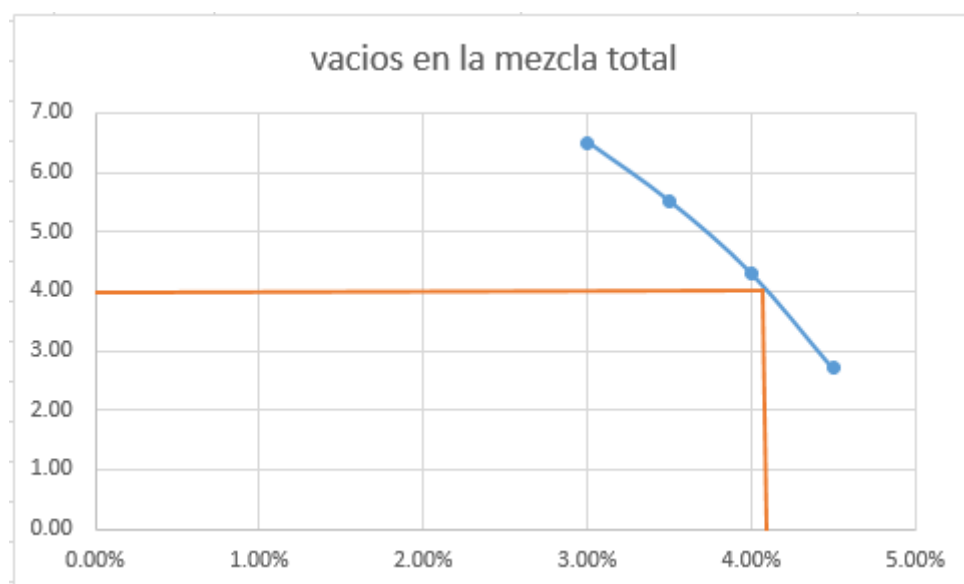


Figura N° 16: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con el porcentaje de vacíos del 4.0% se determinó el porcentaje óptimo de modificado de 4.15%, y con este resultado se determina el valor de las propiedades Marshall

Estabilidad Marshall vs contenido de asfalto

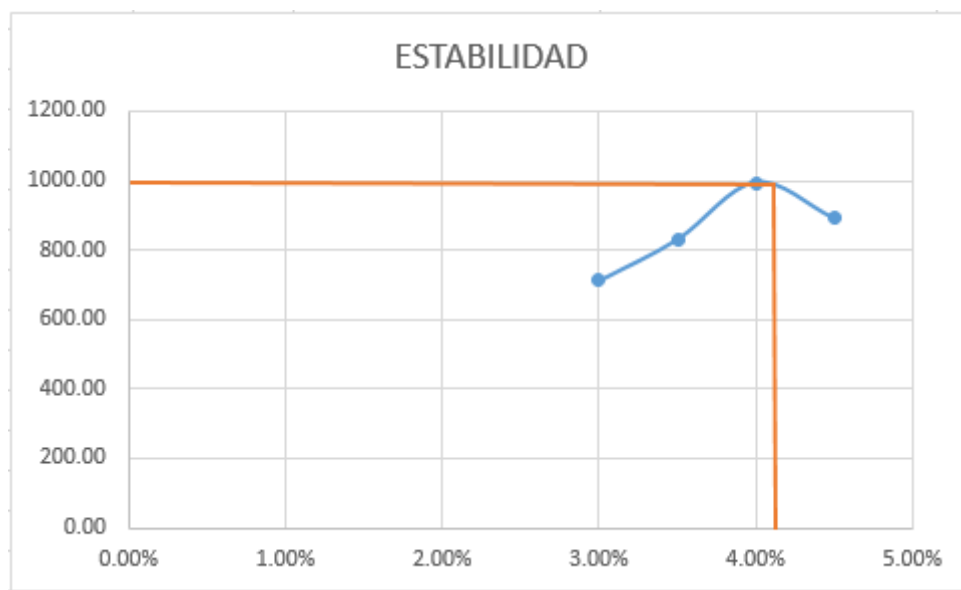


Figura N° 17: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de estabilidad Marshall vs contenido de asfalto se obtuvo un resultado de 1000 kg, se puede verificar que a medida que aumentamos el porcentaje de asfalto aumenta la estabilidad, pero eso no quiere decir que aumentando el asfalto va a aumentar

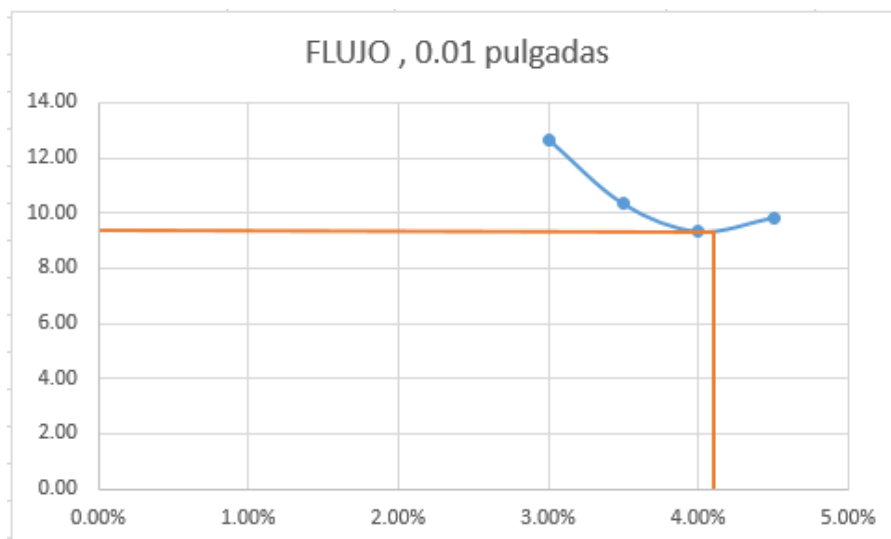


Figura N° 18: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico que relaciona el flujo con el porcentaje de asfalto, se registró un resultado de 9.4, lo cual está dentro de los límites establecidos por la norma técnica. Valores más elevados

sugieren que la mezcla es plástica y podría ser propensa a deformaciones. Este resultado corresponde al ensayo Marshall realizado para un contenido óptimo de asfalto del 4.15%.

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|--|------------------|-----|------------|
| | Min | Max | |
| Estabilidad (kg) | 346.7 | | 1000 |
| Flujo | 8-18 | | 9.4 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 3-5 | | 4 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de Asfalto VFA | 70-80 | | 73 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral VMA | 14% | | 15.65 |

Tabla N^o 23: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

b. Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas Modificadas para transito Intermedio

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF% | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|---------------------|------------|------------|-------|--------|--------|------------------|---------|-----------|-------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 3.50% | 1190 | 1194.2 | 680 | 510.20 | 2.341 | 2.35 | 7.20 | 16.45 | 56.23 | 820.3 | 0.96 | 787.488 | 15 |
| 1.2 | 3.50% | 1198 | 1204.7 | 682.3 | 512.40 | 2.351 | 2.35 | 4.68 | 16.51 | 61.20 | 794 | 0.96 | 762.24 | 14 |
| 1.3 | 3.50% | 1194 | 1197.4 | 680.4 | 507.40 | 2.360 | 2.35 | 4.68 | 16.42 | 71.50 | 824.6 | 0.96 | 791.616 | 12 |
| | | | | | | 2.35 | 2.35 | 7.10 | 16.460 | 62.98 | 812.97 | 0.96 | 780.45 | 13.67 |
| 2.1 | 4% | 1199 | 1205.3 | 681.2 | 489.20 | 2.464 | 2.34 | 4.15 | 16.24 | 74.45 | 935.4 | 1.077 | 1007.4258 | 10 |
| 2.2 | 4% | 1195.2 | 1201.4 | 680 | 508.70 | 2.362 | 2.34 | 4.15 | 16.28 | 74.51 | 901.4 | 1.084 | 977.1176 | 9 |
| 2.3 | 4% | 1188 | 1194.6 | 684.2 | 500.40 | 2.387 | 2.34 | 4.15 | 16.2 | 74.38 | 990.4 | 1.047 | 1036.9488 | 8 |
| | | | | | | 2.404 | 2.340 | 6.840 | 16.240 | 74.446 | 942.400 | 1.069 | 1007.164 | 9.000 |
| 3.1 | 4.50% | 1191 | 1195.8 | 688.2 | 492.30 | 2.429 | 2.34 | 3.98 | 16.18 | 75.40 | 1274.4 | 1 | 1274.4 | 12 |
| 3.2 | 4.50% | 1188.1 | 1193.1 | 684.2 | 530.20 | 2.250 | 2.34 | 3.98 | 16.12 | 75.31 | 1268.3 | 1 | 1268.3 | 10 |
| 3.3 | 4.50% | 1194.2 | 1199.2 | 682.4 | 508.40 | 2.359 | 2.34 | 3.98 | 16.13 | 75.33 | 1271.4 | 1 | 1271.4 | 9 |
| | | | | | | 2.346 | 2.340 | 4.520 | 16.143 | 75.346 | 1271.367 | 1.000 | 1271.367 | 10.333 |
| 4.1 | 5.00% | 1210.5 | 1215.8 | 685.4 | 504.30 | 2.411 | 2.33 | 3.78 | 16.25 | 76.74 | 1125.24 | 1 | 1125.24 | 12 |
| 4.2 | 5.00% | 1192 | 1197.2 | 686.1 | 498.14 | 2.403 | 2.33 | 3.78 | 16.2 | 76.67 | 1101.8 | 1 | 1101.8 | 11 |
| 4.3 | 5.00% | 1198.4 | 1209.5 | 681 | 481.50 | 2.512 | 2.33 | 3.78 | 16.26 | 76.75 | 1115.2 | 1 | 1115.2 | 10 |
| | | | | | | 2.442 | 2.330 | 4.423 | 16.237 | 76.719 | 1114.080 | 1.000 | 1114.080 | 11.000 |
| 5.1 | 5.50% | 1204.3 | 1210.4 | 679.1 | 510.30 | 2.372 | 2.32 | 3.78 | 16.1 | 76.52 | 935.4 | 0.97 | 907.338 | 12 |
| 5.2 | 5.50% | 1198.6 | 1206.4 | 670.7 | 515.20 | 2.342 | 2.32 | 3.78 | 16.05 | 76.45 | 945.1 | 0.97 | 916.747 | 11 |
| 5.3 | 5.50% | 1201.3 | 1208.7 | 680.4 | 507.50 | 2.382 | 2.32 | 3.78 | 16 | 76.38 | 927.9 | 0.97 | 900.063 | 10 |
| | | | | | | 2.365 | 2.320 | 3.874 | 16.050 | 76.448 | 936.133 | 0.970 | 908.049 | 11.000 |

Curvas Marshall

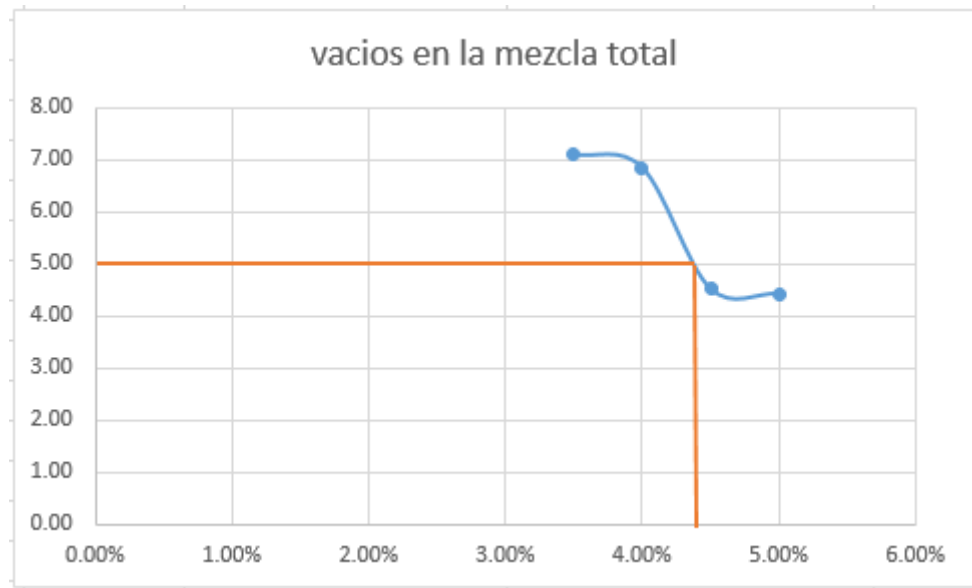


Figura N° 19: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con un porcentaje de vacíos del 5.0%, se determinó que el contenido óptimo de asfalto modificado es del 4.49%. Este valor permitirá evaluar las propiedades Marshall en relación con el contenido de asfalto.

