

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la  
descolmatación de carpetas de asfalto drenante -  
Huancayo, 2022**

Aaron Reny Aysana Ucharima

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : FELIPE GUTARRA MEZA  
Decano de la Facultad de Ingeniería

**DE** : Augusto Elías García Corso  
Asesor de tesis

**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

**FECHA** : 21 de Febrero de 2024

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022**", perteneciente al/la/los/las estudiante(s) **AARON RENY AYSANA UCHARIMA**, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 20) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

  
MSc. AUGUSTO GARCIA  
CIP: 85267

---

Asesor de tesis

## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Aaron Reny Aysana Ucharima, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 73188265, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: **"INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022"**, es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

21 de febrero de 2024.



Aaron Reny Aysana Ucharima

DNI. No. 73188265



# INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>2%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.um.es</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.une.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://repositorio.itb.edu.ec">repositorio.itb.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.scielo.sa.cr">www.scielo.sa.cr</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	"Understanding performance of concrete using natural pozzolans against corrosion", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2012 Publicación	<1 %

20	<a href="http://biblioteca.uajms.edu.bo">biblioteca.uajms.edu.bo</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://repositorio.unu.edu.pe">repositorio.unu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://uvadoc.uva.es">uvadoc.uva.es</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://riunet.upv.es">riunet.upv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://bibliotecadigital.udea.edu.co">bibliotecadigital.udea.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.ptolomeo.unam.mx:8080">www.ptolomeo.unam.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://alicia.concytec.gob.pe">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.ute.edu.ec">repositorio.ute.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

---

Excluir citas      Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía      Activo

## **Agradecimientos:**

A mis padres, por su apoyo incondicional, por guiarme con sus sabios consejos que me han motivado a lograr y cumplir mis metas propuestas, a la Universidad Continental por la formación académica y profesional, a mi asesor por su guía y aporte que han sido fundamental para mi investigación.

## **Dedicatoria:**

A mis padres por su esfuerzo y sacrificio, su amor incondicional, por ser mi guía constante en cada etapa de vida, por haberme motivado a superarme a pesar de las dificultades y por confiar en mí.



## RESUMEN

En esta investigación se tiene como objetivo principal el determinar influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022, mediante la metodología científica, de tipo de investigación aplicada, nivel de investigación correlacional y diseño de investigación experimental con una población de 112 briquetas de mezcla asfáltica drenante en la ciudad de Huancayo, como muestra 112 briquetas de mezcla asfáltica drenante. Para la obtención de los resultados primeramente se elaboró un diseño de mezcla asfáltica drenante de acuerdo a los materiales disponibles de la región basado en el diseño CAD 12 para lo cual se elaboró el ensayo Marshall para calcular sus propiedades mecánicas y volumétricas, el ensayo de infiltración para calcular el tiempo de evacuación y la permeabilidad, el ensayo de escurrimiento del ligante y el ensayo cántabro con ello dando un óptimo contenido de asfalto de 5.5%. A partir de lo obtenido se elaboraron 40 briquetas las cuales primeramente fueron sometidos al proceso de colmatación hasta lograr taponearlas totalmente, luego de ello se agruparon en grupos de 10 para someterlas a distintos tipos de mantenimiento de acuerdo al porcentaje de adición del tensoactivo de la palma (0%, 5%, 10% y 15%) al agua a presión, en donde de acuerdo al ensayo de infiltración se obtuvo lo siguiente del tiempo de evacuación al 0% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 29seg, al 5% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 26seg, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20 seg y al 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20seg, y de permeabilidad al 0% de tensoactivo de palma en el mantenimiento de 3.49cm<sup>3</sup>/s, al 5% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 3.86cm<sup>3</sup>/s, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 5.01cm<sup>3</sup>/s y al 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 5.14cm<sup>3</sup>/s, por último alas briquetas con mantenimiento fueron sometidas al ensayo Marshall en donde el 10 % y el 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento llegaron a recuperar el porcentaje de vacíos del diseño mientras que sus estabilidades disminuyeron de 6.57kg de acuerdo al porcentaje de adición de tensoactivo de la palma al mantenimiento con una diferencia y sus flujos aumentaron de 0.05mm de acuerdo al porcentaje de adición de tensoactivo de la palma al mantenimiento con una diferencia.

Analizados los resultados obtenidos a través del proceso de evaluación realizado a partir de los distintos porcentajes de adición del tensoactivo de la palma para el mantenimiento de la mezcla asfáltica drenante se llegó a la conclusión de que efectivamente el tensoactivo de la palma permite mantener la capacidad de infiltración en una mezcla MAD, de acuerdo al ensayo de infiltración de las mezclas asfálticas drenantes. Determinando un adecuado porcentaje de

tensoactivo de la palma de 10%, que no altera representativamente las propiedades principales del diseño de mezclas asfálticas drenante (cántabro en seco y cántabro tras inmersión).

Palabras Claves: Porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo, tiempo de evacuación, permeabilidad, tensoactivo de la palma, colmatación y taponamiento.

## ABSTRACT

In this research, the main objective is to determine the influence of surfactants extracted from the palm in the clearing of draining asphalt folders- Huancayo 2022, through scientific methodology, applied research type, correlational research level and experimental research design with a population of 350kg of average asphalt mix produced by an asphalt plant in the city of Huancayo, as shown by 112 briquettes of draining asphalt mix. To obtain the results, a draining asphalt mix design was first prepared according to the materials available in the region based on the CAD 12 design, for which the Marshall test was prepared to calculate its mechanical and volumetric properties, the infiltration test to calculate the evacuation time and permeability, the binder runoff test and the Cantabrian test, thereby giving an optimal asphalt content of 5.5%. From what was obtained, 40 briquettes were made, which were first subjected to the clogging process until they were completely clogged, after which they were grouped into groups of 10 to submit them to different types of maintenance according to the percentage of addition of palm surfactant. (0%, 5%, 10% and 15%) to pressurized water, where according to the infiltration test the following was obtained from the evacuation time at 0% surfactant from the palm in the maintenance of 29 seconds, at 5 % palm surfactant at 26 sec hold, 10% palm surfactant at 20 sec hold and 15% palm surfactant at 20 sec hold, and permeability at 0% palm surfactant palm in the maintenance of 3.49cm<sup>3</sup>/s, at 5% of palm surfactant in the maintenance of 3.86cm<sup>3</sup>/s, at 10% of palm surfactant in the maintenance of 5.01cm<sup>3</sup>/s and at 15% of palm surfactant palm in the maintenance of 5.14cm<sup>3</sup>/s, finally The briquettes with maintenance were subjected to the Marshall test where 10% and 15% of palm surfactant in maintenance managed to recover the percentage of design voids while their stabilities decreased progressively according to the percentage of addition. of surfactant from palm to maintenance with a difference and their fluxes increased progressively according to the percentage of addition of surfactant from palm to maintenance with a difference.

After analyzing the results obtained through the evaluation process carried out from the different percentages of addition of the palm surfactant for the maintenance of the draining asphalt mix, it was concluded that indeed the palm surfactant allows maintaining the ability of infiltration in a MAD mix, according to the infiltration test of draining asphalt mixes. Determining an adequate percentage of surfactant of the palm of 10%, which does not significantly alter the main properties of the design of draining asphalt mixes (Cantabrian dry and Cantabrian after immersion).

Keywords: Void percentage, stability, flow, evacuation time, permeability, palm surfactant, clogging and plugging.

## INTRODUCCION

Los pavimentos de asfalto drenante ofrecen una tecnología alternativa para la gestión de aguas pluviales. Un pavimento de asfalto poroso difiere de los diseños de pavimento de asfalto tradicionales en que la estructura permite que los fluidos pasen libremente a través de él, reduciendo o controlando la cantidad de escorrentía del área circundante. Al permitir que la precipitación y la escorrentía fluyan a través de la estructura, este tipo de pavimento funciona como una técnica adicional de gestión de aguas pluviales. Los beneficios generales de los pavimentos de asfalto drenante pueden incluir beneficios tanto ambientales como de seguridad, incluida una mejor gestión de las aguas pluviales, una mejor resistencia al deslizamiento, una reducción del rocío para los conductores y peatones, así como un potencial para la reducción del ruido. Con una mayor conciencia ambiental y un cambio de paradigma en evolución en las técnicas de gestión de aguas pluviales.

Pero este tipo de serviciabilidad se delimita por las obstrucciones en las partes abiertas del pavimento drenante acumulados por el paso del tiempo en donde la acumulación de agua vuelve a generar los problemas antes mencionados como la pérdida de resistencia al deslizamiento, etc. Para ello se emplea el mantenimiento con agua a presión cada cierto periodo según sea necesario, por lo que en esta investigación tiene como objetivo estudiar el comportamiento de una mezcla asfáltica drenante obstruida sometida al tratamiento con agua a presión en donde también se emplea tensoactivos de la palma y evaluar su efectividad al recuperar la serviciabilidad del pavimento drenante y darle años más de vida útil. En donde una de las claves del éxito de este tipo de pavimento está en el diseño de la mezcla asfáltica el cual estará basado de acuerdo a los materiales obtenidos de la ciudad de Huancayo. El porcentaje de vacíos de aire, que en última instancia está relacionado con la efectividad del pavimento para controlar adecuadamente la escorrentía, es un componente crítico de la mezcla. Sin embargo, se requiere una consideración especial para obtener porcentajes de vacíos de aire más altos mientras se mantiene la resistencia y la durabilidad en un clima frío.

Finalmente, en la presente investigación se resumen en los siguientes capítulos que se describe a continuación:

1. En el capítulo I, se presenta el planteamiento del estudio, el planteamiento del problema, la formulación del problema, los objetivos, las justificación e importancia, las delimitaciones de la investigación.
2. En el capítulo II, se presenta el marco teórico, los antecedentes del problema, las bases teóricas, la definición de términos básicos.

