

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**APLICACIÓN DE MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO
PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA, HUANCAYO 2019**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

BACH. CHAHUA POMAYAY, JIMMY WILLIAM

Asesor:

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO

Línea de investigación Institucional

Transporte y urbanismo

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

Decano

Jurado

Jurado

Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza

Secretario Docente

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis apreciados padres quienes siempre mostraron su apoyo para poder llegar a esta etapa de mi vida, pues ellos siempre han estado presentes en casa para apoyarme de manera moral y psicológicamente.

Bach. Chahua Pomayay, Jimmy

AGRADECIMIENTO

Principalmente a mis seres queridos por todo el apoyo que me brindaron, anímico, reconfortarme en los días de presión y por no perder la fe en que podría lograrlo.

Bach. Chahua Pomayay, Jimmy

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0166- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

APLICACIÓN DE MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA, HUANCAYO 2019

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. CHAHUA POMAYAY JIMMY WILLIAM**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Ing. ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR**

Fue analizado con fecha **29/04/2024**; con **153 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

| |
|---|
| |
| X |
| X |
| |

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 29 de abril del 2024.

MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| DEDICATORIA | iii |
| AGRADECIMIENTO..... | iv |
| CONTENIDO DE TABLAS | viii |
| CONTENIDO DE TABLAS | ix |
| RESUMEN | x |
| ABSTRACT | xi |
| INTRODUCCIÓN | xii |
| CAPÍTULO I | 14 |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 14 |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática..... | 14 |
| 1.2. Delimitación del problema..... | 15 |
| 1.2.1. Espacial..... | 15 |
| 1.2.2. Temporal..... | 15 |
| 1.2.3. Económica | 16 |
| 1.3. Formulación del problema | 16 |
| 1.3.1. Problema general..... | 16 |
| 1.3.2. Problemas específicos | 16 |
| 1.4. Justificación..... | 16 |
| 1.4.1. Justificación práctica o social | 16 |
| 1.4.2. Justificación científica | 16 |
| 1.4.3. Justificación metodológica | 17 |
| 1.5. Objetivos de la investigación | 17 |
| 1.5.1. Objetivo general | 17 |
| 1.5.2. Objetivos específicos..... | 17 |
| CAPÍTULO II..... | 18 |
| MARCO TEÓRICO..... | 18 |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 18 |
| 2.1.1. Antecedentes nacionales..... | 18 |
| 2.1.2. Antecedentes internacionales..... | 21 |
| 2.2. Bases teóricas o científicas..... | 24 |
| 2.3. Marco conceptual | 45 |
| CAPÍTULO III..... | 47 |

| | |
|--|-----------|
| HIPÓTESIS | 47 |
| 3.1. Hipótesis..... | 47 |
| 3.1.1. Hipótesis general..... | 47 |
| 3.1.2. Hipótesis específico..... | 47 |
| 3.2. Variables | 48 |
| 3.2.1. Definición conceptual de variables | 48 |
| 3.2.2. Definición operacional de la variable..... | 48 |
| 3.2.3. Operacionalización de variables | 49 |
| CAPÍTULO IV | 50 |
| METODOLOGÍA | 50 |
| 4.1. Método de investigación | 50 |
| 4.2. Tipo de investigación..... | 50 |
| 4.3. Nivel de investigación | 51 |
| 4.4. Diseño de investigación | 51 |
| 4.5. Población y muestra..... | 51 |
| 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 52 |
| 4.7. Técnica de procesamiento y análisis de datos | 52 |
| 4.7.1. Procesamiento de la información | 53 |
| 4.7.2. Técnicas y análisis de datos | 60 |
| 4.8. Aspectos éticos de la investigación | 60 |
| CAPITULO V..... | 61 |
| RESULTADOS | 61 |
| 5.1. Descripción del diseño tecnológico..... | 61 |
| 5.2. Descripción de resultados | 61 |
| 5.3. Objetivo específico 1 | 69 |
| 5.4. Objetivo específico 2 | 72 |
| 5.5. Objetivo específico 3 | 73 |
| 5.6. Contrastación de hipótesis | 74 |
| CAPITULO VI..... | 80 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... | 80 |
| 6.1. Discusión de resultados | 80 |
| CONCLUSIONES..... | 83 |
| RECOMENDACIONES | 84 |

| | |
|--|------------|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 85 |
| Anexo N°01: Matriz de consistencia | 87 |
| Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables | 90 |
| Anexo N°03: Matriz de operacionalización del instrumento..... | 92 |
| Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación..... | 94 |
| Anexo N°05: La data del procesamiento de datos..... | 136 |
| Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento | 138 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Cemento asfalto para la aplicación en construcción de pavimentos..... | 30 |
| Tabla 2: Requisitos para la calidad de asfalto rebajado..... | 31 |
| Tabla 3: Composición química del porcelanato..... | 35 |
| Tabla 4: Clasificación de las emulsiones asfálticas..... | 37 |
| Tabla 5: Ensayos realizados a las emulsiones..... | 39 |
| Tabla 6: Rango de valores aptos para las emulsiones. | 40 |
| Tabla 7: Operacionalización de variables..... | 49 |
| Tabla 8: Muestra de ensayo. | 57 |
| Tabla 9: Granulometría de arena chancada..... | 62 |
| Tabla 10: Granulometría de piedra chancada de 1/2..... | 62 |
| Tabla 11: Caracterización del agregado grueso. | 62 |
| Tabla 12: Granulometría del agregado de materiales combinados. | 63 |
| Tabla 13: Mezcla asfáltica. | 64 |
| Tabla 14: Mezcla asfáltica. | 65 |
| Tabla 15: Resultados de máximo total de vacíos. | 66 |
| Tabla 16: Vacíos de aire. | 67 |
| Tabla 17: Evaluación de V.M.A..... | 68 |
| Tabla 18: Recubrimiento y cobertura. | 69 |
| Tabla 19: Resultados de textura de la superficie de rodadura, lado derecho..... | 69 |
| Tabla 20: Resultados de textura de la superficie de rodadura, lado derecho..... | 70 |
| Tabla 21: Resultado de rugosidad por el método de Merlín..... | 72 |
| Tabla 22: Resultados de deflexión lado derecho..... | 73 |
| Tabla 23: Resultados de deflexión lado izquierdo | 74 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Asfalto..... | 24 |
| Figura 2: Cemento asfáltico..... | 26 |
| Figura 3: Asfalto diluido..... | 26 |
| Figura 4: Asfalto emulsionado..... | 27 |
| Figura 5: Composición del asfalto..... | 28 |
| Figura 6: Mezcla asfáltica..... | 32 |
| Figura 7: Esquema de fabricación de las emulsiones asfálticas..... | 38 |
| Figura 8: Mezcla abierta en frío..... | 42 |
| Figura 9: Curva granulometría de los materiales combinados..... | 63 |
| Figura 10: Variación de Perdida de estabilidad con diferentes porcentajes de C.A.R..... | 65 |
| Figura 11: Variación de máximo total de vacíos con diferentes porcentajes de C.A.R. ... | 66 |
| Figura 12: Variación de Perdida de estabilidad con diferentes porcentajes de C.A.R..... | 67 |
| Figura 13: Variación de resultados de V.M.A con diferentes porcentajes de C.A.R..... | 68 |
| Figura 14: Variación de textura superficial de rodadura lado derecho del carril..... | 70 |
| Figura 15: Variación de textura superficial de rodadura lado izquierdo del carril..... | 71 |
| Figura 16: Valores del IRI lado izquierdo y derecho..... | 72 |
| Figura 17: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman lado derecho..... | 73 |
| Figura 18: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman lado derecho..... | 74 |
| Figura 19: Prueba de normalidad de resultados de textura de la superficie de rodadura.. | 75 |
| Figura 20: Prueba de T de Student resultados de textura superficial..... | 76 |
| Figura 21: Prueba de normalidad de resultados de rugosidad..... | 77 |
| Figura 22: Prueba de T de Student de resultados de rugosidad..... | 77 |
| Figura 23: Pruebas de normalidad de los resultados de deflexión..... | 78 |
| Figura 24: Prueba de T de Student de resultados de deflexión..... | 79 |

RESUMEN

Esta investigación que titula “Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019” Presento como problema general ¿Cuáles son los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frío para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019? Cuyo objetivo fue Determinar los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frío para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019, con hipótesis: La aplicación de mezclas abiertas en frío produce cambios significativos en el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019, se empleó el tipo de investigación aplicada, nivel Experimental – Correlacional, diseño de investigación: Experimental, como resultado se obtuvo en la textura de la capa superficial en el carril izquierdo el valor fue 0.62 mm y carril derecho en valor fue 0.66 mm, en la rugosidad en el carril izquierdo es 1.66 y en el carril derecho es 1.39 y en la deflexión en el carril izquierdo 47.57 y en el carril derecho 54.59 y se concluye que se logró una mejora en el comportamiento de la capa de rodadura obteniendo mayor flexibilidad y mayor adaptación de las bases favoreciendo en la textura, rugosidad, deflexión y finalmente se recomienda mejorar los métodos utilizados en el desarrollo de esta investigación de la misma forma plantear la prueba del comportamiento del desempeño de mezclas asfálticas abiertas en frío en climas cálidos.

PALABRAS CLAVES: Mezclas abiertas en frío, superficie de rodadura, durabilidad, permeabilidad, flexibilidad.

ABSTRACT

This research entitled "Application of cold open mixtures to improve the behavior of the rolling surface, Huancayo 2019" I present as a general problem: What are the changes produced by the application of cold open mixtures to improve the behavior of the surface rolling, Huancayo 2019? Whose objective was to determine the changes produced by the application of cold open mixtures for the improvement of the behavior of the rolling surface, Huancayo 2019, with hypothesis: The application of cold open mixtures produces significant changes in the behavior of the rolling surface , Huancayo 2019, the type of applied research was used, Experimental - Correlational level, research design: Experimental, as a result, the texture of the surface layer was obtained in the left lane, the value was 0.62 mm and the value in the right lane was 0.66. mm, in the roughness in the left lane it is 1.66 and in the right lane it is 1.39 and in the deflection in the left lane 47.57 and in the right lane 54.59 and it is concluded that an improvement was achieved in the behavior of the wearing course obtaining greater flexibility and greater adaptation of the bases favoring the texture, roughness, deflection and finally it is recommended to improve the methods used in the development of this investigation in the same way to propose the test of the behavior of the performance of cold open asphalt mixtures in hot climates .

KEY WORDS: Cold open mixes, rolling surface, durability, permeability, flexibility.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el principal medio de transporte tanto de personas como de bienes y servicios es mediante la circulación de los vehículos en las carreteras, por lo que en los últimos años se ha venido observando el aumento de los volúmenes del tráfico; por otro lado el tipo de diseño de mezcla asfáltica más utilizada en la región sigue siendo la mezcla asfáltica en caliente, la producción de este tipo de mezclas demanda de altas temperaturas las cuales emanan al medio ambiente gases tóxicos como el CO₂ y otros gases que aumentan el calentamiento global de la misma forma tienen desventajas tales como el envejecimiento temprano del cemento asfáltico durante la producción de la mezcla asfáltica en caliente y los costos elevados.

La presente investigación titulada: “Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019” busca mejorar el comportamiento de las capas de rodadura, logrando mayor flexibilidad y muy adaptables a las deformaciones de las bases, ya que las mezclas en frío por ser pobres en mortero trabajan por rozamiento interno de los áridos, con gran flexibilidad y buen comportamiento a la fatiga.

En su desarrollo se fija como objetivo: Determinar de qué manera influye la aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019, el método empleado para el desarrollo de la investigación es la investigación científica, tipo de investigación aplicada, diseño experimental, nivel de investigación explicativo.

La investigación está conformada por los siguientes capítulos:

EL CAPÍTULO I.- Se precisa el planteamiento del problema, el problema general, los problemas específicos, el objetivo general, y los objetivos específicos de la investigación, la justificación de la investigación y las limitaciones de la investigación.

EL CAPÍTULO II.- Se realiza los antecedentes nacionales, internacionales de la investigación, las bases teóricas, el marco teórico, las definiciones conceptuales.

EL CAPÍTULO III.- Se da a conocer la formulación de la hipótesis, las variables dependiente e independiente de la investigación y finalmente el cuadro de matriz de operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO IV.- Se especifica el método empleado de la investigación, las variables dependiente e independiente, el tipo, el método el diseño de la investigación, la población, la muestra y la operacionalización de variables.

EL CAPÍTULO V.- Presenta el desarrollo de los resultados donde se realizan los resultados obtenidos en el laboratorio y su desarrollo de cálculo para su análisis representativo.

EL CAPÍTULO VI. - Se expone la discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones.

Bach. Chahua Pomayay, Jimmy

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En los últimos años aumenta día a día los volúmenes del tráfico, por ello las exigencias del tránsito demanda de la construcción de nuevas carreteras en el que se observan construcción de nuevas vías y reconstrucción de los pavimentos en la vialidad existente y en la construcción de estas carreteras y el tipo de diseño de mezcla asfáltica más utilizada es la mezcla asfáltica en caliente por lo que esto genera problemas que emanan al medio ambiente generando gases tóxicos como el CO₂ y otros gases que aumentan el calentamiento global de la misma forma tienen desventajas tales como el envejecimiento temprano del cemento asfáltico durante la producción de la mezcla asfáltica en caliente y los costos elevados.

En el contexto internacional, Perez & Lemus (2019) Manifiesta que “la producción de estas mezclas tiene asociada una amplia afectación ambiental y económica por ello, en los últimos años ha ganado espacio la implementación de mezclas asfálticas frías (MAF), con el fin de reducir el consumo de fuentes energéticas y minimizar así el impacto medioambiental generado por los gases de efecto invernadero emitidos por las plantas de producción de mezcla asfáltica en caliente” de la misma forma Pincay & Alonso (2022) considera que “Las mezclas asfálticas en caliente, tienen un desempeño mejor que las mezclas en frío; no obstante, tienen desventajas tales como el envejecimiento temprano

del cemento asfáltico durante la producción de la mezcla asfáltica en caliente, los gases contaminantes y los costos elevados”

En el Perú Gavino Galdos (2021) manifiesta que “La preparación de la emulsión asfáltica a temperatura ambiente ayuda a que el ligante no entre en estado de oxidación, por eso es muy utilizado en tratamientos superficiales, así evitando pérdidas económicas” de la misma forma Gavino Galdos (2021) afirma que las mezclas asfálticas sufren variaciones debido a la temperatura, la erosión, corrientes de agua, precipitaciones, el tráfico constante en las vías terrestres asfaltadas, la capacidad del suelo llega a soportar la infraestructura vial.

A nivel regional el empleo de mezclas abiertas en frío no ha tenido la opción de ser empleadas debido que la combinación de sus agregados, las mezclas en frío no es un problema gracias a que predomina el agregado grueso y de la granulometría uniforme más un ligante bituminoso (emulsión de rotura media) constituye un producto que sí se puede manejar, extenderse y compactarse a temperatura ambiente, donde pueden ser consideradas desde el punto de vista medioambiental “mezclas pro-ecológicas” dado que su fabricación no requiere calentar previamente los componentes evitando un consumo de energía y emisiones a la atmósfera de gases y humos.

Para dar solución a los problemas descritos que origina las mezclas asfálticas en caliente, en la presente investigación se emplea la evaluación del comportamiento de las mezclas asfálticas en frío con el fin de lograr una mejora en el comportamiento de las capas de rodadura, logrando mayor flexibilidad y muy adaptables a las deformaciones de las bases.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

La presente investigación se desarrolló:

- Departamento de Junín.
- Provincia de Huancayo.

1.2.2. Temporal

La presente investigación se desarrolló entre los meses de octubre del 2020 hasta el mes de septiembre del 2022.

1.2.3. Económica

Los gastos para el desarrollo de la investigación corrieron al 100% a cargo del tesista.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frío para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué porcentaje de variación produce la aplicación de mezclas abiertas en frío en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?
- b) ¿En qué media varia la aplicación de mezclas abiertas en frío en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?
- c) ¿En qué porcentaje varia la aplicación de mezclas abiertas en frío en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación práctica o social

En esta tesis, se pretende contribuir con la sociedad en general, ingenieros civiles; porque existe la necesidad de mostrar el comportamiento de mezclas abiertas en frío en la superficie de rodadura de un pavimento.

1.4.2. Justificación científica

La presente investigación se desarrolló con el propósito de aportar al conocimiento existente acerca de las mezclas asfálticas en frío, nuevos conocimientos estrategias y métodos de evaluación para su comportamiento estructural y así lograr una mejora el comportamiento de la superficie de rodadura.

1.4.3. Justificación metodológica

La metodología aplicada en la presente investigación será útil para cualquier otro investigador que indague mediante el método científico, los cuales pretenden o buscan estudiar los cambios que se produce con la mezcla abierta en frio en la superficie de rodadura, ya que se obtuvo resultados confiables y válidos, de acuerdo a muestras hipótesis planteadas

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frio para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Estimar el porcentaje de variación produce la aplicación de mezclas abiertas en frio en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.
- b) Evaluar la medida en que varía la aplicación de mezclas abiertas en frio en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.
- c) Estimar el porcentaje que varía la aplicación de mezclas abiertas en frio en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes nacionales

Según Purizaca, (2019) en la investigación lleva de **título:** “Diseño y prueba de mezclas de concreto con baja pérdida de trabajabilidad en el tiempo”; el cual tiene como **objetivo general:** Estudiar el diseño y prueba de mezclas de concreto con baja pérdida de trabajabilidad en el tiempo utilización de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación en cual se aplicó la **metodología:** La presente investigación desarrollo un programa experimental obteniendo como **resultado:** En dosificación de los componentes en los diseños de mezcla fabricados al incrementar los agregados triturados y de árido fino representa un 59% y 41% en la suma de los pesos de ambos componentes siendo las adecuadas para producir un mezcla de 8 plg. (200mm) con una resistencia de 300 kg/cm² en solo 28 días. En el análisis del concreto fresco demuestra que al mayor uso de áridos ha mejor dosificación lo cual se debe buscar el futuro para realizar estudios científicos. En la temperatura de las mezclas de concreto los resultados variaron de -7.5°C en solo 2 horas ½ al incremento de una mayor cantidad de algún aditivo solo sería la causa de este efecto. Al analizar los resultados se llega a la **conclusión:** El restar dante y superplastificante producen la disminución de las cantidades de cemento y agua en la realización de la mezcla,

es por ello que se incrementó la dosificación de agregados, todo debe ser combinado adecuadamente para evitar los vacíos que tiene como efecto la pasta.

Según Gonzales y Luquillas (2019) en la investigación denominada “Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional”, el cual tiene como **objetivo general:** “Mejorar el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica convencional a fin de aumentar su vida útil a través de la adición de fibra acrílica”, empleando la **metodología:** La investigación que se desarrolló es la aplicada, posee un enfoque cuantitativo con un nivel descriptivo e explicativo dándonos como **resultado:** El primer resultado en obtener del ensayo de estabilidad y flujo el cual en las muestras con 0.1% y 0.15% muestran mejores resultados en comparación con las mezclas asfálticas primarias, en los ensayos de *tracción indirecta* deduce que para la mezcla asfáltica convencional es de 6.44 kg/cm² en el cual utilizamos un 0.5% de aditivo, a la vez e la mezcla mejorada la incorporación es de 0.1% obteniendo 7.30 kg/cm² obteniendo mejores resultados de 0.86 kg/cm² equivaliendo al 13%, en cuantos a los *ensayos de inmersión – comprensión* en esta mezcla también mejora también nos daría un resultado menor a la mezcla convencional siendo de 83.1% y para la mejorada 85.5%. en la cual **concluyeron:** La inclusión de fibra acrílica muestra una mejora muy significativa en el comportamiento de las mezclas mejoradas en el procedimiento de vía seca obteniendo una mejor resistencia a la deformación. Y reducimos el impacto ambiental. Para la mezcla convencional del asfalto nos dio diversos resultados en el cual en las comparaciones obtuvimos el porcentaje ante el comportamiento mecánico solo incorporando 0.1% de fibra acrílica.

Según Castillo y Chavarri, (2020) en la investigación lleva de **título** “Diseño de mezcla en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020”; el cual tiene como **objetivo general:** Estudiar la utilización de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación, empleando la **metodología:** La presente investigación realizan estudio donde desarrolla de manera experimental obteniendo como **resultado:** Que resultados obtenidos y las comparaciones realizadas se dedujo que el % de vidrio óptimo será 3% ya que con este cumple con todas las especificaciones necesarias. La investigación, llega

a la **conclusión**: Que al incrementar el vidrio molido con los porcentajes que se dieron al inicio de 3 y 6 esto presentaron significativamente variaciones sin embargo a medida que se fue incrementando el vidrio las variaciones fueron tomando una predisposición más constante.

Según Huaman y Huauya (2020) la investigación **denominado**: “Calculo de un pavimento flexible con mezcla asfáltica incorporando polímero (SBS) para el distrito de Villa El Salvador – Lima 2020”, el cual tiene como **objetivo general**: Evaluar los cálculos para un pavimento flexible con mezcla asfáltica incorporando en la mezcla porciones del polímero SBS, en la cual aplicamos la **metodología**: Aplicada en la investigación, experimental, la cual nos ayudó a obtener los **resultados**: Para la ejecución de un diseño vial se evalúa diversos elementos uno de ellos es el estudio de suelos, en el cual se estudió la estabilidad de Marshall, flujo Marshall, vida de fatiga, relación de vacío , resistencia de la deformación, y porcentaje de SBS, llegando a la **conclusión**: Después del estudio los precios del costo de la mezcla asfáltica por metro cubico el valor de S/ 406.83mientras que la modificada tiene un valor de S/496.82.

Según Cordova, (2021) la investigación se le **denomino**: “Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura”, el cual tiene como **objetivo general**: Establecer el porcentaje de caucho reciclado idóneo que debe ser considerado dentro del peso total de lo áridos para su incorporación, como parte del agregado fino en una mezcla asfáltica mejorando sus propiedades, empleando la **metodología**: La presente investigación realizan estudio donde se desarrolla de manera experimental obteniendo como **resultado**: Que las comparaciones entre las mezclas asfálticas convencionales y mezclas asfálticas mejoradas para determinar los mejores resultados indicando que las mezclas con caucho tendrán muchos más vacíos que a las convencionales reduciendo por la digestión en el proceso las partículas las propiedades del caucho se pierden, el porcentaje de vacío con caucho y vacíos con el agregado mineral, aumenta en las mezclas convencionales, en el cual se **concluyó**: Mezcla de caucho del 1% de caucho nos dio un resultado óptimo respetivamente a lo convencional en la mezcla convencional de 2% con caucho posee mayor estabilidad.

Según Peña, (2020) realizo un artículo en la revista Asfalto y pavimentación **denominado:** “El uso adecuado del asfalto recuperado en las mezclas bituminosas” en cual tiene como **objetivo:** La reutilización de mezclas asfálticas es una idea utilizada de manera frecuente. Pero que en algunos países europeos están en busca del poder darle de esta manera fin a estos residuos sin tener daños legales, en este artículo se empleó la **metodología:** La manera más eficaz para este tipo de investigación es la de experimental, dándonos como **resultado:** Sobre las circunstancias adecuadas en el reciclado con emulsión es la respuesta más óptima económica y medio ambiental, y finalmente se **concluyó:** Que el sector de mezclas asfálticas es de los más grandes ejemplos de economía circular pero se tiene mucho por mejorar la cual se presenta en la durabilidad de las mezclas.

2.1.2. Antecedentes internacionales

Según Agresott, (2018) en la investigación que lleva el **título** “Diseño de mezclas de concreto usando como aditivos residuos plásticos provenientes de chatarra electrónica”; el cual tiene como **objetivo general:** Evaluar el efecto causado por los restos de plásticos de chatarra electrónica en concreto hidráulico, mediante el estudio y el análisis del comportamiento mecánico, con el fin de encontrar una mezcla de concreto optima, que permita una mejora de las diferentes características de esta con respecto a una mezcla convencional, empleando la **metodología:** Desde un estudio que desarrolla de manera experimental, obteniendo como **resultado:** Referente a la obtención de los datos se puede decir que estos materiales tienen buenas propiedades Para poder ser utilizado en el diseño de mezclas. La granulometría en los materiales no se ajusta en las gráficas permitidas que están en las gráficas bien graduadas llegando a la **conclusión:** Al concluir con las pruebas, en la obtención de los resultados técnicos, podemos concluir que las integraciones de materiales reciclables no dan una mayor resistencia al concreto. Ya que al momento de los resultados no mostraron ninguna diferencia a las mezclas tradicionales.

Según Castro, (2018) en la investigación que lleva el **título** “Investigación sobre mezclas asfálticas en frio 100% recicladas con adición de residuos sólidos”; obteniendo como **objetivo general:** Estudiar la influencia en las propiedades dinámicas y mecánicas de mezclas asfálticas en frio 100% recicladas empleando

caucho reciclado de llanta y calamina, empleando la **metodología:** La presente investigación realiza estudio donde desarrolla de manera experimental, obteniendo como **resultado:** Disminución de las emisiones generadas al medio ambiente, es un compromiso de la industria a nivel mundial. La industria del asfalto, específicamente, ha dedicado esfuerzos para disminuir las emisiones generadas al medio ambiente a través del incentivo del reciclaje de pavimentos. El reciclaje, permite reducir y eliminar la extracción de materiales vírgenes, reduciendo así las emisiones de CO₂ al medio ambiente y garantizando una disminución en los costos de la infraestructura vial. Por otro lado, logra disminuir el material que es depositado en las escombreras o rellenos sanitarios, lo que se traduce en la reducción del impacto ambiental de las obras, llegando a la **conclusión:** De las pruebas realizadas para evaluar las propiedades dinámicas, mecánicas y los beneficios ambientales de mezclas recicladas con emulsión asfáltica y cemento portland incluyendo dos tipos de residuos sólidos: a.) grano de caucho reciclado (CR) y b.) escoria de acero, conocida como calamina (CA). Se fabricaron muestras con dos dosificaciones distintas de CA, mediante compactación Marshall y en el caso del CR se fabricaron mezclas con tres dosificaciones y mediante dos tipos de compactación Marshall y Giratoria. Los porcentajes de calamina utilizado en la experimentación fueron 1 y 3%, por otro lado, en las mezclas con caucho se utilizaron dosificaciones de 0.25, 0.50 y 0.75%. Todas estas proporciones como reemplazo de una fracción de la masa de los agregados.

Según Freire, (2018) en la investigación que lleva de **título** “Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación”; el cual tiene como **objetivo general:** Estudiar la utilización de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación, aplicando la **metodología:** Desde un enfoque cuantitativo, de diseño experimental obteniendo como **resultado:** Con los resultados obtenidos y las comparaciones realizadas se dedujo que el % de vidrio óptimo será 3% ya que con este cumple con todas las especificaciones necesarias, y finalmente **concluyó:** Que al incrementar el vidrio molido con los porcentajes que se dieron al inicio de 3 y 6 esto presentaron significativamente variaciones sin embargo a medida que se fue incrementando el vidrio las variaciones fueron tomando una predisposición más constante.

Según Ayala y Heredia, (2019) en la investigación lleva de **título** “Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca”; el cual tiene como **objetivo general**: Evaluar de manera experimental el efecto del caucho de llantas recicladas añadido por vía seca y en distintos porcentajes, en el comportamiento de mezclas asfálticas densas estudiadas mediante pruebas convencionales y de desempeño, en cuya elaboración se mantienen constantes las características del asfalto y los agregados minerales, por lo que se aplicó la **metodología**: De un diseño experimental, de tipo aplicada, obteniendo como **resultado**: Con los resultados del GCR Y estabilidad y flujo de las mezclas asfáltica se puede que las muestras cumplan como mínimo valor de estabilidad sin embargo para el flujo de la mezcla asfáltica sin caucho nos da con un exceso del límite máximo. Al observar los porcentajes que nos da los resultados en la resistencia retenida para todo tipo de mezcla asfáltica nos da con un valor mínimamente aceptable ya que es menor que o normal según la de norma de Ecuador .Descartando que el valor más alto de resistencia retenida sea a la muestra sin caucho dando un 75.10% utilizado una mezcla limpia sin aditivos de adherencia, en caso que se utilice aditivos con adherencia suelen llegar a un 85% de resistencia, a la ahora de incrementar el caucho llega a una 75%, llegando a la **conclusión** en los diseños de mezclas asfálticas con y sin caucho si llegan cumplir el valor minio para la carreteras de tráfico pesado de 1800 libras . La investigación en el daño de agua muestra a los tres diseños con valores de resistencia menores del 80% según la norma de Ecuador, mientras a los que se adherido caucho obtuvo una resistencia de 75 % sin aditivos. Mediante el módulo de rigidez la mezcla asfáltica adquirida con caucho en un 0.75% y sin caucho nos dieron resultados favorables presentando módulos entre 3000 y 4000 MPa, solo se notó una peque disminución en rigidez en las deformaciones plásticas, en este estado la utilización del cauco sería muy beneficiosa mostrando unos resultados superiores al 1%. En los ensayos de fatiga obtuvimos resultados favorables.