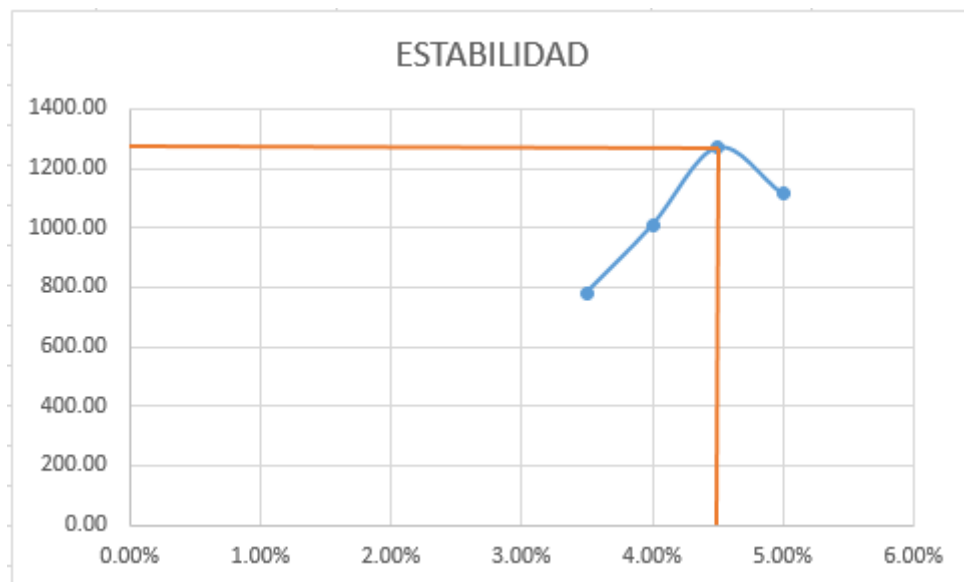


Figura N° 20: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico que relaciona la estabilidad Marshall con el contenido de asfalto, se obtuvo un valor de 1300 kg. Se observa que al incrementar el porcentaje de asfalto, la estabilidad también

tiende a aumentar; sin embargo, esto no implica que un aumento continuo en el asfalto seguirá mejorando la estabilidad indefinidamente.

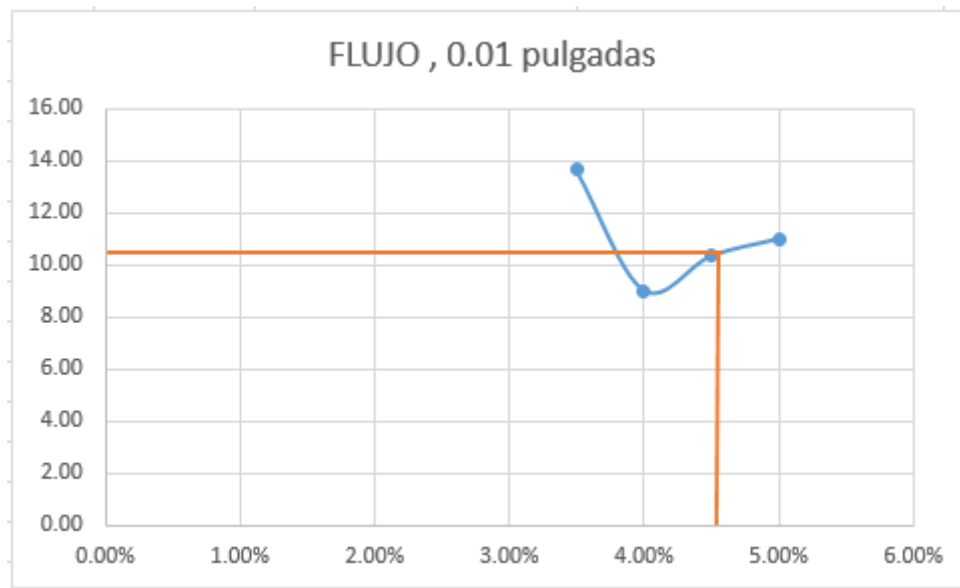


Figura N° 21: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de flujo vs porcentaje de asfalto se obtuvo un resultado de 10.5 cumpliendo con lo que especifica la norma técnica, ya que valores más altos indican mezclas plásticas, susceptibles a la deformación

Resultado del ensayo Marshall para un porcentaje óptimo de 4.15%

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|--|------------------|-----|------------|
| | Min | Max | |
| Estabilidad (kg) | 554.72 | | 1300 |
| Flujo | 8-16 | | 10.5 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | 3-5 | | 5 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de <u>Asfalto VFA</u> | 65-78 | | 76 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado <u>Mineral VMA</u> | 14% | | 16.14 |

Tabla N° 24: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

c. Resumen de los resultados diseño de mezclas asfálticas Modificadas para tránsito pesado

| Briquetas | % Asfalto | Peso Aire | Peso saturado .Sup Seca | Peso en agua | Volumen en briqueta | Gmb gr/cm3 | Gmm gr/cm3 | Va % | VAM% | VAF % | ESTABILIDAD (KG) | | | Flujo 0.01" |
|-----------|-----------|-----------|-------------------------|--------------|---------------------|------------|------------|-------|--------|--------|------------------|---------|-----------|-------------|
| | | | | | | | | | | | Medida | correc. | corregida | |
| 1.1 | 4.50% | 1211 | 1214.8 | 690.5 | 524.30 | 2.317 | 2.474 | 7.72 | 16.81 | 54.07 | 869.2 | 0.96 | 834.432 | 12 |
| 1.2 | 4.50% | 1212.4 | 1217 | 691.5 | 525.50 | 2.316 | 2.474 | 7.82 | 16.91 | 53.76 | 835.7 | 0.96 | 802.272 | 12 |
| 1.3 | 4.50% | 1205.6 | 1209.7 | 690.5 | 519.20 | 2.330 | 2.474 | 7.23 | 16.37 | 55.83 | 1020 | 1 | 1020 | 13 |
| | | | | | | 2.321 | 2.474 | 7.590 | 16.697 | 54.555 | 908.300 | 0.973 | 885.568 | 12.333 |
| 2.1 | 5% | 1212.8 | 1216.6 | 696.8 | 519.80 | 2.341 | 2.456 | 6.67 | 16.41 | 59.35 | 1045 | 1 | 1045.000 | 12 |
| 2.2 | 5% | 1216.7 | 1220.9 | 700 | 520.90 | 2.344 | 2.456 | 6.57 | 16.32 | 59.74 | 1007 | 1 | 1007.000 | 12 |
| 2.3 | 5% | 1208.3 | 1211.5 | 694.5 | 517.00 | 2.343 | 2.456 | 6.51 | 16.27 | 59.99 | 1100 | 1 | 1100.000 | 13 |
| | | | | | | 2.34 | 2.46 | 6.58 | 16.33 | 59.69 | 1050.67 | 1.00 | 1050.67 | 12.33 |
| 3.1 | 5.50% | 1209.9 | 1211.2 | 702.2 | 509.00 | 2.380 | 2.438 | 3.90 | 15.29 | 74.49 | 1364 | 1 | 1364.000 | 14 |
| 3.2 | 5.50% | 1213.4 | 1215.3 | 703.6 | 511.70 | 2.375 | 2.438 | 4.13 | 15.49 | 73.34 | 1322 | 1 | 1322.000 | 14 |
| 3.3 | 5.50% | 1216.2 | 1217.4 | 704.4 | 513.00 | 2.373 | 2.438 | 4.15 | 15.51 | 73.24 | 1351 | 1 | 1351.000 | 13 |
| | | | | | | 2.38 | 2.44 | 4.06 | 15.43 | 73.69 | 1345.67 | 1.00 | 1345.67 | 13.67 |
| 4.1 | 6.00% | 1214.5 | 1215.5 | 700.9 | 514.60 | 2.362 | 2.42 | 4.31 | 16.34 | 73.62 | 1267 | 1 | 1267.000 | 14 |
| 4.2 | 6.00% | 1213.6 | 1214.6 | 701.3 | 513.30 | 2.366 | 2.42 | 4.14 | 16.19 | 74.43 | 1255 | 1 | 1255.000 | 14 |
| 4.3 | 6.00% | 1210.8 | 1211.8 | 700 | 511.80 | 2.368 | 2.42 | 4.08 | 16.13 | 74.71 | 1284 | 1 | 1284.000 | 13 |
| | | | | | | 2.365 | 2.420 | 4.177 | 16.220 | 74.252 | 1268.667 | 1.000 | 1268.667 | 13.667 |
| 5.1 | 6.50% | 1208.9 | 1210.6 | 693.6 | 517.00 | 2.342 | 2.402 | 5.20 | 17.55 | 70.37 | 1137 | 1 | 1137.000 | 16 |
| 5.2 | 6.50% | 1210.6 | 1213.1 | 649.9 | 518.20 | 2.341 | 2.402 | 5.28 | 17.62 | 70.03 | 1146 | 1 | 1146.000 | 16 |
| 5.3 | 6.50% | 1211.1 | 1213.1 | 697 | 516.10 | 2.351 | 2.402 | 4.86 | 17.26 | 71.84 | 1183 | 1 | 1183.000 | 15 |
| | | | | | | 2.344 | 2.402 | 5.113 | 17.477 | 70.749 | 1155.333 | 1.000 | 1155.333 | 15.667 |