3. En el capítulo III, se presenta la hipótesis y variables, hipótesis y descripción de variables y variables
4. En el capítulo IV, se presenta la metodología, los métodos y alcance de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas de recolección de datos, instrumentos de análisis de datos
5. En el capítulo V, se presenta los resultados y discusión, la descripción de la zona de estudio, los estudios previos, el análisis de la información, análisis estadísticos y discusión de resultados
6. En el capítulo VI, se presenta las conclusiones
7. En el capítulo VII, se presenta las recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos



## LISTA DE CONTENIDO

Agradecimientos: .....	viii
Dedicatoria: .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	x
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>INTRODUCCION</b> .....	xiv
LISTA DE CONTENIDO .....	xvi
LISTA DE TABLAS .....	xx
LISTA DE FIGURAS.....	xxiii
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO</b> .....	26
1.1. Planteamiento del Problema.....	26
1.2. Formulación del Problema.....	28
1.2.1. Problema General.....	28
1.2.2. Problemas Específicos .....	28
1.3. Objetivo.....	29
1.3.1. Objetivo General.....	29
1.3.2. Objetivos específicos .....	29
1.4. Justificación e importancia .....	29
1.4.1. Justificación práctica .....	29
1.4.2. Justificación económica .....	30
<b>1.4.3. Justificación metodológica</b> .....	30
1.5. Delimitación de la investigación.....	30
1.5.1. Delimitación espacial.....	30
1.5.2. Delimitación temporal .....	30
1.5.3. Delimitación conceptual.....	31
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	32
<b>2.1 Antecedentes del Problema</b> .....	32
<b>2.1.1 Antecedentes Internacionales</b> .....	32
<b>2.1.2 Antecedentes Nacionales</b> .....	34

2.1.3	Antecedentes Locales.....	37
2.2	Bases Teóricas.....	39
2.2.1	Pavimentos flexibles.....	39
2.2.2	Pavimentos drenantes o porosos.....	40
2.2.3	Beneficios de los pavimentos drenantes o porosos.....	41
2.2.4	Estructura, propiedades y diseño de pavimentos drenantes o poros.....	45
2.2.5	Características del material de la capa de filtro.....	48
2.2.6	Características del material de la capa de deposito.....	49
2.2.7	Tensoactivo de la palma.....	51
2.3	Definición de Términos Básicos.....	52
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....		54
3.1	Hipótesis y descripción de variables.....	54
3.1.1	Hipótesis General.....	54
3.1.2	Hipótesis Específicas.....	54
3.2	Variables.....	54
3.2.1	Variable Independiente.....	54
3.2.2	Variables Dependientes.....	54
CAPITULO IV: METODOLOGÍA.....		55
4.1	Métodos y alcance de la investigación.....	55
4.1.1	Método de Investigación.....	55
4.1.2	Nivel.....	55
4.1.3	Tipo.....	55
4.2	Diseño de la investigación.....	56
4.3	Población y muestra.....	56
4.3.1	Población.....	56
4.3.2	Muestra.....	56
4.4	Técnicas de recolección de datos.....	57
4.5	Instrumento de análisis de datos.....	57

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
<b>5.1 Descripción de la zona de estudio .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1.1 Lugar de estudio .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1.2 Características del lugar de estudio.....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 Estudios previos .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2.1 Estudio de los materiales .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2.2 Estudio de laboratorio .....</b>	<b>62</b>
<b>5.3 Análisis de la información.....</b>	<b>69</b>
<b>5.3.1 Diseño de mezcla asfáltica drenante .....</b>	<b>69</b>
<b>5.3.2 O.E.1 Proceso de taponamiento.....</b>	<b>86</b>
<b>5.3.3 O.E.2 Tratamiento con tensoactivos de la palma.....</b>	<b>96</b>
<b>5.3.4 O.E.3 Propiedades mecánicas .....</b>	<b>114</b>
<b>5.3.5 O.G. Análisis del tensoactivo de la palma en el MAD .....</b>	<b>118</b>
<b>5.4 Análisis estadístico.....</b>	<b>122</b>
<b>5.4.1 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 0% Tensoactivo de palma: .....</b>	<b>122</b>
<b>5.4.2 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 5% Tensoactivo de palma: .....</b>	<b>129</b>
<b>5.4.3 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 10% Tensoactivo de palma:.....</b>	<b>136</b>
<b>5.4.4 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 15% Tensoactivo de palma:.....</b>	<b>143</b>
<b>5.4.5 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 0% Tensoactivo de palma: ...</b>	<b>151</b>
<b>5.4.6 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 5% Tensoactivo de palma: ...</b>	<b>155</b>
<b>5.4.7 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 10% Tensoactivo de palma: .</b>	<b>158</b>
<b>5.4.8 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 15% Tensoactivo de palma: .</b>	<b>161</b>
<b>5.4.9 Estabilidad (kg): .....</b>	<b>165</b>
<b>5.4.10 Flujo (mm):.....</b>	<b>168</b>
<b>5.4.11 Desgaste en seco (%):.....</b>	<b>172</b>
<b>5.4.12 Desgaste sumergido (%): .....</b>	<b>176</b>
<b>5.5 Discusión de Resultados.....</b>	<b>181</b>
CAPITULO VI: CONCLUSIONES.....	183

CAPITULO VII: RECOMENDACIÓN .....	185
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	187
ANEXOS.....	192
ANEXO 1. Operacionalización de la variable .....	193
ANEXO 2. Matriz de consistencia.....	194
ANEXO 3. Instrumento de investigación valido .....	195
ANEXO 4. Ficha técnica.....	197
ANEXO 5. Panel fotográfico .....	228

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de superficie de asfalto poroso .....	47
Tabla 2: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de filtro .....	49
Tabla 3: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de deposito .....	50
Tabla 4: Cultivo de palma en Perú .....	52
Tabla 6: Clasificación del cemento asfáltico con respecto al clima.....	60
Tabla 7: Propiedades físicas y químicas de la fibra (biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma mediante el prensado del fruto) de la palma aceitera ( <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.). .....	61
Tabla 8: ficha técnica del cemento asfáltico PEN 85 – 100 con polímeros .....	63
Tabla 9: Degradación granulométrica del CAD 12 de Vialidad Nacional .....	64
Tabla 10: Granulometría de piedra chancada ½”.....	64
Tabla 11: Granulometría de arena zarandeada .....	65
Tabla 12: Granulometría de arena chancada.....	66
Tabla 13: Granulometría del filler.....	68
Tabla 14: Parámetros de la mezcla asfáltica drenante .....	70
Tabla 15: Combinación teórica.....	72
Tabla 16: Parámetros del CAD 12 - Combinación teórica.....	72
Tabla 7: Pesos de los materiales por cada malla– CAD 12.....	74
Tabla 18: Propiedades de briquetas de MAD al 4% y 4.5% de cemento asfáltico .....	76
Tabla 19: Propiedades de briquetas de MAD al 5% y 5.5% de cemento asfáltico .....	76
Tabla 20: Propiedades de briquetas de MAD al 6% y 6.5% de cemento asfáltico .....	77
Tabla 21: Propiedades de briquetas de MAD – porcentaje de cemento asfáltico.....	86
Tabla 22: Tiempo de infiltración de briquetas sin sedimentos.....	87
Tabla 23: Permeabilidad de briquetas sin sedimentos .....	92
Tabla 24: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma).....	123
Tabla 25: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma).....	128

Tabla 26: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma)	129
Tabla 27: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)	130
Tabla 28: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)	135
Tabla 29: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)	136
Tabla 30: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)	137
Tabla 31: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)	142
Tabla 32: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)	143
Tabla 33: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)	144
Tabla 34: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)	149
Tabla 35: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)	150
Tabla 36: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)	151
Tabla 37: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)	154
Tabla 38: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)	154
Tabla 39: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)	155
Tabla 40: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)	157
Tabla 41: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)	158



Tabla 42: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma) .....	158
Tabla 43: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma) .....	160
Tabla 44: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma).....	161
Tabla 45: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma) .....	161
Tabla 46: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma) .....	163
Tabla 47: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma).....	164
Tabla 48: Detallado estadístico para Estabilidad (kg) .....	165
Tabla 49: Distribución paramétrica para Estabilidad (kg) .....	167
Tabla 50: Prueba bivariada para Estabilidad (kg).....	167
Tabla 51: Detallado estadístico para Flujo (mm).....	169
Tabla 52: Distribución paramétrica para Flujo (mm).....	170
Tabla 53: Prueba bivariada para Flujo (mm) .....	171
Tabla 54: Detallado estadístico para Desgaste en seco (%).....	173
Tabla 55: Distribución paramétrica para Desgaste en seco (%).....	174
Tabla 56: Prueba bivariada para Desgaste en seco (%) .....	175
Tabla 57: Detallado estadístico para Desgaste sumergido (%) .....	176
Tabla 58: Distribución paramétrica para Desgaste sumergido (%) .....	178
Tabla 59: Prueba bivariada para Desgaste sumergido (%).....	179

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ejecución de vía a base de mezcla asfáltica drenante .....	27
Figura 2: Luvias intensas causan inundaciones en Cajamarca.....	28
Figura 3: Sección típica de pavimento de asfalto poroso .....	41
Figura 4: Estructura de pavimento de asfalto poroso recomendada.....	45
Figura 5: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de superficie de asfalto poroso .....	48
Figura 6: Gradación de diseño recomendada para la capa de deposito .....	50
Figura 7: Mapa del departamento de Junín.....	58
Figura 7: Mapa de la ciudad de Huancayo .....	58
Figura 9: Ubicación de la planta chancadora de Matahuasi .....	60
Figura 10: Tensoactivo de la palma.....	62
Figura 11: Curva granulométrica de la piedra chancada ½” .....	65
Figura 12: Curva granulométrica de la arena zarandeada .....	66
Figura 13: Curva granulométrica de la arena chancada .....	67
Figura 14: Curva granulométrica del filler .....	68
Figura 15: briqueta de mezcla asfáltica drenante.....	70
Figura 16: Curva granulométrica CAD 12 .....	74
Figura 17: Porcentaje de vacíos – Porcentaje de ligante asfaltico .....	78
Figura 18: Flujo (mm) – Porcentaje de ligante asfaltico .....	79
Figura 19: Estabilidad (kg) – porcentaje de ligante asfaltico.....	80
Figura 20: Porcentaje de escurrimiento del ligante – porcentaje de ligante asfaltico .....	81
Figura 21: Perdida por desgaste en seco (%) – porcentaje de ligante asfaltico.....	82
Figura 22: Perdida por desgaste sumergido (%)– porcentaje de ligante asfaltico .....	83
Figura 23: Tiempo de infiltración (Seg)– porcentaje de ligante asfaltico .....	84
Figura 24: Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /s)– porcentaje de ligante asfaltico .....	85
Figura 25: Briqueta sedimentada .....	87
Figura 26: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (1-10) .....	88