Según Castillo & Chavarri, (2020) en la investigación lleva de **título** “Diseño de mezcla en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima,2020”; presentando como **objetivo general**: Estudiar la utilización de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación, aplicando la **metodología**: De método cuantitativo, de diseño experimental, con un tipo

aplicada, obteniendo como **resultado:** Con los resultados obtenidos y las comparaciones realizadas se dedujo que el % de vidrio óptimo será 3% ya que con este cumple con todas las especificaciones necesarias, llegando a la **conclusión:** Que al incrementar el vidrio molido con los porcentajes que se dieron al inicio de 3 y 6 esto presentaron significativamente variaciones sin embargo a medida que se fue incrementando el vidrio las variaciones fueron tomando una predisposición más constante.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Asfalto

El asfalto viene hacer un material negro, en cual es cementante y varia ampliamente en su consistencia de solido a semisólido caso blando, se realiza a temperatura ambiente, ya que si se sobre calienta se ablandará convirtiéndose en líquido.

Según ASTM el asfalto es un material aglomerante semisólido o solido de un color pardo oscuro, cuyo componente predominante son los betunes la cual se obtiene de la destilación de petróleo.



Figura 1: Asfalto.

Fuente: FRAPIAL, (2022)

A. Origen y procedencia del asfalto

a. Refinación del petróleo

Mediante la destilación se realiza el refinado del **petróleo. Los procesos de las fracciones de los** diversos productos se logran al separar mediante la

combinación de calor y vacío. Para ser producido el asfalto tiene que pasar por la destilación de vacío y a una temperatura de 480°C comienza la destilación.

b. Refinación de asfalto

Al tener diversos tipos de asfalto. Los refinadores cumplen la función de controlar las propiedades. Esto se logra al ser mezclar diversos tipos de crudos de petróleo antes de procesarlos. El mezclar permite al refinador combinar distintos crudos, con características variables, así obtener las características exactas que se requiere.

Son 2 los procesos existentes para la producción de asfalto después de ser combinados de crudos con petróleo.

- Destilación por vacío
- Extracción de solventes

Al terminar de ser procesados, pueden ser mezcladas entre sí, con porciones calculadas con la finalidad de provocar grados medios al asfalto. Por ejemplo: asfalto altamente viscoso y asfalto con poca viscosidad genera un asfalto con viscosidad media.

B. Clasificación del asfalto

Estos se clasifican en:

a. Asfalto con cemento asfáltico

Se obtiene de la refinación del petróleo, del cual se obtiene un material sólido o semisólido de color pardo oscuro o negro, este se puede ablandar dependiendo de la temperatura ya que sus constituyentes son los hidrocarburos.



Figura 2: Cemento asfáltico.

Fuente: imptek, (2013)

b. Asfalto diluido

Esta mezcla contiene solventes con cemento asfáltico, del cual se obtiene un material líquido que es adhesivo e impermeable. Este nos da como resultados un material altamente impermeable, muy resistente, duradero, con menor viscosidad comparando con el cemento asfáltico, este se puede aplicar en frío y su viscosidad comprende entre 60 y 120 a 50°C.



Figura 3: Asfalto diluido.

Fuente: Diccionario de geotecnia, (2021).

c. Asfalto emulsionado

Este es aplicado en revestimientos de carreteras, impermeabilización de estructuras, depósitos, techos o tejados, fabricación de baldosas, pisos y tejas. según la temperatura es sólida o semisólida, la ebullición del agua le da una consistencia pastosa el cual facilita en la combinación del asfalto.



Figura 4: Asfalto emulsionado.

Fuente: ASFALTO RABBI,(2018)

C. Propiedades del cemento asfáltico

a. Viscosidad

Nos permite conocer del valor de resistencia que logra obtener el cemento asfáltico. Este ensayo se realiza a $60^{\circ}\text{C} - 135^{\circ}\text{C}$ a 60°C logrando la viscosidad absoluta utilizando el viscosímetro capilar, este se coloca en un baño de aceite con una temperatura constante. Se mezcla con el asfalto previamente calentado hasta llegar la marca.

b. Penetración

Este método se trabaja empíricamente, la cual mide la consistencia y dureza del cemento asfáltico. La penetración consiste en introducir una aguja de 100g según la norma a un recipiente con el cemento asfáltico a una temperatura de 25°C por unos 5 segundos, midiendo con la aguja en unidades de 0.1 mm.

c. Punto de inflamación

Es el análisis de la temperatura que nos da la garantía en la que se puede calentar el cemento asfáltico, sin mostrar inflamación. este método consiste en llenar un vaso de ronco con cemento asfáltico calentar a una velocidad gradual hasta presentar el punto de inflamación.

d. Ensayo en horno

Se realiza una simulación de cómo será el envejecimiento del cemento asfáltico utilizando el ensayo de penetración y viscosidad obtendremos los resultados. Comenzamos con colocar 50 ml de cemento en el plato giratoria

de 5-6 rev/min por unas 5 horas y a una temperatura constante de 163°C culminando, tomando una muestra para realizar el ensayo de viscosidad, penetración.

e. Ductilidad

La finalidad de este ensayo es de brindarnos la distancia en la cual se rompe el cemento asfáltico, teniendo una medición en cm. Se realiza una probeta de cemento asfáltico con las dimensiones correspondientes y realizar el proceso de elongación, esta fase se realiza a una temperatura de 25° C según norma, con una velocidad de 5 cm/min.

f. Solubilidad

Nos permite conocer el grado de pureza del cemento asfáltico, utilizando como el trioclor-etileno el cual es menos toxico a otros solventes que antiguamente se utilizaron. Logrando separar los gases de la materia inerte, este consiste en la disolución de 2 gr de asfalto con 100 ml de solvente, el resultado se da en el peso antes y después de ser filtrado, varia el peso determinando la cantidad de impurezas y se calcula el grado de pureza.

D. Propiedades químicas del asfalto

El asfalto está compuesto con hidrocarburos, azufre, oxígeno, nitrógeno entre otros. El asfalto al ser mezclado con el heptano produce una fracturación en asfáltenos y máltenos.

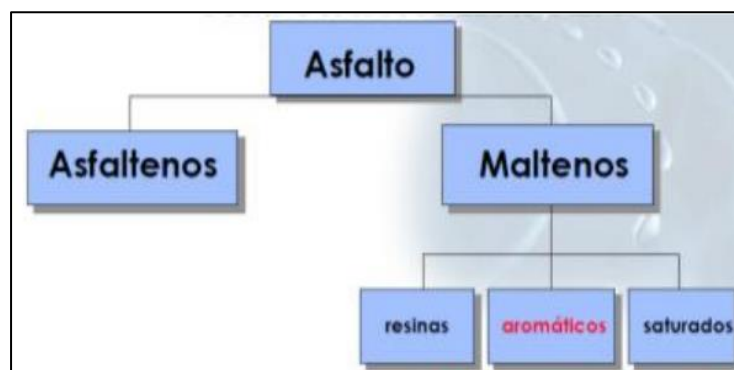


Figura 5: Composición del asfalto.

Fuente: Ramos Gracia y Muniz Pérez, (2013)

a. Asfáltenos

Estos son lo que dan color y dureza al asfalto. Una vez mezclado con heptano se separa del máltenos, son de color negro p pardo oscuro teniendo la apariencia de polvo grueso de grafito. La primordial responsabilidad que tiene estructuralmente es la dureza, consistencia adecuada al ser trabajable.

b. Máltenos

Es un líquido viscoso compuesto de resinas y aceites, este material si logra ser disuelto por el heptano. Al igual que el asfáltenos tiene un color pardo oscuro, mientras los aceites son de un color más claro. El material que nos brinda es pegajoso pero los aceites funcionan como medio de transporte para los asfáltenos y resinas.

E. Propiedades físicas del asfalto

Los estudios de las propiedades físicas del asfalto son de vital importancia para una realización favorable de construcciones, diseños y mantenimiento de carretera.

a. Durabilidad

Es el análisis que se realiza al comportamiento del pavimento al exponer a una prueba previa, exponiendo a procesos de degradación y envejecimiento. Pruebas que se realizan:

- Prueba de película delgada en horno (TFO).
- Prueba delgada en horno rotatorio (RTFO).

b. Adhesión

Es el análisis de adhesión que muestra con en agregado al realizar la mezcla para el concreto.

c. Cohesión

Es la suficiencia que demuestra el asfalto con respectó a la firmeza, de cada partícula del agregado al ser terminado.

d. Susceptibilidad a la temperatura

Los asfaltos son muy vulnerables al contacto a la temperatura al disminuir a temperatura estos se vuelven más duros o viscosos, en cambio si la temperatura aumenta es menos viscosa. Estos cambios también se presentan

en caso si son de diferente origen a pesar de tener el mismo grado de consistencia.

El ser evaluado la susceptibilidad es de importancia ya que allí definimos la temperatura adecuada en el que se debe trabajar,

e. Envejecimiento y endurecimiento

El asfalto cambia a endurecimiento en la construcción y en pavimento terminados. Esto se produce por el proceso de oxidación este ocurre con mayor facilidad al tener mayor contacto de temperaturas y películas delgada.

Al realizar el asfalto, también se debe realizar los ensayos de cada uno de ellos con la finalidad de obtener las características de envejeciendo y así ajustar las técnicas constructivas para disminuir el endurecimiento.

Aun después de la construcción el asfalto sigue endureciendo esto es por la causa de la oxidación y polimerización. Estos se pueden retardar al mantener al pavimento terminado pequeñas cantidades de vacíos interconectada a una capa gruesa de asfalto.

Tabla 1: *Cemento asfalto para la aplicación en construcción de pavimentos.*

| | Grado de penetración | | | | | | | | | |
|---|----------------------|------|-------|------|--------|------|---------|------|---------|------|
| | 40-50 | | 60-70 | | 85-100 | | 120-150 | | 200-300 | |
| | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. | Mín. | Máx. |
| Penetración de 77° F (25°C) 100g, 5s | 40 | 50 | 60 | 70 | 85 | 100 | 120 | 150 | 200 | 300 |
| Punto de inflamación, °F (Cleveland abierto taza) | 450 | | 450 | | 450 | ... | 425 | ... | 350 | ... |
| Ductilidad a 77°F (25°C) 5 cm/min, cm | 100 | ... | 100 | ... | 100 | | 100 | ... | 100A | ... |
| Solubilidad en tricloroetileno, % | 99 | ... | 99 | ... | 99 | ... | 99 | ... | 99 | ... |
| Penetración retenida después de la película delgada prueba de horno % | 55+ | ... | 52 | ... | 47+ | ... | 42+ | ... | 37+ | ... |
| Ductilidad a 77°F(25°C) 5 cm/min, después de la prueba de horno de película delgada | ... | ... | 50 | ... | 75 | ... | 100 | ... | 100A | |

Fuente: Ramos Gracia & Muniz Pérez, (2013)

F. Tipos de asfalto

El cemento asfáltico producido por destilación al vacío con vapor es un semisólido a temperatura ambiente, por lo general, se logra obtener mayor al ser calentado con una temperatura de unos 250- 330 °F (120 - 165°C) para ser licuado, esto garantiza una buena calidad de asfalto referente al desempeño. Teniendo dos tipos de licuado **el disolvente y solvente**.

a. Asfalto rebajado

Es el producto de la mezcla de disolventes volátiles con cemento asfáltico. Este asfalto después de ser expuesto al aire el disolvente se evapora mientras que el asfalto en la mezcla recobra sus características originales. La variación que puede sufrir la tasa de fraguado de la muestra de asfalto puede ser de minutos a diversos días. Tipos de asfalto rebajado

- **Fraguado rápido.** El disolvente que se usa es gasolina con nafta.
- **Fraguado medio.** El disolvente que se usa es keroseno.
- **Fraguado lento.** El disolvente que se usa es aceites para camino.

Tabla 2: Requisitos para la calidad de asfalto rebajado.

| Características del asfalto rebajado | Grado | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| | FM - 1 | FR - 3 |
| Punto de inflamación Tag; °C, mínimo | 38 | 27 |
| Viscosidad Saybolt-Furol a 50°C; s | 75 - 150 | |
| Viscosidad Saybolt-Furol a 60°C; s | | 250 – 500 |
| Contenido de solvente por destilación a 360°C, en volumen; % | | |
| Hasta 225° C | 20 máx | 25 min |
| Hasta 260° C | 25 - 65 | 55 min |
| Hasta 315° C | 70 - 90 | 83 min |
| Contenido de cemento asfáltico por destilación a 360°C, en volumen, %, mínimo | 60 | 73 |
| Contenido de agua por destilación a 360°C, en volumen, %, máximo | 0,2 | 0,2 |
| Del residuo de la destilación: | | |
| Viscosidad dinámica a 60°C; Pa·s (P [1]), máximo | 200 ± 40 (2000 ± 400) | 200 ± 40 (2000 ± 400) |
| Penetración a 25°C, en 100 g y 5_s; 10-1 mm | 120 – 300 | 80 – 120 |
| Ductilidad a 25°C; cm, mínimo | 100 | 100 |
| Solubilidad; %, mínimo | 99,5 | 99,5 |

Fuente: Características de los materiales, (2005)

2.2.2. Mezcla asfáltica

Ayala Cabrera y Heredia Miranda, (2019) describe a las mezclas asfálticas como aglomerados y es conformado de agregados pétreos y un ligante de hidrocarburo por ello se puede decir que son aquellos que son cubiertos por completo.

Las mezclas asfálticas se utilizan en la construcción de manera que son como los aeropuertos, pavimentos, industrias, carreteras y presentan capas inferiores con pesados tráficos pesados inmensos.

También se puede decir que están considera mente aproximadamente con un 90% de agregados pétreos gruesos y fino de 8 % y otros 5% de ligante asfaltico. Sus componentes mencionados anteriormente son de mayor importancia para el funcionamiento del pavimento.



Figura 6: Mezcla asfáltica.

Fuente: Cueva del ingeniero civil, (2022)

A. Características de las mezclas asfálticas

Existen varios paramentos donde se puede clasificar de manera que se describirá en la siguiente parte:

✓ **Por fracciones de agregado pétreos empleado**

- **Masilla asfáltica**

Polvo mineral más ligante.

- **Mortero asfáltico**

Agregado fino más masilla.

- **Concreto asfáltico**
Agregado grueso más mortero.
- **Macadam asfáltico**
Agregado grueso más ligante asfáltico.

✓ **Por temperatura de la puesta de obra**

- **Mezclas asfálticas en caliente**

Se fabrican con asfaltos a unas temperaturas elevadas, en el rango de los 150 grados centígrados, según la viscosidad del ligante, se calientan también los agregados, para que el asfalto no se enfríe al entrar en contacto con ellos. La puesta en obra se realiza a temperaturas muy superiores al ambiente, pues en caso contrario, estos materiales no pueden extenderse y menos aún compactarse adecuadamente.

- **Mezclas asfálticas en frío**

El ligante es una emulsión asfáltica (debido a que se sigue utilizando en algunos lugares los asfaltos fluidificados), y la puesta en obra se realiza a temperatura ambiente.

✓ **Por la proporción de vacíos en la mezcla asfáltica**

Este parámetro suele ser imprescindible para que no se produzcan deformaciones plásticas como consecuencia del paso de las cargas y de las variaciones térmicas.

- **Mezclas cerradas o densas**

La proporción de vacíos no supera el 6 %.

- **Mezclas semi-cerradas o semi-densas**

La proporción de vacíos está entre el 6 % y el 10 %.

- **Mezclas abiertas**

La proporción de vacíos supera el 12 %.

- **Mezclas porosas o drenantes**

La proporción de vacíos es superior al 20 %.

✓ **Por el tamaño máximo del agregado**

- **Mezclas gruesas**

Donde el tamaño máximo del agregado pétreo excede los 10 mm.

- **Mezclas finas**

También llamadas microaglomerados, pueden denominarse también morteros asfálticos, pues se trata de mezclas formadas básicamente por un árido fino incluyendo el polvo mineral y un ligante asfáltico. El tamaño máximo del agregado pétreo determina el espesor mínimo con el que ha de extenderse una mezcla que vendría a ser del doble al triple del tamaño máximo.

✓ **Por estructura del agregado pétreo**

- **Mezclas con esqueleto mineral**

Poseen un esqueleto mineral resistente, su componente de resistencia debida al rozamiento interno de los agregados es notable. Ejemplo, las mezclas abiertas y los que genéricamente se denominan concretos asfálticos, aunque también una parte de la resistencia de estos últimos, se debe a la masilla.

- **Mezclas sin esqueleto mineral**

No poseen un esqueleto mineral resistente, la resistencia es debida exclusivamente a la cohesión de la masilla. Ejemplo, los diferentes tipos de masillas asfálticas.

✓ **Por granulometría**

- **Mezclas continuas**

Una cantidad muy distribuida de diferentes tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

- **Mezclas discontinuas:**

Una cantidad muy limitada de tamaños de agregado pétreo en el huso granulométrico.

A continuación, se clasificará a través de una tabla la información:

Tabla 3: Composición química del porcelanato.

| Parámetros de clasificación | Tipo de mezcla |
|-------------------------------------|-----------------------|
| Fracciones de agregados empleadas | Masilla |
| | Mortero |
| | Concreto |
| | Macadam |
| Temperatura de puesta en obra | En frío |
| | En caliente |
| Huecos en la mezcla (h) | Cerrados |
| | Semicerrados |
| | Abiertas |
| | Porosas |
| Tamaño máximo del agregado (t máx.) | Gruesas |
| | Finas |
| Estructura del agregado | Con esqueleto mineral |
| | Sin esqueleto mineral |
| Granulometría | Continuas |
| | Discontinuas |

Fuente: Rodríguez, (2004)

B. Tipos de mezclas asfálticas

Estos se clasifican de manera que se describirán cada uno

✓ **Mezcla de asfalto frío**

Son fabricadas con emulaciones asfálticas como también son aplicadas en la construcción y en la conservación de carreteras secundarias.

Se diferencian por la trabajabilidad tras la fabricación incluso durante la semana y presentan una viscosidad baja debido a la emulación de la rotura lenta, pero son menos usadas durante el proceso de pavimentos de hormigón y son capas de rotura en espesores de unos 4 cm que se consigue que el agua de lluvia caída sobre la calzada puede filtrarse.

✓ **Mezcla porosa o drenante**

Se emplean cuando se presenta de manera de emplea capas de rotura y principalmente circulan rápidamente cuando se fabrican proporciones de 4.5% a 5% n de la masa de agregados pétreos en vías secundarias bajo un pavimento de hormigón.

✓ **Emulsión asfáltica**

Desde el ámbito físico químico, la emulsión es una dispersión considerada más o menos estable de un líquido a otro, siendo no miscibles entre sí pero unidos a un agente de emulsionantes; entonces la emulsión asfáltica es una fina dispersión de partículas de asfalto (fase dispersa) en agua (fase continua) clasificándose con una emulsión del tipo directa puesto que, ambos líquidos se encuentran estables debido a un agente emulsionante que al momento de rodear una gota de asfalto proporciona la repulsión necesaria que conserva la estabilidad del sistema hasta su aplicación en diversos usos Galvan Huamani, (2015)

C. Tipos de emulsiones asfálticas

Para Gómez Huanca, (2017) las emulsiones que se utiliza con mayor frecuencia son los siguientes tipos:

✓ **Emulsión aniónica**

Una emulsión aniónica es aquella cuya polaridad de la emulsión es de carga negativa y descarga en el ánodo ideal; esta se sintetiza en una emulsión cargada negativamente que procura unir elementos cargados positivamente.

✓ **Emulsión catiónica**

Son particular de asfalto cargadas positivamente afinándose a grupos cargados negativamente y de acuerdo al tiempo en que las partículas de asfalto permanezcan separadas hace que se realice una segunda categorización.

✓ **RS (Rapid – setting) emulsiones de rompimiento rápido**

Es utilizado para riegos de liga y carpetas por el sistema de riegos (con excepción de la emulsión conocida como ECR-60), la cual no se debe utilizar en la elaboración de estas últimas.

✓ **MS (Medium – setting): emulsiones de rompimiento medio**

Estas normalmente se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta, especialmente cuando el contenido de finos es menor o igual al

2%, así como en trabajos de conservación tales como bacheos, re nivelaciones y sobre carpetas.

✓ **SS (Slow – setting): emulsiones de rompimiento lento**

Estas se emplean para carpetas de mezcla en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

✓ **QS (Quick – setting): emulsiones de rompimiento controlado**

Estas se utilizan para impregnaciones de sub-bases y/o bases hidráulicas.

✓ **CMS-2 y CMS-2h emulsión de rotura media**

Estas se emplean en la estabilización de materiales y en la recuperación de pavimentos. Según el contenido de asfalto en la emulsión, su tipo y polaridad, las emulsiones asfálticas se clasifican como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 4: Clasificación de las emulsiones asfálticas.

| Clasificación | Contenido de Asfalto (%masa) | Tipo de Rompimiento | Polaridad |
|----------------------|-------------------------------------|----------------------------|------------------|
| EAR-55 | 55 | Rápido | Aniónica |
| EAR-60 | 60 | Rápido | Aniónica |
| EAM-60 | 60 | Medio | Aniónica |
| EAM-65 | 65 | Medio | Aniónica |
| EAM-55 | 55 | Lento | Aniónica |
| EAL-60 | 60 | Lento | Aniónica |
| EAI-60 | 60 | Para Impregnación | Aniónica |
| ECR-60 | 60 | Rápido | Catiónica |
| ECR-65 | 65 | Rápido | Catiónica |
| ECR-70 | 60 | Rápido | Catiónica |
| ECM-65 | 65 | Medio | Catiónica |
| ECL-65 | 65 | Lento | Catiónica |
| ECI-60 | 60 | Para Impregnación | Catiónica |
| ECS-60 | 60 | Sobre-Estabilizada | Catiónica |

Fuente: Rodriguez Talavera, (2001).

D. Fabricación de Emulsiones Asfálticas

El equipo y producción para la fabricación de emulsiones es muy simple y fácil de conseguir en el mercado. El problema está en la formulación de las emulsiones que deben adaptarse a los materiales pétreos. Los requerimientos para la fabricación de las emulsiones asfálticas son sencillos.

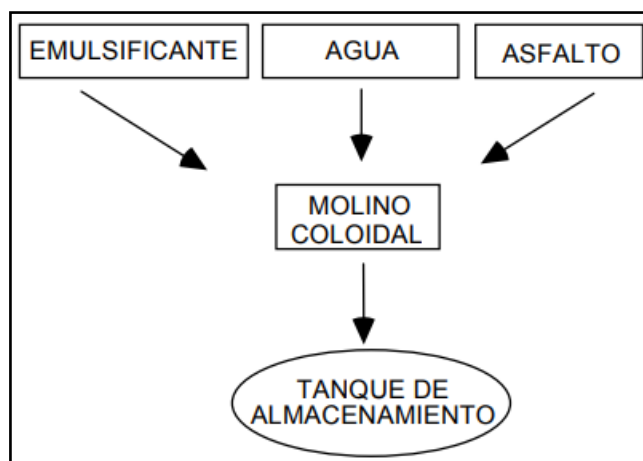


Figura 7: Esquema de fabricación de las emulsiones asfálticas.

Fuente: Rodríguez Talavera, (2001)

2.2.3. Procedimiento de diseño Marshall Modificado

Según Otiniano Arribasplata y Paria Caballero, (2017) el método utilizado con mayor frecuencia en el diseño de mezclas asfálticas es el que se denomina método “Marshall”, el cual originalmente solo es aplicable a mezclas asfálticas calientes que contengan agregados con un tamaño máximo de 1 pulgada o meno. La carencia de algún método para el diseño de mezclas en frío de emulsión asfáltica y agregados ha permitido que se usen numerosos métodos empíricos, las cuales no se conocen cuál de todas ellas es mejor; sin embargo, la mayoría de estas derivan del método ya mencionado (ASTM D 1559 ó AASHTO T 245). De acuerdo a Melian y Miquilena (2011) El procedimiento de diseño de las mezclas asfálticas en frío se compone de dos partes. La primera, está relacionada con el diseño de la mezcla en sí, con la cual de determina la combinación de emulsión y asfalto. La segunda se refiere a la mezcla estructural y la determinación del espesor de cada capa.

Para Otiniano Arribasplata y Paria Caballero, (2017) el diseño de este tipo de mezclas de agregado- emulsión se siguen los siguientes pasos:

- Estudios de los agregados.
- Selección del tipo de emulsión
- Determinación del grado tentativo de asfalto.
- Cálculo de la cantidad de agua (ensayo de recubrimiento y adhesión).
- Cálculo del contenido óptimo de emulsión.

A. Selección y control de calidad de materiales

La evaluación se realiza a través de ensayos de laboratorio de los agregados a utilizar y de la emulsión asfáltica seleccionada.

✓ Según el tamaño de la unidad de muestreo

Este depende de la variabilidad del terreno e intensidad y tipos de suelo.

✓ Número de submuestras

Dependerá del tamaño de muestreo y la intensidad para la cual será utilizado,

✓ Precauciones a tomar cuando se muestrea para análisis de suelos

- Evitar toma muestras de suelos húmedos, lo favorable es esperar entre a 12 hora después de llover.
- Evitar ingerir alimentos, para no contaminar las muestras.
- No muestrear en zonas recién fertilizadas, para trabajar en estos suelos se recomienda esperar entre 3 meses en caso que sea producto químico, si es producto orgánico se tendrá que esperar unos 5 meses.

Tabla 5: Ensayos realizados a las emulsiones.

| Ensayo descrito en AASHTO T59 ASTM D224 | Tipo de N° de especificación | | | | | |
|---|------------------------------|------|------|---------------------------|------|------|
| | Aniónicas | | | Catiónicas | | |
| | AASHTO M140 ASTM D977 | | | AASHTO M208 ASTM D2397 | | |
| | RS | MS | SS | CRS | CMS | CSS |
| Viscosidad saybol furol | X | X | X | X | X | X |
| Sedimentación | X | X | X | X | X | X |
| Estabilidad para almacenamiento | X | X | X | X | X | X |
| Clasificación | ---- | ---- | ---- | X | ---- | ---- |
| Desemulsión | X | ---- | ---- | X | ---- | ---- |
| Recubrimiento y resistencia al agua | ---- | X | ---- | ---- | X | ---- |
| Carga de partículas | ---- | ---- | ---- | X | X | X |
| Mezcla con cemento | ---- | ---- | X | ---- | | X |
| Ensayo de tamiz | X | X | X | X | X | X |
| Destilación | X | X | X | X | X | X |
| Penetración | X | X | X | X | X | X |
| Ductilidad | X | X | X | X | X | X |
| Solubilidad en tricloroetileno | X | X | X | X | X | X |

Fuente: Franco F. E., (2002)

Asimismo, en las mezclas en frío toma mucha importancia el contenido de agua, ya que un alto contenido de agua favorece el mezclado, pero perjudica las propiedades mecánicas de la mezcla, afectando negativamente a la densidad final y a la distribución del ligante respectivamente.

Tabla 6: Rango de valores aptos para las emulsiones.

| Tipo | Rotura lenta | | | |
|---|--------------|----------|----------|------|
| | CSS-1 | | CSS-1h | |
| | min | máx. | min | máx. |
| Viscosidad Saybolt Furol a 25°Cs | 20 | 100 | 20 | 100 |
| Estabilidad de almacenamiento, 24 h, % | | 1 | | 1 |
| Carga de partícula | | positivo | positivo | |
| Prueba de tamiz | - | 0.1 | - | 0.1 |
| Mezcla de cemento, % | | 2 | | 2 |
| % residuo | 57 | | 57 | |
| pruebas sobre el residuo de destilación | | | | |
| Penetración, 25°C, 100g, 5 s | 100 | 250 | 40 | 90 |
| Ductibilidad, 25°C, 5cm/min, cm | 40 | | 40 | |
| Solubilidad en tricloretileno, % | 97.5 | | 97.5 | |

Fuente: Franco F. E., (2002)

2.2.4. Contenido de ligante asfáltico tentativo

A. Método instituto del asfalto

El método busca determinar un porcentaje de asfalto residual por peso de la mezcla, iniciando con la aplicación de una fórmula empírica basada en las características granulométricas del agregado, donde:

$$P = (0.05xA + 0.1xB + 0.5xC) \times 0.7$$

P= Porcentaje por peso de emulsión asfáltica, basado en el peso de agregado seco.

A= Porcentaje de agregado retenido en la malla N°08.

B= Porcentaje de agregado que pasa la malla N°08 y es retenido en la malla N°200.

C= porcentaje de agregado que pasa la malla N°200.

Y con la aplicación de la siguiente fórmula se puede determinar el contenido estimado de asfalto residual

$$CA = \frac{P \times CARE}{100}$$

CARE= Contenido de asfalto residual en la emulsión (%).

CA= Contenido de asfalto residual total por peso de mezcla (%)

Para Galvan Huamani, (2015) el contenido total de agua en la mezcla comprende la suma de los contenidos de agua en la emulsión, humedad natural y agua de pre mezcla. El Contenido de humedad natural, es la relación que existe entre el peso de agua de una muestra del material y el peso sólido del mismo, expresado en porcentaje.