Curvas Marshall

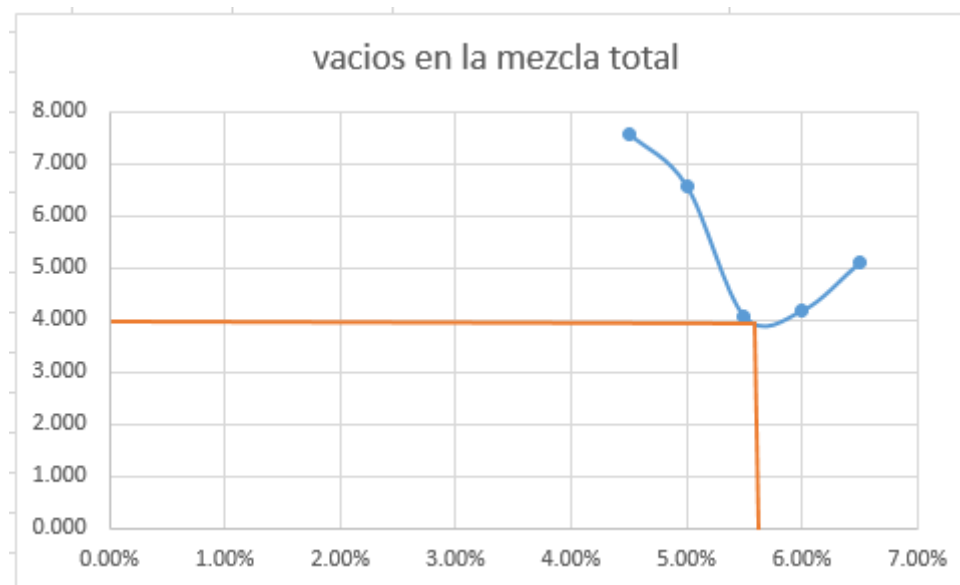


Figura N° 22: % vacíos de las mezclas vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

Con un porcentaje de vacíos del 4.0%, se determinó que el contenido óptimo de asfalto modificado es del 5.74%. Este porcentaje será utilizado para evaluar las propiedades según el método Marshall, específicamente en la relación entre la estabilidad Marshall y el contenido de asfalto.

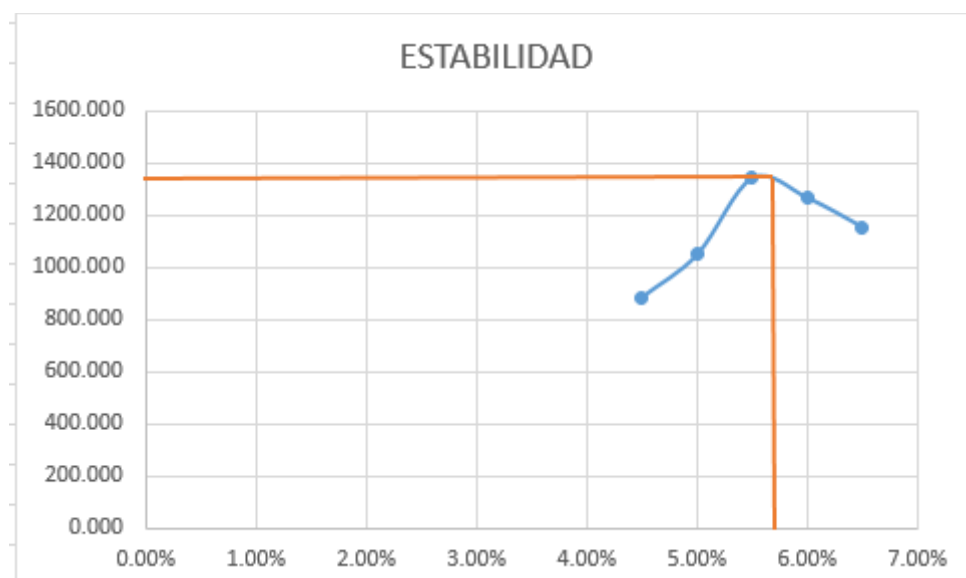


Figura N° 23: Estabilidad vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico que relaciona la estabilidad Marshall con el contenido de asfalto, se registró un valor de 1352 kg. Esto muestra que, al aumentar el porcentaje de asfalto, la estabilidad también

tiende a incrementar. Sin embargo, es importante destacar que este aumento no es indefinido. Hay un contenido óptimo de asfalto en el que se logra la mejor combinación de estabilidad y propiedades de la mezcla. Más allá de ese punto, un exceso de asfalto puede llevar a una reducción de la estabilidad, afectando negativamente la cohesión y otras características mecánicas de la mezcla asfáltica.

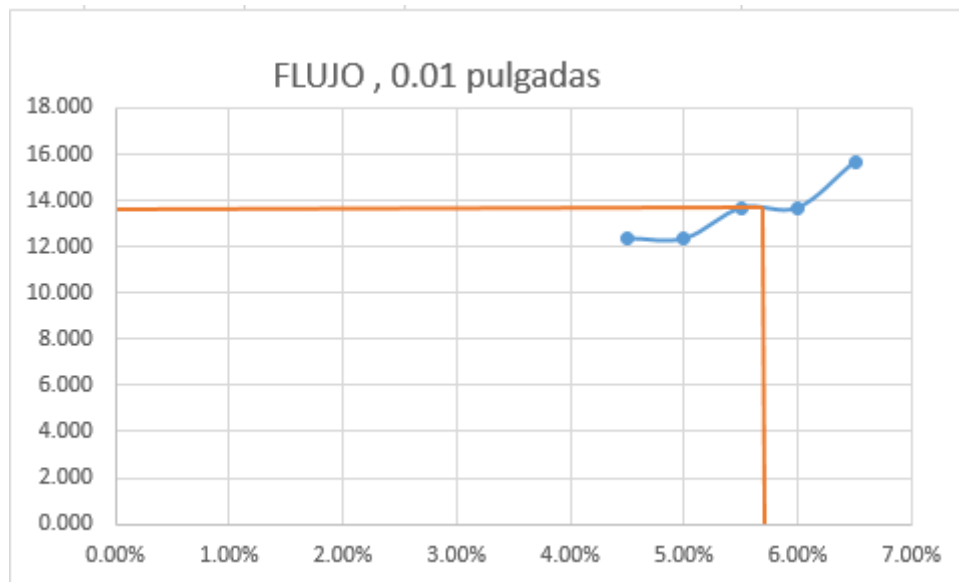


Figura N° 24: Flujo vs porcentaje del asfalto

Fuente: Propia

En el gráfico de flujo vs porcentaje de asfalto se obtuvo un resultado de 13.9 cumpliendo con los que especifica la norma técnica, ya que valores más altos indican mezclas plásticas, susceptibles a la deformación

Resultado del ensayo Marshall para un porcentaje óptimo de 4.15%

| Características Marshall | Especificaciones | | Resultados |
|--|------------------|--------|------------|
| | Min | Max | |
| Estabilidad (kg) | | 832.02 | 1352 |
| Flujo | | 8-14 | 13.9 |
| Porcentaje de Vacíos llenos del Aire | | 3-5 | 4 |
| Porcentaje de Vacíos llenos de <u>Asfalto VFA</u> | | 65-75 | 75 |
| Porcentaje de Vacíos del Agregado <u>Mineral VMA</u> | | 14% | 16 |

Tabla N° 25: Resultados del Ensayo Marshall según la norma CE-010

Fuente: Propia

Diseño Pavimento Flexible

Estudio de Mecánica de suelos:

Se efectuó las siguientes calicatas (en total 3 calicatas) dando como resultados las siguientes tablas:

| CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | C.B.R. (95%) | ANALISIS GRANULOMETRICO | | LIMITES ATTERBERG | | | CLASIFICACION | |
|----------|--------------------|-----------------|----------------------------|-------------|----------------------|-------|-------|---------------|-----------|
| | | | Pasa 40 | Pasa 200 | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO |
| C - 1 | 0.10 - 1.50 | 6.6 | 89.00 | 45.07 | 29.43 | 15.24 | 14.19 | SC | A - 6 (3) |
| C - 2 | 0.10 - 1.50 | 6.8 | 96.43 | 38.15 | 30.28 | 15.39 | 14.89 | SC | A - 6 (2) |
| C - 3 | 0.10 - 1.50 | 6.1 | 84.47 | 44.38 | 36.40 | 22.86 | 13.54 | SC | A - 6 (3) |

Tabla N° 26: Resultados de Laboratorio

Fuente: Propia

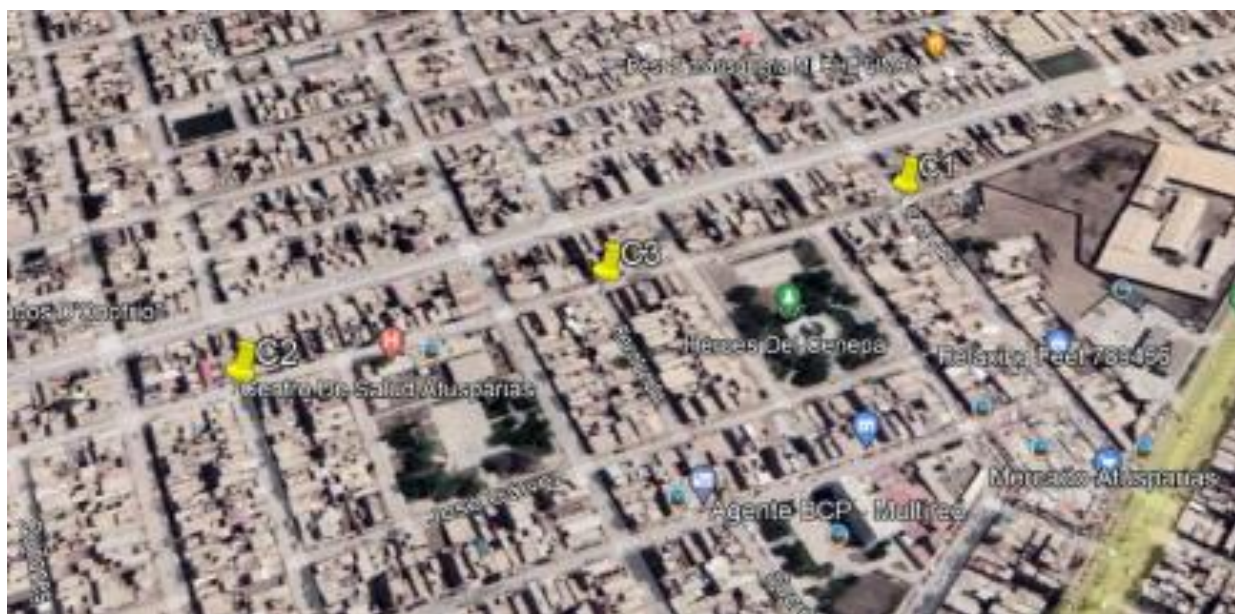


Figura N° 25: Registro de exploración

Fuente: Google Maps

C-1: Calle 27 de Julio y Atusparias
















C-2: José Olaya y Atusparias

C-3: Revolución y Atusparias

Verificar todos los datos resultantes de los ensayos de cada calicata observar en Anexos MS