Figura 27: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (11-20).....	89
Figura 28: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (21-30).....	90
Figura 29: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (31-40).....	91
Figura 30: Permeabilidad – proceso de taponamiento (1-10) .....	93
Figura 31: Permeabilidad – proceso de taponamiento (11-20) .....	94
Figura 32: Permeabilidad – proceso de taponamiento (21-30) .....	95
Figura 33: Permeabilidad – proceso de taponamiento (31-40) .....	96
Figura 34: Mantenimiento de briqueta con agua a presión.....	97
Figura 35: Ensayo de infiltración - mantenimiento con agua a presión.....	98
Figura 36: Ensayo de infiltración - mantenimiento con agua a presión.....	99
Figura 37: Permeabilidad - mantenimiento con agua a presión .....	100
Figura 38: Permeabilidad - mantenimiento con agua a presión .....	101
Figura 39: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma .....	102
Figura 40: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma .....	103
Figura 41: Permeabilidad - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma.....	104
Figura 42: Permeabilidad - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma.....	105
Figura 43: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma .....	106
Figura 44: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma .....	107
Figura 45: Permeabilidad - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma .....	108
Figura 46: Permeabilidad - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma .....	109
Figura 47: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma .....	110
Figura 48: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma .....	111
Figura 49: Permeabilidad - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma .....	112
Figura 50: Permeabilidad - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma .....	113
Figura 51: Ensayo Marshall .....	114
Figura 52: % de vacíos – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento..	115
Figura 53: Estabilidad (kg) – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento .....	116

Figura 54: flujo (mm) – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento ...	117
Figura 55: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (1-40) .....	118
Figura 56: Permeabilidad – proceso de taponamiento (1-40) .....	119
Figura 57: Curva granulométrica de filler .....	120
Figura 58: Pérdida de masa por desgaste en seco – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento.....	121
Figura 59: Pérdida de masa por desgaste sumergido – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento.....	122
Figura 60: Diagrama de burbujas para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 18 pasadas .....	151
Figura 61: Diagrama de burbujas para Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) para 5 mantenimientos .....	165
Figura 62: Diagrama de burbujas para Estabilidad (kg) .....	168
Figura 63: Diagrama de burbujas para Flujo (mm).....	172
Figura 64: Diagrama de burbujas para Desgaste en seco (%).....	176
Figura 65: Diagrama de burbujas para Desgaste sumergido (%) .....	180

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento del Problema

La realidad problemática del siguiente estudio está basada en el diseño de una mezcla asfáltica que permita reducir los riesgos de acumulación de agua en precipitaciones severas y prolongadas para evitar accidentes, y pérdidas materiales.

A nivel internacional países pertenecientes a Europa y Estados Unidos, los pavimentos a base de mezcla asfáltica drenante son empleadas de acuerdo a requerimientos y características climatológicas de la zona. En donde se emplea la tecnología japonesa los cuales de acuerdo a estudios y evaluaciones cada uno de estos países implementaron parámetros y requerimientos para la construcción de pavimentos asfálticos drenantes (figura 1) los cuales proporcionan un mejor drenaje del agua a través de la capa de rodadura (Nakanishi, y otros, 1995). Puesto que la presencia a largo plazo de agua en el sistema de pavimento es perjudicial para el pavimento, ya que el agua libre no solo afecta negativamente la capacidad de carga del pavimento, sino que también puede provocar una falla prematura del pavimento. (Huang, Y. H., 2003). La acumulación de agua en la estructura del pavimento puede causar deterioro en una o más de las siguientes formas: reducción de la resistencia al corte del suelo, acción de bombeo en pavimentos rígidos, migración de finos a capas base drenables, levantamiento y deshielo por congelación, hinchazón del suelo Diferente hinchamiento, descamación del asfalto en pavimento flexible y agrietamiento en pavimento rígido. Estas fallas prematuras del pavimento inducidas por el agua pueden causar serios peligros para la seguridad del tránsito e interrumpir la capacidad de servicio del pavimento. (Moulton, 1980)

A nivel nacional en Perú las vías pavimentadas son diseñadas a base de mezcla asfálticas en caliente los cuales están compuestas por pendientes transversales para evacuar el agua hacia las cunetas, en precipitaciones abundantes y de largo periodo este tipo de pavimentos no llegan a evacuar bien el agua por lo que generan acumulación de agua los cuales pueden filtrarse debilita la estructura de los pavimentos, en estas circunstancias existe una separación entre pavimento y los neumáticos del vehículos que transportan sobre estos, ese efecto se le conoce como hidroplaneo o acuaplaning en inglés, otro de los efectos de este tipo de pavimentos es el reflejo de luz que se produce la acumulación del agua sobre la superficies, afectando así la visión de los conductores por las noches, los cuales pueden llegar a causar accidentes (APA, 2016). Como es el caso de Cajamarca en donde declararon en estado de emergencia en un

plazo de 60 días en el mes de marzo del 2022, a 20 de sus distritos debido al impacto de daños ante la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales (figura 2) (Thelen, y otros, 1978).

A nivel local Huancayo de acuerdo a sus condiciones climatológicas, tiene temporadas de abundante lluvias los cuales generan bloqueos en vías por inundaciones los cuales causan tráfico y las obstrucción libre peatonal, en condiciones más críticas llegan a generar accidentes de tránsito y estancaciones de vehículos, puesto que el agua llega a perjudicar la resistencia del pavimento las cunetas transversales de la vías no llegan a ser suficientes para drenar el agua acumulada, estas vías en malas condiciones no pueden ser tratadas por la falta de estudios, investigaciones, tecnología e inversiones por arte de la municipalidades encargadas de ello. Por lo que está presente investigación estudiara como la aplicación de tensoactivos de la palma influye en la descolmatación de las carreteras, en los pavimentos de asfalto drenante.



Figura 1: Ejecución de vía a base de mezcla asfáltica drenante

Fuente: La Republica (Nakanish, 2018)



Figura 2: Lluvias intensas causan inundaciones en Cajamarca

Fuente: (Thelen, y otros, 1978)

## 1.2. Formulación del Problema

### 1.2.1. Problema General

¿Cuál es la influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los niveles de infiltración de una capa nueva y una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022?
- ¿Cuáles son los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022?

- ¿Cuáles son los efectos en las propiedades mecánicas la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022??

### **1.3. Objetivo**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar los niveles de infiltración de una capa nueva y una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022.
- Evaluar los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022
- Determinar los efectos en las propiedades mecánicas la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022

### **1.4. Justificación e importancia**

#### **1.4.1. Justificación práctica**

El presente estudio empleara un tensoactivo orgánico obtenido de la planta de la palma el cual puede ser empleado para los manteamientos de pavimentos a base mezcla



asfálticas drenantes en donde se busca mejorar el comportamiento de este tipo de pavimento y ampliar su tiempo de vida útil.

#### **1.4.2. Justificación económica**

Este presente estudio muestra un impacto económico notable, se empleará un diseño de mezcla asfáltica drenante, en donde su mantenimiento se basará en el uso de tensoactivos de materiales naturales de la palma, lo cuales son abundantes económicos extraídos de la selva amazónica y así economizar fuertes inversiones en mantenimientos convencionales.

#### **1.4.3. Justificación metodológica**

Este presente estudio se evaluarán las características que se presenten de acuerdo a la adición del tensoactivo de la palma para el mantenimiento de los pavimentos de mezclas asfálticas drenantes, en donde se empleara metodologías existentes relacionado a las normativas disponibles aplicados para el adecuado estudio de los objetivos planteados como el ensayo de infiltración, permeabilidad, resistencia al desgaste y el ensayo de Marshall, para determinar el comportamiento de las mezclas asfálticas drenantes.

### **1.5. Delimitación de la investigación**

#### **1.5.1. Delimitación espacial**

La delimitación espacial del desarrollo de este estudio está planteada para la ciudad de Huancayo, puesto que sus características climatologías están definidas según a su ubicación geográfica y de ello también se define los recursos a utilizar para la evaluación en laboratorio de acuerdo a los objetivos planteados de esta investigación.

#### **1.5.2. Delimitación temporal**

La delimitación temporal de este estudio está prevista en el periodo de 3 meses para solventar los objetivos planteados, en donde se realizarán los estudios y evaluaciones de ensayos de laboratorio de acuerdo a las normativas del MTC y NLT

### **1.5.3. Delimitación conceptual**

La delimitación conceptual de esta investigación esta enfocado en las normativas vigentes para la elaboración de muestras basadas en la metodología de Marshall del MTC para determinar las propiedades mecánicas y el grado de infiltración de las mezclas drenantes con y sin mantenimiento empleando tensoactivos de la palma, para determinar la permeabilidad de estas muestras se empleó la normativa NLT.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del Problema

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según (Zamora Castillo, y otros, 2019) en su estudio de pregrado. Influencia de la cal hidratada en mezclas asfálticas drenantes verificada por la Universidad Católica de Colombia, con el objetivo de determinar la influencia que puede llegar a tener el Hidróxido de calcio o cal hidratada sobre un diseño de mezcla asfáltica drenante, por medio de sustitución sobre las fracciones granulométricas, con una metodología basada en 3 etapas la etapa 1, realizaron características físicas de los materiales, en la etapa 2, realizaron el diseño de la mezcla asfáltica, y en la etapa 3, elaboraron briquetas, definiendo el porcentaje de asfalto. En donde presenta los pavimentos de mezclas asfálticas en caliente los cuales están bajo los requerimientos y recomendaciones en las normativas del INVIAS, pero en algunos casos no llegan a cumplir su tiempo de vida útil, los cuales son reflejados en su rápido deterioro en un corto periodo y uno de los problemas que eventualmente observaron en el país de Colombia es el pelado de codo, son fisuras en la carpeta asfáltica debido al peso del tráfico, por lo que la implementación de vías que cumplan su tiempo de vida útil, que cumplan parámetros muy importantes como adherencia, firmeza, mayor resistencia al deslizamiento sobre la superficie mojada, reducción del ruido del tráfico, eliminación del hidroplaneo. Por lo que modificaron el diseño de mezcla asfáltica drenante, empleando el método de Marshall, para determinar el óptimo contenido de asfalto, cumpliendo criterios volumétricos y resistencia implementando cal hidratada para que evalúen la influencia de esta en la mezcla, para mejorar características de adherencia. La utilización de la cal hidratada como material alternativo para el diseño de mezclas asfálticas drenantes presenta variedad de resultados, en los que pudieron concluir que la mejor opción para realizar diseños alternativos sería con la sustitución del 50% del filler

Según (Carvajal Sigüencia, y otros, 2018) en su estudio de pregrado. Diseño de pavimento asfáltico poroso para el aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca, revisado por la Universidad de Cuenca, con el objetivo de investigar sobre los pavimentos asfálticos porosos, con la finalidad de garantizar sostenibilidad ambiental, obteniendo resultados económicos óptimos y realizar un estudio experimental para la infraestructura vial del

Aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca- Ecuador, con una metodología basada en el modelado de las capas de rodadura de pavimento asfáltico poroso de acuerdo a las especificaciones brindadas por el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS (Capítulo 4) del Ministerio de Transporte de Colombia. Además de algunas normativas que intervienen en el proceso de laboratorio como la NEVI, ASTM, AASHTO y la INEN que especifican los ensayos para evaluar los materiales que componen la mezcla. En donde presenta que los pavimentos tradicionales incrementan las áreas impermeables pues al reducir grandes volúmenes de agua interrumpen el ciclo natural de agua causando inundaciones y contaminación a los cuerpos acuáticos receptores, por lo que una alternativa de solución son los pavimentos drenantes poroso los cuales permiten el drenaje del agua, retardando la escorrentía generada por las lluvias, evitando el hidropneumático el cual causa que los neumáticos pierdan adherencia con el pavimento. Por lo que, para Cuenca, Ecuador determinaron un diseño de carpeta asfáltica acuerdo a sus condiciones estructurales e hidrológicas de la zona, de acuerdo al ensayo de marshall calcularon el óptimo contenido de asfalto siendo el 6.4% equivalente a 2980lb de estabilidad y 0.15plg de flujo con 18.74% de vacíos, con un período de diseño de 20 años dando como resultado 9 cm según ASSTHTO y 6 cm mediante THE SUDS MANUAL, se optó por el valor mínimo según la normativa internacional “Airport Pavement Design and Avaluation” de 10 cm. El presupuesto del pavimento poroso es de \$1034708.40 mientras que con el pavimento tradicional es de \$.1274306.40.