El contenido de agua de premezclado funciona como el medio para que la emulsión pueda recubrir el agregado y puede ser visualizada mediante un ensayo de recubrimiento.

Adicionalmente se calcula el contenido de agua para la compactación. Es necesario optimizar el contenido de agua en la compactación para maximizar las propiedades de la mezcla deseada, debido a que este contenido de agua define las propiedades de densificación de las muestras compactadas.

El cálculo se determina mediante una curva de valores de Estabilidad vs Contenido de Agua de compactación obtenidos al ensayar muestras preparadas con cada contenido de agua de compactación a ser evaluado, donde el valor óptimo es determinado como el punto máximo de la curva. Galvan Huamani (2015).

2.2.5. Definición de Mezcla Abierta en frío

Las mezclas bituminosas abiertas en frío se definen como la combinación de áridos gruesos con una emulsión bituminosa y ocasionalmente algún aditivo que mejore la compatibilidad de árido/ligante. Pueden considerarse, desde el punto de vista medioambiental, “mezclas pro-ecológicas” dado que su fabricación no requiere calentar previamente los componentes, evitando un consumo de energía y emisiones a la atmósfera de gases y humos. Son mezclas almacenables, siendo aconsejable, para conseguir una mejor envuelta y trabajabilidad, hacer acopio de la misma durante unas horas. El extendido y compactación se realizará a temperatura ambiente Asociación técnica de emulsiones bituminosas, (2015).

Este tipo de mezclas, sin finos, nos permite obtener rodaduras muy flexibles y por lo tanto adaptables a las deformaciones de las bases. Su alto porcentaje de huecos confieren a la capa de rodadura una elevada macrotextura lo que se traduce en carreteras muy seguras por su alta resistencia al deslizamiento y con un alto grado de confort por su baja sonoridad. Son mezclas que, por ser pobres en mortero, trabajan por rozamiento interno de los áridos, de ahí su gran flexibilidad y su buen comportamiento a la fatiga Asociación técnica de emulsiones bituminosas, (2015).

La gran proporción de huecos en la mezcla nos permite la utilización de emulsiones bituminosas de rotura media con fluidificantes lo que facilita su mejor manejo durante plazos de tiempos importantes, varias semanas, siempre que permanezcan bien acopiados Asociación técnica de emulsiones bituminosas, (2015).



Figura 8: Mezcla abierta en frío.

Fuente: PROAS betunes CEPSA

A. Materiales constituyentes de una mezcla abierta en frío

Según Asociación técnica de emulsiones bituminosas, (2015). Los componentes básicos de las Mezclas Bituminosas Abiertas en frío son los Áridos y el Ligante Bituminoso. Los Áridos deberán cumplir con unas especificaciones determinadas en cuanto a granulometría, naturaleza, inalterabilidad, angulosidad, forma, resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento y limpieza.

Se adoptan las denominaciones siguientes:

✓ **Árido grueso**

Parte del conjunto de fracciones retenidas en el tamiz 2 mm de la UNE-EN 933-2.

✓ **Árido combinado**

Es el obtenido mezclando las distintas fracciones de los áridos según las proporciones fijadas en la Fórmula de Trabajo.

La bondad o no de la mezcla estará en función de la escrupulosidad con que se cumplan las especificaciones que se exigen a los materiales. Es preciso que los Áridos estén acopiados previamente por tamaños para poder controlar sus características y hacer la composición granulométrica para encajarla dentro del huso exigido en el proyecto.

B. Campo de aplicación de una mezcla abierta en frío

Según la norma española, Asociación técnica de emulsiones bituminosas, (2015). Es una de las técnicas más versátiles que pueden ser utilizadas en nuestras carreteras, principalmente para tráfico, son mezclas que trabajan por rozamiento interno siendo sus principales aplicaciones las siguientes:

✓ **Capas de rodadura**

Durante muchos años estas mezclas cubrieron gran parte de nuestras carreteras con tráfico T4, T3 e incluso T2. Actualmente su utilización es mayoritariamente para tráfico T3 y T4, sin embargo, una correcta selección de áridos limpios que cumplan con las especificaciones de calidad (CPA, D.A., lajas, etc.) y la utilización de emulsiones modificadas de betún modificado con polímeros nos permitiría su uso en carreteras con tráfico superior con total garantía. Su gran flexibilidad para adaptarse a las deformaciones de la capa subyacente hace que sean muy recomendable en pavimentos con base deformables en lugar de la utilización de mezclas en caliente que romperían al paso del tráfico pesado por su mayor rigidez.

Su utilización en autopistas (Sevilla-Cádiz) como rodadura drenante ha tenido un comportamiento similar al de las rodaduras drenantes fabricadas

en caliente, siempre que se utilicen emulsiones modificadas como ligante. Así mismo, la conservación de las mezclas drenantes en caliente puede realizarse con mezclas bituminosas abiertas en frío (técnica semi-caliente) como se ha podido comprobar en la autopista Santiago-Coruña.

✓ **Capa intermedia**

En firmes de nueva construcción podrían utilizarse mezclas abiertas en frío bien para cubrir con otra mezcla abierta más fina en rodadura, o bien con un microaglomerado en frío. En este caso es necesario dejar un tiempo conveniente para facilitar la evaporación de los fluidificantes de la mezcla antes de la aplicación del microaglomerado en frío.

✓ **Antifisuras**

Por su gran contenido en huecos y previa impermeabilización de la base, la extensión de una capa de 6 cm de mezcla asfáltica abierta en frío retrasa la aparición de fisuras en superficie. Sobre ella podría colocarse una mezcla en caliente.

✓ **Bacheos**

Es una de las operaciones de la conservación ordinaria con la que pretendemos subsanar pequeños deterioros en el inicio de su aparición, para evitar una mayor degradación. Con las mezclas bituminosas abiertas en frío se puede reparar cualquier bache de pavimentos flexibles e incluso se han llegado a reparar coqueras aparecidas en los firmes.

2.3. Marco conceptual

Las bases conceptuales que a continuación se detallan son recopiladas del “**Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vías del Ministerio de Transportes y Comunicaciones**” (2008), a continuación, se detalla:

a) Agregado

Material granular de composición mineralógica como arena, grava, escoria, o roca triturada, usado para ser mezclado en diferentes tamaños.

b) Análisis granulométrico o mecánico

Procedimiento para determinar la granulometría de un material ó la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños.

c) Asfalto

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo.

d) Base

Capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una subbase o de la subrasante y la capa de rodadura.

e) Bitumen

Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas.

f) Emulsificante

Sustancia que modifica la tensión superficial de gotas microscópicas (coloidales).

g) Filler

Material proveniente por lo general de la caliza pulverizada, polvos de roca, cal hidratada, cemento Pórtland, y de depósitos naturales de material fino.

h) Impermeabilidad

Capacidad de un pavimento asfáltico de resistir el paso de aire y agua dentro o a través del mismo.

i) Imprimación

Aplicación de un material bituminoso, de baja viscosidad, para recubrir y aglutinar las partículas minerales, previamente a la colocación de una capa de mezcla asfáltica.

j) Viscosidad

Medida de la resistencia al flujo. Es un método usado para medir la consistencia del asfalto.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La aplicación de mezclas abiertas en frío produce cambios significativos en el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

3.1.2. Hipótesis específico

- a) La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.
- b) La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.
- c) La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de variables

a) Variable independiente (X)

Mezclas abiertas en frío

Según la consideración de Matos & Chambilla (2010), las mezclas abiertas en frío son combinaciones de áridos gruesos con emulsiones bituminosa que permite obtener rodaduras con mayor flexibilidad y adaptable a deformaciones asimismo son consideradas como mezclas pro – ecológicas que al ser fabricada no se requiere de calentar ni de servicio energético.

b) Variable dependiente (Y)

Superficie de rodadura

Según la consideración Perez & Lemus (2019), la superficie de rodadura del pavimento es aquel que soporta directamente las cargas del tráfico y los esfuerzos tangenciales, sin presentar desnivelaciones ni ondulaciones, tanto en sentido transversal como longitudinal.

3.2.2. Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Mezclas abiertas en frío

Las mezclas abiertas en frío se operacionalizan a través de sus dimensiones que es: Mezcla asfáltica, recubrimiento y cobertura y cada una de sus dimensiones tienen sus indicadores.

b) Variable Dependiente (Y)

Superficie de rodadura

La superficie de rodadura se operacionaliza a través de sus dimensiones que es: Textura, índice de rugosidad, deflexión y cada una de las dimensiones tienen sus indicadores.

3.2.3. Operacionalización de variables

Tabla 7: Operacionalización de variables.

| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO | ESCALA |
|--|---|--|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------|
| 1: Variable Independiente Mezclas abiertas en frio | Según la consideración de Matos & Chambilla (2010) las mezclas abiertas en frio son combinaciones de áridos gruesos con emulsiones bituminosa que permite obtener rodaduras con mayor flexibilidad y adaptable a deformaciones asimismo son consideradas como mezclas pro – ecológicas que al ser fabricada no se requiere de calentar ni de servicio energético. | Las mezclas abiertas en frio se operacionalizan a través de sus dimensiones que es: Mezcla asfáltica, recubrimiento y cobertura y cada una de sus dimensiones tienen sus indicadores | Mezcla asfáltica | Estabilidad | Ensayo de laboratorio | Razón |
| | | | | Vacíos de aire | | |
| Total, de vacíos | | | | | | |
| V.M. A | | | | | | |
| | | | Recubrimiento de cobertura | Cantidad de agua añadida | Ensayo de laboratorio | Razón |
| 2: Variable Dependiente Superficie de rodadura | Según la consideración Perez & Lemus (2019) la superficie de rodadura del pavimento es aquel que soporta directamente las cargas del tráfico y los esfuerzos tangenciales, sin presentar desnivelaciones ni ondulaciones, tanto en sentido transversal como longitudinal. | La superficie de rodadura se operacionaliza a través de sus dimensiones que es: Textura, índice de rugosidad, deflexión y cada una de las dimensiones tienen sus indicadores. | Textura | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | | | Índice de Rugosidad | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | | | Deflexión | Carril izquierdo Carril derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

En base a la consideración de investigación Ccanto (2010), el método de investigación científica rechaza o elimina todo procedimiento que busque manipular la realidad en forma caprichosa, tratando de imponer prejuicios, creencias o deseos que no se ajusten a un control adecuado de la realidad y de los problemas que se investigan.

En base a las consideraciones del párrafo anterior en la presente investigación se aplica el *método científico*, de modo que se tiene como finalidad comprobar el planteamiento de nuestra hipótesis.

4.2. Tipo de investigación

Del Cid & Sandoval (2007), define a la investigación aplicada como una investigación que pretende resolver problemas prácticos con el propósito de cambio y más aún será de instrumento para la toma de decisiones en la sociedad, en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, bajo el control del experimentador.

Según estas consideraciones en la presente investigación se aplica el tipo de *investigación aplicada*, por lo que se utilizó la teoría y el conocimiento existente de los de la mezcla abiertas en frío sobre como esto afecta en el comportamiento de la capa de rodadura.

4.3. Nivel de investigación

Según la consideración de Hernández & Fernández & Baptista (2010) la investigación explicativo están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o faciales, su interés es centrarse en porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relaciona dos o más variables

En base a las consideraciones del párrafo anterior la investigación *es explicativo* la cual mide, describe y analiza el comportamiento de las mezclas abiertas en frío en la capa de rodadura del pavimento puesto que se busca explicar que suceden con las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en frío al someter una carga.

4.4. Diseño de investigación

Según la consideración de Hernández y Fernández (2010) el diseño experimental “es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación deliberada por parte del investigador de las variables”

En base a las consideraciones mencionadas el diseño de investigación es *experimental*, en vista que se manipulan de manera deliberada la variable independiente con la finalidad de evaluar y analizar la variación que produce las mezclas abiertas en frío en la resistencia mecánica de la capa de rodadura.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población para la presente investigación corresponde a los especímenes de mezclas abiertas en frío con emulsión asfáltica de rotura media.

4.5.2. Muestra

La muestra es de tipo no probabilístico intencional o dirigido, en este caso la muestra corresponde a los especímenes elaborados en laboratorio, cuyo detalle es el siguiente:

- 3 diseños de Marshall modificado con 15 briquetas cada diseño para ver su estabilidad, flujo e índice de rigidez.
- Tramo de 500 metros de prueba para analizar la rugosidad, deflexión de la superficie de rodadura.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Chávez, (2008) se define como una técnica de recolección de datos que permite acumular y sistematizar información sobre un hecho o fenómeno social que tiene relación con el problema que motiva a la investigación.

La observación tiene la ventaja de facilitar la obtención de datos lo más próximos a como estos ocurren en la realidad; pero, esto tiene la desventaja de que los datos obtenidos se refieren solo a un aspecto del fenómeno observado.

4.6.1. Técnicas

Según Vásquez Vélez, (2011) las técnicas, son los medios empleados para recolectar información, entre las que destacan la observación, cuestionario, entrevistas, encuestas, entre otros.

4.6.2. Instrumentos

Según Vásquez Vélez, (2011), “define como una ayuda o una serie de elementos que el investigador construye con la finalidad de obtener información, facilitando así la medición de los mismos”.

En la presente investigación se aplicará como instrumento una ficha técnica.

4.7. Técnica de procesamiento y análisis de datos

Según Giraldo Huertas (2016), manifiesta que: El procesamiento de la información tiene como fin generar datos agrupados y ordenados que faciliten al investigador el análisis de la información según los objetivos, hipótesis y preguntas de la investigación construidas.

Para el análisis de los datos se utilizará la siguiente técnica de investigación: Se trabajará cuadros y figuras estadísticas. - Las figuras y cuadros servirán para presentar en forma

ordenada el análisis de las variables. Se usarán los siguientes softwares spss - 23, Excel, que permitirán procesar datos obtenidos con los instrumentos de recolección.

4.7.1. Procesamiento de la información

4.7.1.1. Análisis granulométrico agregados grueso y finos (MTC E204)

a) Equipos y materiales

- Balanzas
- Agregado fino y grueso
- Estufa
- Tamices

b) Procedimiento

- Escoger la serie de tamices de dimensiones correctas para poder realizar con las delimitaciones de la muestra a usarla, además colocar los tamices de manera descendente, de acuerdo a la dimensión de abertura, y ubicar el material por el tamiz superior. Determinar el tamizado de manera natural o a través del tamizador mecánico, a lo largo del tiempo correcto.
- La cantidad de la muestra debe limitarse en el tamiz correcto, de tal manera que todos los desechos o partículas lleguen a tener la forma de llegar a las aberturas del tamiz muchas veces a lo largo del proceso del tamizado.
- La porción que queda en los tamices que son menores a 4.75 mm cuando se complete el proceso del tamizado, por lo que debe ser menor de 7 kg/m² de un área tamizada. Para los tamices de 4.75 mm, la porción que se retiene en kg por el área tamizada será mínima al producto de 2.5 c abertura del tamiz.
- No deja u ocasionar que la sobrecarga del material por encima del tamiz individual se ubica el tamiz que se le adiciona con la abertura entre el tamiz que va a llegar a ser sobrecargado y el tamiz de manera rápida será superior en la colocación de los tamices, dividiendo el material en 2 o más porciones.

- A continuación el tamizado por un tiempo exacto, se basa en que de tal manera no sea mayor al 1% de la porción del peso retenido en cada tamiz; sostener de manera individual cada tamiz con su tapa y un fondo ajustado, golpear el filo del tamiz, con el desplazamiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, que presenta relación de 150 veces por min, girando el tamiz con un aproximado de 1/6 de vuelta en el rango de 25 golpes, se tiene en cuenta la satisfacción al tamiz para dimensiones máximas al tamiz de 4.75 mm.
- En la mezcla de áridos gruesos y finos, la cantidad del material más fino que el tamiz N.º 4 llega a dividirse entre 2 o más tamices particulares.
- Para los fragmentos que pasan de 3", el tamizado se llega a realizar a mano, calculando la grieta del tamiz lo más mínimo por el que pasa la partícula. Se inicia la prueba con el tamiz de la mínima abertura a ser aplicado, se gira las partículas que es fundamental, llegando a calcular si pasan mediante el tamiz.
- Calcular el peso del material que se retiene en el tamiz, y en una balanza realizar el peso cumplido con la norma. El peso de la muestra luego del tamizado, tiene que ser comprobado con el peso original del material a prueba, si las porciones varían más del 0.3% del peso seco original del material, los valores obtenidos no serán aplicados ni aceptados.
- En el material que se ensaya por el método mencionado en MTC E 202, se le agrega el peso de la muestra más el fino que la malla Nª 200 calculando por el método del tamizado seco.

4.7.1.2. Ensayo de abrasión los ángeles (MTC E207)

Este método es una mediada de degradación de agregados minerales las cuales consideran a la abrasión o desgaste, impacto o trituración en un tambor de acero en rotación en la que presenta un número de esferas de aceros específicas en la que dependen de la gradación de la muestra. Luego de un N° de revelaciones nombrado por el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir el % de abrasión.

a) Procedimiento

- Colocar la muestra en la máquina de los ángeles junto a las esferas de metal y voltearla a una velocidad de 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- Luego descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz N°12.
- Tamizar la muestra más fina pase la malla 1.70 mm conforme con el método mencionado en el MTC E 204.
- Lavar el material más grueso y secar en el horno a 110 +/- 5°C y pesar la muestra.
- Si el material libre de revestimiento y polvo se puede evitar el lavado.

4.7.1.3. Ensayo de Partículas chatas y alargadas en agregados (MTC E223)

a) Equipos y materiales

- Dispositivo calibrador proporcional
- Balanza

b) Procedimiento

- Determinación por peso, secar la muestra del horno a temperatura 110 +/- 5C.
- Tamizar la muestra conforme a lo especificado a la MTC E 205, en la que reduce cada fracción mayor a 9.5 mm o 4.75 si es el

requerido, donde el 10% o más del peso original esta conforme a la MTC 201, hasta obtener 100 partículas.

- Finalmente ensayar cada partícula de cada fracción de medición al ubicarlas en uno de los tres grupos que son las chatas, alargadas y ni chatas ni alargadas. Emplear el calibre detallado en el anexo B como sigue:
 - Ensayo de partículas chatas: Ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste, el ancho de partículas,
 - Ensayo de partícula alargada: Ajustar la abertura mayor a la distancia de la partícula.

4.7.1.4. Ensayo para la determinación del porcentaje de partículas fracturadas en el agregado grueso (MTC E210)

a) Equipos y materiales

- Balanzas
- Tamices
- Separador o cuarteador
- Espátula

b) Procedimiento

- Secar la muestra lo necesario para tener una división clara entre el material fino y grueso en la operación del tamizado, tamizar la muestra por la malla N°4 u otra malla especificada para retener el material para este ensayo, según el Método de Ensayo ASTM C 136 y después disminuir la parte de retención sobre la malla aplicando un cuarteador según con la Práctica MTC E 103 hasta el tamaño apropiado para ensayo.
- La masa de la muestra de la prueba debe ser lo suficiente grande de tal manera que mola molécula más grande no esté en más del 1% de la masa de muestra; o la muestra de ensayo debe ser al menos tan grande como se indica a continuación, en ningún caso más pequeño:

Tabla 8: Muestra de ensayo.

| TMN Muestra de ensayo mínimo mm | Abertura cuadrada mm, masa y g. |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 3/8" | 0.5 |
| 1/2" | 1 |
| 3/4" | 3 |
| 1" | 6.5 |
| 1 1/2" | 16.5 |
| 2" | 33 |
| 2 1/2" | 66 |
| 3" | 132 |
| 3 1/2" | 198 |

Fuente: Elaboración propia.

- Para los áridos con la dimensión máxima nominal es de 19.0 mm donde el contenido de partícula fracturada será analizado para la materia retenida en el tamiz 4,75 mm o uno menor, la muestra de ensayo debe ser separada por el tamiz 9,5 mm. La parte pasante la malla 9,5 mm puede luego ser posteriormente reducida, de acuerdo con la MTC E 103, hasta un mínimo de 200 g. Esto reducirá el número de partículas a ser separadas durante el procedimiento.

4.7.1.5. Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio (MTC E209)

a) Equipos y materiales

- Tamices
- Envases
- Regulación de la temperatura
- Balanzas
- Horno de secado
- Medida del peso específico
- Reactiva

b) Procedimiento

- Inmersión de las muestras en la solución: Se introducirán las muestras en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de una manera tal, que la solución las cubra a una profundidad de por lo menos 1,5 cm.

- Secado de las muestras después de la inmersión. Luego del tiempo de inmersión se saca la muestra de árido de la solución, se deja escurrir durante 15 min \pm 5 min y se coloca en el horno de secar. Previamente, se llevará la temperatura del horno a 105°C ó 110°C.
- Durante el período de secado, se sacan las muestras del horno y se pesan, sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 h Se puede considerar que se ha alcanzado el peso constante cuando dos pesadas sucesivas para cualquier muestra, realizadas como se describe arriba difieran en menos del 1% del peso de la muestra en 4 h de secado.
- Número de ciclos: Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.

4.7.1.6. Ensayos de Marshall (MTC E 504)

a) Equipos y materiales

- Balanza de precisión
- Tamices, NTP 350.001
- Agregado fino y grueso
- Horno
- Bandejas
- Brocha

b) Procedimiento para evaluación del método Marshall

En el método Marshall, cada espécimen compactado, debe ser evaluado y analizado a través de:

- Determinación de altura del espécimen.
- Determinación de la gravedad específica Bulk.
- Análisis de densidad y vacíos.
- Prueba de estabilidad y flujo.

4.7.1.7. Viga Benkelman

Es aquel punto de pavimento a ser ensayado debe ser indicado por la línea transversa por encima de la línea que será ubicada a tal centro de la prueba a una longitud del extremo. La rueda dual externa del camión se ubicó por encima del punto selecto, por lo que este se ubicó en la parte de atrás del camión y así logrando desplazar si se hace coincidir guía de manera vertical con la línea transversal de modo que quede entre las llantas de la rueda dual. Después se ubica la viga por encima del pavimento atrás del camión perpendicularmente al eje de carga de modo que la punta del ensayo del primer brazo coincide con el punto de ensayo y a la viga no se topó contra las llantas de la rueda dual.

4.7.1.8. IRI

a) Equipos y materiales

- Nivel y mira topográfica.
- Dipstick.
- Perfilógrafos.
- Perfilómetro inercial

b) Procedimiento para evaluación del método Marshall

- Antes de iniciar con el trabajo de campo lo primordial es realizar la comprobación del equipo que se encuentre bien calibrado para realizar el cálculo del rugosímetro en un área plana.
- Luego para la realización de la prueba de ensayo se necesita dos operadores que realicen conjuntamente con el equipo y desarrolla las lecturas de un auxiliar y comprobar las lecturas.
- Además, se debe escoger un trecho de aproximadamente 400 m de distancia por encima del carril determinado de una vía.
- Para calcular los resultados de rugosidad se llegan a determinar las 200 observaciones de irregularidades que se detalla en el pavimento cada una de las que son destacadas por el patín móvil del Merlín.

4.7.2. Técnicas y análisis de datos

Corresponde al análisis univariado en el que se utiliza la desviación estándar rango y promedio de cada una de las dimensiones planteados en base a los objetivos específicos por que se realiza la prueba de normalidad por el que se utilizara un nivel de significancia del 0.05 para dar validez al 95% a los valores experimentales obtenidos en la investigación.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

En la presente investigación se salvaguarda la seguridad de los investigadores usados como antecedentes del problema, no se realizó ninguna modificación en ningún área del ambiente que perjudique al ambiente. De la misma forma no se transgredió la propiedad de los derechos de los autores mencionados en la investigación, en este contexto la propiedad intelectual este escrito propiamente puesto que abarca los derechos de propiedad de la obra del autor.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

El diseño tecnológico presenta el sentido y carácter que sigue el proyecto, en la que se contemplan varias etapas para el desarrollo, garantizando un éxito del mismo.

- Planeamiento del proyecto: En esta etapa se llega a detectar la necesidad definiendo un problema y un objetivo.
- La búsqueda y la selección de la información: Inicia de la recolección de la información para el desarrollo de la investigación como el proceso de obtención de muestra.
- El desarrollo de la solución: Se persiguió el objetivo, mediante ensayos en laboratorio, identificando así un comportamiento variable en las muestras estudiadas.
- Proceso de producción e implementación de la solución: Se identifico una variación en las propiedades del asfalto en frio.

5.2. Descripción de resultados

5.2.1. Análisis granulométrico de los agregados

En el análisis granulométrico por tamizado de los agregados, se realizó con la granulometría de la arena y de la piedra chancada cuyo proceso consiste en promediar los resultados máximos y mínimos de la granulometría, además de

indicar la desviación estándar, varianza y finalmente el coeficiente de variación como parámetros de análisis para determinar la dispersión de los datos, así como se especifica en las tablas 9 y 10.

Tabla 9: Granulometría de la arena.

| TAMIZ | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Promedio | 100 | 100 | 100 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 |
| Máximo | 100 | 100 | 100 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 |
| Mínimo | 100 | 100 | 100 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 |
| Desv. Estándar | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Varianza | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Coefficiente Variación | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Granulometría de la piedra chancada de 1/2.

| TAMIZ | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N°4 | N°8 | N°10 | N°16 | N°30 | N°40 | N°50 | N°80 | N°100 | N°200 |
|------------------------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Promedio | 100 | 62.6 | 35.9 | 6.30 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| Máximo | 100 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| Mínimo | 100 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 |
| Desv. Estándar | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Varianza | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Coefficiente Variación | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Caracterización del material por combinación de agregados.

En la caracterización del agregado grueso se realizó los ensayos de durabilidad al sulfato de magnesio, abrasión de los ángeles, caras fracturadas, chatas y alargadas, cuyos resultados se muestra a continuación.

Tabla 11: Caracterización del agregado grueso.

| CARACTERISTICAS | RESULTADO | Especificación de la norma técnica |
|------------------------------------|-----------|------------------------------------|
| Durabilidad al sulfato de magnesio | 2.99 | 18% máx. |
| Abrasión de los ángeles | 18.00 | 35% máx. |
| Caras fracturadas (Una) | 99.0 | 85% min. |
| Caras fracturadas (Dos) | 100.0 | 60% min |
| Partículas chatas y alargadas | 5.40 | 10% máx. |

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla anterior en el ensayo de durabilidad al sulfato de magnesio se obtuvo 2.99% por ello se afirma que cumple con el requerimiento de la norma cuya especificación es 18% máximo, en el ensayo de abrasión de los ángulos como resultado obtenido fue 18.00%, por ello se encuentra dentro del parámetro del requerimiento de la norma, puesto que según esta se requiere que el valor sea 35% como máximo, en el ensayo de partículas chatas y alargadas el resultado obtenido fue 5.40%, lo que se encuentra dentro del parámetro del requerimiento de la norma ya que según esta se pide que debe tener 10% máximo.

5.2.3. Granulometría por combinación de los agregados

Tabla 12: Granulometría del agregado de materiales combinados.

| Tamiz | Porcentaje | | | Especificación MAF-2 |
|-------|------------|-----------|----------|-------------------------|
| | Retenido | Acumulado | Que pasa | |
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 | 100 |
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 | 95 -100 |
| 1/2" | 36.6 | 36.6 | 63.4 | |
| 3/8" | 25.8 | 62.6 | 37.5 | 20 - 55 |
| Nº4 | 29.4 | 91.9 | 8.1 | 0 - 10 |
| Nº8 | 3.6 | 95.5 | 4.5 | 0 - 5 |
| Nº10 | 0.2 | 95.7 | 4.3 | |
| Nº30 | 0.3 | 97.4 | 2.6 | |
| Nº40 | 0.2 | 97.7 | 2.3 | |
| Nº50 | 0.1 | 97.8 | 2.2 | |
| Nº80 | 0.1 | 97.9 | 2.1 | |
| Nº100 | 0.2 | 98.1 | 1.9 | |
| Nº200 | 0.0 | 98.1 | 1.9 | 0 - 2 |
| <200 | 1.9 | 100 | | |

Fuente: Elaboración propia

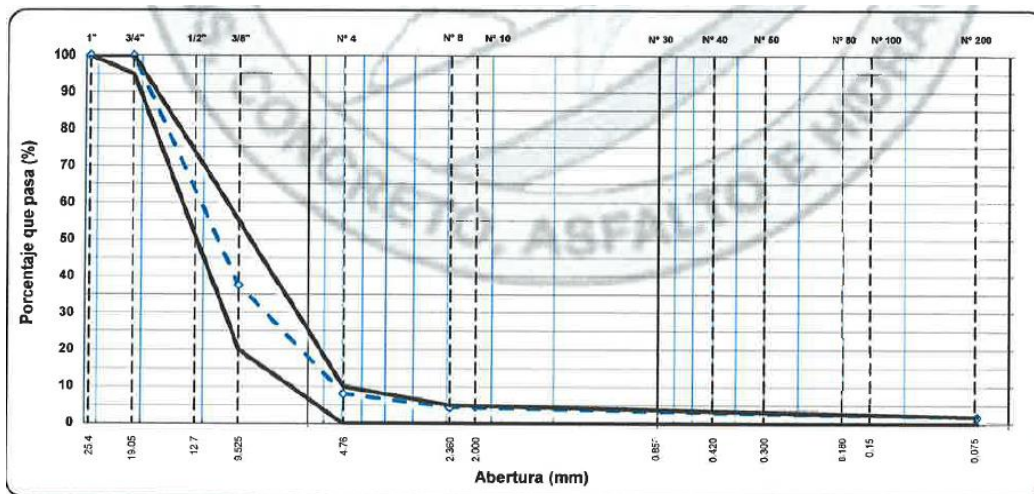


Figura 9: Curva granulométrica de los materiales combinados.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se evidencia la combinación granulométrica de los agregados, se afirma que cumple con los requerimientos del uso MAF-2 (para mezcla abierta en frío) en conformidad a la normativa EG-2013, puesto que en la malla N°4 el porcentaje que pasa se encuentra dentro del rango de 0% – 10% cuyo resultado es 8.1%, en la malla N°8 se encuentra dentro del rango de 0% – 5% cuyo resultado es 4.5%, en la malla N°200 se encuentra dentro del rango de 0% - 2% cuyo resultado es 1.9%, esto evidencia que el agregado propuesto es granulométricamente apto para la realización del diseño de mezcla abiertas en frío.