- Plano de todas las calles que conforma el Pueblo Joven Atusparias, dando como resultados las curvas de nivel

| Día | | Automóvil | Mototaxi | Camionetas | | | Micro | Omnibus | | | Camion | | | Semitrailers | | | | | |
|-------------------------|------------------------|-----------|------------|---|---|---|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Pick Up | Panel | Rural | | 2E | 3E | 4E | 2E | 3E | 4E | 2S1 | 2S2 | 2S3 | 3S1 | 3S2 | >=3S3 |
| | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Lunes 29/03/2021 | E | 110.00 | 363.00 | 115.00 | 0.00 | 55.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 33.00 | 11.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 66.00 | 264.00 | 72.00 | 0.00 | 28.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 22.00 | 6.00 | 6.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 176.00 | 627.00 | 187.00 | 0.00 | 83.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 55.00 | 17.00 | 11.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Martes 30/03/2021 | E | 83.00 | 270.00 | 66.00 | 0.00 | 33.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 50.00 | 237.00 | 49.00 | 0.00 | 22.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 133.00 | 507.00 | 115.00 | 0.00 | 55.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Miercoles 31/03/2021 | E | 88.00 | 231.00 | 60.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 28.00 | 182.00 | 23.00 | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 116.00 | 413.00 | 83.00 | 0.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Jueves 01/04/2021 | E | 55.00 | 357.00 | 44.00 | 0.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 23.00 | 270.00 | 23.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 12.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 78.00 | 627.00 | 67.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 56.00 | 12.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Viernes 02/03/2021 | E | 38.00 | 396.00 | 66.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 55.00 | 11.00 | 11.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 28.00 | 347.00 | 28.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 17.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 66.00 | 743.00 | 94.00 | 0.00 | 17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 72.00 | 17.00 | 11.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Sábado 04/04/2021 | E | 55.00 | 324.00 | 44.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 22.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 6.00 | 320.00 | 23.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.00 | 17.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 61.00 | 644.00 | 67.00 | 0.00 | 17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 50.00 | 17.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Domingo 05/04/2021 | E | 55.00 | 346.00 | 44.00 | 0.00 | 11.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | S | 11.00 | 320.00 | 23.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 28.00 | 17.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Total | 66.00 | 666.00 | 67.00 | 0.00 | 17.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 44.00 | 17.00 | 0.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| IMDs | E | 69 | 327 | 63 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | S | 30 | 277 | 34 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 9 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 99 | 604 | 97 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 12 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| IMDa | E | 66 | 312 | 60 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | S | 29 | 265 | 33 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 9 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 95 | 577 | 93 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 12 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2021 | Total vehiculos | 95 | 577 | 93 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 12 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

$$IMDs = \frac{VD+VL+VM+VJ+VV+VS}{7}$$

$$IMDa = IMDs * fe$$

| | | |
|---|----|-------|
| Tasa anual de crecimiento Vehículos livianos | r: | 0.97% |
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | r: | 3.45% |
| Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años) | n: | 1 |

| TIPO DE VEHICULO | | BM DA | TIPO | NUMERO | CARGA | 7 ^o P. | EM DA |
|-------------------|------------|--------|--------|---------|---------------|-------------------|----------------|
| | | 2022 | EE | LLANTAS | EE Tr | PLANTALE | PLEXIBLE |
| VEHICULOS LIGEROS | Autos | 93.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.05 0 06 65 7 |
| | | 93.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.05 0 06 65 7 |
| | Motociclos | 577.00 | SIMPLE | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | | 577.00 | SIMPLE | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | Pick Up | 93.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.04 9 01 25 4 |
| | | 93.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.04 9 01 25 4 |
| | Panel | 0.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0 |
| OMNIBUS | Rural | 30.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.0 1 58 10 5 |
| | | 30.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0.0 1 58 10 5 |
| | Micros | 0.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 2 | 1 | 0.00 05 27 02 | 0 |
| | 2E | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | 3E | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 1.36 59 44 55 | 0 |
| CAMION | 4E | 0.00 | TANDEM | 4 | 14 | 2.19 64 47 27 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 1.36 59 44 55 | 0 |
| | 2E | 30.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 37.9 6 10 02 5 |
| | | 30.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 97.1 4 86 08 6 |
| SEMIBLA Y LERS | 3E | 12.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 15.1 84 40 1 |
| | | 12.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 24.2 3 05 61 4 |
| | 4E | 3.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 3.79 6 10 02 5 |
| | | 3.00 | TANDEM | 10 | 23 | 1.5 08 18 36 | 4.32 4 53 07 9 |
| SEMIBLA Y LERS | 2S1 | 4.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 5.06 1 46 69 9 |
| | | 4.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 12.9 5 31 47 6 |
| | | 4.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 12.9 5 31 47 6 |
| | 2S2 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | 2S3 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 12 | 25 | 1.70 60 26 25 | 0 |
| | 3S1 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | 3S2 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | >=3S | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 | |
| | 0.00 | TANDEM | 12 | 25 | 1.70 60 26 25 | 0 | |
| TRAYLERS | 2T2 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | 2T3 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | 3T2 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | >=3T3 | 0.00 | SIMPLE | 2 | 7 | 1.26 53 66 75 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |
| | | 0.00 | SIMPLE | 4 | 11 | 3.23 82 86 96 | 0 |
| | | 0.00 | TANDEM | 6 | 16 | 2.01 92 15 45 | 0 |

| Pavimento flexible | | |
|---|-------|---|
| Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados | r: | 3.45% |
| Tiempo de vida útil de pavimento (años) | n: | 20 |
| Factor Fca vehículos pesados | Fca | 28.13 |
| N° de calzadas, sentidos y carriles por sentido | | 1 calzada, 2 sentidos, 1 carril por sentido |
| Factor direccional*Factor carril (Fd*Fc) | Fc*Fd | 0.50 |
| Número de ejes equivalentes (ESAL) #EE = 365 * (Σf.IMDa) * Fd * Fc * Fca | ESAL | 1 098 910 |

- Para el conteo vehicular fue realizar el IMDA por lo que se tomó la información del MTC, por lo que durante siete días se hizo el conteo en las horas con más tránsito vehicular, resultando un ESAL de 1098910 de vehículos.
- i. Luego de haber realizado el diseño del pavimento flexible por el método AASTHO 93
 - ✓ Es importante señalar que, debido a las variaciones en el CBR de cada calle, se obtuvieron diferentes espesores para el pavimento flexible.

| | | | |
|--|---------------------------------------|------------------|----------|
| Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento | | ESAL(W18)= | 1399692 |
| Suelo de la Subrasante | Mr (psi) = 2555 x CBR ^{0.64} | CBR= | 6.50% |
| Módulo de resiliencia de la subrasante | Mr (psi) = 2555 x CBR ^{0.64} | MR(psi)= | 8465.56 |
| Módulo de resiliencia de la subbase | Mr (psi) = 2555 x CBR ^{0.64} | MR(psi)= | 16500.00 |
| Módulo de resiliencia de la base | | MR(psi)= | 28500.00 |
| Tipo de tráfico | | Tipo: | TP5 |
| Número de etapas | | Etapas: | 1 |
| Nivel de confiabilidad | | Conf: | 85.00% |
| Coefficiente estadístico de desviación estandar normal | | Z _R = | -1.036 |
| Desviación estandar combinado | | S _o = | 0.45 |
| Indice de serviciabilidad inicial según rango de tráfico | | P _i = | 4 |
| Indice de serviciabilidad final según rango de tráfico | | P _f = | 2.5 |
| Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico | | ΔPSI= | 1.5 |

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_o + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{1094} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

$$0.4 + \frac{1}{(SN + 1)^{5.19}}$$

*Número estructural de la carpeta asfáltica

SN1= 2.11

*Número estructural de la carpeta asfáltica y base

SN2= 2.62

*Número estructural de la carpeta asfáltica, base y sub-base

SN3= 3.42

- Determinación de los espesores del pavimento

$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

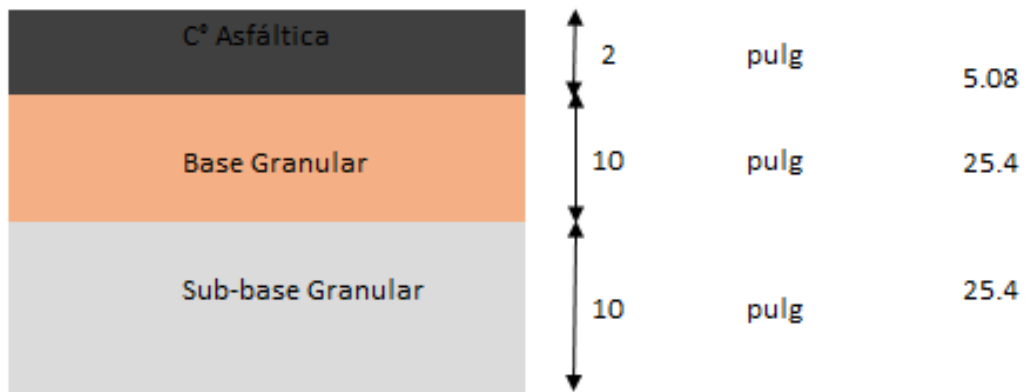
$$D_2^* = (SN_2 - SN_1^*) / a_2 m_2$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* = [SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)] / a_3 m_3$$

* Indica el valor realmente usado, el cual debe ser igual o mayor que el valor requerido según el algoritmo

- Estructura del Pavimento



I. PRESUPUESTO DEL PAVIMENTO

5.1 ASFALTO CONVENCIONAL:

| 02.01.03.02 ELABORACION DE MEZCLAS ASFALTICA COVENCIONAL | | | | | | |
|--|----------|----------------|---------------------------------|-----------|--------------|--|
| m2/DIA | 200.0000 | EQ. 6,000.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 129.69 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OPERARIO | hh | 3.0000 | 0.12 | 27.44 | 3.29 | |
| OFICIAL | hh | 6.0000 | 0.24 | 21.59 | 5.18 | |
| PEON | hh | 8.0000 | 0.320 | 19.54 | 6.25 | |
| | | | | | 14.73 | |
| Materiales | | | | | | |
| ASFALTO DE PAVIMENTACION PEN 60/70, TANQUE | gln | | 0.2000 | 11.67 | 2.33 | |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.5200 | 67.80 | 35.26 | |
| PIEDRA CHANCADA DE 1/2" | m3 | | 0.5300 | 61.07 | 32.37 | |
| | | | | | 69.96 | |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 14.73 | 44.18 | |
| RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 5 8-70HP 8-10T | hm | 1.0000 | 0.0013 | 165.00 | 0.21 | |
| RODILLO NEUMATICO AUTOP. 127 HP 8-23 TON | hm | 1.0000 | 0.0013 | 165.00 | 0.21 | |
| CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3 | hm | 1.0000 | 0.0013 | 135.59 | 0.18 | |
| PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | hm | 1.0000 | 0.0013 | 169.49 | 0.22 | |
| | | | | | 45.00 | |

5.2 ASFALTO MODIFICADO

| 02.01.03.02 ELABORACION DE MEZCLAS ASFALTICA MODIFICADA POLIMERO EVA | | | | | | |
|--|----------|----------------|---------------------------------|-----------|---------------|--|
| m2/DIA | 200.0000 | EQ. 6,000.0000 | Costo unitario directo por : m3 | | 169.69 | |
| Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/ | Parcial S/ | |
| Mano de Obra | | | | | | |
| OPERARIO | hh | 3.0000 | 0.12 | 27.44 | 3.29 | |
| OFICIAL | hh | 6.0000 | 0.24 | 21.59 | 5.18 | |
| PEON | hh | 8.0000 | 0.320 | 19.54 | 6.25 | |
| | | | | | 14.73 | |
| Materiales | | | | | | |
| ASFALTO DE PAVIMENTACION PEN 60/70, TANQUE | gln | | 0.2000 | 11.67 | 2.33 | |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.5200 | 67.80 | 35.26 | |
| PIEDRA CHANCADA DE 1/2" | m3 | | 0.5300 | 61.07 | 32.37 | |
| POLIMERO EVA | kg | | 0.2000 | 200.00 | 40.00 | |
| | | | | | 109.96 | |
| Equipos | | | | | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %mo | | 3.0000 | 14.73 | 44.18 | |
| RODILLO TANDEM ESTATIC AUT 5 8-70HP 8-10T | hm | 1.0000 | 0.0013 | 165.00 | 0.21 | |
| RODILLO NEUMATICO AUTOP. 127 HP 8-23 TON | hm | 1.0000 | 0.0013 | 165.00 | 0.21 | |
| CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-155 HP 3 yd3 | hm | 1.0000 | 0.0013 | 135.59 | 0.18 | |
| PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16' | hm | 1.0000 | 0.0013 | 169.49 | 0.22 | |
| | | | | | 45.00 | |

Discusiones:

Según la investigación de Maila (2013) en su tesis sobre el "Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero Etileno vinil acetato (EVA)", se prepararon especímenes con porcentajes óptimos de asfalto y variaciones del 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de polímero EVA. Se concluyó que el porcentaje óptimo para tránsito pesado era del 3%, alcanzando valores de estabilidad de 2113 kg. En contraste, en esta tesis se utilizaron porcentajes de 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%, obteniendo valores de estabilidad de 1352 kg.