Según (Nakanish, 2018) en su artículo científico. Diseño de mezclas y aplicación de pavimento asfáltico poroso con tecnología japonesa. En donde muestra que Durante varios años, la Universiti Sains Malaysia y TAIYU Kensetsu Company Limited han trabajado juntos para adaptar la tecnología japonesa de pavimentos de asfalto poroso para mejorar el rendimiento de los pavimentos de asfalto poroso en Malasia. El proyecto de investigación culminó con una prueba de campo en el kilómetro 188.6 al 189 de la Autopista Norte-Sur. La aplicación anterior de asfalto poroso en Malasia en la década de 1990 estaba sesgada hacia las tecnologías europeas de asfalto poroso. Sin embargo, hay muchas quejas sobre su falta de durabilidad y su corta vida útil principalmente debido a la obstrucción y el deshilachado. En el contexto japonés, la tecnología de asfalto poroso se importó de Europa en 1987, pero se han realizado con

éxito varias mejoras en el asfalto modificado y la proporción de mezcla de agregados para adaptarse a las condiciones climáticas y de tráfico en Japón. El asfalto modificado mejorado y la mezcla porosa se han implementado y probado con éxito en China, Corea, Taiwán y otros después del año 2000. Por lo que este artículo presenta los fundamentos y características de la tecnología japonesa de pavimentos asfálticos porosos. El documento también se detiene en la resistencia al corte de la mezcla asfáltica porosa a través del ensayo de compresión triaxial y el mecanismo de generación de resistencia y sostenibilidad del pavimento, que han sido publicados por el autor principal y su equipo. Deliberando los resultados de la prueba de monitoreo de una prueba de campo realizada en la autopista Sur-Norte basada en tecnología japonesa, donde el diseño agregado incorpora un espacio entre 2,36 mm y 4,75 mm para aumentar el porcentaje de vacíos de aire conectados; por lo tanto, mejor permeabilidad y mejor resistencia a la obstrucción. La unión entre las partículas de agregado se mejora significativamente con el modificador TPS que da como resultado un grado de aglutinante comparable al PG82. El ligante modificado se caracteriza por sus altas propiedades mecánicas, buenas propiedades anti-decapado y anti-envejecimiento. Los resultados de la prueba de compresión triaxial se presentan para explicar la durabilidad del asfalto poroso. En vista de las propiedades superiores de la mezcla de laboratorio, realizaron una prueba de campo en la Autopista Norte-Sur. Los resultados del monitoreo luego de seis meses en servicio demostraron excelentes condiciones.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Según (Sopan Hernandez, y otros, 2020) en su estudio de pregrado. Propuesta de diseño de pavimento, utilizando concreto permeable para el control del drenaje pluvial en el Jr. Melocoton German Aliaga de la ciudad de Tocache revisada por la universidad Científica del Peru. Con el objetivo de Mejorar el sistema de drenaje pluvial del Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache mediante la propuesta de diseño de pavimento de concreto permeable en el año 2019, con una metodología cuantitativa, en esta investigación se muestra e desarrollo que ejecutaron para determinar el tipo de concreto permeable, con la capacidad de filtrar las aguas pluviales y derivarlas a drenes naturales o artificiales para dar solución a los problemas de riesgo en zonas lluviosas y con topografía plana, en donde de acuerdo a los resultados obtenidos llegaron a la

conclusión de que la mezcla de 15% de vacíos tuvo la mayor resistencia, la mezcla de 25% de vacíos evidenció la menor resistencia, generando una diferencia de 24.93 kg/cm<sup>2</sup> entre estos dos, el diseño de 24% se consideró como óptimo puesto que este obtuvo una resistencia de 210.15 kg/cm<sup>2</sup> siendo cercano al valor del diseño que plantearon. Por otro lado, de acuerdo a sus ensayos de permeabilidad, el diseño de 24% de vacíos, obtuvieron resultados uniformes, en donde determinaron el promedio del coeficiente de permeabilidad de 0.457 cm<sup>3</sup>/s, el cual está comprendido del rango de concreto permeable que está entre 0.2 a 0.54 cm<sup>3</sup>/s.

Según (Pomalaza Guillermo, 2017) en su estudio de pregrado. Aplicación de pavimentos de concreto poroso como alternativa de control de la acumulación de precipitaciones pluviales en la provincia de Huancayo en el año 2017, revisado por la Universidad Continental, con el objetivo de Determinar en qué medida tiene efecto la relación del pavimento de concreto poroso como alternativa de control de drenaje en la acumulación de precipitaciones pluviales en la provincia de Huancayo en el año 2017, con metodología de investigación deductivo, científico, de tipo básico, nivel correlacional-descriptivo, y diseño experimental prospectivo longitudinal, en donde expone que Huancayo es una ciudad en donde el tránsito vehicular es afectado principalmente por las torrenciales lluvias a lo largo causando consecuencias de pérdidas económicas y sociales, por ello evaluaron los estudios de resistencia a la comprensión, flexión y permeabilidad, de los cuales obtuvieron los siguientes resultados del porcentaje de vacíos y su volumen de infiltración obtuvieron, diseños de mezclas de concreto permeables diseñadas con 15%, 20% y 25% de porosidad. En el ensayo que realizaron a la mezcla de concreto con un 15% de vacíos se observa que el concreto a los 7 días alcanza una resistencia de 162.34 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días alcanza una resistencia de 242.30 kg/cm<sup>2</sup>, para las mezclas de concreto portland permeable diseñado con un porcentaje de vacíos de 20% de vacíos se observa que el concreto a los 7 días alcanza una resistencia de 151.06 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días alcanza una resistencia de 230.67 kg/cm<sup>2</sup>, y por último para a las mezclas de concreto portland permeable diseñado con un porcentaje de vacíos de 25% de vacíos se observa que el concreto a los 7 días alcanza una resistencia de 141.63 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días alcanza una resistencia de 213.34 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente concluyó que la aplicación de concreto poroso influye de

manera significativa para el control de acumulación de agua por lluvias prologadas en las calles de la ciudad de Huancayo , también evidenciando que a menor porcentaje de vacíos, la permeabilidad tiende a aumentar.

Según (Cruz Balabarca, y otros, 2020) en su estudio de postgrado. Análisis del espesor total del paquete estructural de pavimentos permeables expuestos a tráfico medio y a intensidad de precipitación menor a 100 mm/h, en Molinopampa-Amazonas y en Temuco-región de la Araucanía, revisado por la Universidad Ricardo Palma, con el objetivo de Calcular y analizar el espesor total del paquete estructural del pavimento permeable expuesto a tráfico medio y a intensidad de precipitación menor a 100 mm/h, implementado en el Jr. Corpus Cristi - Molinopampa y en el Condominio de Ercilla - Comuna de Temuco, en base a experiencias realizadas a nivel nacional e internacional, con metodología de investigación cuantitativo, de tipo básico, nivel descriptivo, y diseño no experimental, en donde muestra que el empleo de pavimentos convencionales no pueden evacuar fácilmente la acumulación de agua los cuales causan el efecto de hidropneumático en la superficie, esto a pesar que se le implementan sistemas de drenaje como las canaletas, badenes, cunetas, y alcantarillas, puesto que la descarga de agua del sistema ocasiona problemas en las salidas del agua formando crecidas repentinas del nivel del agua, provocando que las zonas de descargas sean incapaces de drenar el agua dando origen a inundaciones en áreas circundantes y áreas bajas, por lo que evaluaron las características específicas del lugar de estudio, en donde desarrollaron el estudio hidrológico, diseño hidráulico y diseño estructural del pavimento, empleando la metodología MINVU-DICTUC (1996) para el diseño hidráulico, método INTERPAVE (2010) para el diseño estructural y el método Cántabro para el diseño de la mezcla asfáltica drenante. De los cuales obtuvieron espesores para las capas de pavimento permeable de acuerdo al sistema sin infiltración a la subrasante, de 10cm para la capa asfáltica, 15cm para la base y 20cm para la subbase, incluyendo tuberías de drenaje longitudinal. De igual manera, se obtuvieron los espesores de las capas de un pavimento permeable con sistema de infiltración total, resultando 10 cm para la superficie permeable de adoquín de concreto hidráulico, 10 cm para la base y 10 cm para la subbase. Donde concluyeron que los diseños realizados de los pavimentos permeables expuestos a tráfico medio y a intensidad de precipitación menor a 100 mm/h, se obtiene

un espesor total del paquete estructural igual a 45 cm para un pavimento permeable sin infiltración a la subrasante, diseñado en el Jr. Corpus Cristi - Molinopampa. Y para un sistema con infiltración total, diseñado en el Condominio Ercilla – Comuna de Temuco, se obtuvo espesores totales del paquete estructural del pavimento permeable, iguales a 30 cm y 43 cm.