5.2.4. Diseño de la mezcla asfáltica abiertas en frío

Para la mezcla asfáltica en frío se realizó probetas cilíndricas con el objetivo de ver la medición de la resistencia a la deformación plástica de las probetas cilíndricas.

Tabla 13: Mezcla asfáltica.

| Materiales agregados | Cantidad | | |
|---|-----------------|-------|-------|
| Agregado Grava Triturada 1/2" | 98.00% | | |
| Agregado Arena Triturada | 2.00% | | |
| Filler | 2.00% | | |
| Tipo de emulsión asfáltica | CMS-2H | | |
| % óptimo de emulsión asfáltica | 9.7 | | |
| % óptimo de asfalto residual | 5.8 | | |
| % de humedad natural | 0.0 | | |
| % de agua en la emulsión | 2.2 | | |
| % de agua de pre-mezcla | 0.0 | | |
| % de agua total en la mezcla | 2.2 | | |
| % de agua de compactación | 0.0 | | |
| Características | Datos | | |
| % Óptimo de emulsión asfáltica (% en peso de los agregados) | 5.7 | 6.2 | 6.6 |
| Asfalto residual óptimo (% en peso de los agregados) | 3.7 | 4 | 4.3 |
| Densidad seca BULK (g/cm ³) | 2.295 | 2.302 | 2.31 |
| Estabilidad Modificada seca (kg), (22.2°C) | 501.6 | 519.6 | 629.1 |
| Estabilidad Modificada húmeda (kg), (22.2°C) | 328.6 | 361.8 | 397 |
| Cambio de estabilidad (%) | 32 | 28.2 | 23.6 |
| Vacíos totales (%) | 6.5 | 5.8 | 5.1 |
| Humedad absorbida (%) | 2.2 | 1.9 | 1.5 |
| Recubrimiento (%) | 100 | | |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13, se observa los resultados del diseño de la mezcla asfáltica abierta en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, a

continuación, se evalúa con el porcentaje de cemento asfáltico residual, la pérdida de estabilidad, máximo total de vacíos, vacíos de aire y V.M.A.

a) Evaluación de pérdida por estabilidad

Tabla 14: Mezcla asfáltica.

| Cemento asfáltico residual | Perdida de estabilidad (%) | % de variación |
|----------------------------|----------------------------|----------------|
| C.A.R. 2.7% | 33.1 | -0.18 |
| C.A.R. 3.3% | 46.1 | -0.65 |
| C.A.R. 3.7% | 29.3 | -0.05 |
| C.A.R. 4.2% | 17.9 | 0.36 |
| C.A.R. 4.7% | 18.8 | 0.33 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 y figura 10, como indica la línea de tendencia, se observa que la pérdida de estabilidad con el 3.3% de C.A.R es mayor con un 0.65% con valor de 46.1, con el 2.7% de C.A.R es mayor con 0.18% con valor de 33.1, con el 3.7% de C.A.R el valor de estabilidad nos dio 29.3 con porcentaje de variación de 0.05% con el 4.2% de C.A.R el valor de estabilidad nos dio 17.9 con porcentaje de variación de -0.36, con el 4.7% de C.A.R el valor de estabilidad nos dio 18.8 con un porcentaje de variación de -0.33%.

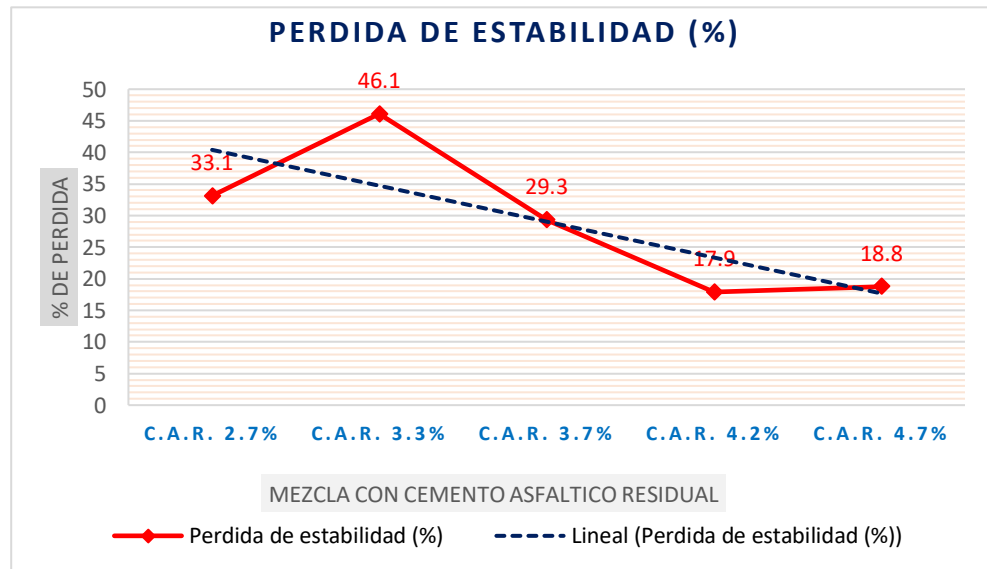


Figura 10: Variación de Perdida de estabilidad con diferentes porcentajes de C.A.R.

Fuente: Elaboración propia

b) Evaluación de máximo total de vacíos

Tabla 15: Resultados de máximo total de vacíos.

| Cemento asfáltico residual | Máximo total de vacíos (%) | % de variación |
|----------------------------|----------------------------|----------------|
| C.A.R. 2.7% | 9.3 | 0.60 |
| C.A.R. 3.3% | 8.1 | 0.40 |
| C.A.R. 3.7% | 6.2 | 0.07 |
| C.A.R. 4.2% | 5.3 | -0.09 |
| C.A.R. 4.7% | 4.2 | -0.28 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 y figura 11, como indica la línea de tendencia, se observa que el máximo total de vacíos con el 2.7% de C.A.R es mayor con un porcentaje de variación de 0.60% con valor de 9.3, con el 3.3% de C.A.R el valor máximo total de vacíos es mayor con un porcentaje de variación de 0.40% con valor de 8.1, con el 3.7% de C.A.R el valor máximo total de vacíos nos dio 6.2 con porcentaje de variación de 0.07% con el 4.2% de C.A.R el valor de máximo total de vacíos nos dio 5.3 con porcentaje de variación de -0.09, con el 4.7% de C.A.R el valor de máximo total de vacíos nos dio 4.2 con un porcentaje de variación de -0.28%.

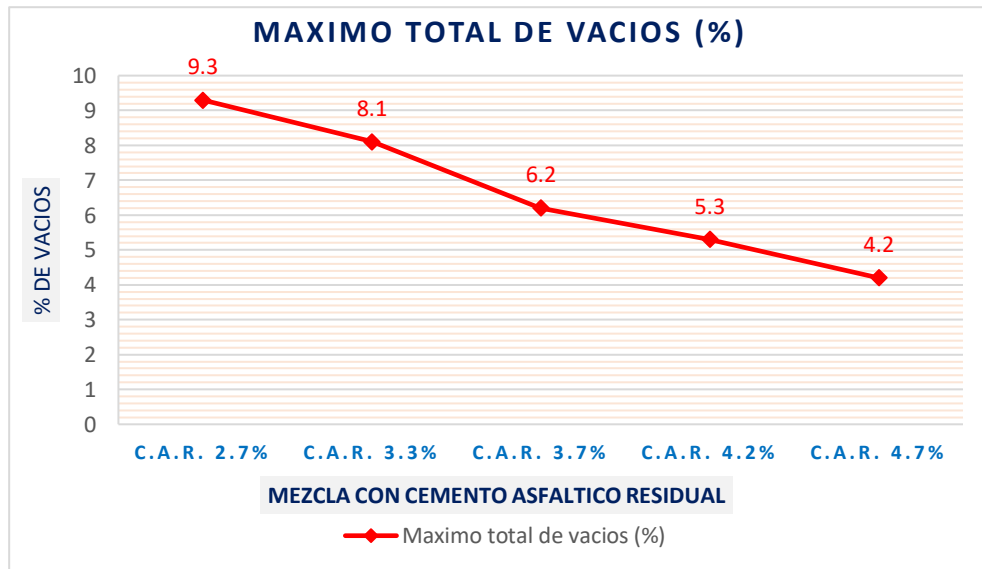


Figura 11. Variación de máximo total de vacíos con diferentes porcentajes de C.A.R.

Fuente: Elaboración propia

c) Evaluación de vacíos de aire

Tabla 16: Vacíos de aire.

| Cemento asfáltico residual | Vacíos de aire (%) |
|----------------------------|--------------------|
| C.A.R. 2.7% | 6.4 |
| C.A.R. 3.3% | 5.4 |
| C.A.R. 3.7% | 3.2 |
| C.A.R. 4.2% | 1.8 |
| C.A.R. 4.7% | 0.7 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 y figura 12, como indica la línea de tendencia elaborada con los datos recopilados, se observa que los vacíos de aire con el 2.7% de C.A.R es el mayor con valor igual a 6.4%, con el 3.3% de C.A.R los vacíos de aire reduce cuyo valor es igual a 5.4%, con el 3.7% de C.A.R el valor de vacíos de aire reduce hasta 3.2%, con el 4.2% de C.A.R el valor de vacíos de aire reduce hasta 1.8%, con el 4.7% de C.A.R el valor de vacíos de aire reduce hasta 0.7%.

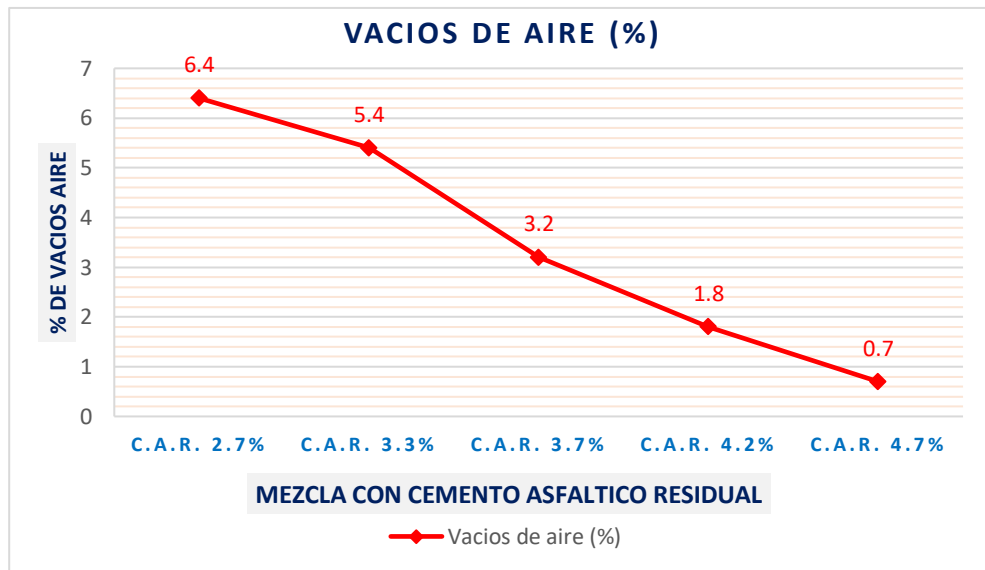


Figura 12. Variación de Perdida de estabilidad con diferentes porcentajes de C.A.R.

Fuente: Elaboración propia

d) V.M.A

Tabla 17: Evaluación de V.M.A.

| Cemento asfáltico residual | V.M.A. (%) |
|----------------------------|------------|
| C.A.R. 2.7% | 6.7 |
| C.A.R. 3.3% | 15.2 |
| C.A.R. 3.7% | 14.3 |
| C.A.R. 4.7% | 7.7 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17 y figura 13, como indica la línea de tendencia, se observa que los vacíos de aire con el 2.7% de C.A.R. el valor de V.M.A. es menor con valor de 6.7, mientras que con el 3.3% de C.A.R. el valor de V.M.A. es mayor con valor de 15.2, con 3.7% de C.A.R. el valor de V.M.A. es mayor con valor de 14.3, con 4.7% de C.A.R. el valor de V.M.A. es menor con valor de 7.7.

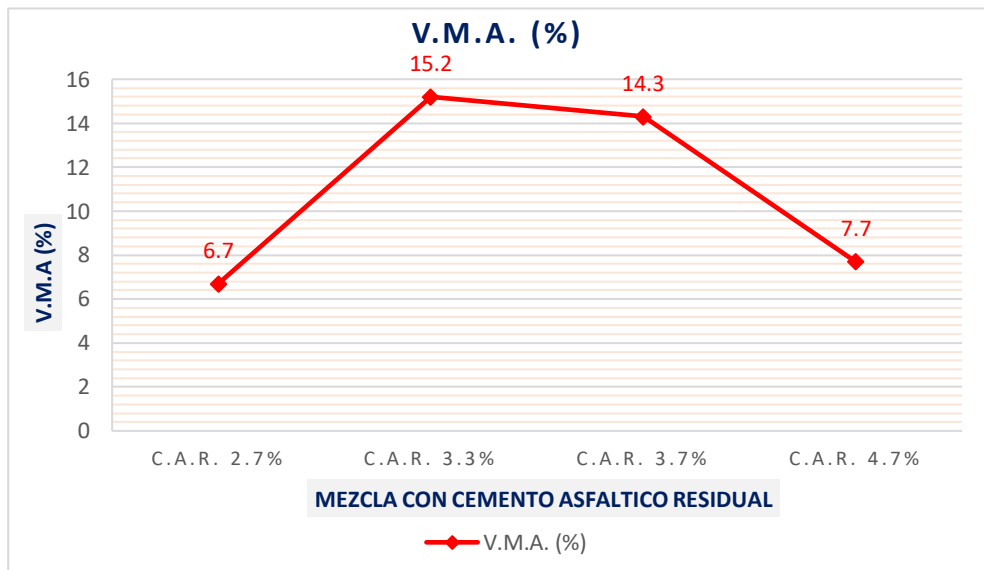


Figura 13. Variación de resultados de V.M.A con diferentes porcentajes de C.A.R.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se afirma que la mezcla es idónea con el 2.70% de asfalto residual (C.A.R.) por lo que se produce menor pérdida por estabilidad, máximo total de vacíos, vacíos de aire y finalmente menor V.M.A.

Tabla 18: Recubrimiento y cobertura.

| Muestra | Asfalto residual | Emulsión (%) | Agua añadida | | Cobertura (%) | Cobertura (%) | Observación |
|---------|------------------|--------------|--------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| | (%) | | (%) | (gr) | 10 min | 2hr | |
| M-1 | 2.7 | 4.2 | 0.0 | 0.00 | 100 | 100 | Saturado |
| M-2 | 2.7 | 4.2 | 0.5 | 5.70 | 100 | 98 | Óptimo |
| M-3 | 2.7 | 4.2 | 1.0 | 11.50 | 95 | 75 | No recubre |
| M-4 | 2.7 | 4.2 | 2.0 | 23.00 | 60 | 40 | No recubre |

Fuente: Elaboración propia

En la presente investigación se observa, el agua añadida en una cantidad de 5.70 gr es idóneo para lograr un buen recubrimiento de materiales con el asfalto, asimismo se observó que con el 11.50 gr y 23.00 gr no se logra en buen recubrimiento debido a que el asfalto obtenido fue más fluido con mayor cantidad de agua.

5.3. Objetivo específico 1

5.3.1. Determinación de la textura de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío.

El ensayo del círculo de arena nos dio a conocer la macro textura de la capa de rodadura al aplicar las mezclas abiertas en frío en la superficie de rodadura, en base a ello se definió si va permitir un mejor contacto o no, entre el neumático de los vehículos y la superficie de rodadura, el tipo de Emulsión Asfáltica CMS - 2H.

Tabla 19: Resultados de textura de la superficie de rodadura, lado derecho.

| Lado | Progresiva | Textura superficial | % de variación |
|-----------------|------------|---------------------|----------------|
| Derecho | 0+000 | 0.57 mm | 0.00 |
| Derecho | 0+100 | 0.63 mm | 0.11 |
| Derecho | 0+200 | 0.61 mm | 0.07 |
| Derecho | 0+300 | 0.64 mm | 0.12 |
| Derecho | 0+400 | 0.57 mm | 0.00 |
| Derecho | 0+500 | 0.67 mm | 0.18 |
| Promedio | | | 0.62 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19 y se observa los resultados de la textura de la superficie de rodadura en el lado derecho del carril al usar las mezclas abiertas en frío, por lo que a través

del análisis comparativo se detalla que en la progresiva 0+000 la textura es 0.57 mm, en la progresiva 0+100 la textura es 0.63 mm, en la progresiva 0+200 la textura es 0.61 mm, en la progresiva 0+300 la textura es 0.64 mm, en la progresiva 0+400 la textura es 0.57 mm, en la progresiva 0+500 la textura es 0.67 mm.

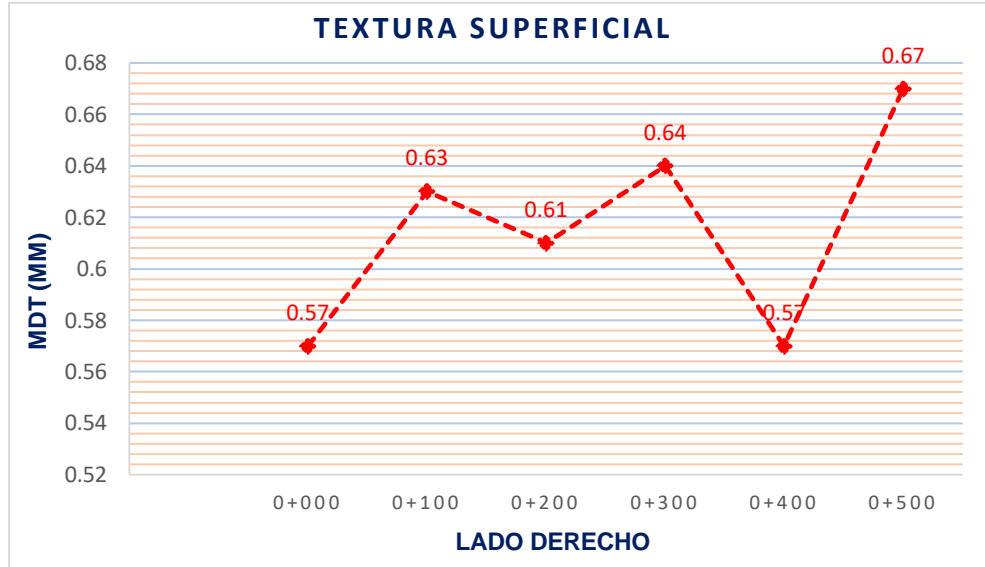


Figura 14. Variación de textura superficial de rodadura lado derecho del carril.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14, como indica la línea de tendencia el porcentaje de variación entre la textura de la progresiva 0+000 y 0+100 es 0.11, el porcentaje de variación entre la textura de la progresiva 0+100 y 0+200 es -0.03%, el porcentaje de variación entre la textura de la progresiva 0+200 y 0+300 es 0.05%, el porcentaje de variación entre la textura de la progresiva 0+300 y 0+400 es -0.11%, el porcentaje de variación entre la textura de la progresiva 0+400 y 0+500 es -0.18%.

Tabla 20: Resultados de textura de la superficie de rodadura, lado izquierdo.

| Lado | Prog. | Textura superficial | % de variación |
|-----------------|-------|---------------------|----------------|
| Izquierdo | 0+000 | 0.65 | 0.000 |
| Izquierdo | 0+100 | 0.65 | 0.000 |
| Izquierdo | 0+200 | 0.55 | -0.15 |
| Izquierdo | 0+300 | 0.71 | 0.29 |
| Izquierdo | 0+400 | 0.71 | 0.00 |
| Izquierdo | 0+500 | 0.71 | 0.00 |
| Promedio | | | 0.66 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 20 y se observa los resultados de la textura de la superficie de rodadura en el lado Izquierdo del carril al usar las mezclas abiertas en frio, por lo que a través del análisis comparativo se detalla que en la progresiva 0+000 la textura es 0.65 mm, en la progresiva 0+100 la textura es 0.65 mm, en la progresiva 0+200 la textura es 0.55 mm, en la progresiva 0+300 la textura es 0.71 mm, en la progresiva 0+400 la textura es 0.71 mm, en la progresiva 0+500 la textura es 0.71 mm.

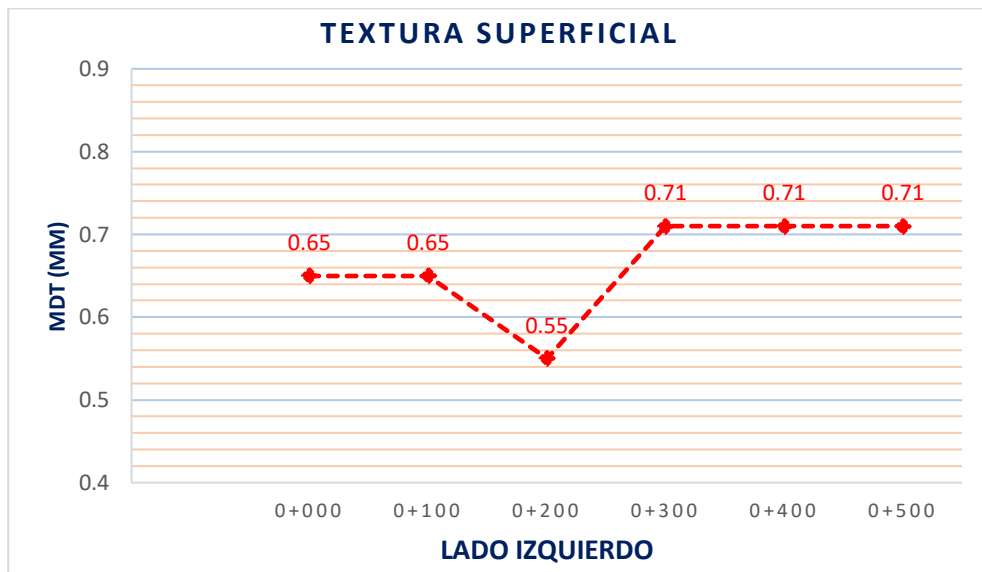


Figura 15. Variación de textura superficial de rodadura lado izquierdo del carril.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15, como indica la línea de tendencia el porcentaje de variación entre la textura superficial en el carril izquierdo de la rodadura en la progresiva 0+000 y 0+100 es 0.65 mm, mientras que en la progresiva 0+200 la textura superficial es 0.55 mm, mientras que en la progresiva 0+300, 0+400, 0+500 la textura superficial es 0.71 mm.

Finalmente, mediante la comparación de los resultados se afirma que la mezcla abiertas en frio mejora la textura de la superficie de rodadura por lo que los datos de la textura de la superficie se encuentran entre 0.65 mm y 0.71 mm.

5.4. Objetivo específico 2

5.4.1. Determinación de la rugosidad de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío

Este ensayo de la medición de rugosidad se evaluó en base al DG 2013, según la escala de rugosidad de la aplicación de mezclas abiertas en frío se consideró el parámetro de pavimentos nuevos cuyo rango es de 1.5 a 3.5, la primera prueba se realizó en el carril izquierdo y segunda prueba en el carril derecho el espesor de pastilla es 6, lectura inicial es 25, lectura final 12, factor de corrección es 0.923 para el cálculo del IRI primero se determina el “D” si el valor es ($D > 40$) se aplica $R = (0.593 + 0.0471XD)$ y si el ($D < 40$) se aplica $R = (0.0485XD)$, la suma de fracciones CI+CE+CD es 6.20 a continuación se presenta el resultado de la rugosidad.

Tabla 21: Resultado de rugosidad por el método de Merlín.

| CARRIL | D | IRI | |
|-----------|-------|------|------|
| Izquierda | 34.13 | D>40 | 1.66 |
| Derecha | 28.6 | D>40 | 1.39 |

Fuente: Elaboración propia

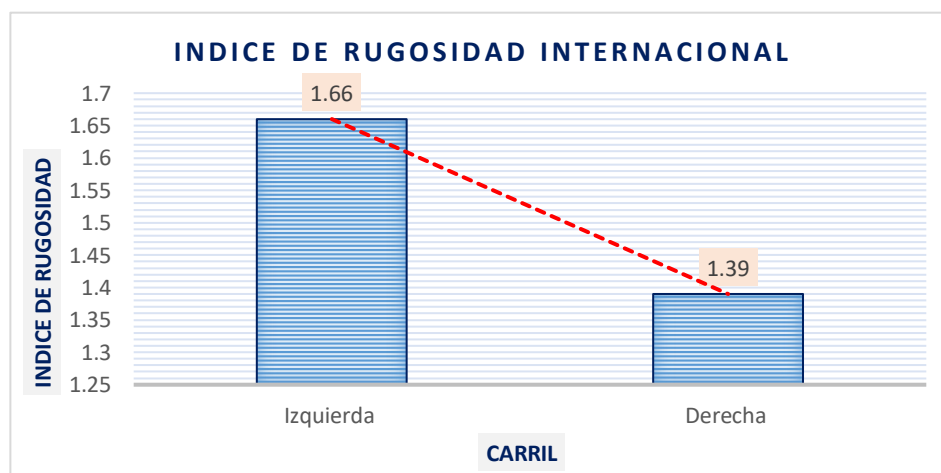


Figura 16: Valores del IRI lado izquierdo y derecho.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, podemos observar los resultados del IRI al aplicar mezclas abiertas en frío en el carril izquierdo nos dio como resultado 1.66, y en el carril derecho nos dio como resultado 1.39, lo cual podemos afirmar que los resultados obtenidos en los dos lados del carril cumplen con los parámetros requeridos en el

Manual de Ensayo de Materiales del MTC, según la escala de rugosidad el parámetro es de 1.5 a 2.59.

5.5. Objetivo específico 3

5.5.1. Determinación de la deflexión de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío

La deflexión de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío se evaluó con la viga de Benkelman cuyos resultados de muestra a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 22: Resultados de deflexión lado derecho.

| Análisis de la deflexión Características y admisible | | |
|--|---|------------------------------|
| Dc | = | 47.57 (10 ⁻² mm) |
| D.adm | = | 234.55 (10 ⁻² mm) |
| Verificación | = | DC < Dadm |
| Estado | = | ¡CONFORME! |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22 se especifica que al obtener los resultados de la evaluación de la deflexión de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío se encuentra en un estado conforme ya que la deflexión característica a lado derecho es 47.57 (10⁻² mm) y la deflexión admisible es 234.55 (10⁻² mm) por ello cumple con DC < Dadm.

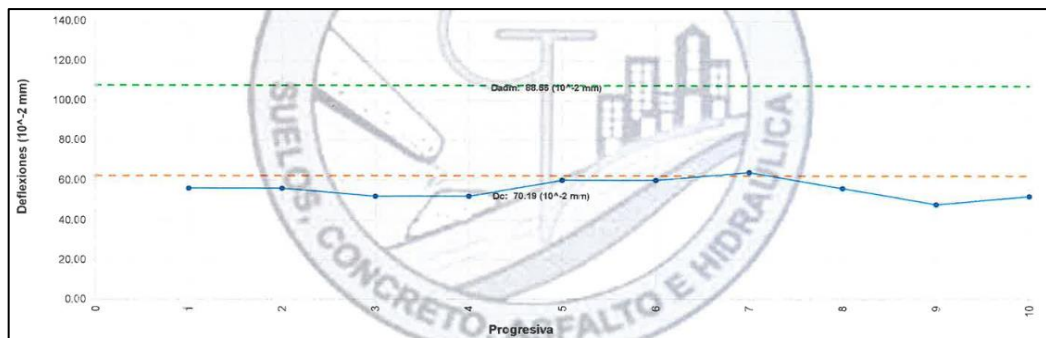


Figura 17: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman lado derecho

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se evidencia las curvas de la evaluación de las deflexiones en las diferentes progresivas de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío, el instrumento usado fue la viga de Benkelman la línea azul indica la deflexión característica al realizar el ensayo, la línea verde indica la deflexión admisible.