Esta variación se atribuye a la calidad de los agregados, el tipo de asfalto y los aspectos técnicos en laboratorio.

Se realizaron gráficos de estabilidad y flujo con los valores obtenidos del ensayo Marshall para mezclas asfálticas modificadas y convencionales, verificando los datos con los parámetros de acuerdo con la norma.

| Resumen ensayo Marshall | concreto asfáltico convencional con 5.74 % EVA | concreto asfáltico convencional con 5.45 % Convencional |
|----------------------------------|--|---|
| Estabilidad kg | 1352 | 1200 |
| Deformación 0.01 pulg | 13.9 | 14 |
| Porcentaje de vacíos | 4 | 4 |

Tabla N° 27: Resultados de las mezclas asfálticas convencional y modifica para tránsito pesado

Fuente: Propia

Los resultados obtenidos indican que para el asfalto convencional se alcanzaron valores de estabilidad de 1200 kg, mientras que para las mezclas asfálticas modificadas, la estabilidad fue de 1352 kg. Según la investigación de Infante y Vásquez en su proyecto de tesis "Estudio comparativo del método convencional y uso de los polímeros EVA y SBS en la aplicación de mezclas asfálticas", se reportaron valores de estabilidad de 1120 kg para el asfalto convencional y 1432 kg para el asfalto modificado con un 3% de polímero EVA.

Conclusiones

1. Se llevó a cabo un estudio de mecánica de suelos en el Pueblo Joven Atusparias, obteniéndose valores de CBR de 6.6, 6.8 y 6.1%, y utilizando un promedio de 6.5% para el diseño, cumpliendo con los requisitos de la Norma Técnica C.E. 010 para Pavimentos Urbanos.
2. El análisis de la subrasante reveló que está formada por arenas arcillosas de mediana plasticidad y consistencia intermedia.
3. Se realizaron ensayos Marshall conforme al Manual de Ensayo de Materiales MTC E-504, evaluando contenidos de cemento asfáltico convencional del 4%, 4.5%, 5% y 5.5%, para tránsitos livianos, intermedios y pesados. Los resultados del ensayo Marshall cumplieron con las especificaciones de la Norma Técnica CE 010, determinando porcentajes óptimos de diseño de 4.87% para tránsito liviano, 4.71% para tránsito intermedio y 5.45% para tránsito pesado.
4. Se compararon los resultados de estabilidad entre el concreto asfáltico convencional y el modificado con polímero EVA, obteniendo los siguientes resultados: tránsito liviano con 880 kg para el concreto convencional y 1000 kg para el modificado con EVA; tránsito intermedio con 948 kg para el convencional y 1300 kg para el modificado con EVA; y tránsito pesado con 1200 kg para el convencional y 1352 kg para el modificado con EVA. Estos resultados muestran que el polímero EVA mejora la estabilidad Marshall del concreto asfáltico, cumpliendo con el objetivo de evaluar la estabilidad utilizando diferentes polímeros.
5. El número de ESAL calculado para el Pueblo Joven Atusparias es de 1,098,910 vehículos, empleándose este dato para el diseño.
6. Se diseñó un pavimento flexible utilizando el método AASHTO-93, resultando en un espesor de 2 pulgadas, lo que cumple con el espesor mínimo establecido por la Norma C.E. 010 Pavimentos Urbanos.
7. La diferencia de costo entre el uso de asfalto convencional y modificado es de 40 soles por metro cúbico de pavimento, lo que representa un ahorro significativo en proyectos de pavimentación urbana.

Recomendaciones

Los agregados usados en el diseño de mezclas asfálticas deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma correspondiente.

Se sugiere incorporar el polímero EVA a las mezclas asfálticas convencionales, ya que mejora el rendimiento del cemento asfáltico, evitando su deformación.

Se recomienda llevar a cabo estudios con diferentes porcentajes de asfalto modificado mediante la adición de polímero EVA, lo que permitiría obtener diversos resultados en cuanto a estabilidad y flujo, abriendo la puerta a futuras investigaciones.

Es aconsejable utilizar distintos tipos de polímeros para la modificación de mezclas asfálticas, además de realizar un análisis económico detallado que resalte los beneficios que ofrecen estas tecnologías.

Referencias Bibliográficas

- [1] J. R. M. Acurio, Ingeniería de Pavimentos, Lima: FONDO EDITORIAL ICG, 2016.
- [2] R. N. D. EDIFICACIONES, NORMA CE.10 PAVIMENTOS URBANOS, Lima : Tiraje , 2010.
- [3] M. D. T. Y. COMUNICACIONES, MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES, Lima: Tiraje , 2016.
- [4] M. D. T. Y. COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS ESPECIFICACIONES TECNICAS GENERALES PARA CONSTRUCCIÓN, Lima: Tiraje, 2013.
- [5] M. D. T. Y. COMUNICACIONES, MANUAL DE CARRETERAS SUELOS ,GEOLOGIA ,GEOTECNIA Y PAVIMENTOS, Lima: Tiraje, 2013.
- [6] R. B. C. .. PEREZ MALDONADO R.L, «REPOSITORIO DIGITAL,» 28 AGOSTO 2017. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26397>. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2021].
- [7] M. M. Paucar, «REPOSITORIO DIGITAL,» 21 ENERO 2013. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/742>. [Último acceso: 20 OCTUBRE 2021].
- [8] M. C. M. D. RUIZ, «2020,» 2 JUNIO 2020. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44641>. [Último acceso: 19 OCTUBRE 2021].
- [9] B. R. S. E.E . PANCORBO, 18 JUNIO 2018. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2724>. [Último acceso: 25 octubre 2021].
- [10] D. .. A. C.A. INFANTE TAURIMA, «REPOSITORIO USS,» NOVIEMBRE 2016. [En línea]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12802/2253>. [Último acceso: 23 OCTUBRE 2021].

- [11] A. M. FONSECA, «Asfalto Modificado,» de *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*, Bogota, Stella Valbuena de Fierro, 1998, p. 617.
- [12] Refineria Repsol, «Refineria Repsol,» 1 Setiembre 2015. [En línea]. Available: http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/p_easfaltos/productos/easfalticas/Default.aspx. [Último acceso: 9 Junio 2021].
- [13] REPSOL, «ASFALTOS,» 22 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.repsol.pe/es/buscador.cshtml#q=ASFALTO%20&sort=relevancy>. [Último acceso: 29 Junio 2021].
- [14] P. A. S. M. R. J. N. C. B. Henry Yecid Bustos Castañeda, «FUNDAMENTOS MICRO Y MACROSCÓPICOS DE LA MODIFICACIÓN DEL ASFALTO CONVENCIONAL CON POLÍMEROS: UNA REVISIÓN,» *Inventum*, vol. 13, n° 24, pp. 58-77, 2018.
- [15] J. C. O. C. F. Á. B. C. F. Carolina Victoria Palma, «Modificación de asfalto con elastómeros para su uso en pavimentos,» *Ciencia y tecnología en materiales*, vol. LXXIII, n° 574, pp. 119-124, 2016.
- [16] L. Salazar, «Evaluación de asfaltos modificados en laboratorio con distintos polimeros,» *Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales*, vol. IV, n° 17, pp. 46-53, 2019.
- [17] E. Suarez, «Ingecivil,» 12 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.ingecivil.net/2019/08/12/el-asfalto-usos-y-sus-caracteristicas/>. [Último acceso: 9 Junio 2021].
- [18] R. Fredy, «Diseño Racional del Pavimento,» de *Diseño Racional del Pavimento*, Bogota, Javeriano, 2003, pp. 86-98.
- [19] Mariano, «.blogspot,» 21 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/06/etilvinilacetato-eva.html>. [Último acceso: 9 Junio 2021].
- [20] F. A. R. L. H. B. J. R. Ana Sofía Figueroa Infante, «Análisis de un asfalto modificado con icopor y su incidencia en una mezcla asfáltica densa en caliente,» *Ingeniería e investigación*, vol. 27, n° 3, pp. 5-15, 2007.
- [21] Yenny, «blogspot,» 14 julio 2012. [En línea]. Available: <http://asfaltoenobravicil.blogspot.com/2012/07/asfaltos-emulsificados.html>. [Último acceso: 10 junio 2021].
- [22] V. M. C. M. M. Rogelio Rodríguez Talavera, «EMULSIONES ASFÁLTICAS,» Sanfandila, Mexico, 2001.