### **2.1.3 Antecedentes Locales**

Según (Romero Gente, 2022) en su estudio de pregrado. Análisis de las propiedades volumétricas y mecánicas para el diseño balanceado de mezclas porosas con optimización de la capacidad infiltración, Huancayo 2022 , revisado por la Universidad Continental, con el objetivo de Analizar cómo las propiedades volumétricas y mecánicas influyen para el diseño balanceado de mezclas porosas con optimización de la capacidad infiltración, Huancayo 2022, con metodología de investigación científico, nivel correlacional, de tipo aplicada, y diseño experimental, en donde muestra que las mezclas asfálticas drenantes mejoren la evacuación de agua pluviales en contacto con la superficie del pavimento, mediante esorrentías de agua ocasionada por precipitaciones severas, por tener un alto porcentaje de vacíos las mezcla asfálticas drenantes, por ello la mezcla asfálticas drenantes están compuesto por agregados gruesos, aglutinantes de asfalto y relleno mineral, cumplimiento el requerimiento que el porcentaje de vacíos de aire mínimo es 20%, por ello se realizaron ensayos de permeabilidad de los cuales se obtuvieron los resultados de tiempo y volumen de evacuación y densidad geométrica, por otro lado el ensayo de Cántabro en seco y tras inmersión sirve para medir perdida por desgaste, de los cuales se determino el aporte estructural en relación al porcentaje de vacíos en cada porcentaje de ligante asfaltico, finalmente se concluyo que a un 5% de ligante asfaltico modificado con polímeros, da como resultado un porcentaje de vacíos de 23%, así cumpliendo con el porcentaje de vacíos mínimo de 20%. Además, se obtiene el mayor valor de aporte estructural, el tiempo de infiltración cumple con el mínimo permitido según la norma Invias, las pérdidas por desgaste en seco cumple en ser menor al máximo de 25%, tras inmersión cumple al ser menor al 30%, por lo que al 5% de ligante asfaltico se obtiene que guardan relación entre sus porcentajes de vacíos y aporte estructural.



Según (Carhuas Tapia , 2020) en su estudio de pregrado. Fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes , revisado por la Universidad Continental, con el objetivo de Evaluar cómo afecta la fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo en el 2019, con metodología de investigación científico, de tipo aplicada, nivel explicativo, y diseño cuasi-experimental, en donde la presencia de escorrentías de agua en el pavimento convencional es severamente perjudicial, más aun cuando sea un vía de alto tránsito, provocando deterioro de las propiedades físicas y mecánicas, lo que conlleva que el pavimento no cumpla con su vida útil, por ello se realizaron el ensayo de infiltración para determinar el porcentaje de infiltración del agua y el ensayo de Marshall para determinar las propiedades mecánicas, es decir la estabilidad y el flujo, finalmente se concluyo que la fibra sintética afecta de manera positiva en la estabilidad, por el contrario afecta negativamente en el flujo y porcentaje de vacíos, y esta manera al menorar el porcentaje de vacíos, también se reduce el porcentaje de infiltración, se determinó el porcentaje óptimo de fibra sintética de polipropileno para la curva granulométrica mínima de 0.95%, para la curva granulométrica ideal de 0.85% y la curva granulométrica máxima de 0.40%.

Según (Quispe Sullca, 2020) en su estudio de pregrado. Evaluación de las propiedades mecánicas del pavimento de concreto asfáltico poroso pigmentado y su relevancia en la calidad de las ciclovías en Huancayo 2020, revisado por la Universidad Nacional del Centro del Perú, con el objetivo de Evaluar las propiedades mecánicas de pavimento de concreto asfáltico poroso pigmentado para determinar su relevancia en la calidad de las ciclovías en Huancayo 2020 , de tipo aplicada, nivel de investigación explicativo, diseño experimental y método científico , en distintos países se vienen utilizando los diversos pigmentos en las siguientes obras, como pavimentos, parques, carriles bici, entre otros, permitiendo no solo una buena estética en pavimentos porosos, también aportando una buena estabilidad, infiltración de agua, de cuales se obtuvo los siguientes resultados de los ensayos, han comprado que las mezclas asfálticas mejoran sus características, adicionando de 4.85% de contenido de asfalto y también adicionando 1.50% de pigmento. Que da como resultado una estabilidad 716.03 kg, flujo 2.18 mm,

porcentaje de vacíos de 29% y un tiempo de infiltración de 14.5 segundos, donde concluyeron que la investigación ha garantizado que la evaluación de las propiedades mecánicas de las mezclas porosas pigmentadas, ayuda seleccionar una mezcla con buenas características que mejoren con el servicio a los ciclistas. Nos da la facilidad de mejorar la calidad de las ciclovías, cumpliendo las características mínimas, garantizando una buena visibilidad de un pavimento de color diferente, un drenaje óptimo que evite salpicaduras y por último que brinde una durabilidad duradera por el comportamiento mecánico mostrado por el ensayo.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Pavimentos flexibles**

La Asociación de Transporte de Canadá (TAC) define un pavimento flexible como una estructura de pavimento compuesta por capas de hormigón asfáltico construidas sobre áridos sueltos o bases estabilizadas. Existen varios tipos de mezclas de concreto asfáltico que combinan cemento asfáltico con agregados gruesos y finos. Se aceptan las siguientes mezclas tradicionales de hormigón asfáltico (o tratamientos) (Asociación de Transporte de Canadá, 1997)

Mezclas:

- Mezcla asfáltica en caliente y mezcla en frío
- Mezcla en frío y caliente tratada o estabilizada
- Mezcla asfáltica en caliente reciclado y mezcla en frío reciclada
- Mezclas en frío para plantas móviles o carreteras
- Matriz de piedra/masilla asfáltica (SMA)

Superficies de capa fina:

- Tratamientos de superficies de asfalto, incluidas capas de sellado y micropavimentos
- Curso de fricción de grado abierto

### **2.2.2 Pavimentos drenantes o porosos**

A fines de la década de 1960, la investigación de un nuevo tipo de estructura de pavimento estaba comenzando en los Laboratorios de Investigación del Instituto Franklin en los Estados Unidos. Con el apoyo de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), se desarrolló un programa de pavimento poroso. Esta nueva estructura de pavimento se instaló inicialmente en estacionamientos (Thelen, y otros, 1978)

Un pavimento poroso es un tipo de pavimento distinto que permite que los fluidos, ya sea de la precipitación o de otros lugares, pasen libremente a través de la estructura, reduciendo o controlando la cantidad de escorrentía del área circundante. Al permitir que la precipitación y la escorrentía fluyan a través de la estructura, este tipo de pavimento se puede aplicar como una práctica de gestión de aguas pluviales. Estos tipos particulares de pavimentos también pueden resultar en una reducción en la cantidad de contaminantes que ingresan al agua subterránea al filtrar la escorrentía. Por lo general, están diseñados para áreas de estacionamiento o caminos con poco tráfico. (Environmental Protection Agency, 1999) La estructura original propuesta de un pavimento poroso constaba de una capa de superficie de pendiente abierta colocada sobre una capa de filtro y una capa de base (o depósito) de pendiente abierta, todo construido sobre una subrasante permeable. (Thelen, y otros, 1978)

Hay, sin embargo, algunas desventajas de este tipo de pavimento. En general, existe una falta de experiencia técnica en estos tipos de pavimentos, particularmente en climas fríos. El potencial de obstrucción es motivo de preocupación debido a la estructura abierta del pavimento. Existe un riesgo potencial de contaminación del agua subterránea, así como la posibilidad de que se filtren productos químicos tóxicos en el sistema. Actualmente, los pavimentos porosos no están diseñados para tratar los contaminantes. Finalmente, existe la posibilidad de que se desarrollen condiciones anaeróbicas en los suelos subyacentes si los sistemas no pueden secarse entre tormentas. (Environmental Protection Agency, 1999)

La EPA había identificado dos tipos principales de pavimentos porosos: asfalto poroso y hormigón permeable. Cada tipo de pavimento poroso es una variación del respectivo diseño de pavimento impermeable convencional o tradicional. El asfalto poroso

consiste en un sistema de vacíos interconectados que contiene agregados gruesos de grado abierto unidos con cemento asfáltico y fibras, mientras que el pavimento de concreto permeable consiste en cemento portland, agregados gruesos de grado abierto uniforme y agua combinados usando diseños especiales de mezcla porosa. (Environmental Protection Agency, 1999)

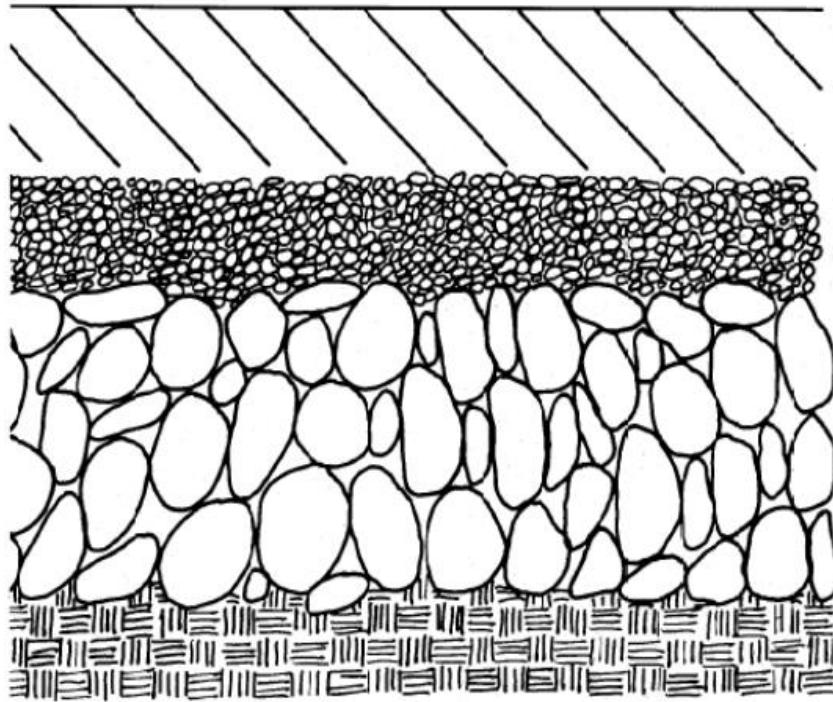


Figura 3: Sección típica de pavimento de asfalto poroso

Fuente: (Diniz, 1980)

### 2.2.3 Beneficios de los pavimentos drenantes o porosos

Los beneficios propuestos de los pavimentos porosos van desde beneficios ambientales clave hasta beneficios de seguridad. Algunos de los beneficios asociados con el pavimento poroso incluyen, pero no se limitan a: utilización de tecnología para brindar medidas adicionales de manejo de aguas pluviales o mejores prácticas, reducción de los niveles de ruido, mejores medidas de seguridad para conductores y peatones debido a la reducción del rocío durante la lluvia y reducción del potencial para hielo negro o hielo debido a un drenaje inadecuado. Esta reducción de hielo también podría conducir a una menor necesidad de ciertas actividades de mantenimiento de invierno. (Thelen, y otros, 1978) (Ferguson, 2005)

## **GESTIÓN DE AGUAS PLUVIALES**

“El objetivo del pavimento poroso es mejorar y utilizar la capacidad natural del suelo para absorber la escorrentía y reponer la tierra con ella” (Thelen, y otros, 1978)