Tabla 23: Resultados de deflexión lado izquierdo

| Análisis de la deflexión Características y admisible | | |
|--|---|------------------------------|
| Dc | = | 54.59 (10 ⁻² mm) |
| Dadm | = | 234.55 (10 ⁻² mm) |
| Verificación | = | DC < Dadm |
| Estado | = | ¡CONFORME! |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23, se especifica que al obtener los resultados de la evaluación de la deflexión de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío se encuentra en un estado conforme ya que la deflexión característica a lado izquierdo es 54.59 (10⁻² mm) y la deflexión admisible es 234.55 (10⁻² mm) por ello cumple con $DC < Dadm$.

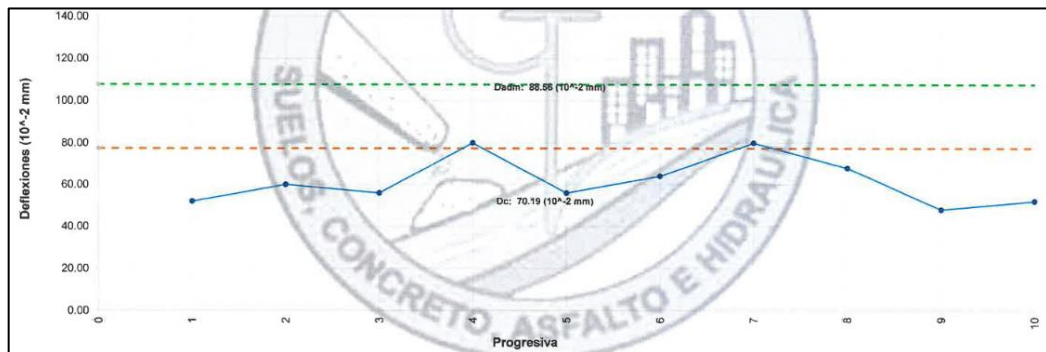


Figura 18: Deflectograma – ensayo viga de Benkelman lado derecho

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se evidencia las curvas de la evaluación de las deflexiones en las diferentes progresivas de la superficie de rodadura con la aplicación de mezclas abiertas en frío, el instrumento usado fue la viga de Benkelman la línea azul indica la deflexión característica al realizar el ensayo, la línea verde indica la deflexión admisible.

5.6. Contratación de hipótesis

Para la contratación de la hipótesis se asumió un nivel de significancia del 0.05 para dar validez al 95% a la investigación.

- Se rechaza la hipótesis nula cuando el nivel de significancia de la prueba es menor a nivel de significancia asumido (0.05).

- Se acepta la hipótesis nula cuando el nivel de significancia de la prueba es mayor al nivel de significancia asumido (0.05).

5.6.1. Hipótesis específico 1

La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Formulación de la prueba de Hipótesis Estadística:

Hipótesis Nula H_0 : La aplicación de mezclas abiertas en frío no varía significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Hipótesis Alternativa H_a : La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Prueba del supuesto de Normalidad para resultados de textura de la superficie:

Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : Los datos provienen de una distribución normal

H_a : Los datos no provienen de una distribución normal

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| Carril | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Textura Superficial (mm) | Lado izquierdo | ,204 | 6 | ,200* | ,924 | 6 | ,535 |
| | Lado derecho | ,271 | 6 | ,191 | ,792 | 6 | ,050 |

Figura 19: Prueba de normalidad de resultados de textura de la superficie de rodadura.

Fuente: Elaboración propia

La figura 19, Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y concluimos que los datos provienen de una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Una vez probado los supuestos de normalidad procedemos a probar la hipótesis a través del T de Student para una muestra.

Prueba de T de Student:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si $P\text{-Valor} \leq \alpha$ se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si $P\text{-Valor} > \alpha$ no se rechaza Ho se acepta la Ho

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 05

| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
|--------------------------|----------|----|------------------|----------------------|--|----------|
| | | | | | Inferior | Superior |
| Textura Superficial (mm) | -268,995 | 11 | ,000 | -4,36083 | -4,3965 | -4,3252 |

Figura 20: Prueba de T de Student resultados de textura superficial

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5%, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig. De la prueba de resultados de textura superficial de la capa de rodadura es 0.000 y es menor a 0.05, al rechazar la hipótesis nula y al aceptar la hipótesis alterna **se concluye que** la aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura.

5.6.2. Hipótesis específico 2

La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Hipótesis Nula (Ho): La aplicación de mezclas abiertas en frío no varía significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Hipótesis Alterna (Ha): La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Prueba de supuesto de normalidad de los resultados de la rugosidad de la superficie:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------|------|--------------|-------|------|-------|
| Carril | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| Rugosidad | Lado izquierdo | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | Lado derecho | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |

Figura 21: Prueba de normalidad de resultados de rugosidad

Fuente: Elaboración propia

Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y concluimos que los datos obtenidos en la prueba de deflexión siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Al cumplir con el supuesto de normalidad se aplica la prueba paramétrica de T de Student para una sola muestra.

Prueba de T de Student:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si $P\text{-Valor} \leq \alpha$ se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si $P\text{-Valor} > \alpha$ no se rechaza Ho se acepta la Ho

| Prueba para una muestra | | | | | | |
|-------------------------|---------|----|------------------|----------------------|--|----------|
| Valor de prueba = 05 | | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Rugosidad | -55,488 | 5 | ,000 | -3,48000 | -3,6412 | -3,3188 |

Figura 22: Prueba de T de Student de resultados de rugosidad

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5%, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig. De la prueba los resultados de la rugosidad de la capa de rodadura son igual a 0.000 y es menor a 0.05, al rechazar la hipótesis nula y al aceptar la hipótesis alterna **se concluye que** la aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

5.6.3. Hipótesis específico 3

La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis

Hipótesis Nula (Ho): La aplicación de mezclas abiertas en frío no varía significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Hipótesis Alterna (Ha): La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

Prueba de supuesto de normalidad de los resultados de la deflexión de la superficie de rodadura:

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Los datos provienen de una distribución normal

Ha: Los datos no provienen de una distribución normal

| Pruebas de normalidad | | | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|--------------|-------|------|-------|
| Carril | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| Deflexión de la superficie de rodadura | Lado izquierdo | ,175 | 3 | . | 1,000 | 3 | 1,000 |
| | Lado derecho | ,253 | 3 | . | ,964 | 3 | ,637 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 23: Pruebas de normalidad de los resultados de deflexión

Fuente: Elaboración propia

Mediante los resultados de la prueba de Normalidad de Shapiro Wilk, todos los valores de significancia son mayores a 0.05, por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y concluimos que los datos obtenidos en la prueba de deflexión siguen una distribución normal con un nivel de significancia del 5%.

Prueba de T de Student:

Ho es (hipótesis nula) y Ha (hipótesis alterna)

- Si $P\text{-Valor} \leq \alpha$ se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si $P\text{-Valor} > \alpha$ no se rechaza Ho se acepta la Ho

| Prueba para una muestra | | | | | | |
|--|--------|----|------------------|----------------------|--|----------|
| Valor de prueba = 05 | | | | | | |
| | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | Inferior | Superior |
| Deflexión de la superficie de rodadura | 19,178 | 5 | ,000 | 64,84133 | 56,1500 | 73,5327 |

Figura 24: Prueba de T de Student de resultados de deflexión

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba indican que, con un nivel de significancia del 5%, existe evidencia suficiente para aceptar la hipótesis del investigador, debido a que el valor sig. De la prueba de los resultados de la deflexión de la capa de rodadura es 0.000 y es menor a 0.05, al rechazar la hipótesis nula y al aceptar la hipótesis alterna **se concluye que**, La aplicación de mezclas abiertas en frio varia significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión de resultados

Objetivo general

Con respecto al análisis del objetivo general en base a las pruebas del porcentaje de pérdidas de estabilidad, máximo total de vacíos, vacíos de aire, como resultado óptimo se obtuvo con el 2.7% de cemento asfáltico residual asimismo en la evaluación del recubrimiento y cobertura, la cantidad de agua óptimo es el 5.70 gr para la mezcla con C.A.R y aplicar las mezclas abiertas en frío, de ello al evaluar la textura, rugosidad, deflexión se obtuvo resultados aceptables, por ello se afirma que las mezclas asfálticas abiertas en frío son idóneas para el comportamiento de la superficie de rodadura del pavimento flexible.

En contrastación de la investigación del autor Quintana López, (2018) citado como antecedente nacional en su investigación titulada “Mortero asfáltico o Slurry Seal como tratamiento superficial para pavimento de afirmado” obtuvo como resultado aceptable del flujo Marshall con la prueba de 4.2% de cemento asfáltico residual y con uso de 4.50 gr de agua, asimismo el autor Castro Cabeza, (2018) citado como antecedente nacional en su investigación “Sobre mezclas asfálticas en frío 100% recicladas con adición de residuos sólidos” afirmó que las mezclas asfálticas abiertas en frío son ideales para el tratamiento

superficial del pavimento flexible, por lo que al comparar los resultados del autor son similares con los resultados de la presente investigación.

Primer objetivo específico

Con respecto a la determinación del primer objetivo específico se obtuvo que la textura superficial de la superficie de rodadura al aplicar mezclas abiertas en frío son favorables por lo que al lado derecho del carril de la progresiva 0+000 hasta 0+500 la textura superficial promedio es 0.62 mm, mientras que al lado izquierdo del carril de la progresiva 0+000 hasta 0+500 la textura superficial promedio es 0.66 mm.

Al respecto el autor Jil Reyes, (2015) citado como antecedente internacional en su investigación titulada “Estudio del comportamiento de los microaglomerados asfálticos discontinuos en caliente aplicados en Chile y revisión de su normativa actual” obtuvo como resultado que la textura superficial promedio en el carril izquierdo 1.17 mm y en el carril derecho fue 1.12 mm, asimismo el autor (Vallejo Ramírez, 2017) citado como antecedente nacional en su investigación titulado “Diseño de mezclas asfálticas en frío empleando emulsión asfáltica y su evaluación del daño por humedad utilizando fillers comercial” demostró que la textura de la superficie de rodadura resultó, entre 0.55 y 0.59, por lo que al comparar con los resultados de esta investigación y del autor son similares.

Segundo objetivo específico

Con respecto al tercer objetivo específico en la determinación de la rugosidad de la superficie con aplicación de mezclas abiertas en frío se obtuvo que en el carril izquierdo se obtuvo el IRI 1.66 y en el carril derecho se obtuvo el IRI de 1.39 por ello se afirma que las mezclas asfálticas abiertas en frío son idóneas para el comportamiento de la superficie de rodadura del pavimento flexible.

Al respecto el autor Otiniano Arribaspalta, & Paria Caballero, (2018) en su investigación titulado “Análisis de las propiedades físico-mecánicas presentes en las mezclas asfálticas en frío utilizando emulsiones asfálticas catiónicas y agregados pétreos de la localidad – Nvo. Chimbote – 2018” citado como antecedente nacional en sus resultados demostró que la determinación de la rugosidad (IRI) por el método merlín se tiene el IRI en el carril izquierdo 2.66 m/Km y en el carril derecho se tiene el IRI de 2.59 m/Km según el manual de carreteras debe tener un valor individual máximo de 2.8 m/Km por lo que se afirma que en las pruebas de esta investigación se encuentra dentro del requerimiento del manual

de carreteras, asimismo el autor Prieto y Loaiza, (2017) citado como antecedente internacional en su tesis titulado “Propuesta para el diseño de mezcla asfáltica discontinua con microaglomerados” obtuvo como resultado en la determinación de la rugosidad al proponer diseño de mezcla asfáltica con microaglomerados IRI de 1.69 en el carril izquierdo y 1.98 en el carril derecho, finalmente al comparar los resultados del autor y de la presente investigación los resultados obtenidos son similares.

Tercer objetivo específico

Con respecto al tercer objetivo específico en la determinación de la deflexión de la superficie de rodadura la aplicación de mezclas abiertas en frío se obtuvo como valor de la deflexión característica 47.57 en el carril derecho y en el carril izquierdo como valor de la deflexión característica 54.59.

Al respecto el autor Torres Córdova, (2018) citado como antecedente nacional en su investigación titulado “Tratamiento superficial utilizando Slurry Seal para el mejoramiento de la carretera Santa Rosa a San Francisco de Río Mayo – 2018” obtuvo como resultado al emplear el Slurry Seal una deflexión característica de 38.99 (10^{-2} mm) y la deflexión admisible de 206.01 (10^{-2} mm) por lo que afirma que el uso del método de Slurry Seal en el tratamiento superficial del pavimento constituye una propuesta viable y asimismo se afirma que los microaglomerados mejora la resistencia a la deflexión en la carpeta asfáltica.

CONCLUSIONES

- a) El desarrollo de esta investigación nos permitió lograr una mejora en el comportamiento de la capa de rodadura obteniendo mayor flexibilidad y mayor adaptación de las bases favoreciendo en la textura, rugosidad, deflexión.
- b) En la determinación de la textura de la capa superficial al aplicar mezclas abiertas en frío, debido que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y al aceptar la hipótesis alterna (H_a) con un nivel de significancia del 0.05 y en base a los resultados obtenidos se concluye que en el carril izquierdo el valor fue 0.62 mm y carril derecho en valor fue 0.66 mm cuyos valores presentan una mejora en textura de la capa superficial del pavimento.
- c) En la determinación de la rugosidad de la capa superficial al aplicar mezclas abiertas en frío debido que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y al aceptar la hipótesis alterna (H_a) con un nivel de significancia del 0.05 se concluye que los resultados del índice de rugosidad internacional de la capa de rodadura tienen un mejor desempeño cuyos valores en el carril izquierdo es 1.66 y en el carril derecho es 1.39.
- d) Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a) con un nivel de significancia del 0.05 en base a las mezclas abiertas en frío presentan un cambio favorable en la deflexión de la capa de rodadura del pavimento flexible cuyo resultado nos dio en la deflexión en el carril izquierdo 47.57 y en el carril derecho 54.59.

RECOMENDACIONES

- a) Para futuras investigaciones, es recomendable mejorar los métodos utilizados en el desarrollo de esta investigación de la misma forma plantear la prueba del comportamiento del desempeño de mezclas asfálticas abiertas en frío en climas cálidos y así realizar una comparación con la mezcla realizado en climas templados y en qué grado de temperatura presenta un mejor desempeño.
- b) Para futuras investigaciones se recomienda considerar como base el análisis de los resultados de la presente investigación en las muestras experimentales, empleando la metodología y las pruebas estadísticas para dar mayor confiabilidad a los resultados.
- c) Para los municipios locales y provinciales es recomendable para el tratamiento superficial del pavimento flexible el uso de mezclas abiertas en frío ya que en las pruebas analizadas en esta investigación presenta un buen desempeño.
- d) Es recomendable considerar como referencia los resultados obtenidos en la presente investigación para futuras investigaciones similares o en investigaciones donde se emplean otros tipos de ligantes y/u otras alternativas para mayor durabilidad y mejor desempeño del pavimento flexible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvear, K. N. (2018). *Uso de vidrio molido en las mezclas asfálticas, con el propósito de reducir la contaminación*. Quito - Ecuador .
- ASFALTO RABBI. (s.f.). *ASFLATOS RABBI*. Obtenido de <http://www.ventadeasfalto-rc-250.com.pe/venta-de-asfalto-en-frio-por-saco-de-50-kilos-en-lima-peru.html>
- Asociación técnica de emulsiones bituminosas. (s.f.). *Mezclas abierta en frío*. España: Madrid.
- Cabeza, A. P. (2018). *Investigación sobre mezclas asfálticas en frío 100% reciclados con adición de residuos sólidos*. Barranquilla.
- (2005). *Características de los materiales*.
- Castillo Rutti Alvaro Enrique, C. V. (2020). *Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado en Lima, 2020*. 147: Lima .
- Ccanto Mallma, G. (2010). *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil*. Lima: Gerccantom.
- Chavez. (2008).
- Cordova, H. M. (2021). *Mejoras mecánicas de la mezcla asfáltica con la incorporación de caucho como parte del agregado fino para la ciudad de Piura*. Piura .
- Cueva del ingeniero civil. (2022). *Herramientas fáciles de usar* .
- Diccionario de geotecnia. (19 de 07 de 2021). *Asfalto diluido*. Obtenido de <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/asfalto-diluido/>
- Franco, F. E. (2002). *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido RC-250 y emulsión*. Piura - Perú.
- FRAPIAL. (2022). *Tipos de asfalto y su diferencia* . Lima Peru .
- Galvan Huamani , L. M. (2015). *Criterios de análisis y diseño de una mezcla asfáltica en frío con pavimentos reciclados y emulsión asfáltica*. Lima.
- Giraldo Huertas, J. J. (2016). *Manual para los seminarios de Investigación en Psicología*.
- Gomez Huanca , C. F. (2017). *Uso y aplicaciones de las emulsiones asfálticas*. Moquegua.
- Gonzales Seijas Maria Julia, L. A. (2019). *Evaluación del comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica en caliente mejorada con fibra acrílica respecto a la mezcla asfáltica convencional*. Lima - Perú.
- Heriberto, A. C. (2019). *Mezclas asfálticas mejoradas con caucho de llantas añadido por vía seca* . Guayaquil - Ecuador .

- Huaman Pereyra Victor Silvino, H. G. (2020). *Calculo de un pavimento flexible con mezcla asfáltica incorporando polimero (SBS) para el distrito de Villa El Salvador - Lima 2020*. Lima .
- imptek. (2013). *Cemento asfáltico* . Ecuador .
- Matos Chamorro, A., & Chambilla Mamani, E. (2010). Evaluación de las Propiedades Funcionales de la Fibra Insoluble Extraída a Partir de las.
- Melendez, J. A. (2018). *Diseño de mezclas de concreto usando como aditivos residuos plasticos provenientes de chatarra electronica*. Cartagena.
- Mendez Alvarez, C. E. (2020). *Metodologia de la investigacion quinta edicion* . ALPHAEDITORIAL.
- Otiniano Arribasplata, M. A., & Paria Caballero, M. (2017). *Analisis de las propiedades fisico-mecanicas presentes en las mezclas asfálticas en frio utilizando emulsiones asfálticas cationicas y agregados pétreos de la localidad-nvo. Chimbote - 2015*. Chimbote .
- Peña, J. L. (2020). El uso adecuado del "asfalto recuperado" en las mezclas bituminosas. *Asfalto y Pavimentacion*, 68.
- PROAS betunes CEPSA. (s.f.). *Manual de consulta técnicas en frío*.
- Proas Betunes CEPSA. (s.f.). *Manual de consulta tecnicas en frio* .
- Purizaca, J. A. (2019). *Diseña y prueba de mezclas de concreto con baja perdida de trabajabilidad en el tiempo*. Piura .
- Ramos Gracia, B. L., & Muniz Pérez, C. I. (2013). *Propuesta de diseño de mezcla asfáltica en frio de graduacion densa como alternativa para el mantenimiento de pavimentos flexibles*. Nicaragua.
- Rodriguez Talavera, R. (2001). Emulsiones asfálticas. *Instituto Mexicano del Transporte*, 48.
- Rodríguez, A. P. (2004). *Enginyeria de camins, canals i ports*.
- Vásquez Vélez, L. A. (2011). *"Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca"*. Tesis Pregrado, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y DE LA, Ambato.

Anexo N°01: Matriz de consistencia

APLICACIÓN DE MEZCLAS ABIERTAS EN FRIO PARA MEJORAR EL COMPORTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA, HUANCAYO 2019

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
|--|---|---|---|----------------------------|---|---|
| <p>Problema general: ¿Cuáles son los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frio para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?</p> | <p>Objetivo general: Determinar los cambios que produce la aplicación de mezclas abiertas en frio para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.</p> | <p>Hipótesis general: La aplicación de mezclas abiertas en frio produce cambios significativos en el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.</p> | <p>Variable Independiente: Mezclas abiertas en frio</p> | Mezcla asfáltica | <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidad - Vacíos de aire - Total, de vacíos - V.M. A | <p>Método de Investigación: Científico. Tipo de Investigación: Aplicada. Nivel de Investigación: Explicativo Cuando: 2019 Diseño de Investigación: experimental Población: La población para la investigación corresponde a especímenes de mezclas abiertas en frio con emulsión asfáltica de rotura media. Muestra: La muestra es de tipo no probabilístico intencional o dirigido, en este caso la muestra corresponde a los especímenes elaborados en laboratorio, cuyo detalle es el siguiente: - 3 diseños de Marshall con 15 briquetas cada diseño para ver su estabilidad, flujo e índice de rigidez. - 6 briquetas para el ensayo cántabro. - 02 paños de prueba para visualizar la flexibilidad de la superficie de rodadura. Técnicas e instrumentos: - Recolección de datos Técnicas de procesamiento de datos: - Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio.</p> |
| | | | | Recubrimiento de Cobertura | Cantidad de agua añadida | |
| <p>Problemas específicos: a) ¿Qué porcentaje de variación produce la aplicación de mezclas abiertas en frio en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019? b) ¿En qué media varia la aplicación de mezclas abiertas en frio en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?</p> | <p>Objetivos específicos: a) Estimar el porcentaje de variación que produce la aplicación de mezclas abiertas en frio en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019 b) Evaluar la medida en que varia la aplicación de mezclas abiertas en frio en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la</p> | <p>Hipótesis específicas a) La aplicación de mezclas abiertas en frio varia significativamente en la textura para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019. b) La aplicación de mezclas abiertas en frio varia significativamente en el índice de rugosidad para la mejora del comportamiento de la</p> | <p>Variable dependiente: Superficie de rodadura</p> | Textura | Lado izquierdo Lado derecho | |
| | | | | Índice de Rugosidad | Lado izquierdo | |
| | | | | | Lado derecho | |
| Deflexión | Carril Izquierdo | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|--|--|--|-----------------------|---|
| <p>c) ¿En qué porcentaje varía la aplicación de mezclas abiertas en frío en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019?</p> | <p>superficie de rodadura, Huancayo 2019. c) Estimar el porcentaje que varía la aplicación de mezclas abiertas en frío en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.</p> | <p>superficie de rodadura, Huancayo 2019. c) La aplicación de mezclas abiertas en frío varía significativamente en la deflexión para la mejora del comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.</p> | | | <p>Carril Derecho</p> | <p>- Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.</p> |
|---|---|--|--|--|-----------------------|---|

Anexo N°02: Matriz de operacionalización de variables

| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO | ESCALA |
|--|---|--|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------|
| 1: Variable Independiente Mezclas abiertas en frío | Según la consideración de Matos & Chambilla (2010) las mezclas abiertas en frío son combinaciones de áridos gruesos con emulsiones bituminosa que permite obtener rodaduras con mayor flexibilidad y adaptable a deformaciones asimismo son consideradas como mezclas pro – ecológicas que al ser fabricada no se requiere de calentar ni de servicio energético. | Las mezclas abiertas en frío se operacionalizan a través de sus dimensiones que es: Mezcla asfáltica, recubrimiento y cobertura y cada una de sus dimensiones tienen sus indicadores | Mezcla asfáltica | Estabilidad | Ensayo de laboratorio | Razón |
| | | | | Vacíos de aire | | |
| Total, de vacíos | | | | | | |
| V.M. A | | | | | | |
| | | | Recubrimiento de cobertura | Cantidad de agua añadida | Ensayo de laboratorio | Razón |
| 2: Variable Dependiente Superficie de rodadura | Según la consideración Perez & Lemus (2019) la superficie de rodadura del pavimento es aquel que soporta directamente las cargas del tráfico y los esfuerzos tangenciales, sin presentar desnivelaciones ni ondulaciones, tanto en sentido transversal como longitudinal. | La superficie de rodadura se operacionaliza a través de sus dimensiones que es: Textura, índice de rugosidad, deflexión y cada una de las dimensiones tienen sus indicadores. | Textura | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | | | Índice de Rugosidad | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | | | Deflexión | Carril izquierdo Carril derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |

Anexo N°03: Matriz de operacionalización del instrumento

| VARIABLES | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTO | ESCALA |
|--|----------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------|
| 1: Variable Independiente Mezclas abiertas en frío | Mezcla asfáltica | Estabilidad | Ensayo de laboratorio | Razón |
| | | Vacíos de aire | | |
| | | Total, de vacíos | | |
| | | V.M. A | | |
| | Recubrimiento de cobertura | Cantidad de agua añadida | Ensayo de laboratorio | Razón |
| 2: Variable Dependiente Superficie de rodadura | Textura | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | Índice de Rugosidad | Lado izquierdo Lado derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |
| | Deflexión | Carril izquierdo Carril derecho | Ensayo de laboratorio | Intervalo |

Anexo N°04: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación

2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Bach. Ing. CHAHUA POMAYAY, JIMMY



**“APLICACIÓN DE MEZCLAS
ABIERTAS EN FRIO PARA
MEJORAR EL COMPORTAMIENTO
DE LA SUPERFICIE DE RODADURA,
HUANCAYO 2019.”**



GEO TEST V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Granulometría del
agregado grueso
Piedra chancada de
1/2”*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Grava 1/2"

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

Muestra: Agregado Grueso

M-01

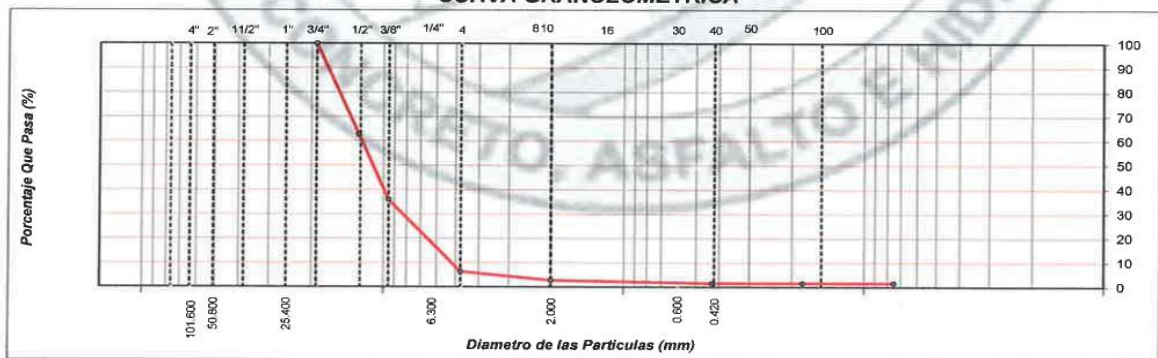
Tamaño Máximo : 1/2"

Peso Inicial Seco : 5639.0 g

Fracción :

| TAMIZ | PESO | % | % RETENIDO | % | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|---------|----------|------------|-----------|----------------|---|
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | QUE PASA | |
| 4" | 101.600 | | | | | Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%): |
| 3" | 76.200 | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | |
| 1/2" | 12.700 | 2106.2 | 37.4 | 37.4 | 62.6 | |
| 3/8" | 9.525 | 1506.4 | 26.7 | 64.1 | 35.9 | |
| 1/4" | 6.300 | | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | 1670.1 | 29.6 | 93.7 | 6.3 | Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de liquidez (IL) : |
| Nº 8 | 2.360 | 200.0 | 3.5 | 97.2 | 2.8 | |
| Nº 10 | 2.000 | 0.0 | 0.0 | 97.2 | 2.8 | |
| Nº 16 | 1.190 | 65.2 | 1.2 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 40 | 0.425 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 50 | 0.300 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 80 | 0.180 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 100 | 0.150 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | |
| Nº 200 | 0.740 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | OBSERVACIONES : |
| < Nº 200 | FONDO | 91.1 | 1.6 | 100.0 | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Grava 1/2"

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

Muestra: Agregado Grueso

M-02

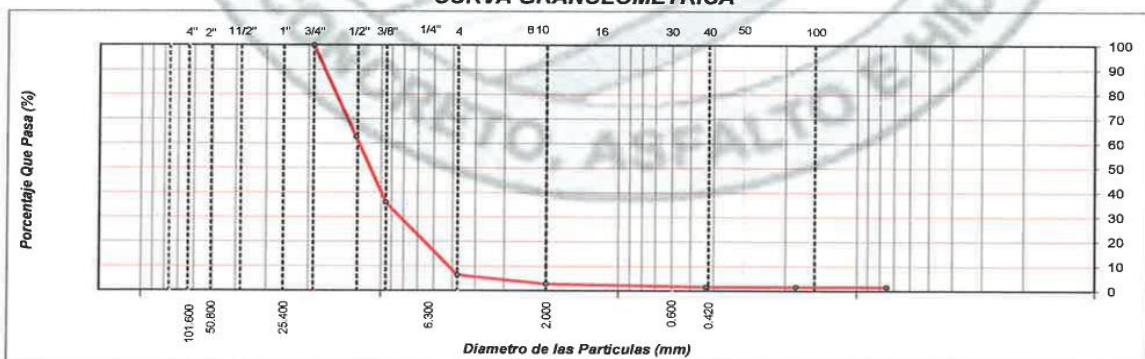
Tamaño Máximo : 1/2"

Peso Inicial Seco : 2116.9 g

Fracción :

| TAMIZ | | PESO | % | % RETENIDO | % | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|---------|----------|----------|------------|----------|----------------|--|
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | QUE PASA | A | |
| 4" | 101.600 | | | | | | Límite Líquido (LL): Límite Plástico (LP): Índice Plástico (IP): Clasificación (SUCS): Clasificación (AASHTO): Contenido Humedad (%): |
| 3" | 76.200 | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | | |
| 1/2" | 12.700 | 790.9 | 37.4 | 37.4 | 62.6 | | |
| 3/8" | 9.525 | 565.6 | 26.7 | 64.1 | 35.9 | | |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | 626.3 | 29.6 | 93.7 | 6.3 | | Índice de consistencia (IC): Coef. de compresibilidad (CC): Contenido de humedad: Índice CBR: Índice de liquidez (IL): |
| Nº 8 | 2.360 | 74.6 | 3.5 | 97.2 | 2.8 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 0.0 | 0.0 | 97.2 | 2.8 | | |
| Nº 16 | 1.190 | 25.5 | 1.2 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 40 | 0.425 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 50 | 0.300 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 80 | 0.180 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 100 | 0.150 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| Nº 200 | 0.740 | 0.0 | 0.0 | 98.4 | 1.6 | | |
| < Nº 200 | FONDO | 34.0 | 1.6 | 100.0 | | | OBSERVACIONES : |

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAUN°211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: *Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancaayo 2019*.