Anexos

ANEXOS N° 1: CUADRO DE LOS ENSAYOS REALIZADOS

CUADRO N° 1.1: CALICATAS

| CALICATA | PROFUNDIDAD (m) | C.B.R. (95%) | ANALISIS GRANULOMETRICO | | LIMITES ATTERBERG | | | CLASIFICACION | |
|----------|--------------------|-----------------|----------------------------|-------------|----------------------|-------|-------|---------------|-----------|
| | | | Pasa 40 | Pasa 200 | LL | LP | IP | SUCS | AASHTO |
| C - 1 | 0.10 - 1.50 | 6.6 | 89.00 | 45.07 | 29.43 | 15.24 | 14.19 | SC | A - 6 (3) |
| C - 2 | 0.10 - 1.50 | 6.8 | 96.43 | 38.15 | 30.28 | 15.39 | 14.89 | SC | A - 6 (2) |
| C - 3 | 0.10 - 1.50 | 6.1 | 84.47 | 44.38 | 36.40 | 22.86 | 13.54 | SC | A - 6 (3) |

CUADRO N° 1.2: DETERMINACIÓN DEL CBR AL 95 %

| CALICATA | C.B.R. (95%) |
|-----------------|--------------|
| C - 1 | 6.6 |
| C - 2 | 6.8 |
| C - 3 | 6.1 |
| PROMEDIO | 6.5 |

CUADRO N° 1.3: PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

| AGREGADO GRUESO | | | | | |
|-----------------|---|--------|--------|--|----------|
| A | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr) | 1345.1 | 1211.9 | | |
| B | Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr) | 848.2 | 763.3 | | |
| C | Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr) | 496.9 | 448.6 | | |
| D | Peso material seco en estufa (105 °C)(gr) | 1339.4 | 1206.8 | | |
| E | Vol. de masa = C- (A - D) (gr) | 491.2 | 443.5 | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = D/C | 2.695 | 2.690 | | 2.693 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/C | 2.707 | 2.702 | | 2.704 |
| | Pe Aparente (Base Seca) = D/E | 2.727 | 2.721 | | 2.724 |
| | % de absorción = ((A - D) / D * 100) | 0.43 | 0.42 | | 0.43% |

CUADRO N° 1.4: DURABILIDAD DE SULFATO Y MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | | | |
|------------------|---------|----------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| FRACCION | | GRADACION ORIGINAL % | | Peso de fracción ensayada | Peso retenido después del ensayo | Pérdida después del ensayo (gr) | Pérdida después del ensayo (%) | Pérdida corregida |
| PASA | RETIENE | Peso retenido | % retenido | | | | | |
| | | | A | B | C | D | E | F |
| 2 1/2" | 2" | | | | | | | |
| 2" | 1 1/2" | | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 3512.0 | 33.2 | 675.0 | 624.3 | 50.7 | 7.5 | 2.49 |
| 1/2" | 3/8" | 3123.0 | 29.5 | 300.0 | 277.8 | 22.2 | 7.4 | 2.18 |
| 3/8" | N° 4 | 3948.0 | 37.3 | 300.0 | 275.6 | 24.4 | 8.1 | 3.03 |
| | < N° 4 | | | | | | | |
| TOTALES | | 10583.0 | 100.0 | 1275.0 | | | | 7.7 |

CUADRO N° 1.5: ENSAYO DE ABRASIÓN

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
|-----------------------------|---------|---|-------------|---|---|
| TAMIZ | | A | B | C | D |
| PASA | RETIENE | | | | |
| 2" | 1 1/2" | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | |
| 3/4" | 1/2" | | 2500 | | |
| 1/2" | 3/8" | | 2500 | | |
| 3/8" | 1/4" | | | | |
| 1/4" | N°4 | | | | |
| N°4 | N°8 | | | | |
| PESO TOTAL | | | 5000 | | |
| PESO RETENIDO EN TAMIZ N°12 | | | 4045 | | |
| PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO | | | 955 | | |
| N° DE ESFERAS | | | 11 | | |
| PESO DE LAS ESFERAS | | | 4532 | | |
| TIEMPO DE ROTACIONES (m) | | | 15 | | |
| % DE DESGASTE | | | 19 | | |

CUADRO N° 1.6: INDICE DE DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
|-------------------|----------|--|------------|------------|-------------------|---------------------|
| TAMAÑOS DE MALLAS | | | | Muestra | Agitación Muestra | Contenido de |
| PASA | RETENIDO | | PESO (gr.) | Peso (gr.) | (10 minutos) | Agua Destilada (ml) |
| 3/4" | 1/2" | | 1070 | 1060 | 10' | 1000.0 |
| 1/2" | 3/8" | | 560 | 560 | | |
| 3/8" | N° 4 | | 910 | 900 | | |

| DESCRIPCION | IDENTIFICACION | | |
|--|----------------|-------------|-------------|
| N° DE ENSAYO | 1 | 2 | Promedio |
| Hora de entrada a decantación | 08:42 | 08:44 | |
| Hora de salida de decantación (mas 20') | 09:02 | 09:04 | |
| Altura máxima de material fino (pulg.0.1") | 1.68 | 1.66 | |
| Indice de Durabilidad (De la tabla) | 56.2 | 56.7 | 56.5 |

CUADRO N° 1.7: PORCENTAJE DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS

| INDICE DE APLANAMIENTO (PARTICULAS CHATAS) : | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | MUESTRA TOTAL (g) | PARTICULAS CHATAS | PORCENTAJE DE PARTICULAS CHATAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE PARTICULAS CHATAS |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 3512.0 | 138.5 | 3.94 | 52.9 | 209 |
| 1/2" | 3/8" | 3123.0 | 121.0 | 3.87 | 47.1 | 182 |
| | | 6635.0 | | | 100.0 | 391 |
| PORCENTAJE PARTICULAS CHATAS ($\Sigma E / \Sigma D$) | | | | = 3.9 % | | |

| INDICE DE ALARGAMIENTO (PARTICULAS ALARGADAS) : | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | MUESTRA TOTAL (g) | PARTICULAS ALARGADAS | PORCENTAJE DE PARTICULAS ALARGADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE PARTICULAS ALARGADAS |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 3512.0 | 158.9 | 4.52 | 52.9 | 239 |
| 1/2" | 3/8" | 3123.0 | 142.0 | 4.55 | 47.1 | 214 |
| | | 6635.0 | | | 100.0 | 454 |
| PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA ($\Sigma E / \Sigma D$) | | | | = 4.5 % | | |

% PARTICULAS CHATAS + % PARTICULAS ALARGADAS = 8.4

CUADRO N° 1.8: PARTÍCULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO

| A.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS: | | | | | | |
|--|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | MUESTRA TOTAL (g) | CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 3512.0 | 3451.1 | 98.27 | 52.9 | 5201 |
| 1/2" | 3/8" | 3123.0 | 3012.0 | 96.45 | 47.1 | 4540 |
| | | 6635.0 | | | 100.0 | 9741 |
| % DE DOS O MAS CARAS FRACTURADAS ($\Sigma E / \Sigma D$) | | | | = 97.4 % | | |

| B.- CON UNA CARA FRACTURADA: | | | | | | |
|--|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
| TAMAÑO DEL AGREGADO | | MUESTRA TOTAL (g) | CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS | PORCENTAJE PARCIAL | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS |
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 3512.0 | 3512.0 | 100.00 | 52.9 | 5293 |
| 1/2" | 3/8" | 3123.0 | 3123.0 | 100.00 | 47.1 | 4707 |
| | | 6635.0 | | | 100.0 | 10000 |
| PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA ($\Sigma E / \Sigma D$) | | | | = 100.0 % | | |

CUADRO N° 1.9: CONTENIDO SOLUBLES EN EL AGREGADO GRUESO

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
|--|----------------|--------|--|--|----------|
| MUESTRA | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
| | 1 | 2 | | | |
| (1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres | 103.54 | 116.91 | | | |
| (2) Peso Tarro + agua + sal | 146.10 | 167.91 | | | |
| (3) Peso Tarro Seco + sal | 103.55 | 116.93 | | | |
| (4) Peso de Sal (3 -1) | 0.01 | 0.02 | | | |
| (5) Peso de Agua (2-3) | 42.56 | 51.00 | | | |
| (6) Porcentaje de Sal | 0.02 % | 0.04 % | | | 0.03 % |

CUADRO N° 1.10: GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

| AGREGADO FINO | | | | | |
|---------------|---|-------|-------|--|----------|
| A | Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr) | 300.0 | 300.0 | | |
| B | Peso Frasco + agua | 692.9 | 695.9 | | |
| C | Peso Frasco + agua + A (gr) | 992.9 | 995.9 | | |
| D | Peso del Mat. + agua en el frasco (gr) | 878.9 | 881.7 | | |
| E | Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr) | 114.0 | 114.2 | | |
| F | Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr) | 296.9 | 296.9 | | |
| G | Vol de masa = E - (A - F) (gr) | 110.9 | 111.1 | | PROMEDIO |
| | Pe bulk (Base seca) = F/E | 2.604 | 2.600 | | 2.602 |
| | Pe bulk (Base saturada) = A/E | 2.632 | 2.627 | | 2.629 |
| | Pe aparente (Base Seca) = F/G | 2.677 | 2.673 | | 2.675 |
| | % de absorción = ((A - F)/F)*100 | 1.04 | 1.05 | | 1.05% |

CUADRO N° 1.11: EQUIVALENTE DE ARENA

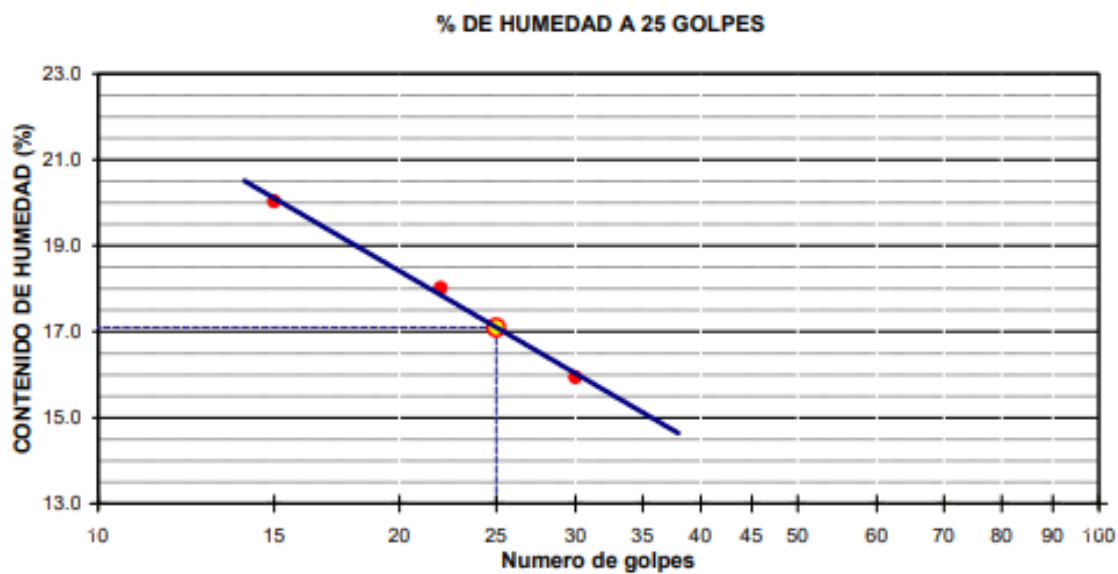
| DATOS DEL ENSAYO | | | | | | |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|--|--|--|
| MUESTRA | 01 | 02 | 03 | | | |
| HORA DE ENTRADA | 11:23 | 11:25 | 11:27 | | | |
| HORA DE SALIDA | 11:33 | 11:35 | 11:37 | | | |
| HORA DE ENTRADA | 11:35 | 11:37 | 11:39 | | | |
| HORA DE SALIDA | 11:55 | 11:57 | 11:59 | | | |
| ALTURA DE NIVEL MATERIAL FINO (A) | 5.2 | 5.3 | 5.1 | | | |
| ALTURA DE NIVEL ARENA (B) | 3.4 | 3.4 | 3.3 | | | |
| EQUIVALENTE DE ARENA (B x 100/A) | 65.4% | 64.2% | 64.7% | | | |
| PROMEDIO: | 65% | | | | | |