En comparación con un pavimento de grado denso tradicional, el pavimento poroso generalmente se instala como una "mejor práctica de gestión" (BMP) urbana dentro de las agencias gubernamentales como una práctica alternativa a la gestión de aguas pluviales y el control de escorrentía. (Dunn, y otros, 1995)

El pavimento poroso ofrece el potencial de recolectar y/o disminuir la tasa de escorrentía de otras superficies impermeables. La Asociación Nacional de Pavimentos Asfálticos (NAPA) sugiere que, con respecto a la gestión de aguas pluviales, el pavimento poroso puede aumentar la permeabilidad, mejorar potencialmente la calidad del agua a través de capacidades de filtrado y, en ciertas aplicaciones, reducir la necesidad de sistemas adicionales de gestión de aguas pluviales. (NAPA, 2003) La EPA también establece que los pavimentos porosos pueden proporcionar potencialmente los siguientes beneficios con respecto a la gestión de aguas pluviales: tratamiento del agua mediante la eliminación de contaminantes, reducir la necesidad de bordillos y alcantarillas pluviales, y recargar los acuíferos locales. (Environmental Protection Agency, 1999)

## **CALIDAD DEL AGUA**

Los sistemas de pavimento poroso pueden proporcionar un excelente sistema para la eliminación de contaminantes. Dos pavimentos de monitoreo a largo plazo en Maryland y Virginia brindan una estimación de la capacidad del asfalto poroso para eliminar contaminantes. Los estudios han observado que se elimina del 82% al 95% del sedimento, del 65% del fósforo total y del 80% al 85% del nitrógeno total (Environmental Protection Agency, 1999) La capacidad de almacenamiento y la eficiencia del sistema dependen del grado de obstrucción dentro del sistema poroso. Con el mantenimiento adecuado, el sistema poroso debería poder eliminar los contaminantes de manera efectiva. (Balades, y otros, 1995)

## **SEGURIDAD**

Uno de los beneficios de un pavimento poroso es que puede proporcionar una mejora en la seguridad vial tanto para los conductores como para los peatones debido a la posibilidad de mejorar la resistencia al deslizamiento, especialmente cuando hay fuertes precipitaciones y exceso de escorrentía. (Environmental Protection Agency, 1999) Dado que la capa de superficie de asfalto poroso exhibe propiedades similares a las capas de fricción de grado abierto, las superficies de asfalto poroso que funcionan correctamente pueden evitar el hidroplaneo en las superficies de las carreteras, ya que se permite que el agua se filtre a través del sistema. A medida que se elimina el agua estancada de la superficie, se reducen las salpicaduras y las salpicaduras, lo que mejora la visibilidad del conductor. (NAPA, 2002)

## **RUIDO**

De manera similar a una pista de fricción abierta, los pavimentos porosos pueden ayudar a reducir el ruido generado por el contacto entre la llanta y la carretera. (NAPA, 2002) Las pruebas de asfalto poroso en el Reino Unido a mediados de la década de 1980 concluyeron que cuando se colocaba una capa de superficie porosa, se observaba una reducción de entre 5,5 y 4 decibeles para condiciones secas 10 sobre superficies convencionales de grado denso (Colwill, y otros, 1993) En Francia, a fines de la década de 1980, los investigadores demostraron que el asfalto poroso era de 1 a 6 superior al asfalto densificado debido a las capacidades absorbentes del asfalto poroso. (Berengier, y otros, 1990)

## **INSTALACIONES**

Uno de los primeros sistemas (supervisados científicamente) instalados fue el estacionamiento de Woodlands cerca de Houston, Texas en 1975. (Thelen, y otros, 1978) (NAPA, 2003)

Los pavimentos porosos se han instalado desde principios de la década de 1980 en todo Estados Unidos. Cahill Associates Inc. ha instalado más de cien pavimentos porosos que incluyen estacionamientos, caminos y senderos para universidades, bibliotecas, centros religiosos, prisiones, parques industriales, plazas comerciales y edificios municipales. (Adams, 2006)

## **DURABILIDAD Y FUERZA**

Una de las principales preocupaciones con los sistemas de pavimento poroso, específicamente la capa superficial, son las características de durabilidad y resistencia. Específicamente, estos problemas están relacionados con el rendimiento de congelación y descongelación, el desprendimiento y la pérdida de agregado grueso, particularmente con la exposición a quitanieves, el potencial de obstrucción debido a las aplicaciones de mantenimiento de invierno, así como la posibilidad de drenaje del cemento asfáltico.

## **RENDIMIENTO DE CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN**

Los primeros experimentos realizados por el Instituto Franklin a fines de la década de 1970 sugirieron que cuando se diseñaban, instalaban y mantenían correctamente, no se observaban daños por congelación y descongelación. A través de varios cientos de ciclos de congelación y descongelación en el laboratorio, no se observaron daños ni tensiones. Thelen afirmó que la resistencia a la congelación y descongelación se logró a través de vacíos más grandes que permitieron la expansión suficiente del agua. (Thelen, y otros, 1978)

## **OBSTRUCCIÓN**

La funcionalidad de los pavimentos porosos está relacionada con el grado en que el pavimento está obstruido con limo y/u otros desechos finos. La obstrucción excesiva del sistema puede inhibir su capacidad de infiltración y, por lo tanto, potencialmente atrapar agua en el sistema. (Brown, 2003) NAPA sugiere que no se aplique arena ni sales congelante a las superficies porosas, ya que pueden obstruir la estructura e inhibir la capacidad de infiltración. Se recomienda que se realicen inspecciones para detectar posibles obstrucciones. (NAPA, 2003)

## **DRENAJE DE ASFALTO**

Una de las preocupaciones con el asfalto poroso es el potencial de drenaje del asfalto. La naturaleza de las mezclas porosas puede provocar que el aglomerante asfáltico se escurra hacia abajo y fuera de la mezcla. Esto podría ser el resultado de la gravedad, el

transporte de la mezcla y las prácticas de construcción. Para evitar que ocurra drenaje en mezclas porosas, se recomiendan las fibras. Las fibras ayudan a estabilizar el aglomerante asfáltico durante la producción y la colocación. (Cooley, y otros, 2000)

#### 2.2.4 Estructura, propiedades y diseño de pavimentos drenantes o poros

El Departamento de Transporte de EE. UU. y la Administración Federal de Carreteras (FHWA) recomiendan que las estructuras de pavimento poroso consten de tres componentes: una capa superficial, una capa de filtro y una capa de depósito, todos construidos sobre una base de subrasante permeable. La capa de superficie generalmente consta de 50 a 100 mm de una mezcla de asfalto de grado abierto. La capa de filtro del filtro varía entre 25 y 50 mm y consta de agregado triturado que brinda capacidades de filtrado y proporciona una plataforma adecuada para pavimentar. Una capa de depósito de 40 a 80 mm generalmente se construye como una instalación de almacenamiento. La profundidad del curso del embalse varía según el volumen de almacenamiento requerido. (Figura 4) (FHWA, 2004)

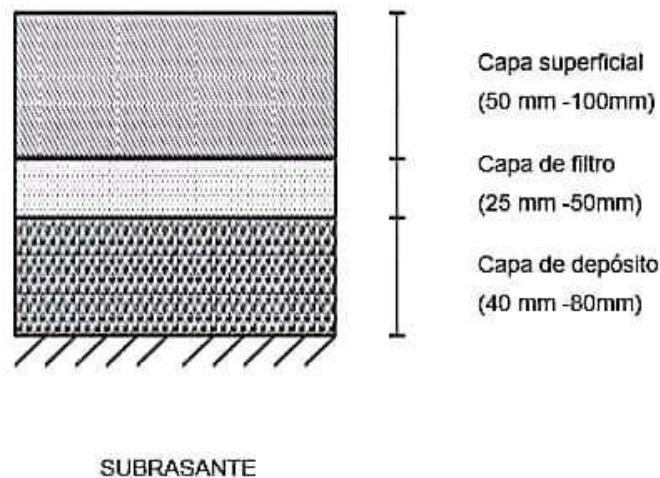


Figura 4: Estructura de pavimento de asfalto poroso recomendada

Fuente: (FHWA, 2004)

#### CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL DE LA CAPA SUPERFICIAL

Las capas superficiales de asfalto poroso y asfalto tradicional de granulometría densa generalmente consisten en cemento asfáltico (aglutinante) y varias gradaciones de



agregados gruesos y finos. Se pueden incluir modificadores y aditivos para mejorar el rendimiento del material. (Asociación de Transporte de Canadá, 1997), El propósito de la capa superficial es proporcionar una plataforma de carga, calidad de conducción y seguridad, y ser estéticamente agradable. (Ferguson, 2005) Actualmente, las pautas de diseño para capas superficiales de asfalto poroso son equivalentes a las pautas recomendadas para una capa (superficial) de fricción abierta. (NAPA, 2003)

- **Requisitos de vacío de aire:** Uno de los componentes críticos de los pavimentos porosos es la permeabilidad o capacidad de infiltración de la estructura. La porosidad del pavimento es crítica para que la estructura permanezca funcional. En los diseños tradicionales de mezclas asfálticas de grado denso, un porcentaje típico de vacíos de aire en el lugar está entre el 3 % y el 8 %. Se ha demostrado que los porcentajes de vacíos de aire inferiores al 3 % dan como resultado la formación de surcos y los porcentajes superiores al 8 % pueden conducir a la oxidación del aglomerante asfáltico, lo que provoca grietas y/o desprendimientos. (NCAT, 1996) Las mezclas asfálticas porosas tienen porcentajes significativamente más altos de vacíos de aire para promover una infiltración adecuada. Se ha recomendado un porcentaje de vacíos de aire que oscila entre el 16 % y el 22 % (o más). (NAPA, 2003) (Backstrom, y otros, 2000) (FHWA, 2004) En aplicaciones belgas, los porcentajes de vacíos de aire han oscilado en promedio entre 19% y 25% (Van Heystraeten, y otros, 1990)
- **Selección de Cemento Asfáltico:** Los aglomerantes asfálticos que se utilizan normalmente en los pavimentos de hormigón asfáltico en Ontario son cementos asfálticos clasificados por rendimiento (PGAC). Se consideran tres variables al especificar un PGAC: temperatura, carga de tráfico y porcentaje de materiales reciclados. El Ministerio de Transporte de Ontario ha dividido la provincia de Ontario en tres zonas separadas, cada una con un PGAC diferente. (OHMPA, 1999)
- **Modificación y Aditivos:** Una de las principales fallas asociadas con el pavimento poroso se debe a la falta de rigidez del ligante. (NAPA, 2003) Los

modificadores de asfalto pueden ayudar a reducir la susceptibilidad a la temperatura de la mezcla. Los aditivos como los agentes anti-decapados ayudan a promover la adhesión entre el aglutinante y los agregados. (Asociación de Transporte de Canadá, 1997) Se requieren modificaciones y aditivos (específicamente fibras) para evitar el drenaje y mejorar el rendimiento de la mezcla.