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A. Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

RESUMEN DE ENSAYOS DE LA GRAVA DE 1/2"

| Ítem | N° de Registro | Fecha de Ensayo | Tipo de Muestra | Turno | Análisis Granulométrico por tamizado % Que Pasa | | | | | | | | | | | Fecha de Muestreo | Código de Muestra | | | | |
|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------|---|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------------------|-------|--------|--------|-----|
| | | | | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N° 4 | N° 8 | N° 10 | N° 16 | N° 30 | N° 40 | N° 50 | | | N° 80 | N° 100 | N° 200 | |
| 001 | Grava 1/2" | Set-22 | Grava 1/2" | Día | 100.0 | 19.050 | 12.700 | 9.525 | 4.760 | 2.360 | 2.000 | 1.190 | 0.600 | 0.425 | 0.300 | 0.180 | 0.150 | 0.740 | Set-22 | M-1 | |
| 002 | Grava 1/2" | Set-22 | Grava 1/2" | Día | 100.0 | 100.0 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | Set-22 | M-2 |
| PROMEDIO | | | | | 100.0 | 100.0 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | | |
| MAXIMO | | | | | 100.0 | 100.0 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | | |
| MINIMO | | | | | 100.0 | 100.0 | 62.6 | 35.9 | 6.3 | 2.8 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | | |
| DESV. ESTÁNDAR | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| VARIANZA | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |
| COEFICIENTE VARIACION | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Granulometría del agregado fino Arena Chancada

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Pj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Arena chancada

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2021

Muestra: Agregado Fino

M-01

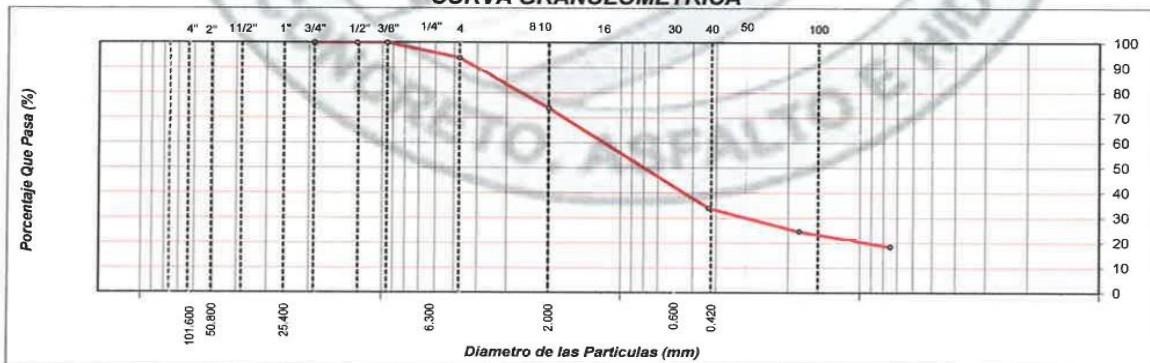
Tamaño Máximo : 1/4"

Peso Inicial Seco : 900.1 g

Fracción :

| TAMIZ | | PESO | | % | | ESPECIFICACION | | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|---------|----------|----------|----------------------|------------|----------------|--|--|
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | RETENIDO | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | A | | |
| 4" | 101.600 | | | | | | | Límite Líquido (LL) : Límite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%) : Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresiibilidad (CC) : Contenido de humedad : Índice CBR : Índice de liquidez (IL) : OBSERVACIONES : |
| 3" | 76.200 | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | | | |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | | |
| Nº 4 | 4.760 | 54.9 | 6.1 | 6.1 | 93.9 | | | |
| Nº 8 | 2.360 | 154.6 | 17.2 | 23.3 | 76.7 | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 26.4 | 2.9 | 26.2 | 73.8 | | | |
| Nº 16 | 1.190 | 130.6 | 14.5 | 40.7 | 59.3 | | | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 161.6 | 18.0 | 58.7 | 41.3 | | | |
| Nº 40 | 0.425 | 67.7 | 7.5 | 66.2 | 33.8 | | | |
| Nº 50 | 0.300 | 61.8 | 6.9 | 73.1 | 26.9 | | | |
| Nº 80 | 0.180 | 22.1 | 2.5 | 75.5 | 24.5 | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 49.2 | 5.5 | 81.0 | 19.0 | | | |
| Nº 200 | 0.740 | 5.2 | 0.6 | 81.6 | 18.4 | | | |
| < Nº 200 | FONDO | 166.0 | 18.4 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

(ASTM C136)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO : "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA : Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA : Pilcomayo

MATERIAL : Arona chancada

HECHO POR : A.Y.G.

FECHA : Setiembre - 2021

Muestra : Agregado Fino

M-02

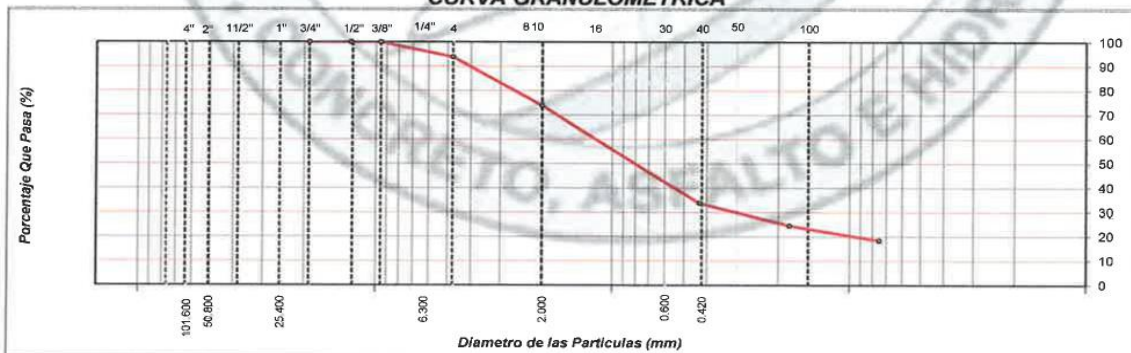
Tamaño Máximo : 1/4"

Peso Inicial Seco : 679.8 g

Fracción :

| TAMIZ | | PESO | % | % RETENIDO | % | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA | |
|----------|---------|----------|----------|------------|----------|--|--|--|
| PULGADAS | (mm) | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | QUE PASA | A | | |
| 4" | 101.600 | | | | | | Limite Líquido (LL) : Limite Plástico (LP) : Índice Plástico (IP) : Clasificación (SUCS) : Clasificación (AASHTO) : Contenido Humedad (%) : | |
| 3" | 76.200 | | | | | | | |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | | |
| 2" | 50.800 | | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | |
| 1" | 25.400 | | | | | | | |
| 3/4" | 19.050 | | | | | | | |
| 1/2" | 12.700 | | | | | | | |
| 3/8" | 9.525 | | | | 100.0 | | | |
| 1/4" | 6.300 | | | | | Índice de consistencia (IC) : Coef. de compresibilidad (CC) : Contenido de humedad : Índice CBR : Índice de fluidez (IL) : | | |
| Nº 4 | 4.760 | 41.8 | 6.1 | 6.1 | 93.9 | | | |
| Nº 8 | 2.360 | 116.5 | 17.1 | 23.3 | 76.7 | | | |
| Nº 10 | 2.000 | 19.5 | 2.9 | 26.2 | 73.8 | | | |
| Nº 16 | 1.190 | 99.0 | 14.6 | 40.7 | 59.3 | | | |
| Nº 20 | 0.840 | | | | | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 122.5 | 18.0 | 58.7 | 41.3 | | | |
| Nº 40 | 0.425 | 50.5 | 7.4 | 66.2 | 33.8 | | | |
| Nº 50 | 0.300 | 47.0 | 6.9 | 73.1 | 26.9 | | | |
| Nº 80 | 0.180 | 16.4 | 2.4 | 75.5 | 24.5 | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 37.5 | 5.5 | 81.0 | 19.0 | | | |
| Nº 200 | 0.740 | 4.0 | 0.6 | 81.6 | 18.4 | | | |
| < Nº 200 | FONDO | 125.1 | 18.4 | 100.0 | | | OBSERVACIONES : | |

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarriil cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229



| | | LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|---|-----------------|-------|---|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------------|-------------------|--------|--|
| TÍTULO: | | "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancaayo 2019". | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TESISTA: | | Chahua Pomayay Jimmy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CANTERA: | | Pilcomayo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | RESUMEN DE ENSAYOS DE LA ARENA CHANCADA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Item | N° de Material | Fecha de Ensayo | Tipo de Muestra | Turno | Análisis Granulométrico por tamizado % Que Pasa | | | | | | | | | | | | | Fecha de Muestreo | Codigo de Muestra | | |
| | | | | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N° 4 | N° 8 | N° 10 | N° 16 | N° 30 | N° 40 | N° 50 | N° 80 | N° 100 | | | N° 200 | |
| 001 | Arena Chancada | Set-22 | Agregado Fino | Día | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | M-1 | | |
| 002 | Arena Chancada | Set-22 | Agregado Fino | Día | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | M-2 | | |
| | | | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | | | |
| ESTADÍSTICOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | | | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | | | |
| MAXIMO | | | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | | | |
| MINIMO | | | | | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 93.9 | 76.7 | 73.8 | 59.3 | 41.3 | 33.8 | 26.9 | 24.5 | 19.0 | 18.4 | | | |
| DESV. ESTÁNDAR | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| VARIANZA | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |
| COEFICIENTE VARIACION | | | | | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Granulometría de combinación global teórica.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ANÁLISIS - COMBINACION GRANULOMETRICA DE AGREGADOS

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

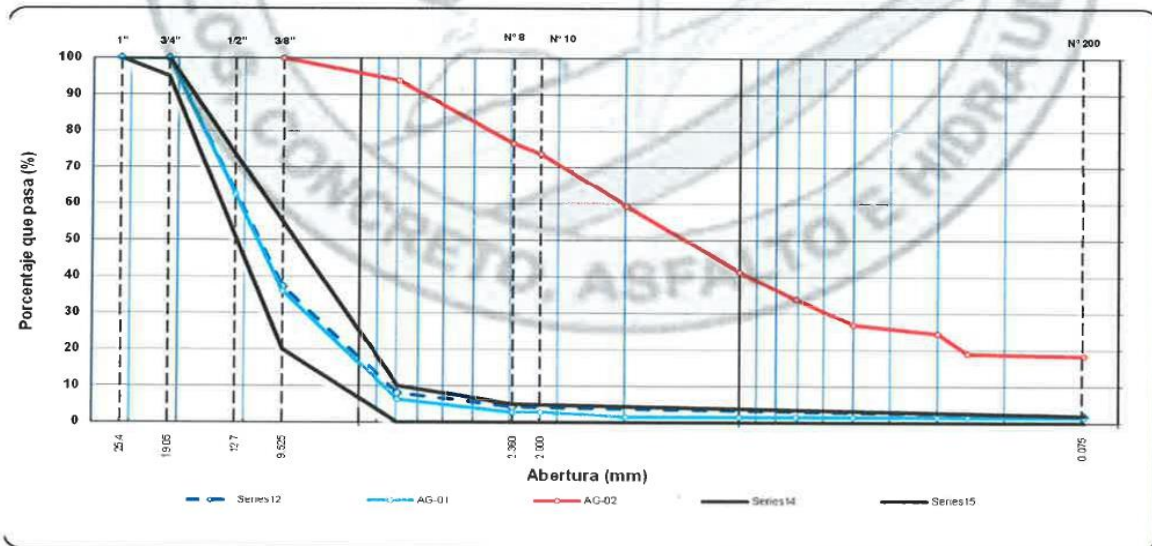
HECHO POR: A.Y.G.

CANTERA: Pilcomayo

FECHA: Setiembre - 2022

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS | | | | | | | | % COMBINADO | ESPECIFICACION | | |
|----------|------------------|--------------------------------|-------|----------------|------|-------|--|-------|--|-------------|----------------|-----|-----|
| | | AG-01 | | AG-02 | | AG-03 | | AG-04 | | | 100 | MIN | MAX |
| | | Grava 1/2" | | Arena Chancada | | | | | | | | | |
| % Aporte | 98 | % Aporte | 2 | | | | | | | | | | |
| 1 1/2" | 38.100 | 100.0 | 98.00 | 100.0 | 2.00 | | | | | 100.0 | | | |
| 1" | 25.400 | 100.0 | 98.00 | 100.0 | 2.00 | | | | | 100.0 | 100 | 100 | |
| 3/4" | 19.050 | 100.0 | 98.00 | 100.0 | 2.00 | | | | | 100.0 | 95 | 100 | |
| 1/2" | 12.700 | 62.6 | 61.35 | 100.0 | 2.00 | | | | | 63.3 | | | |
| 3/8" | 9.525 | 35.9 | 35.18 | 100.0 | 2.00 | | | | | 37.2 | 20 | 55 | |
| Nº 4 | 4.750 | 6.3 | 6.17 | 93.9 | 1.88 | | | | | 8.1 | 0 | 10 | |
| Nº 8 | 2.360 | 2.8 | 2.74 | 76.7 | 1.53 | | | | | 4.3 | 0 | 5 | |
| Nº 10 | 2.000 | 2.8 | 2.74 | 73.8 | 1.48 | | | | | 4.2 | | | |
| Nº 16 | 1.180 | 1.6 | 1.57 | 59.3 | 1.19 | | | | | 2.8 | | | |
| Nº 30 | 0.600 | 1.6 | 1.57 | 41.3 | 0.83 | | | | | 2.4 | | | |
| Nº 40 | 0.425 | 1.6 | 1.57 | 33.8 | 0.68 | | | | | 2.2 | | | |
| Nº 50 | 0.300 | 1.6 | 1.57 | 26.9 | 0.54 | | | | | 2.1 | | | |
| Nº 80 | 0.180 | 1.6 | 1.57 | 24.5 | 0.49 | | | | | 2.1 | | | |
| Nº 100 | 0.150 | 1.6 | 1.57 | 19.0 | 0.38 | | | | | 1.9 | | | |
| Nº 200 | 0.074 | 1.6 | 1.57 | 18.4 | 0.37 | | | | | 1.9 | 0 | 2 | |

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Granulometría de
combinación global
física.*

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM C - 136

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pllcomayo

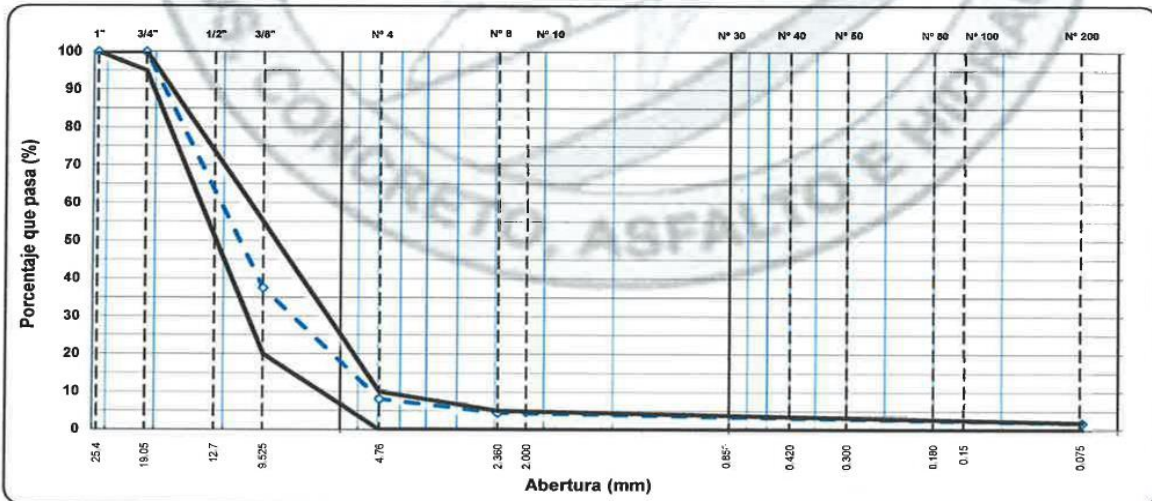
MATERIAL: Combinacion global del agregado

HECHO POR: A. Y. G.

FECHA: Setiembre - 2022

| TAMIZ ASTM | Abertura mm | PESO retenido | PORCENTAJE | | | ESPECIFIC. MAC - 2 | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA | |
|---------------|----------------|------------------|------------|-----------|----------|-----------------------|---------------------------------|------------|
| | | | retenido | acumulado | que pasa | | TAMAÑO MÁXIMO | 3/4" |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | Peso inicial de la muestra | 60000.0 gr |
| 1" | 25.400 | | | | | 100 | Peso Fraccion | 0.0 gr |
| 3/4" | 19.050 | | | | 100.0 | 95 - 100 | | |
| 1/2" | 12.700 | 21986.0 | 36.6 | 36.6 | 63.4 | | | |
| 3/8" | 9.525 | 15496.0 | 25.8 | 62.5 | 37.5 | 20 - 55 | COMBINACION DE AGREGADOS | |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | Grava chancada de 3/4" | % |
| N°4 | 4.760 | 17652.0 | 29.4 | 91.9 | 8.1 | 0 - 10 | Gravilla chancada de 1/2" | 98.0 % |
| N°8 | 2.360 | 2162.6 | 3.6 | 95.5 | 4.5 | 0 - 5 | Arena Chancada 1/4" | 2.0 % |
| N° 10 | 2.000 | 96.8 | 0.2 | 95.7 | 4.3 | | Arena Natural 1/4" | % |
| N° 16 | 1.190 | 854.5 | 1.4 | 97.1 | 2.9 | | | |
| N° 20 | 0.840 | | | | | | | |
| N° 30 | 0.600 | 204.5 | 0.3 | 97.4 | 2.6 | | | |
| N° 40 | 0.425 | 140.5 | 0.2 | 97.7 | 2.3 | | | |
| N° 50 | 0.300 | 84.1 | 0.1 | 97.8 | 2.2 | | | |
| N° 80 | 0.180 | 66.6 | 0.1 | 97.9 | 2.1 | | | |
| N° 100 | 0.150 | 106.8 | 0.2 | 98.1 | 1.9 | | | |
| N° 200 | 0.074 | 26.9 | 0.0 | 98.1 | 1.9 | 0 - 2 | | |
| < 200 | - | 1142.7 | 1.9 | 100.0 | | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Caracterización de agregado global.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



CARAS FRACTURADAS

(ASTM D 5821-13)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Combinación de agregado grueso

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

A.- CON UNA CARA FRACTURADAS 70% MIN

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | A (grs.) | B (grs.) | C ((B/A)*100) | D % | E C*D |
|---------------------|-------------------|-------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 1201.0 | 1184.8 | 98.65 | 36.6 | 3610.6 |
| 1/2" | 3/8" | 303.0 | 301.8 | 99.60 | 25.8 | 2569.8 |
| TOTAL | | 1504 | 1486.6 | | 62.4 | 6,180.41 |

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA

$$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{6180}{62.40} = 99.0 \%$$

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS 100% MAX

| TAMAÑO DEL AGREGADO | | A (grs.) | B (grs.) | C ((B/A)*100) | D (grs.) | E C*D |
|---------------------|-------------------|-------------|---------------|------------------|-------------|-----------------|
| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 1201.0 | 1201.0 | 100.00 | 36.6 | 3,660.0 |
| 1/2" | 3/8" | 303.0 | 303.0 | 100.00 | 25.8 | 2,580.0 |
| TOTAL | | 1504 | 1504.0 | | 62.4 | 6,240.00 |

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS

$$\frac{\text{TOTAL E}}{\text{TOTAL D}} = \frac{6240}{62.40} = 100.0 \%$$

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO

(ASTM C88M-18 - AASHTO T104)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Combinación de agregado grueso

FECHA: Setiembre - 2022

AGREGADO GRUESO

| TAMAÑO DE TAMIZ | | ESCALON ORIGINAL % | PESO ANTES DEL ENSAYO Grs. | PESO DESPUES DEL ENSAYO Grs. | PERDIDA DE PESO DESPUES DEL ENSAYO Grs. | % DE PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO % | % DE PERDIDA CORREGIDAS % |
|-----------------|----------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------|
| PASANTE | RETENIDO | | | | | | |
| 2 1/2" | 2" | | | | | | |
| 2" | 1 1/2" | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 3/8" | 25.8 | 1002.0 | 964.4 | 37.60 | 3.75 | 0.97 |
| 3/8" | N° 4 | 29.4 | 302.1 | 281.3 | 20.80 | 6.89 | 2.02 |
| TOTALES | | 55.2 | 1304.1 | | | | 2.99 |

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(ASTM D 4791-10)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Combinación de agregado grueso

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

Muestra: Convencional

| Tamaño del Agregado | | A | B | C | D | E | OBSERVACIONES |
|--|-------------|----------------|--------------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| Pasa Tamiz | Retenido T. | (g) | (g) | ((B/A)*100) | % Parcial | CxD | |
| 2" | 1 1/2" | | | | | | |
| 1 1/2" | 1" | | | | | | |
| 1" | 3/4" | | | | | | |
| 3/4" | 1/2" | 2000.0 | 65.8 | 3.3 | 36.6 | 120.4 | |
| 1/2" | 3/8" | 1000.0 | 83.9 | 8.4 | 25.8 | 216.5 | |
| Σ | | 3,000.0 | 149.7 | | 62.4 | 336.9 | |
| PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS (%) | | | | | 5.40 | | OK |
| ESPECIFICACION: | | | | | MAXIMO | 10.0% | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Diseño de mezcla
asfáltica MAF-2
Método Marshall
modificado*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : P.sj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

1.- MEZCLA DE AGREGADOS (PORCENTAJES EN PESO)

Agregado Grava Triturada 1/2" (Cantera "Pilcomayo") : 98.0 %
 Agregado Arena Triturada (Cantera "Pilcomayo") : 2.0 %
 Gradación : ESPECIFICACIÓN TÉCNICA MTC - E.G. - 2013 SECCIÓN 424.07 (MAF - 2)
 Filler (Cemento Portlant Tipo I) : 2.0 %

2.- LIGANTE ASFÁLTICO

Tipo de emulsión asfáltica : CMS-2H
 % óptimo de emulsión asfáltica : 9.7
 % óptimo de asfalto residual : 5.8

3.- AGUA

% de humedad natural : 0.0
 % de agua en la emulsión : 2.2
 % de agua de pre- mezcla : 0.0
 % de agua total en la mezcla : 2.2
 % de agua de compactación : 0.0

4.- CARACTERÍSTICAS MARSHALL MODIFICADO

| Nº DE GOLPES | 5.7 | 6.2 | 6.6 |
|---|-------|-------|-------|
| % OPTIMO DE EMULSION ASFALTICA (% EN PESO DE LOS AGREGADOS) | 5.7 | 6.2 | 6.6 |
| ASFALTO RESIDUAL OPTIMO (% EN PESO DE LOS AGREGADOS) | 3.7 | 4.0 | 4.3 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm ³) | 2.295 | 2.302 | 2.310 |
| ESTABILIDAD MODIFICADA SECA (kg), (22.2 °C) | 501.6 | 519.6 | 529.1 |
| ESTABILIDAD MODIFICADA HUMEDA (kg), (22.2 °C) | 328.6 | 361.8 | 397.0 |
| CAMBIOS DE ESTABILIDAD (%) | 32.0 | 28.2 | 23.6 |
| VACIOS TOTALES (%) | 6.5 | 5.8 | 5.1 |
| HUMEDAD ABSORBIDA (%) | 2.2 | 1.9 | 1.5 |
| RECUBRIMIENTO (%) | -- | 100.0 | -- |

4.- TEMPERATURA DE APLICACION (°C)

Temperatura de agregados : 22.2 °C
 Temperatura de emulsión asfáltica : 22.2 °C

OBSERVACIONES :

- (1) Estabilidad Marshall ensayadas a una temperatura de 22.2 °C (Ref: Manual asphalt institute MS-14).
- (2) Agregados muestreado por los interesados.
- (3) Porcentajes de materiales expresado en peso de los agregados.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 (Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarriil cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

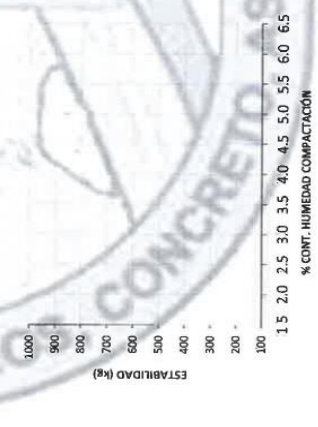
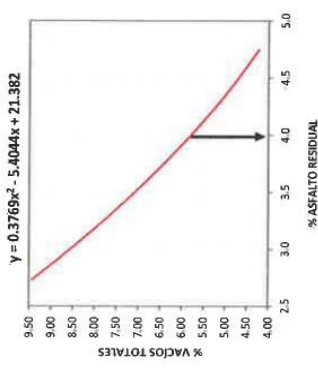
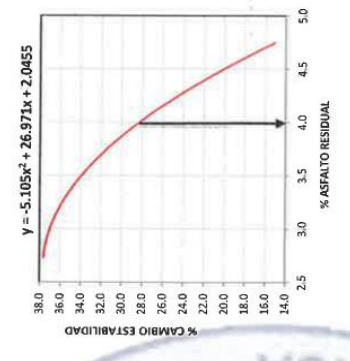
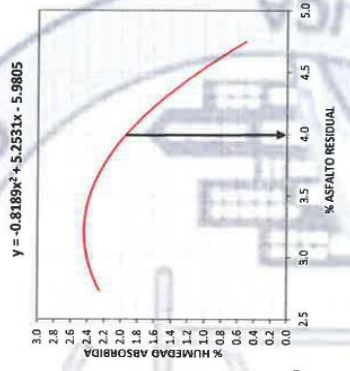
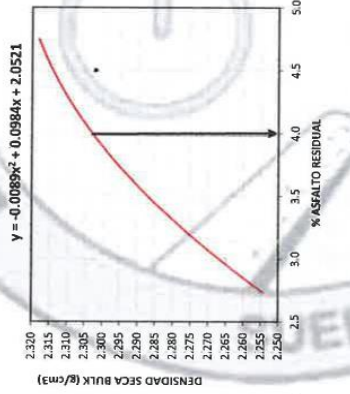
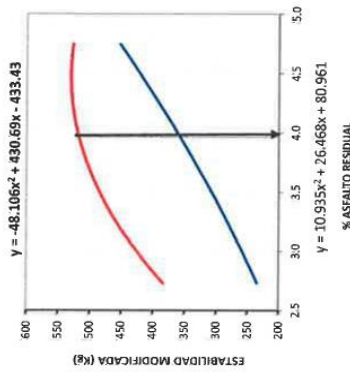
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.
RUC : 20606529229

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2
 (ASTMD)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO : Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019.
TESISTA : Chahua Pomayey Jimmy
CANTERA : Pllcomayo
MATERIAL : Mezcla Asfáltica abierta en frío

HECHO POR : A.Y.G
FECHA : Setiembre - 2022



| | |
|----------------------------------|--------------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD ESTABILIDAD | COMPACTACION |
| AGUA DE PREMEZCLA (%) | |
| AGUA DE COMPACTACION (%) | |

| PORCENTAJE OPTIMO | | ESPECIFIC. | |
|----------------------------|-------|------------|-------|
| % E. A. TIPO CMS-2H | 5.7 | 6.2 | 6.6 |
| % A. R. | 3.7 | 4.0 | 4.3 |
| DENSIDAD SECA BULK (g/cm3) | 2.295 | 2.302 | 2.310 |
| ESTABILIDAD SECA (kg) | 501.6 | 518.6 | 528.1 |
| ESTABILIDAD HÚMEDA (kg) | 328.6 | 361.8 | 397.0 |
| CAMBIO DE ESTABILIDAD (%) | 32.0 | 28.2 | 23.6 |
| VACIOS TOTALES (%) | 6.5 | 6.8 | 6.1 |
| HUMEDAD ABSORBIDA (%) | 2.2 | 1.9 | 1.5 |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