CUADRO N° 1.12: ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--|
| ENSAYO | Nº | 1 | 2 | 3 | |
| PESO DEL AGREGADO FINO + MOLDE | gr. | 246.70 | 245.90 | 246.80 | |
| PESO DEL MOLDE | gr. | 108.60 | 108.60 | 108.60 | |
| PESO DEL AGREGADO FINO | (w) | 138.10 | 137.30 | 138.20 | |
| VOLUMEN DEL CILINDRO | (v) | 105.29 | 105.29 | 105.29 | |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO | G _{ab} | 2.675 | 2.675 | 2.675 | |
| VACÍOS NO COMPACTADOS | % | 51.0 | 51.3 | 50.9 | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| PROMEDIO | % | 51.0 | | | |

CUADRO N° 1.13: LÍMITES DE CONSISTENCIA MATERIAL PASANTE DE LA MALLA N°200

| DATOS DE ENSAYO | | | | |
|------------------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| LIMITE LIQUIDO | | | | |
| Nº TARRO | 19 | 25 | 42 | |
| TARRO + SUELO HUMEDO | 34.61 | 27.84 | 31.15 | |
| TARRO + SUELO SECO | 32.08 | 25.88 | 29.32 | |
| AGUA | 2.53 | 1.96 | 1.83 | |
| PESO DEL TARRO | 19.45 | 15.00 | 17.84 | |
| PESO DEL SUELO SECO | 12.63 | 10.88 | 11.48 | |
| % DE HUMEDAD | 20.03 | 18.01 | 15.94 | |
| Nº DE GOLPES | 15 | 22 | 30 | |
| LIMITE PLASTICO | | | | |
| Nº TARRO | 18 | 16 | | |
| TARRO + SUELO HUMEDO | 16.26 | 15.94 | | |
| TARRO + SUELO SECO | 15.20 | 14.75 | | |
| AGUA | 1.06 | 1.19 | | |
| PESO DEL TARRO | 8.26 | 7.00 | | |
| PESO DEL SUELO SECO | 6.94 | 7.75 | | |
| % DE HUMEDAD | 15.27 | 15.35 | | |
| LL : | 17 | LP : | 15 | IP : |
| | | | | 2 |



CUADRO N° 1.14: ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ÁRIDOS FINOS

| DATOS DEL ENSAYO | | | |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------|------------|
| DENOMINACION | | DESPRENDIMIENTO ARIDO - ASFALTO | RESULTADOS |
| AGUA DESTILADA | | 0 | NULO |
| Concentración de carbonato sódico | M/256 | 1 | NULO |
| | M/128 | 2 | NULO |
| | M/64 | 3 | NULO |
| | M/32 | 4 | NULO |
| | M/16 | 5 | NULO |
| | M/8 | 6 | PARCIAL |
| | M/4 | 7 | PARCIAL |
| | M/2 | 8 | PARCIAL |
| | M/1 | 9 | PARCIAL |
| | | PARCIAL: | 6 |
| | | TOTAL: | 10 |

CUADRO N° 1.15: CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN LOS SUELOS

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
|--|----------------|--------|--|--|----------|
| MUESTRA | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
| | 1 | 2 | | | |
| (1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres | 131.45 | 117.84 | | | |
| (2) Peso Tarro + agua + sal | 173.68 | 167.84 | | | |
| (3) Peso Tarro Seco + sal | 131.47 | 117.87 | | | |
| (4) Peso de Sal (3 -1) | 0.02 | 0.03 | | | |
| (5) Peso de Agua (2-3) | 42.23 | 50.00 | | | |
| (6) Porcentaje de Sal | 0.05 % | 0.06 % | | | 0.05 % |

Contenido de sales solubles en los suelos

| DATOS DEL ENSAYO | | | | | |
|--|----------------|--------|--|--|----------|
| MUESTRA | IDENTIFICACION | | | | Promedio |
| | 1 | 2 | | | |
| (1) Peso Tarro (Biker 100 ml.) Pyres | 131.45 | 117.84 | | | |
| (2) Peso Tarro + agua + sal | 173.68 | 167.84 | | | |
| (3) Peso Tarro Seco + sal | 131.47 | 117.87 | | | |
| (4) Peso de Sal (3 -1) | 0.02 | 0.03 | | | |
| (5) Peso de Agua (2-3) | 42.23 | 50.00 | | | |
| (6) Porcentaje de Sal | 0.05 % | 0.06 % | | | 0.05 % |

CUADRO N° 1.15: ARCILLA EN TERRONES Y PARTÍCULAS DESMENUZABLES

| DATOS DEL ENSAYO | | | | |
|---|-------------|-----------------|--------|-----|
| Peso Inicial de muestra : Agregado Fino | Pasa (3/8") | Retiene (N°04") | 1000.0 | gr. |
| Peso Final de muestra | | | 999.96 | gr. |
| Porcentaje de Terrones de arcilla | | | 0.004 | % |

CUADRO N° 1.16: Dosificación del asfalto 4.5%

| | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|--------|--------|--------|
| 1 | Número de probeta | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4) | % | 42.34 | 42.34 | 42.34 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4) | % | 53.16 | 53.16 | 53.16 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200) | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.021 | 1.021 | 1.021 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc | 2.693 | 2.693 | 2.693 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc | 2.704 | 2.704 | 2.704 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc | 2.602 | 2.602 | 2.602 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc | 2.629 | 2.629 | 2.629 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 0.86 | 0.86 | 0.86 |
| 12 | Altura promedio de la probeta | cm | | | |
| 13 | Peso de la probeta en el aire | gr. | 1211.0 | 1212.4 | 1205.6 |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca | gr. | 1214.8 | 1217.0 | 1209.7 |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C | gr. | 690.5 | 691.5 | 690.5 |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15 | c.c. | 524.3 | 525.5 | 519.2 |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514) | gr/cc | 2.310 | 2.307 | 2.322 |
| 18 | Peso específico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 , MTC E 508) | gr/cc | 2.503 | 2.503 | 2.503 |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/(7+8))+4^2/(9+10))$ | gr/cc | 2.474 | 2.474 | 2.474 |
| 20 | % de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505) | % | 7.72 | 7.82 | 7.23 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$ | gr/cc | 2.652 | 2.652 | 2.652 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$ | gr/cc | 2.662 | 2.662 | 2.662 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/((3/P-8)+(4*P-10))$ | gr/cc | 2.687 | 2.687 | 2.687 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511) | % | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 25 | % del vol.del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$ | % | 83.19 | 83.09 | 83.63 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$ | % | 9.10 | 9.09 | 9.14 |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 16.81 | 16.91 | 16.37 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$ | % | 4.02 | 4.02 | 4.02 |
| 29 | Relacion betun vacios $(26/27)*100$ | % | 54.10 | 53.74 | 55.86 |
| 30 | Lectura del aro. | kg | 206 | 198 | 242 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 869.2 | 835.7 | 1020.0 |
| 32 | Factor de estabilidad | | 0.96 | 0.96 | 1.00 |
| 33 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 834 | 802 | 1020 |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35/0.254) | pul. | 12 | 12 | 13 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 3.05 | 3.05 | 3.30 |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia | kg/cm | 2738 | 2632 | 3089 |

CUADRO N° 1.17: Dosificación del asfalto 5%

| 1 | Numero de probeta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|--------|--------|--------|--------------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.0 | 5.0 | 5.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4) | % | 42.12 | 42.12 | 42.12 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4) | % | 52.88 | 52.88 | 52.88 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200) | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | Peso especifico aparente de cemento asfaltico | gr/cc. | 1.021 | 1.021 | 1.021 | |
| 7 | Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc. | 2.693 | 2.693 | 2.693 | |
| 8 | Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc. | 2.704 | 2.704 | 2.704 | 2.699 |
| 9 | Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.602 | 2.602 | 2.602 | |
| 10 | Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.629 | 2.629 | 2.629 | 2.616 |
| 11 | Peso especifico aparente del filler | gr/cc. | 0.86 | 0.86 | 0.86 | |
| 12 | Altura promedio de la probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la probeta en el aire | gr. | 1212.8 | 1216.7 | 1208.3 | |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca | gr. | 1216.6 | 1220.9 | 1211.5 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C | gr. | 696.8 | 700.0 | 694.5 | |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15 | c.c. | 519.8 | 520.9 | 517.0 | |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514) | gr/cc. | 2.333 | 2.336 | 2.337 | 2.335 |
| 18 | Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 ,MTC E 508) | gr/cc. | 2.500 | 2.500 | 2.500 | |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2/7+8) + (4^2/9+10))$ | gr/cc. | 2.456 | 2.456 | 2.456 | |
| 20 | % de vacios con aire $100 * (1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505) | % | 6.67 | 6.57 | 6.51 | 6.59 |
| 21 | Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.652 | 2.652 | 2.652 | |
| 22 | Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.662 | 2.662 | 2.662 | |
| 23 | Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8)+(4*P-10))$ | gr/cc. | 2.706 | 2.706 | 2.706 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511) | % | 0.78 | 0.78 | 0.78 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$ | % | 83.59 | 83.68 | 83.73 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$ | % | 9.74 | 9.75 | 9.75 | |
| 27 | % vacios del agregado mineral $100-25$ | % | 16.41 | 16.32 | 16.27 | 16.33 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$ | % | 4.26 | 4.26 | 4.26 | |
| 29 | Relacion betun vacios $(26/27)*100$ | % | 59.34 | 59.74 | 59.96 | 59.68 |
| 30 | Lectura del aro. | kg | 248 | 239 | 261 | |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1045 | 1007 | 1100 | |
| 32 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad corregida $31*32$ | kg | 1045 | 1007 | 1100 | 1051 |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$ | pul. | 12 | 12 | 13 | 12 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 3.05 | 3.05 | 3.30 | |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia | kg/cm | 3429 | 3305 | 3330 | 3355 |

CUADRO N° 1.17: Dosificación del asfalto 5.5%

| 1 | Numero de probeta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|--------|--------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.5 | 5.5 | 5.5 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4) | % | 41.90 | 41.90 | 41.90 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4) | % | 52.61 | 52.61 | 52.61 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200) | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | Peso especifico aparente de cemento asfaltico | gr/cc | 1.021 | 1.021 | 1.021 | |
| 7 | Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc | 2.693 | 2.693 | 2.693 | |
| 8 | Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc | 2.704 | 2.704 | 2.704 | 2.699 |
| 9 | Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 209) | gr/cc | 2.602 | 2.602 | 2.602 | |
| 10 | Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 209) | gr/cc | 2.629 | 2.629 | 2.629 | 2.616 |
| 11 | Peso especifico aparente del filler | gr/cc | 0.86 | 0.86 | 0.86 | |
| 12 | Altura promedio de la probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la probeta en el aire | gr. | 1209.9 | 1213.4 | 1216.2 | |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca | gr. | 1211.2 | 1215.3 | 1217.4 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C | gr. | 702.2 | 703.6 | 704.4 | |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15 | c.c. | 509.0 | 511.7 | 513.0 | |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514) | gr/cc. | 2.377 | 2.371 | 2.371 | 2.373 |
| 18 | Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 , MTC E 508) | gr/cc. | 2.473 | 2.473 | 2.473 | |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/7+8)+(4^2/9+10))$ | gr/cc. | 2.438 | 2.438 | 2.438 | |
| 20 | % de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505) | % | 3.90 | 4.13 | 4.15 | 4.06 |
| 21 | Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.652 | 2.652 | 2.652 | |
| 22 | Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.662 | 2.662 | 2.662 | |
| 23 | Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3P- 8)+(4P-10))$ | gr/cc. | 2.697 | 2.697 | 2.697 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-8(23-21)/(23*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511) | % | 0.64 | 0.64 | 0.64 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)*17/21$ | % | 84.71 | 84.51 | 84.49 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$ | % | 11.39 | 11.36 | 11.36 | |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 15.29 | 15.49 | 15.51 | 15.43 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$ | % | 4.89 | 4.89 | 4.89 | |
| 29 | Relacion betun vacios $(26/27)*100$ | % | 74.49 | 73.33 | 73.22 | 73.68 |
| 30 | Lectura del aro. | kg | 324 | 314 | 321 | |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1364 | 1322 | 1351 | |
| 32 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad corregida $31*32$ | kg | 1364 | 1322 | 1351 | 1345 |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") $(35/0.254)$ | pul. | 14 | 13 | 13 | 13 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 3.56 | 3.30 | 3.30 | |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia | kg/cm | 38.34 | 40.03 | 40.91 | 39.76 |