- Clasificación de Agregados:** La clasificación y las propiedades de los agregados utilizados en la capa superficial son componentes importantes del diseño de la mezcla para lograr los vacíos de aire adecuados en la mezcla. Para proporcionar un alto porcentaje de vacíos de aire, se requiere una alta proporción de agregado grueso y pocos agregados finos. El contenido de agregado grueso se clasifica como la porción o porcentaje que pasa de agregados retenidos en un tamiz de 4.75 mm (N°4) (Asociación de Transporte de Canadá, 1997) En la Tabla 1 se proporcionan ejemplos de graduaciones de diseño pasadas y actuales para capas de asfalto poroso y en la Figura 5

Tabla 1: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de superficie de asfalto poroso

Tamaño de tamiz		Porcentaje de pasante (%)		
Métrica		The Franklin Institute [Thelen, 1978]	National Asphalt Pavement Association [NAPA, 2003]	Cahill Associates [Cahill 2003]
37.5 mm	0.5 "	100		
19 mm	0.75 "		100	
12.5 mm	0.5 "		85-100	100
9.5 mm	0.375 "	95	55-75	95
4.75 mm	No. 4	35	10-25	35
2.36 mm	No. 8	15	5-10	15
1.18 mm	No. 16	10		10
0.6 mm	No. 30			2
0.075 mm	No. 200	2	2-4	

Fuente: (Thelen, y otros, 1978) (NAPA, 2003) (Cahill, y otros, 2003)

Como se indicó anteriormente, The Franklin Institute y Cahill Associates recomiendan gradaciones simples similares, mientras que la Asociación Nacional de Pavimentos Asfálticos recomienda un sobre de gradación. El porcentaje que pasa por un tamiz de 4,75 mm oscila entre el 10 y el 35 % con una pequeña proporción de áridos finos en la mezcla.

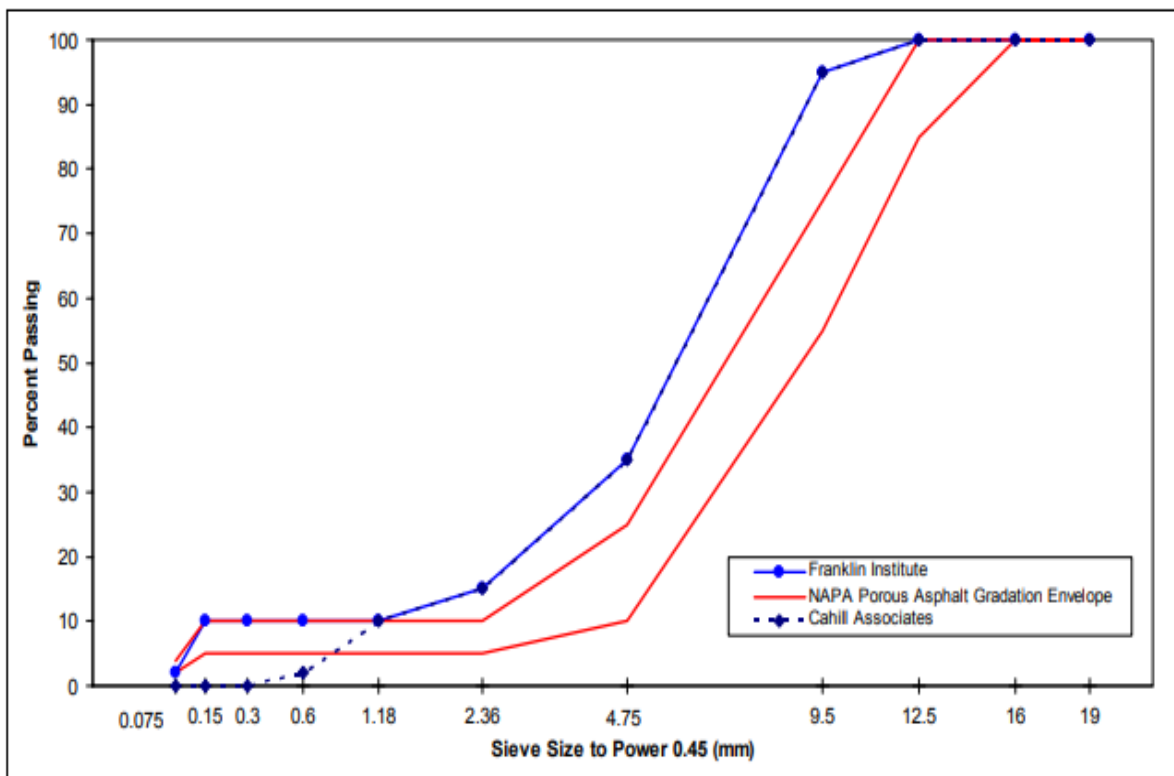


Figura 5: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de superficie de asfalto poroso

Fuente: (Thelen, y otros, 1978) (NAPA, 2003) (Cahill, y otros, 2003)

### 2.2.5 Características del material de la capa de filtro

El propósito de la capa de filtro en la estructura es proporcionar una plataforma de trabajo/construcción para la capa de superficie y proporcionar capacidades de filtrado limitadas. (NAPA, 2003) (Ferguson, 2005) La Tabla 2 proporciona graduaciones recomendadas para la capa de filtro.

Tabla 2: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de filtro

Tamaño de tamiz		Porcentaje de pasante (%)
<b>Métrica</b>		
12.5 mm	0.5 "	100
9.5 mm	0.375 "	0-5

Fuente: (NAPA, 2003)

### 2.2.6 Características del material de la capa de depósito

El propósito de la capa de depósito es almacenar el agua infiltrada hasta que el agua pueda penetrar el suelo subyacente. Esta capa de ingeniería en la estructura del pavimento actúa de manera similar a un estanque de retención. (Thelen, y otros, 1978) El curso del reservorio asegura que el material se desempeñe bien en condiciones de saturación dado que el agua podría quedar atrapada en esta capa durante un período de tiempo considerable dependiendo de su capacidad de drenaje. Por ejemplo, la condición del suelo de la subrasante subyacente podría actuar como una barrera para el drenaje.

El curso del embalse funciona como un tanque de retención hasta que el agua pueda infiltrarse en el suelo subyacente o en los subdrenajes. La capacidad de almacenamiento requiere que la porosidad de la capa del embalse sea significativamente mayor que la capa de asfalto superficial con aproximadamente un 40% de vacíos de aire (Cahill, y otros, 2003). De igual forma, The Franklin Institute recomendó que el porcentaje de vacíos en el embalse sea igual o mayor al 40% para poder recolectar la precipitación. (Thelen, y otros, 1978)

Los altos vacíos de aire son críticos para el curso del yacimiento. Esta capa diseñada debe proporcionar suficiente capacidad de almacenamiento para los fluidos infiltrados. Para obtener el alto vacío de aire apropiado en la capa de depósito, la Tabla 3 y la Figura 6 indican las gradaciones recomendadas para el curso del embalse.

Tabla 3: Gradaciones de diseño recomendadas para capas de deposito

Tamaño de tamiz		Porcentaje de pasante (%)
<b>Métrica</b>		
75 mm	3 "	100
	2.5 "	90-100
50 mm	2 "	35-75
37.5 mm	1.5 "	0-15
19 mm	0.75 "	0-5
12.5 mm	0.5 "	
0.150 mm	No. 100	0-2

Fuente: (NAPA, 2003)

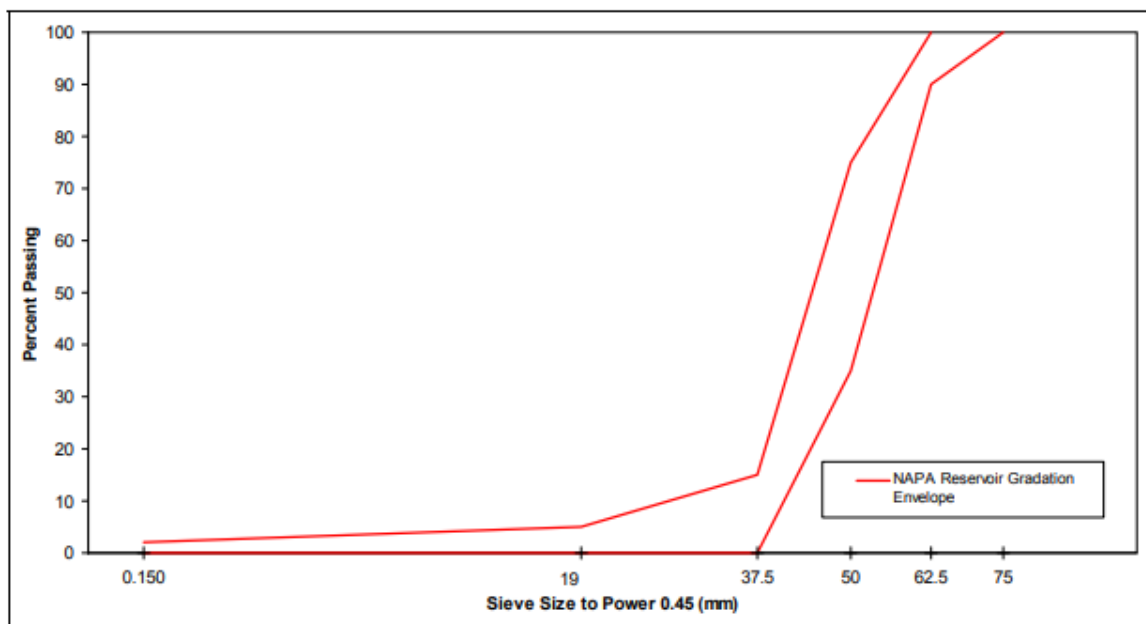


Figura 6: Gradación de diseño recomendada para la capa de deposito

Fuente: (NAPA, 2003)

## **2.2.7 Tensoactivo de la palma**

### **MATERIA PRIMA**

El tensoactivo de la palma es un tipo de aceite vegetal comestible que proviene de la pulpa del fruto de las palmas aceiteras, cuyo nombre científico es *Elaeis guineensis*. Se trata de una planta alta de tronco grueso originaria de África, pero cuyo cultivo se ha extendido a su vez por Asia (sobre todo la isla de Borneo) y América. . (Iniesta Garcia, 2020)

### **CARACTERÍSTICAS GENERALES**

Los ácidos grasos son largas cadenas hidrocarbonadas que poseen un grupo carboxilo, y que tienen como fórmula química  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)-COOH}$ . Además, poseen un número par de átomos de carbono, oscilando generalmente entre 12 y 22 átomos. Pueden estar libres o formando parte de un lípido saponificable (lípido que contiene ácidos grasos). Según la presencia o no de dobles enlaces (insaturaciones) en la cadena hidrocarbonada, se clasifican en saturados e insaturados: los ácidos grasos saturados son aquellas cadenas hidrocarbonadas sin dobles enlaces, mientras que los ácidos grasos insaturados son aquellas cadenas con uno o más dobles enlaces. Asimismo, dentro de estos últimos, se distinguen ácidos grasos monoinsaturados, (presentan una insaturación en su cadena) y ácidos grasos poliinsaturados (poseen dos o más insaturaciones en su cadena). . (Iniesta Garcia, 2020)

De acuerdo a estas características este material no puede afectar la composición de las mezclas asfálticas, por ende, este material puede ser empleada en el manteamiento de agua a presión en los pavimentos a base de mezcla asfálticas drenantes. (Iniesta Garcia, 2020)

### **PRODUCCION DE MATERIA PRIMA**

Principales fuentes vegetales: Si bien la principal fuente de aceites vegetales que se producen actualmente en Perú de manera importante es la palma africana, seguida de la soja, existen otros cultivos que se están explorando como fuentes potenciales de aceite para biodiesel.