Diseño C.A.R. 2.7%

| EMULSIÓN | | AGREGADO | |
|--|--------|----------------------|--|
| Tipo Emulsión Asfáltica | CMS-2H | Identificación | : Cantera "Pilcomayo" |
| Residuo asfáltico en la emulsión (%) | 65.0 | Descripción | : Piedra 1/2" / Arena chancada Mezcla en Frío abierta (Rodadura) |
| Gravedad específica del asfalto (B) | 1.015 | G. Es. Aparente (°C) | : 2.592 g/cm3 |
| Asfalto residual en la mezcla (A)(%) | 2.7 | | |

| MEZCLA Y COMPACTACIÓN | |
|---------------------------------|-----|
| Agua total en la mezcla (%) | 1.5 |
| Agua de adición a la mezcla (%) | 0.0 |
| Agua de compactación (%) | 1.5 |

| N° | DESCRIPCIÓN | SECO | | | SATURADO | | |
|----|----------------------------------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Peso de la probeta en aire (D) | 920.5 | 936.7 | 930.6 | 1005.6 | 1010.5 | 1008.4 |
| 2 | Peso de la probeta en agua (E) | 527.0 | 536.0 | 532.4 | 592.8 | 596.1 | 594.5 |
| 3 | Peso de la probeta SSD (F) | 929.4 | 945.6 | 939.4 | 1016.6 | 1021.8 | 1019.4 |
| 4 | Volumen por desplazamiento | 402.4 | 409.6 | 407.0 | 423.8 | 425.7 | 424.9 |
| 5 | Densidad Bulk (G) | 2.288 | 2.287 | 2.286 | 2.373 | 2.374 | 2.373 |
| 6 | Densidad Seca Bulk | 2.258 | 2.257 | 2.257 | | | |

| N° | Estabilidad (22.2 °C) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Estabilidad (Kg-f) | 312 | 312 | 306 | 208 | 205 | 209 |
| 2 | Factor de corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | Estabilidad corregida (Kg-f) | 312 | 312 | 306 | 208 | 205 | 209 |
| 4 | Flujo (mm) | 2.3 | 2.2 | 2.4 | 1.7 | 1.6 | 1.8 |

| N° | Contenido de Humedad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Peso de la muestra húmeda(H) | 1050.6 | 1067.8 | 1056.8 | 1158.7 | 1136.5 | 1146.5 |
| 2 | Peso de la muestra seca (I) | 1030.1 | 1046.8 | 1036.1 | 1123.6 | 1101.2 | 1110.1 |
| 3 | Tara (J) | 133.6 | 135.6 | 134.6 | 137.4 | 135.0 | 132.6 |
| 4 | Contenido de humedad (K) | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 3.7 | 3.8 | 3.8 |

| N° | Características | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----------------------------|-----|------|-----|---|---|---|
| 1 | Máximo total de vacíos (%) | 9.3 | 9.3 | 9.3 | | | |
| 2 | vacíos de aire (%) | 6.4 | 6.3 | 6.4 | | | |
| 3 | V. M. A. (%) | 6.6 | 6.7 | 6.7 | | | |
| 4 | % pérdida de estabilidad | | 33.1 | | | | |

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

Diseño C.A.R. 3.3%

| EMULSIÓN | | AGREGADO | |
|---------------------------------------|--------|----------------------|--|
| Tipo Emulsión Asfáltica | CMS-2H | Identificación | : Cantera "Pilcomayo" |
| Residuo asfáltico en la emulsión (%) | 65.0 | Descripción | : Piedra 1/2" / Arena chancada Mezcla en Frío abierta (Rodadura) |
| Gravedad específica del asfalto (B) | 1.01 | G. Es. Aparente (°C) | : 2.592 g/cm3 |
| Asfalto residual en la mezcla (A)% | 3.3 | | |

| MEZCLA Y COMPACTACIÓN | |
|---------------------------------|-----|
| Agua total en la mezcla (%) | 2.3 |
| Agua de adición a la mezcla (%) | 0.5 |
| Agua de compactación (%) | 2.3 |

| N° | DESCRIPCIÓN | SECO | | | SATURADO | | |
|----|----------------------------------|--------|--------|--------|----------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Peso de la probeta en aire (D) | 1041.8 | 1034.5 | 998.6 | 911.7 | 986.5 | 946.5 |
| 2 | Peso de la probeta en agua (E) | 597.4 | 593.2 | 570.6 | 553.2 | 597.9 | 583.9 |
| 3 | Peso de la probeta SSD (F) | 1051.3 | 1043.6 | 1005.6 | 920.1 | 995.7 | 955.8 |
| 4 | Volumen por desplazamiento | 453.9 | 450.4 | 435.0 | 366.9 | 398.2 | 371.9 |
| 5 | Densidad Bulk (G) | 2.295 | 2.297 | 2.296 | 2.485 | 2.477 | 2.545 |
| 6 | Densidad Seca Bulk | 2.267 | 2.271 | 2.267 | | | |

| N° | Estabilidad (22.2 °C) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Estabilidad (Kg-f) | 609 | 610 | 613 | 337 | 319 | 333 |
| 2 | Factor de corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | Estabilidad corregida (Kg-f) | 609 | 610 | 613 | 337 | 319 | 333 |
| 4 | Flujo (mm) | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.7 |

| N° | Contenido de humedad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Peso de la muestra húmeda(H) | 1178.7 | 1146.5 | 1102.5 | 1058.0 | 1152.0 | 1052.0 |
| 2 | Peso de la muestra seca (I) | 1156.5 | 1126.3 | 1083.6 | 1028.2 | 1119.8 | 1022.6 |
| 3 | Tara (J) | 132.0 | 132.6 | 135.3 | 132.6 | 133.4 | 135.3 |
| 4 | Contenido de humedad (K) | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 3.4 | 3.4 | 3.4 |

| N° | Características | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----------------------------|------|------|------|---|---|---|
| 1 | Máximo total de vacíos (%) | 8.2 | 8.0 | 8.2 | | | |
| 2 | vacíos de aire (%) | 5.4 | 5.5 | 5.4 | | | |
| 3 | V. M. A. (%) | 15.3 | 15.1 | 15.3 | | | |
| 4 | % pérdida de estabilidad | | 46.1 | | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANtera: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

Diseño C.A.R. 3.7%

| EMULSIÓN | | AGREGADO | |
|--|------------|----------------------|--|
| Tipo Emulsión Asfáltica | CMS-2H | Identificación | : Cantera "Pilcomayo" |
| Residuo asfáltico en la emulsión (%) | 65.0 | Descripción | : Piedra 1/2" / Arena chancada Mezcla en Frío abierta (Rodadura) |
| Gravedad específica del asfalto (B) | 1.01 | G. Es. Aparente (°C) | : 2.592 g/cm3 |
| Asfalto residual en la mezcla (A)(%) | 3.7 | | |

| MEZCLA Y COMPACTACIÓN | |
|---------------------------------|-----|
| Agua total en la mezcla (%) | 2.0 |
| Agua de adición a la mezcla (%) | 0.0 |
| Agua de compactación (%) | 2.0 |

| N° | DESCRIPCIÓN | SECO | | | SATURADO | | |
|----|----------------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Peso de la probeta en aire (D) | 902.4 | 925.6 | 936.5 | 922.1 | 953.5 | 963.5 |
| 2 | Peso de la probeta en agua (E) | 524.9 | 537.7 | 545.2 | 536.5 | 553.4 | 559.8 |
| 3 | Peso de la probeta SSD (F) | 912.0 | 934.6 | 946.7 | 929.9 | 960.7 | 970.6 |
| 4 | Volumen por desplazamiento | 387.1 | 396.9 | 401.5 | 393.4 | 407.3 | 410.8 |
| 5 | Densidad Bulk (G) | 2.331 | 2.332 | 2.333 | 2.344 | 2.341 | 2.345 |
| 6 | Densidad Seca Bulk | 2.300 | 2.303 | 2.303 | | | |

| N° | Estabilidad (22.2 °C) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Estabilidad (Kg-f) | 514 | 508 | 488 | 351 | 363 | 352 |
| 2 | Factor de corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | Estabilidad corregida (Kg-f) | 514 | 508 | 488 | 351 | 363 | 352 |
| 4 | Flujo (mm) | 2.0 | 2.0 | 2.1 | 2.1 | 2.2 | 2.5 |

| N° | Contenido de humedad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Peso de la muestra húmeda(H) | 1040.4 | 1053.5 | 1068.5 | 1072.3 | 1085.2 | 1084.5 |
| 2 | Peso de la muestra seca (I) | 1018.8 | 1033.1 | 1046.6 | 1041.4 | 1053.1 | 1053.1 |
| 3 | Tara (J) | 131.3 | 132.7 | 134.3 | 137.4 | 132.7 | 134.3 |
| 4 | Contenido de humedad (K) | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 3.5 | 3.6 | 3.5 |

| N° | Características | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----------------------------|------|------|------|---|---|---|
| 1 | Máximo total de vacíos (%) | 6.3 | 6.2 | 6.2 | | | |
| 2 | vacíos de aire (%) | 3.2 | 3.3 | 3.2 | | | |
| 3 | V. M. A. (%) | 14.4 | 14.3 | 14.3 | | | |
| 4 | % pérdida de estabilidad | | 29.3 | | | | |

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

Diseño C.A.R. 4.2%

| EMULSIÓN | | AGREGADO | |
|---|------------|----------------------|---|
| Tipo Emulsión Asfáltica | CMS-2H | Identificación | : Cantera "Pilcomayo" |
| Residuo asfáltico en la emulsión (%) | 65.0 | Descripción | : Piedra 1/2". / Arena chancada Mezcla en Frío abierta (Rodadura) |
| Gravedad específica del asfalto (B) | 1.01 | G. Es. Aparente (°C) | : 2.592 g/cm3 |
| Asfalto residual en la mezcla (A) (%) | 4.2 | | |

| MEZCLA Y COMPACTACIÓN | |
|---------------------------------|-----|
| Agua total en la mezcla (%) | 2.3 |
| Agua de adición a la mezcla (%) | 0.0 |
| Agua de compactación (%) | 2.3 |

| N° | DESCRIPCIÓN | SECO | | | SATURADO | | |
|----|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Peso de la probeta en aire (D) | 878.0 | 902.4 | 910.6 | 878.0 | 880.6 | 896.5 |
| 2 | Peso de la probeta en agua (E) | 512.2 | 526.3 | 529.4 | 507.5 | 509.8 | 513.5 |
| 3 | Peso de la probeta SSD (F) | 887.0 | 910.7 | 918.7 | 887.0 | 890.1 | 901.2 |
| 4 | Volumen por desplazamiento | 374.8 | 384.4 | 389.3 | 379.5 | 380.3 | 387.7 |
| 5 | Densidad Bulk (G) | 2.343 | 2.348 | 2.339 | 2.314 | 2.316 | 2.312 |
| 6 | Densidad Seca Bulk | 2.310 | 2.311 | 2.301 | | | |

| N° | Estabilidad (22.2 °C) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | Estabilidad (Kg-f) | 383 | 375 | 363 | 310 | 304 | 307 |
| 2 | Factor de corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | Estabilidad corregida (Kg-f) | 383 | 375 | 363 | 310 | 304 | 307 |
| 4 | Flujo (mm) | 1.7 | 1.7 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.0 |

| N° | Contenido de humedad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | Peso de la muestra húmeda(H) | 1040.4 | 1042.2 | 1053.8 | 1024.7 | 1029.8 | 1036.8 |
| 2 | Peso de la muestra seca (I) | 1018.8 | 1020.1 | 1031.1 | 996.7 | 999.8 | 1007.5 |
| 3 | Tara (J) | 131.3 | 138.1 | 138 | 132.3 | 138.1 | 138 |
| 4 | Contenido de humedad (K) | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 3.4 | 3.6 | 3.5 |

| N° | Características | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----------------------------|-----|-------------|-----|---|---|---|
| 1 | Máximo total de vacíos (%) | 5.2 | 5.2 | 5.6 | | | |
| 2 | vacíos de aire (%) | 2.0 | 1.5 | 1.8 | | | |
| 4 | % pérdida de estabilidad | | 17.9 | | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

(ASTM D -1559)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

HECHO POR: A. Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

Diseño C.A.R. 4.7%

| EMULSIÓN | | AGREGADO | |
|---------------------------------------|------------|---------------------|---|
| Tipo Emulsión Asfáltica | CMS-2H | Identificación | : Cantera "Pilcomayo" |
| Residuo asfáltico en la emulsión (%) | 65.0 | Descripción | : Piedra 1/2". / Arena chancada Mezcla en Frío abierta (Rodadura) |
| Gravedad específica del asfalto (B) | 1.01 | G. Es. Aparente (C) | : 2.592 g/cm3 |
| Asfalto residual en la mezcla (A) (%) | 4.7 | | |

| MEZCLA Y COMPACTACIÓN | |
|---------------------------------|-----|
| Agua total en la mezcla (%) | 2.6 |
| Agua de adición a la mezcla (%) | 0.0 |
| Agua de compactación (%) | 2.6 |

| N° | DESCRIPCIÓN | SECO | | | SATURADO | | |
|----|--------------------------------|-------|-------|-------|----------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Peso de la probeta en aire (D) | 893.0 | 902.5 | 915.2 | 1158.2 | 1150.9 | 1147.4 |
| 2 | Peso de la probeta en agua (E) | 523.4 | 527.4 | 535.6 | 666.1 | 650.2 | 650.3 |
| 3 | Peso de la probeta SSD (F) | 902.5 | 911.4 | 924.6 | 1171.9 | 1154.4 | 1151.4 |
| 4 | Volumen por desplazamiento | 379.1 | 384.0 | 389.0 | 505.8 | 504.2 | 501.1 |
| 5 | Densidad Bulk (G) | 2.356 | 2.350 | 2.353 | 2.290 | 2.283 | 2.290 |
| 6 | Densidad Secca Bulk | 2.323 | 2.316 | 2.314 | | | |

| N° | Estabilidad (22.2 °C) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | Estabilidad (Kg-f) | 587 | 601 | 616 | 499 | 486 | 479 |
| 2 | Factor de corrección | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 3 | Estabilidad corregida (Kg-f) | 587 | 601 | 616 | 499 | 486 | 479 |
| 4 | Flujo (mm) | 2.6 | 2.7 | 2.5 | 1.9 | 1.7 | 2.0 |

| N° | Contenido de humedad | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Peso de la muestra húmeda(H) | 1035.2 | 1045.6 | 1050.9 | 1348.7 | 1351.1 | 1349.6 |
| 2 | Peso de la muestra seca (I) | 1013.3 | 1023.6 | 1026.5 | 1327.8 | 1329.7 | 1325 |
| 3 | Tara (J) | 135.4 | 139.4 | 138.6 | 137.1 | 139.4 | 138.6 |
| 4 | Contenido de humedad (K) | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 1.9 | 2.2 |

| N° | Características | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----|----------------------------|------|------|------|---|---|---|
| 1 | Máximo total de vacíos (%) | 4.0 | 4.3 | 4.4 | | | |
| 2 | vacíos de aire (%) | 0.7 | 0.9 | 0.5 | | | |
| 3 | V. M. A. (%) | 14.4 | 14.7 | 14.8 | | | |
| 4 | % pérdida de estabilidad | | 18.8 | | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



*Máxima densidad
teórica de mezcla
asfáltica (RICE)*

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Cíviles

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

**DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE
ASTM D-2041**

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

DISÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA - MAF-2

| ENSAYO | N° | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---|
| Emulsión asfáltica Tipo CMS-2H | % | 4.20 | 5.00 | 5.70 | 6.50 | 7.30 | |
| Peso del material | gr | 1545.10 | 1556.80 | 1539.80 | 1519.50 | 1530.90 | |
| Peso del agua + frasco Ríce | gr | 3548.40 | 3548.40 | 3548.40 | 3548.40 | 3540.40 | |
| Peso del material + frasco + agua (en aire) | gr | 5093.50 | 5105.20 | 5088.20 | 5067.90 | 5079.30 | |
| Peso del material + frasco + agua (en agua) | gr | 4502.60 | 4505.40 | 4464.60 | 4464.70 | 4468.40 | |
| Volumen del material | cc | 590.90 | 599.80 | 603.60 | 603.20 | 610.90 | |
| Peso Especifico Máximo | gr/cc | 2.615 | 2.596 | 2.651 | 2.519 | 2.506 | |
| Temperatura de ensayo | °C | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | |
| Grava triturada 3/4" | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| Grava triturada 1/2" | % | 98% | 98% | 98% | 98% | 98% | |
| Arena triturada 1/4" | % | 2% | 2% | 2% | 2% | 2% | |
| Arena natural | % | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | |
| Tiempo de ensayo | Min. | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| Factor de Corrección | | | | | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com

geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Recubrimiento o cobertura

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.**



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RECUBRIMIENTO O COBERTURA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

HECHO POR: A.Y.G.

MATERIAL: Mezcla Asfáltica abierta en frío

FECHA: Setiembre - 2022

Tipo de emulsion : CMS-2H
R. A. de la emulsion (%) : 65
Peso del agregado seco gr. : 1149.7
Filler industrial (%) : 2.0
Peso de filler industrial gr. : 23.0
% Teorico del asf residual (%) : 2.7
Peso del asf residual teorico gr. : 31.0
Porcentaje teorico de la emulsión (%) : 4.2
Peso de la emulsion teorico gr. : 48.3

| MUESTRA | ASFALTO RESIDUAL (%) | EMULSION(%) | AGUA AÑADIDA | | MEZCLA SECA (gr) | HUMEDAD EN MEZCLA (%) | COBERTURA (%) (10min) | COBERTURA (%) (2 hr) | OBSERVACIONES |
|---------|----------------------|-------------|--------------|------|------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| | | | (%) | (gr) | | | | | |
| A | 2.70 | 4.20 | 0.00 | 0.0 | 1252.0 | 6.0 | 100 | 100 | Saturado |
| B | 2.70 | 4.20 | 0.50 | 5.7 | 1257.8 | 6.5 | 100 | 98 | Optimo |
| C | 2.70 | 4.20 | 1.00 | 11.5 | 1263.5 | 7.0 | 95 | 75 | No recubre |
| D | 2.70 | 4.20 | 2.00 | 23.0 | 1275.0 | 8.0 | 60 | 40 | No recubre |

Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
 E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
 FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

ENSAYO DE CIRCULO DE ARENA

ASTM E965-MTC E 1005

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

TÍTULO: "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".

TESISTA: Chahua Pomayay Jimmy

CANTERA: Pilcomayo

MATERIAL: Mezcla asfáltica abierta en frío

HECHO POR: A.Y.G.

FECHA: Setiembre - 2022

MUESTRA: Convencional

| LADO | PROG | LECTURAS DEL ENSAYO (mm) | | | | | PROMEDIO | VOLUMEN DE ARENA (mm ³) | MDT (mm) |
|------------------------------------|-------|--------------------------|------|------|------|------|----------|-------------------------------------|-------------|
| | | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | | | |
| DERECHO | 0+000 | 235 | 236 | 237 | 239 | 234 | 236.2 | 25000 | 0.57 |
| DERECHO | 0+100 | 224 | 226 | 227 | 223 | 220 | 224 | 25000 | 0.63 |
| DERECHO | 0+200 | 231 | 230 | 227 | 228 | 229 | 229 | 25000 | 0.61 |
| DERECHO | 0+300 | 220 | 221 | 222 | 224 | 226 | 222.6 | 25000 | 0.64 |
| DERECHO | 0+400 | 230 | 234 | 236 | 238 | 240 | 235.6 | 25000 | 0.57 |
| DERECHO | 0+500 | 215 | 216 | 217 | 220 | 223 | 218.2 | 25001 | 0.67 |
| TEXTURA SUPERFICIAL REGULAR | | | | | | | | | 0.61 |

| LADO | PROG | LECTURAS DEL ENSAYO (mm) | | | | | PROMEDIO | VOLUMEN DE ARENA (mm ³) | MDT (mm) |
|------------------------------------|-------|--------------------------|------|------|------|------|----------|-------------------------------------|-------------|
| | | N° 1 | N° 2 | N° 3 | N° 4 | N° 5 | | | |
| IZQUIERDO | 0+000 | 225 | 220 | 221 | 222 | 222 | 222 | 25000 | 0.65 |
| IZQUIERDC | 0+100 | 230 | 234 | 236 | 239 | 170 | 221.8 | 25000 | 0.65 |
| IZQUIERDC | 0+200 | 240 | 240 | 239 | 241 | 241 | 240.2 | 25000 | 0.55 |
| IZQUIERDC | 0+300 | 211 | 205 | 209 | 216 | 219 | 212 | 25000 | 0.71 |
| IZQUIERDC | 0+400 | 220 | 214 | 201 | 216 | 206 | 211.4 | 25000 | 0.71 |
| IZQUIERDC | 0+401 | 206 | 205 | 220 | 210 | 216 | 211.4 | 25001 | 0.71 |
| TEXTURA SUPERFICIAL REGULAR | | | | | | | | | 0.65 |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Índice de rugosidad (IRI)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
 Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
 Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
 geotest.v@gmail.com.
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

DETERMINACION DE RUGOSIDAD POR EL MÉTODO MERLIN (IRI)

(ASTM E 1926)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

TITULO : "Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019".
TESISTA : Chahua Pomayay Jimmy
TRAMO : 500 metros
CARRIL : Izquierdo
PROGRESIVA : 0+400 - 0+000

HECHO POR: A.Y.G.
FECHA: Setiembre - 2022

Muestra: IRI - MEZCLA ASFALTICA ABIERTA EN FRIO

| LECTURAS CON RUGOSIMETRO MERLIN | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|----|----|---|---|---|---|---|---|
| HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS | | | | | | | | | |
| 6 | 4 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 6 | 9 | 7 |
| 9 | 6 | 6 | 6 | 5 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 10 | 4 | 3 | 3 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 10 | 4 | 7 | 7 | 6 | 5 | 5 | 7 | 3 | 6 |
| 9 | 4 | 7 | 8 | 6 | 5 | 5 | 7 | 3 | 6 |
| 10 | 4 | 7 | 8 | 4 | 7 | 7 | 7 | 3 | 6 |
| 9 | 4 | 7 | 8 | 4 | 7 | 9 | 5 | 5 | 6 |
| 9 | 4 | 7 | 8 | 4 | 2 | 9 | 1 | 3 | 2 |
| 10 | 4 | 7 | 6 | 4 | 6 | 9 | 7 | 9 | 5 |
| 9 | 4 | 8 | 8 | 9 | 6 | 9 | 7 | 4 | 8 |

| | | | | | |
|----------------------|---|--------------|----|-----------|----|
| ESP. PASTILLA | 6 | LEC. INI. | 25 | LEC. FIN. | 12 |
| FACTOR DE CORRECCIÓN | | F.C. = 0.923 | | | |

| CALCULO DE "D" | | | |
|---|--|--|--|
| $D = (CI + CE + CD) \times 5$ | | | |
| DESCARTANDO 10 VALORES CADA COLA DEL HISTOGRAMA | | | |
| HISTOGRAMA: CI = COLA IZQUIERDA CE = CENTRO CD = COLA DERECHA | | | |

| CALCULO DE "R" (IRI) | |
|---------------------------------|-----------------------|
| D > 40 | D < 40 |
| $R = 0.593 \mp 0.0471 \times D$ | $R = 0.0485 \times D$ |

| | COLA IZQUIERDA (CI) | CENTRO (CE) | COLA DERECHA (CD) |
|--------------------------------|---------------------|-------------|-------------------|
| TOTALES COLUMNAS EXTREMAS | 14 | - | 19 |
| LECTURAS CONSIDERADAS | 7 | - | 17 |
| FRACCIONES RESULTANTES | 0.500 | 6 | 0.895 |
| SUMA FRACCIONES (CI + CE + CD) | 7.39 | | |
| D | 34.13 | | |
| R | 1.66 | | |

| COMENTARIOS | |
|-------------|--|
| | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.

DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA
Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av.
Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com
geotest.v@gmail.com.

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.



Servicios de Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de Acuerdo a Normativas y Exigencias Técnicas en las Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicado en Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
GEO TEST V. S.A.C.



DIRECCIÓN : Psj. GRAUN'211 - CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferroviario cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229

| MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENWELMAN (MTC E - 1002) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------|------------|---|----|----|----|----|----|-------|-------|-------|-------|---|------|----------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| *Aplicación de masas abolladas en frío para medir el comportamiento de la superficie de rodadura, Huanayo 2019 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestreo de deflexiones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capas de asfáltica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18.2 IN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 PSI | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Viga benwelman (deflectómetro marca bahr) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19.3° C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Septiembre 2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Chilca Pongray, Jirmy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Muestra asfáltica abierta en frío | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LECTURAS DEL DEFLECTOMETRO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PTO DE ENSAYO | LADO | PROGRESIVA | DEFLEXIONES PARCIALES (10 ⁻² mm) | | | | | | | | | | DEFLEXIONES: RELACION DE BRAZO DE VIR 1:4 (10 ⁻² mm) | | Dmax (10 ⁻² mm) | Radio de Curvatura (m) | | | | | | | |
| PROCESAMIENTO DE LECTURAS: OBTENCIÓN DE DEFLEXIONES, DEFLEXIÓN MÁXIMA Y RADIO DE CURVATURA - TRAMO I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | DERECHO | 0+000 | 100 | 96 | 85 | 83 | 90 | 86 | 14.00 | 10.00 | 9.00 | 7.00 | 4.00 | 0.00 | 56.00 | 40.00 | 36.00 | 28.00 | 16.00 | 0.00 | 56.00 | 195.31 | |
| 2 | DERECHO | 0+050 | 100 | 97 | 96 | 83 | 90 | 86 | 14.00 | 11.00 | 10.00 | 7.00 | 4.00 | 0.00 | 56.00 | 44.00 | 40.00 | 28.00 | 16.00 | 0.00 | 56.00 | 280.42 | |
| 3 | DERECHO | 0+100 | 100 | 98 | 95 | 84 | 91 | 87 | 13.00 | 12.00 | 9.00 | 7.00 | 4.00 | 0.00 | 52.00 | 48.00 | 36.00 | 26.00 | 16.00 | 0.00 | 52.00 | 781.25 | |
| 4 | DERECHO | 0+150 | 100 | 98 | 95 | 83 | 91 | 87 | 13.00 | 11.00 | 9.00 | 6.00 | 4.00 | 0.00 | 52.00 | 44.00 | 32.00 | 24.00 | 16.00 | 0.00 | 52.00 | 396.63 | |
| 5 | DERECHO | 0+200 | 100 | 98 | 94 | 84 | 90 | 85 | 15.00 | 13.00 | 9.00 | 9.00 | 5.00 | 0.00 | 60.00 | 52.00 | 36.00 | 20.00 | 0.00 | 0.00 | 60.00 | 890.83 | |
| 6 | DERECHO | 0+250 | 100 | 99 | 97 | 85 | 92 | 88 | 15.00 | 14.00 | 12.00 | 10.00 | 7.00 | 0.00 | 60.00 | 56.00 | 45.00 | 40.00 | 28.00 | 0.00 | 60.00 | 781.25 | |
| 7 | DERECHO | 0+300 | 100 | 97 | 96 | 84 | 90 | 86 | 16.00 | 13.00 | 13.00 | 12.00 | 9.00 | 0.00 | 64.00 | 52.00 | 48.00 | 48.00 | 36.00 | 0.00 | 64.00 | 266.42 | |
| 8 | DERECHO | 0+350 | 100 | 97 | 95 | 85 | 92 | 86 | 14.00 | 11.00 | 11.00 | 9.00 | 6.00 | 0.00 | 56.00 | 44.00 | 44.00 | 44.00 | 24.00 | 0.00 | 56.00 | 266.42 | |
| 9 | DERECHO | 0+400 | 100 | 98 | 96 | 86 | 91 | 88 | 12.00 | 10.00 | 9.00 | 8.00 | 3.00 | 0.00 | 48.00 | 40.00 | 32.00 | 32.00 | 12.00 | 0.00 | 48.00 | 396.63 | |
| 10 | DERECHO | 0+450 | 100 | 98 | 97 | 86 | 91 | 87 | 13.00 | 12.00 | 10.00 | 9.00 | 4.00 | 0.00 | 52.00 | 46.00 | 40.00 | 40.00 | 16.00 | 0.00 | 52.00 | 781.25 | |
| 11 | DERECHO | 0+500 | 100 | 97 | 95 | 86 | 90 | 86 | 14.00 | 11.00 | 9.00 | 10.00 | 4.00 | 0.00 | 56.00 | 44.00 | 36.00 | 40.00 | 16.00 | 0.00 | 56.00 | 266.42 | |
| | | | PROMEDIO | | | | | | | | | | | | | 18.55 | 16.52 | 13.94 | 12.13 | 6.55 | 0.00 | 56.00 | 412.33 |
| | | | DESV. ESTÁNDAR | | | | | | | | | | | | | 26.75 | 22.83 | 19.46 | 17.11 | 10.19 | 0.00 | 4.50 | 220.78 |



DIRECCIÓN : Psj. GRAUN°211 - CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Puzo. Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

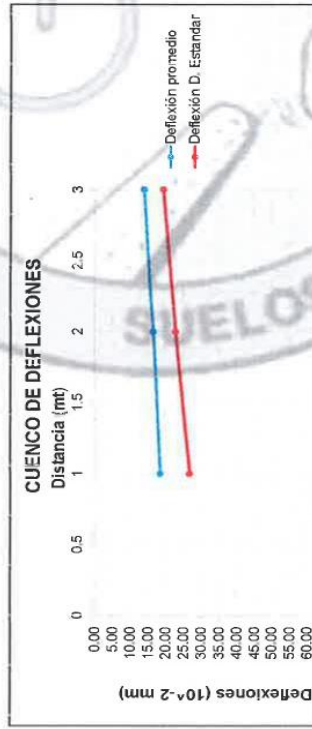
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C.