CUADRO N° 1.18: Dosificación del asfalto 6 %

| 1 | Numero de probeta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|--------|--------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 6.0 | 6.0 | 6.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4) | % | 41.67 | 41.67 | 41.67 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4) | % | 52.33 | 52.33 | 52.33 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200) | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | Peso especifico aparente de cemento asfaltico | gr/cc. | 1.021 | 1.021 | 1.021 | |
| 7 | Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.693 | 2.693 | 2.693 | |
| 8 | Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc. | 2.704 | 2.704 | 2.704 | 2.699 |
| 9 | Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.602 | 2.602 | 2.602 | |
| 10 | Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.629 | 2.629 | 2.629 | 2.616 |
| 11 | Peso especifico aparente del filler | gr/cc. | 0.86 | 0.86 | 0.86 | |
| 12 | Altura promedio de la probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la probeta en el aire | gr. | 1214.5 | 1213.6 | 1210.8 | |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca | gr. | 1215.5 | 1214.6 | 1211.8 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C | gr. | 700.9 | 701.3 | 700.0 | |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15 | c.c. | 514.6 | 513.3 | 511.8 | |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514) | gr/cc. | 2.360 | 2.364 | 2.366 | 2.363 |
| 18 | Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041 , AASHTO T 209 , MTC E 508) | gr/cc. | 2.466 | 2.466 | 2.466 | |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados $100/((2/6)+(3^2/7+8)+(4^2/9+10))$ | gr/cc. | 2.420 | 2.420 | 2.420 | |
| 20 | % de vacios con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505) | % | 4.31 | 4.14 | 4.08 | 4.18 |
| 21 | Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.652 | 2.652 | 2.652 | |
| 22 | Peso especifico Aparente del agregado total $(100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11))$ | gr/cc. | 2.662 | 2.662 | 2.662 | |
| 23 | Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/P- 8)+(4^*P-10))$ | gr/cc. | 2.712 | 2.712 | 2.712 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511) | % | 0.85 | 0.85 | 0.85 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4)^*17/21$ | % | 83.66 | 83.81 | 83.87 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100-(25+20)$ | % | 12.02 | 12.04 | 12.05 | |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 16.34 | 16.19 | 16.13 | 16.22 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^*(3+4)$ | % | 5.20 | 5.20 | 5.20 | |
| 29 | Relacion betun vacios $(26/27)^*100$ | % | 73.60 | 74.41 | 74.69 | 74.23 |
| 30 | Lectura del arco. | kg | 301 | 298 | 305 | |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1267 | 1255 | 1284 | |
| 32 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad corregida 31^*32 | kg | 1267 | 1255 | 1284 | 1269 |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") $(35 / 0.254)$ | pul. | 14 | 14 | 13 | 14 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 3.56 | 3.56 | 3.30 | |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia | kg/cm | 3564 | 3528 | 3888 | 3660 |

CUADRO N° 1.19: Dosificación del asfalto 6.6 %

| 1 | Numero de probeta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|--------|--------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 6.5 | 6.5 | 6.5 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla(mayor #4) | % | 41.45 | 41.45 | 41.45 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla(menor #4) | % | 52.05 | 52.05 | 52.05 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla(minimo 65% pasa malla #200) | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 6 | Peso especifico aparente de cemento asfaltico | gr/cc. | 1.021 | 1.021 | 1.021 | |
| 7 | Peso especifico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc. | 2.693 | 2.693 | 2.693 | |
| 8 | Peso especifico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127 , AASHTO T 85 , MTC E 206) | gr/cc. | 2.704 | 2.704 | 2.704 | 2.699 |
| 9 | Peso especifico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.602 | 2.602 | 2.602 | |
| 10 | Peso especifico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128 , AASHTO T 84 , MTC E 205) | gr/cc. | 2.629 | 2.629 | 2.629 | 2.616 |
| 11 | Peso especifico aparente del filler | gr/cc. | 0.86 | 0.86 | 0.86 | |
| 12 | Altura promedio de la probeta | cm. | | | | |
| 13 | Peso de la probeta en el aire | gr. | 1208.9 | 1210.6 | 1211.1 | |
| 14 | Peso de la probeta saturada superficialmente seca | gr. | 1210.6 | 1213.1 | 1213.1 | |
| 15 | Peso de la Probeta en el Agua 25 °C | gr. | 693.6 | 694.9 | 697.0 | |
| 16 | Volumen de la Probeta 14-15 | c.c. | 517.0 | 518.2 | 516.1 | |
| 17 | Peso Unitario de la Probeta 13/16 (ASTM D 2726 , MTC E 514) | gr/cc. | 2.338 | 2.336 | 2.347 | 2.340 |
| 18 | Peso especifico teorico maximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209 MTC E 508) | gr/cc. | 2.466 | 2.466 | 2.466 | |
| 19 | Maxima densidad teorica de los agregados $100 / ((2/6) + (3^2 / (7+8)) + (4^2 / (9+10)))$ | gr/cc. | 2.402 | 2.402 | 2.402 | |
| 20 | % de vacios con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203 , MTC E 505) | % | 5.20 | 5.28 | 4.86 | 5.11 |
| 21 | Peso especifico Bulk del Agregado Total $(100-2) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$ | gr/cc. | 2.652 | 2.652 | 2.652 | |
| 22 | Peso especifico Aparente del agregado total $(100-2) / ((3/8) + (4/10) + (5/11))$ | gr/cc. | 2.662 | 2.662 | 2.662 | |
| 23 | Peso especifico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3P- 8) + (4P-10))$ | gr/cc. | 2.736 | 2.736 | 2.736 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23-21) / (23^2 - 21)$ (ASTM D 4469 , MTC E 511) | % | 1.18 | 1.18 | 1.18 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta $(3+4) * 17/21$ | % | 82.45 | 82.38 | 82.74 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de probeta $100 - (25+20)$ | % | 12.35 | 12.34 | 12.40 | |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 17.55 | 17.62 | 17.26 | 17.48 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 5.39 | 5.39 | 5.39 | |
| 29 | Relacion betun vacios $(26/27) * 100$ | % | 70.39 | 70.03 | 71.85 | 70.76 |
| 30 | Lectura del aro. | kg | 270 | 272 | 281 | |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1137 | 1146 | 1183 | |
| 32 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 33 | Estabilidad corregida $31 * 32$ | kg | 1137 | 1146 | 1183 | 1155 |
| 34 | Lectura del fleximetro (0.01") (35 / 0.254) | pul. | 16 | 16 | 15 | 16 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 4.06 | 4.06 | 3.81 | |
| 35 | Relacion Estabilidad / Fluencia | kg/cm | 2799 | 2819 | 3106 | 2908 |

CUADRO N° 1.20: DATOS GENERALES

| | |
|---|------------------------|
| Departamento | Lambayeque |
| Provincia | Chiclayo |
| Distrito | José Leonardo Ortiz |
| Longitud del asfalto | 5 Km+359.88 m |
| Extensión Territorial (km²) | 1,121.74 |
| Población (hab.) | 3929 |

FUENTE: Propia

Fuente: INEI, Censos 2007

CALICATAS

ANEXOS N° 2: DOCUMENTO

DOCUMENTO 2.1: CONSTANCIA DE LA NO EXISTENCIA DEL PROYECTO



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSE LEONARDO ORTIZ
SUB GERENCIA DE OBRAS PUBLICAS

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

José Leonardo Ortiz, 19 de mayo del 2021

CARTA N° 050-2021-MDJLO/SCOP

Econ. Vanessa del Carmen Valverde Reyes
Oficina de Programación Multianual de Inversiones - MDJLO

Presente.-

ASUNTO : EMITIR CONSTANCIA AL PROYECTO DENOMINADO DISEÑO DE LA PAVIMENTACION DE LA URBANIZACION ATUSPARIAS DEL DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ.

REF : Prov. N° 315-2021-MDJLO/GIDU (05.05.2021)
Exp. N° 3309-2021-MDJLO/OIlyAIP (21.04.2021)

De mi especial consideración:

Tengo el agrado de dirigirme a usted, a la vez solicitar a su despacho emita una Constancia donde se indique que el proyecto de tesis DISEÑO DE PAVIMENTACION DE LA URBANIZACION "ATUSPARIAS" DISTRITO DE JOSE LEONARDO ORTIZ, **No** se encuentra en el banco de proyectos de la municipalidad distrital de José Leonardo Ortiz.

Dicha información es solicitada por el estudiante DIEGO OSCAR RANDY PRADO de la carrera Ingeniería civil ambiental de la universidad católica Santo Toribio de Mogrovejo, el mismo que requiere para su proyecto de tesis, denominado Diseño de Pavimentación de la urbanización "Atusparias" distrito de José Leonardo Ortiz.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE JOSÉ L. ORTIZ
Ing. Ciro Enrique Baza Manrique
UNIDAD FORMULADORA



ANEXOS N° 3: ÍMAGENES

IMÁGENES N° 3.1: CALICATAS



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia

IMÁGENES N° 3.1: ENSAYOS AGREGADOS



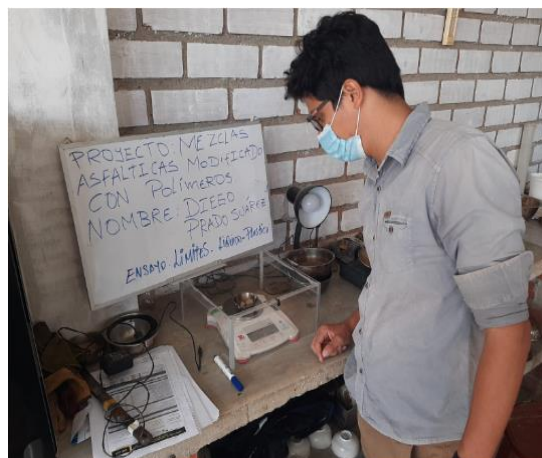
FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia

IMÁGENES N° 3.1: ENSAYO MARSHALL



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia

IMÁGENES N° 3.1: POLIMERO EVA



FUENTE: Propia



FUENTE: Propia

IMÁGENES N° 3.1: ZONA DEL PROYECTO



FUENTE: Gerencia de Proyectos de la Municipalidad Distrital de José Leonardo Ortiz.