RUC : 20606529229

| TÍTULO | MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002) | | |
|-----------------------------------|---|------------|---|
| ACTIVIDAD | Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019 | | |
| TPO DE PAVIMENTO | Carretera asfáltica | | |
| CARGA DE EJEC DEL CAMIÓN | 8.2 TN | | |
| PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS | 80 PSI | | |
| EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES | Viga Benkelman (deflectómetro marca Bahaj) | | |
| TEMPERATURA | 19,3° C | | |
| FEC-VA | Septiembre - 2022 | | |
| SOLICITADO POR | Chihua Poma y Jimny | | |
| MUESTRA | Mezcla asfáltica abierta sin tipo | | |
| PTO DE ENSAYO | LAZO | PROGRESIVA | DEFLEXIONES PARCIALES (10 ⁻² mm) |
| | | | DEFLEXIONES: RELACION DE BRAZO DE 16:14 (10 ⁻² mm) |
| | | | Deflexión característica (10 ⁻² mm) |
| | | | Deflexión característica para una confiabilidad de 95% |

CUENCO DE DEFLEXIONES Y ANÁLISIS DE LA DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA Y ADMISIBLE



Deflexión Característica

- Dm = 36.00 (10⁻² mm)
- ds = 4.90 (10⁻² mm)
- Dc = 92.28 (10⁻² mm)

Deflexión admisible

- N = 0.855 millones de ejes equivalentes
- Dadm = 107.69 (10⁻² mm)

Análisis de la Deflexión Característica y Admisible

- Dc = 92.28 (10⁻² mm)
- Dadm = 107.69 (10⁻² mm)
- Verif = Dc < Dadm
- Estado = **conforme!!!**

| Tipo de Carretera | Deflexión Característica (Dc) | Observación |
|---|-------------------------------|--|
| Multipista: carriles de TUBA menor de 8000 vehículos por día separados cada uno con dos o más carriles | Dc = Dm = 1.645xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras Dúales o Multicarril: carriles de IMDA entre 4000 y 49001 vehículos, de calzadas separadas cada una con dos o más carriles | Dc = Dm = 1.645xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Primera Clase: carriles con un IMDA entre 4000-2001 vehículos de una calzada de dos carriles | Dc = Dm = 1.645xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 95% |
| Carreteras de Segunda Clase: carriles con un IMDA entre 4000-401 vehículos de una calzada de dos carriles | Dc = Dm = 1.282xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras de Tercera Clase: carriles con un IMDA entre 400-201 vehículos de una calzada de dos carriles | Dc = Dm = 1.027xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 90% |
| Carreteras de Baja Volumen: de Tránsito: carriles con un IMDA ≤ 400 vehículos de una calzada | Dc = Dm = 1.026xds | Deflexión característica para una Confiabilidad de 85% |

Nota: Dc = Deflexión característica, Dm = Deflexión media, ds = deflexión estándar

Cuadro 12.22: Definición de Deflexión Característica Según Tipo de Carretera
Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnia y Pavimentos – MTC -2014



DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA

(Ref. a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

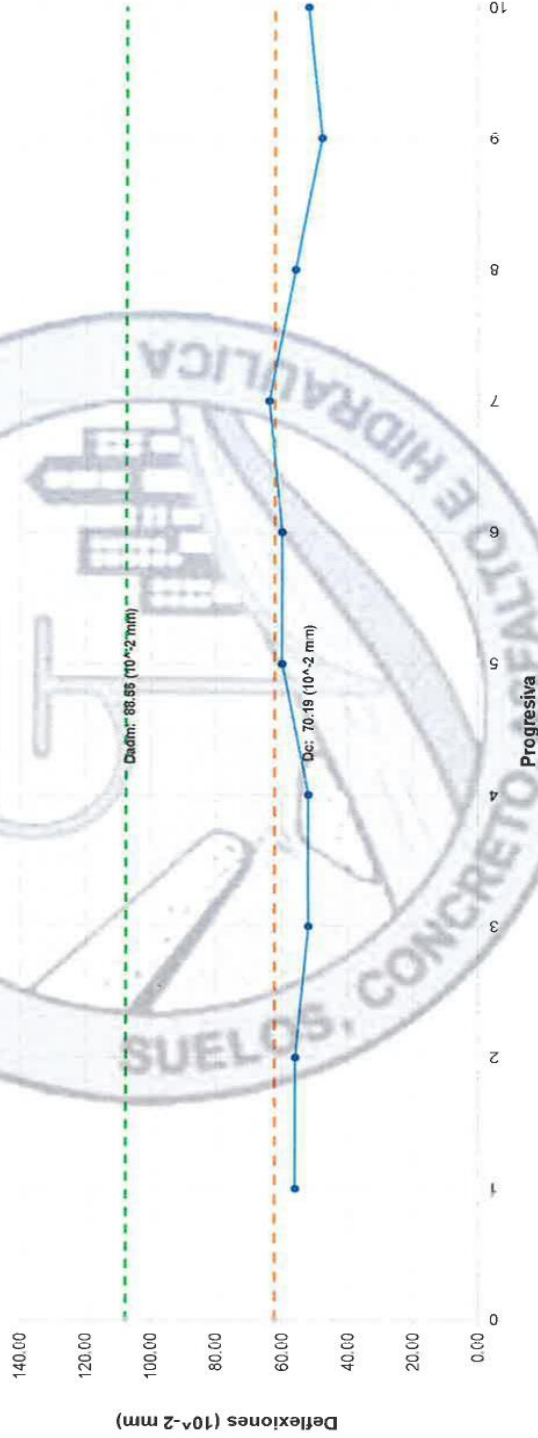
E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotestv@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229

| TÍTULO | MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002) | | | | |
|-----------------------------------|---|------------|--|--|------------------------|
| ACTIVIDAD | Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rodadura, Huancayo 2019 | | | | |
| TIPIC DE PAVIMENTO | Carretera asfáltica | | | | |
| CARGA DE EJE DEL CARRO | 8.2 TM | | | | |
| PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS | 80 PSI | | | | |
| EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES | Viga benkelman (deflectómetro marca lubtel) | | | | |
| TEMPERATURA | 19.3° C | | | | |
| FEC-IA | Septiembre 2022 | | | | |
| SOLICITADO POR | Cheque Poma y Jimay | | | | |
| MUESTRA | Mezcla asfáltica abierta en frío | | | | |
| PTO DE ENSAYO | LALO | PROGRESIVA | DEFLEXIONES PAROCIALES (10 ⁻² mm) | DEFLEXIONES - RELACION DE BRAZO DE VIGAS (10 ⁻² mm) | Radio de curvatura (m) |

DEFLECTOGRAMA





DIRECCIÓN : Psj. GRAU N°211 - CHILCA

(Ref: a una cuadra frente al parque Puzo Av. Ferrocarril cruce con Av. Leoncio Prado)

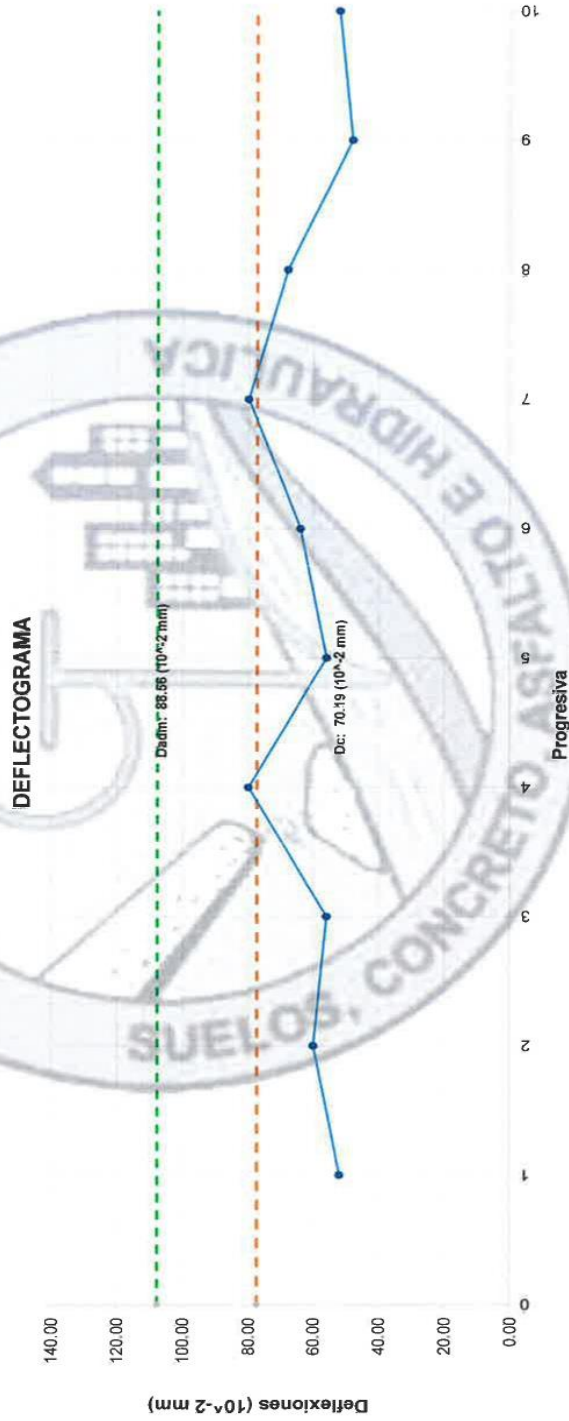
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com / geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V S.A.C.

RUC : 20606529229

| MEDIDA DE LA DEFLEXIÓN DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO LA VIGA BENKELMAN (MTC E - 1002) | | | |
|--|---|------------|--|
| TÍTULO | *Aplicación de mezclas abiertas en frío para mejorar el comportamiento de la superficie de rotadura, Huancayo 2019. | | |
| ACTIVIDAD | Medición de deflexiones | | |
| TIPO DE PAVIMENTO | Carpeta asfáltica | | |
| CARGA DE EJE DEL CAMIÓN | 8.2 TN | | |
| PRESIÓN DE INFLADO DE NEUMÁTICOS | 80 PSI | | |
| EQUIPO DE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES | Viga benkelman (deflectómetro marca habes) | | |
| TEMPERATURA | 19.3° C | | |
| FECHA | Septiembre- 2022 | | |
| SOLICITADO POR | Orhiva Pomayay, Jimmy | | |
| MUESTRA | Mezcla asfáltica abierta en frío | | |
| PTO DE ENSAYO | LADO | PROGRESIVA | Radio de Curvatura (m) |
| | | | Dmax (10 ⁻² mm) |
| | | | DEFLEXIONES PARCIALES (10 ⁻² mm) |
| | | | DEFLEXIONES - RELACION DE BRAZO DE VIG 1:4 (10 ⁻² mm) |



Anexo N°05: La data del procesamiento de datos

TEXTURA

| Lado | Progresiva | Textura superficial | % de variación |
|-----------------|------------|---------------------|----------------|
| Derecho | 0+000 | 0.57 mm | 0.00 |
| Derecho | 0+100 | 0.63 mm | 0.11 |
| Derecho | 0+200 | 0.61 mm | 0.07 |
| Derecho | 0+300 | 0.64 mm | 0.12 |
| Derecho | 0+400 | 0.57 mm | 0.00 |
| Derecho | 0+500 | 0.67 mm | 0.18 |
| Promedio | | | 0.62 |
| Izquierdo | 0+000 | 0.65 | 0.000 |
| Izquierdo | 0+100 | 0.65 | 0.000 |
| Izquierdo | 0+200 | 0.55 | -0.15 |
| Izquierdo | 0+300 | 0.71 | 0.29 |
| Izquierdo | 0+400 | 0.71 | 0.00 |
| Izquierdo | 0+500 | 0.71 | 0.00 |
| Promedio | | | 0.66 |

ÍNDICE DE RUGOSIDAD

| CARRIL | D | IRI |
|-----------|-------|------|
| Izquierda | 34.13 | D>40 |
| Derecha | 28.6 | D>40 |

DEFLEXIÓN

Análisis de la deflexión Características y admisible

| | | |
|---------------------|---|------------------------------|
| Dc | = | 47.57 (10 ⁻² mm) |
| D.adm | = | 234.55 (10 ⁻² mm) |
| Verificación | = | DC < Dadm |
| Estado | = | ¡CONFORME! |

Análisis de la deflexión Características y admisible

| | | |
|---------------------|---|------------------------------|
| Dc | = | 54.59 (10 ⁻² mm) |
| Dadm | = | 234.55 (10 ⁻² mm) |
| Verificación | = | DC < Dadm |
| Estado | = | CONFORME!!! |

Anexo N°06: Fotografía de la aplicación del instrumento

1. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO ½”



Fotografía N°1: Determinar la gradación y tamaño de partículas del material con la selección de los tamices adecuados por la granulometría del agregado grueso (piedra triturada de 1/2”) según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N°2: Granulometría de agregado grueso, tamaño máximo de ½”, según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia

2. GRANULOMETRÍA DE AGREGADO (ARENA ACHANCADA)



Fotografía N° 3: Determinar la gradación del material de agregado fino (arena triturada) para la combinación del diseño teórico de mezcla asfáltica abierta en caliente, según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N°4: Tamaños de partículas encontrados en el ensayo de granulometría por tamices del agregado fino (arena), según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia

3. GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GLOBAL



Fotografía N°5: Granulometría del agregado global conformado por la combinación teórica de agregados finos y agregado grueso el diseño de mezcla asfáltica abierta en frío, según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia.



Fotografía N° 6: Tamaño encontrados de partículas en granulometría física de la combinación teórica de agregados del diseño MAF-2 (mezcla asfáltica en frío), según referencia de la norma (ASTM C 136).

FUENTE: Elaboración propia.

4. ABRASIÓN LOS ÁNGELES



Fotografía N° 7: Determinar la resistencia a la degradación de las partículas del agregado grueso, con un total de peso 5000 gr, por el método “B” utilizando 11 esferas con la máquina de los ángeles mediante el ensayo de abrasión los ángeles, según referencia de la norma (ASTM C 131).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 8: Ensayo de desgaste por abrasión los ángeles de partículas de agregado grueso, método “B” con 11 esferas según referencia de la norma (ASTM C 131).

FUENTE: Elaboración propia

5. PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS



Fotografía N° 9: Ensayo de chatas y alargadas para la determinación de cuantas partículas son chatas y alargadas y cuantas partículas no son chatas y alargadas en el agregado grueso, según referencia de la norma (ASTM C 131).

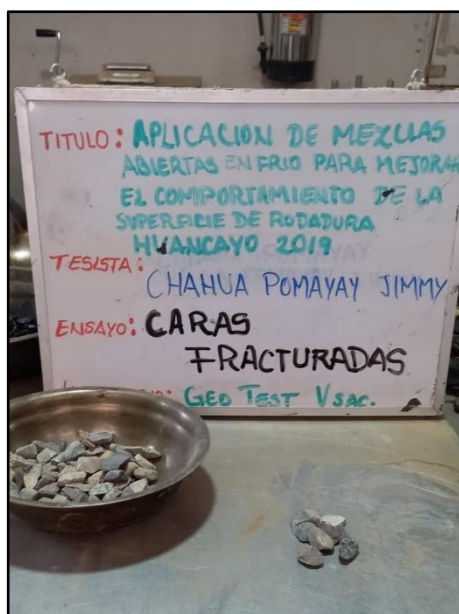
FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 10: Uso del calibrador proporcional para determinación de los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso, según referencia de la norma (ASTM D 4791).

FUENTE: Elaboración propia

6. CARAS FRACTURADAS



Fotografía N° 11: Determinar el porcentaje de masa del agregado grueso con 01 caras fracturadas y 02 a más caras fracturas de partículas, según referencia de la norma (ASTM D5821).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 12: Determinar el porcentaje de masa del agregado grueso con partículas fracturadas, según referencia de la norma (ASTM D5821).

FUENTE: Elaboración propia

7. DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO DEL AGREGADO GRUESO



Fotografía N° 13: Determinar el porcentaje de pérdida del agregado grueso a la desintegración por medio de soluciones mediante el ensayo de Durabilidad al sulfato de magnesio, según referencia de la norma (ASTM C 88M-18).

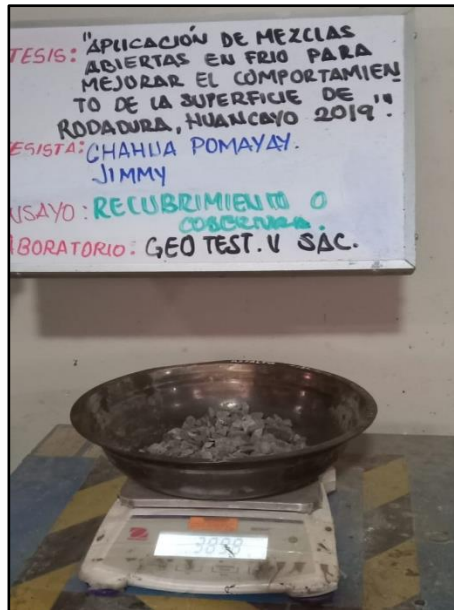
FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 14: Secado e inmersión, teniendo en cuenta la temperatura del horno a 105°C o 110°C mediante el ensayo de Durabilidad al sulfato de magnesio, según referencia de la norma (ASTM C 88M-18).

FUENTE: Elaboración propia

8. RECUBRIMIENTO O COBERTURA DE MEZCLA ASFÁLTICA EN FRIO



Fotografía N° 15: Determinar el contenido de recubrimiento de la emulsión asfáltica tipo CMS-2H en agregados pétreos con distinto porcentaje de agua, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 16: Elaboración de material con adición de emulsión asfáltica para ensayo de cobertura con porcentaje de agua: 0.0%;0.5%,1.0% y 2.0%, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 17: Recubrimiento de emulsión asfáltica con porcentaje de agua: 0.0%;0.5%,1.0% y 2.0%, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia

9. Ensayo Marshall modificado



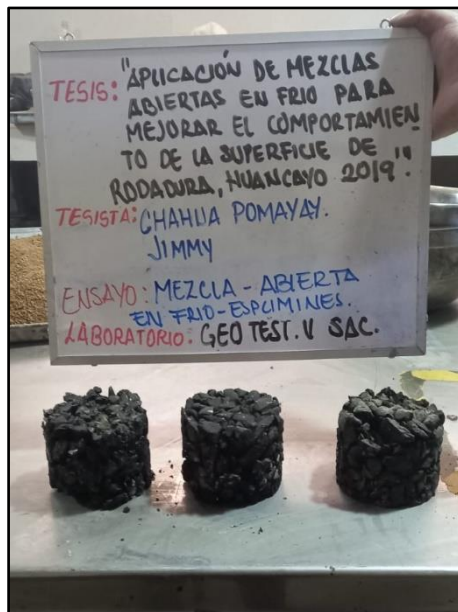
Fotografía N° 18: Elaboración de probetas con porcentaje de emulsión asfáltica tipo CMS-2H, para mezcla abierta fría, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 19: Desmolde de probetas luego de ser curadas, mezcla asfáltica abierta en fría, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

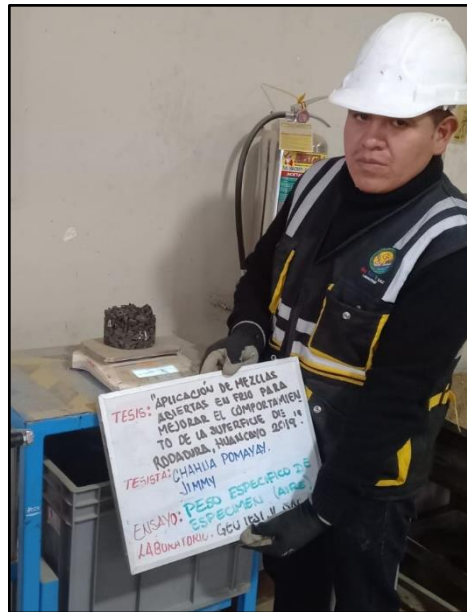
FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 20: Especímenes de mezcla asfáltica abierta en frío, para luego ser ensayadas peso específico Bulk, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

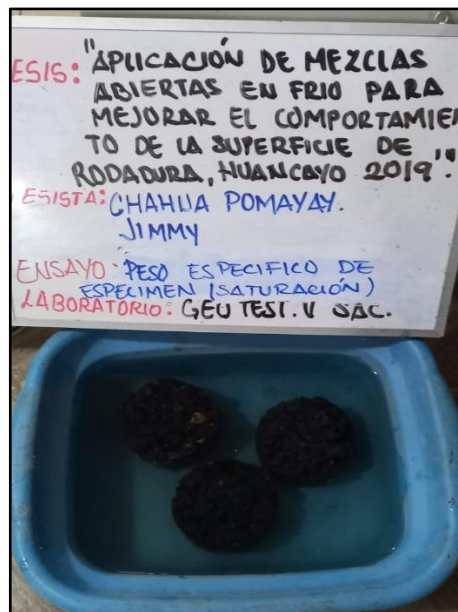
FUENTE: Elaboración propia

10. Peso específico Bulk de especímenes



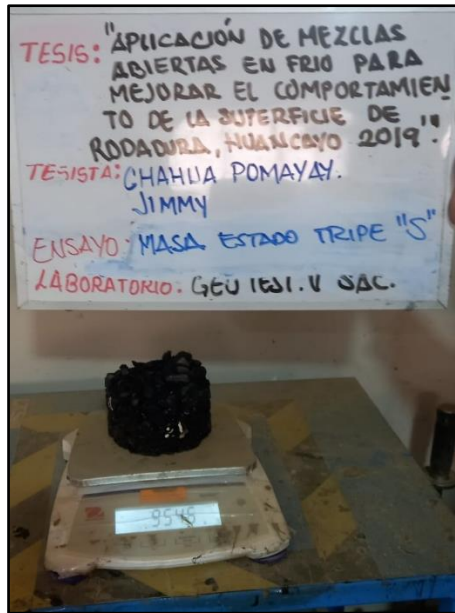
Fotografía N° 21: Masa a aire de especímenes de mezcla abierta en frío, para peso específico Bulk de briqueta, según la referencia de la norma (ASTM D 1188-07).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 22: Saturación de briquetas, para ser pesadas sumergidas en canastilla de peso específico, según la referencia de la norma (ASTM D 1188-07).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 23: Estado superficialmente seco saturada de muestra de broqueta, masa al aire, según la referencia de la norma (ASTM D 1188-07).

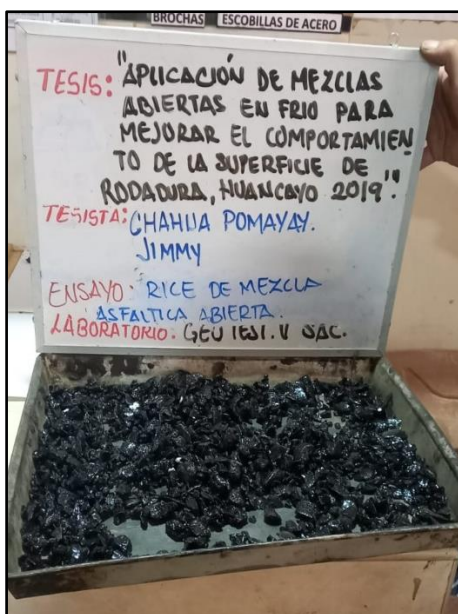
FUENTE: Elaboración propia

11. Máxima densidad teórica de mezcla asfáltica



Fotografía N° 24: Material de mezcla asfáltica abierta para ensayo de máxima densidad teórica (rice), según referencia de la norma (ASTM D 2041).

FUENTE: Elaboración propia



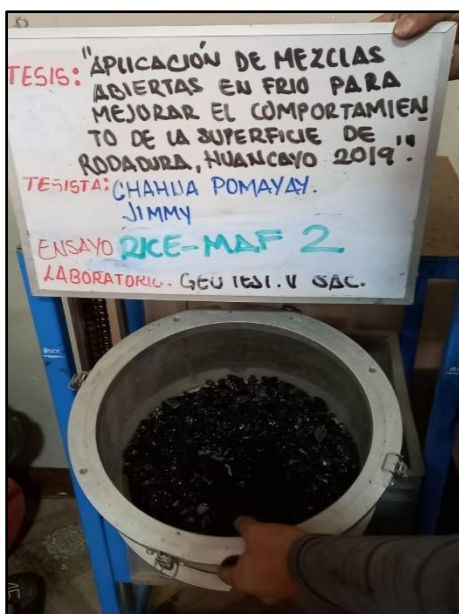
Fotografía N° 25: Mezcla asfáltica abierta en frío, según referencia de la norma (ASTM D 2041).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 26: Determinamos la presión residual en el recipiente de vacíos, agregando agua suficiente aproximadamente a 25°C para cubrir la muestra del aire atrapado sometido en todos los contenidos a un vacío parcial de 4 KPa o no menor de presión absoluta, durante un periodo de 5 a 15 minutos, según referencia de la norma (ASTM D 2041).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 27: Determinamos la masa sumergida de mezcla asfáltica abierta en frío más recipiente de picnómetro de vacíos, durante 10 min, según referencia de la norma (ASTM D 2041).

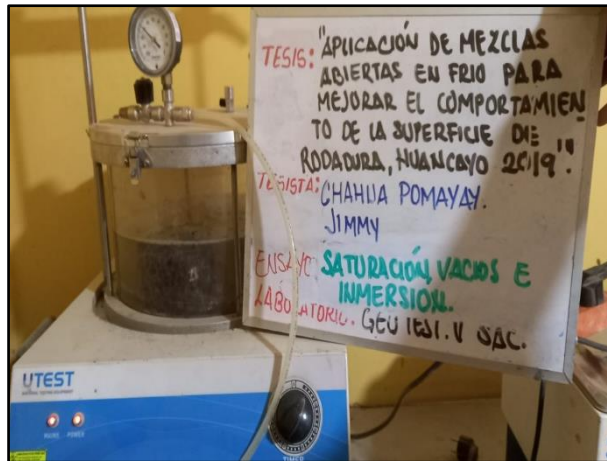
FUENTE: Elaboración propia

12. ESTABILIDAD Y FLUJO



Fotografía N° 28: Rotura de espécimen de diseño convencional luego del ensayo de peso específico Bulk, datos obtenidos estabilidad y flujo, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.° 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 29: Especímenes en picnómetros de vacíos por 1hr por saturación de vacíos e inversión, según referencia del The Asphalt Institute; Manual Series N.º 14 (MS 14), U.S.A.

FUENTE: Elaboración propia

13. TRAMO DE PRUEBA DE MEZCLA ASFÁLTICA ABIERTA EN FRÍA



Fotografía N° 30: Compactación de capa de rodadura de tramo de prueba según la referencia de la Manual MTC - EG2013.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 31: Imprimación de capa de rodadura de tramo de prueba según la referencia de la Manual MTC - EG2013.

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 32: Capa de rodadura de mezcla asfáltica abierta en frío de tramo de prueba según la referencia de la Manual MTC - EG2013.

FUENTE: Elaboración propia

14. RUGOSIDAD



Fotografía N° 33: Determinación de la medición del rugosímetro por el método Merlín (IRI), según la norma (ASTM E 1926).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 34: Recolección de datos en una vuelta de rugosidad de capa de rodadura con equipo merlín, según la referencia de la norma (ASTM E 1926).

FUENTE: Elaboración propia

15. ENSAYO DE CIRCULO DE ARENA



Fotografía N° 35: Medida en centímetro de esparcido de arena en la superficie para determinar la profundidad de la macro textura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 36: Determinar la profundidad de la macro textura de la superficie del pavimento mediante el ensayo del círculo de arena según la norma (ASTM E 1926).

FUENTE: Elaboración propia

16. ENSAYO DE VIGA BENKELMAN



Fotografía N° 37: Determinación de deflexiones de capa de rodadura de mezcla asfáltica abierta en frío con equipo viga Benkelman, según referencia de la norma (ASTM D 4695).

FUENTE: Elaboración propia



Fotografía N° 38: Medición de deflexiones y deformaciones sobre la capa de rodadura por el peso de camión de 8 toneladas, según referencia de la norma (ASTM D 4695).

FUENTE: Elaboración propia