Palma aceitera: En Perú el principal cultivo oleaginoso es la palma aceitera, que se produce en la región amazónica y tiene un amplio potencial de crecimiento. Las áreas destinadas a la producción de palma aceitera se ubican principalmente en San Martín,

Ucayali, Loreto y Huánuco. La superficie total estimada de cultivo es de 21 222 ha. San Martín es el departamento con la mayor producción, seguido por Ucayali, Loreto y Huánuco. De esta superficie, alrededor del 60% (12 437 hectáreas) se encuentra en producción

Tabla 4: Cultivo de palma en Perú

Región	Área (ha)				Producción	
	Producción	Crecimiento	Vivero	Total	Racimos (unids)	Aceite crudo (t)
San Martín	9 800	2 570	1 320	13 690	180 000	39 600
Ucayali	2 537	1 895	1 500	5 932	36 592	8 050
Loreto	100	500	501	1 400	1 200	264
Huanuco	0	0	200	200	0	0
<b>Total</b>	<b>12 437</b>	<b>4 965</b>	<b>3 250</b>	<b>21 222</b>	<b>217 792</b>	<b>47 914</b>

Fuente: Direcciones Regionales Agrarias de San Martín, Ucayali, Loreto y Huánuco

### 2.3 Definición de Términos Básicos

- Mezclas asfálticas

Una mezcla bituminosa se puede definir como una combinación de áridos minerales, aglomerados por ligantes bituminosos y mezclados de tal forma que los áridos pétreos quedan cubiertos por una película bituminosa uniforme.

- Asfalto.

Es un material pegajoso, de color plomo oscuro negro. Se utiliza en combinación con arena o grava para pavimentar caminos. En mezclas asfálticas, se utiliza como ligante para la construcción de caminos, carreteras o carreteras.

- Estabilidad

La estabilidad del asfalto es su capacidad para resistir el desplazamiento y la deformación bajo cargas de tráfico. Un pavimento estable conserva su forma y planitud bajo cargas repetidas; un pavimento inestable desarrolla surcos, ondulaciones y otros signos de cambios de mezcla.

- Flujo

Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas; un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos, ondulaciones y otras señas que indican cambios en la mezcla.

- Porcentaje de vacíos

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla.



## **CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **3.1 Hipótesis y descripción de variables**

#### **3.1.1 Hipótesis General**

Los tensoactivos extraídos de la palma en la adición de un porcentaje optimo influye de manera positiva en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante-Huancayo 2022

#### **3.1.2 Hipótesis Específicas**

- los niveles de infiltración de una capa nueva es mejor que la de una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022
- los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes mejora con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022
- Las propiedades mecánicas de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes son afectadas de manera negativa con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022

### **3.2 Variables**

#### **3.2.1 Variable Independiente**

Tensoactivos de la palma

#### **3.2.2 Variables Dependientes**

Descolmatación de las carpetas de mezclas asfálticas drenantes (MAD)

## **CAPITULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1 Métodos y alcance de la investigación**

#### **4.1.1 Método de Investigación**

Según (Monje Alvarez, 2011) La investigación científica es la herramienta con la que la humanidad debe comprender, interpretar, explicar y transformar la realidad. Su desarrollo desde diferentes disciplinas es fundamental para encontrar soluciones a los principales problemas que enfrenta en las actividades sociales para generar nuevos conocimientos.

En esta investigación se aplicará el método de investigación científica para el estudiara las propiedades del tensoactivo de la palma el cual es un recurso natural para el mantenimiento de los pavimentos asfálticos drenantes, sustentable y económico.

#### **4.1.2 Nivel**

Según (Hernandez Sampieri, y otros, 2018) el tipo de nivel de investigación correlacional tiene como objetivo descubrir el grado de relación o asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto particular.

En esta investigación se busca establecer una relación en puede existir entre los resultados obtenidos de los ensayos de infiltración y permeabilidad y la implementación de los tensoactivos de la palma para el mantenimiento de las mezclas asfálticas drenantes.

#### **4.1.3 Tipo**

Según (Martins Pestana, y otros, 2006) el tipo de investigación aplicada Son trabajos originales destinados a la obtención de nuevos conocimientos enmarcados en la solución de un problema específico basados en los resultados de la investigación básica; estos se pueden obtener en un periodo más corto, y su impacto en la sociedad es más destacado.

En este estudio se plantearon los objetivos los cuales pretender definir el óptimo contenido de tensoactivo de la palma para el mantenimiento de los pavimentos asfálticos drenantes y así evitar la descolmatación en ellas.

## **4.2 Diseño de la investigación**

Según (Martins Pestana, y otros, 2006) el diseño de investigación experimental es aquel según el cual el investigador manipula una variable experimental no comprobada, bajo condiciones estrictamente controladas. Su objetivo es describir de qué modo y por qué causa se produce o puede producirse un fenómeno. Busca predecir el futuro, elaborar pronósticos que, una vez confirmados, se conviertan en leyes y generalizaciones tendentes a incrementar el cúmulo de conocimientos y el mejoramiento de la acción educativa. El investigador domina las condiciones bajo las cuales se realiza el experimento y modifica sus variables independientes para obtener los resultados

Esta investigación analizara los fenómenos que se presenta al implementar tensoactivos de la palma al tratamiento de las mezclas asfálticas drenantes, de acuerdo a los estudios de laboratorio realizado para así contrastar las hipótesis y dar conclusiones.

## **4.3 Población y muestra**

### **4.3.1 Población**

Según (Tamayo y Tamayo, 2003) la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando conjunto N de entidades que participan de una determinada característica y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación. Para esta investigación su población será 112 briquetas de mezcla asfáltica drenante en la ciudad de Huancayo.

### **4.3.2 Muestra**

Según (Monje Alvarez, 2011) la muestra es un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población, es decir un subgrupo de la población, cuando esta es

definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones. De una población se pueden seleccionar diferentes muestras. Por lo que en esta investigación se emplearan 112 briquetas de mezcla asfáltica drenante para su evaluación y estudio implementando tensoactivos de la palma en su mantenimiento.

#### **4.4 Técnicas de recolección de datos**

Según (Arias, 2012) la técnica de investigación de recopilación datos por observación directa es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información para el estudio a realizar, en donde se observa al sujeto de estudio en circunstancias específicas, sin intervenir o cambiar el entorno en el que se desenvuelve el objeto. Para esta investigación se empleará la observación directa de las variables planteadas, su comportamiento en los ensayos de laboratorio: infiltración, permeabilidad y Marshall

#### **4.5 Instrumento de análisis de datos**

Según (Arias, 2012) el instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información. Por lo que en esta investigación se empleara el formulario de recopilación de datos para registra la información de los ensayos en laboratorio.

## CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Descripción de la zona de estudio

#### 5.1.1 Lugar de estudio

La ciudad de Huancayo se planteó como lugar de estudio, el cual esta ubicado en el centro y en la región sierra del Perú perteneciente al departamento provincial de Junín el cual limita por el norte con la provincia de Concepción, por el este con la provincia de Satipo, por el sur con el departamento de Huancavelica, y por el oeste con la provincia de Chupaca (figura), al  $12^{\circ}03'00''$  al sur y  $75^{\circ}13'00''$  al Oeste, con una altitud de 3249 m.s.n.m, por el cual tiene un clima variado e intermedio categorizado según el MTC 2013 en donde varia la temperatura de entre los  $5^{\circ}\text{C}$  y  $15^{\circ}\text{C}$ .



Figura 7: Mapa del departamento de Junín

Fuente: (Municipalidad Provincial de Huancayo)



Figura 8: Mapa de la ciudad de Huancayo

Fuente: (Municipalidad Provincial de Huancayo)

### **5.1.2 Características del lugar de estudio**

Para encontrar una respuesta adecuada al presente estudio, las características económicas, sociales y climáticas de Huancayo son importantes según las características económicas y sociales de Huancayo según el proyecto vial de la ciudad de Huancayo, propongo: utilizando el INEI 2017, población el crecimiento aumenta en un 6% anual, mejorando así las divisas, las vías y andadores, creando la necesidad de calidad de vida en las zonas apartadas de la ciudad, por otro lado, es importante evaluar las características en la ciudad de Huancayo, porque Para encontrar el diseño correcto de la mezcla asfáltica drenante, es importante considerar factores ambientales tales como la humedad, la temperatura y los ciclos de hielo-deshielo, que pueden afectar significativamente el desempeño del material del pavimento y su comportamiento en el campo. (Mohammad, y otros, 1995) Según el MTC 2013, de acuerdo a la Tabla 6, Huancayo se clasifica como zona de clima medio.

## **5.2 Estudios previos**

### **5.2.1 Estudio de los materiales**

#### **5.2.1.1 Cemento asfáltico modificado**

Para el buen diseño de una mezcla asfáltica drenante es importante tener en cuenta el tipo de cemento asfáltico a emplear según los parámetros y estudios de la UNE – EN 12697 se recomienda que se use un asfalto modificado por sus propiedades mejoradas a comparación de bitumen convencional, por lo que para esta investigación se empleara un cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros, se empleará el grado de penetración de 85 – 100 basado en la normativa peruana vigente del MTC 2013 tabla 6 puesto que la ciudad de Huancayo de acuerdo a su ubicación geográfica y sus características climatológicas esta clasificada con un clima intermedio el cual varia en días muy calurosos de 15°C en promedio y en días fríos de 5°C en promedio. Será adquirido de la Refinería la Pampilla S.A.A. localizado en Casilla postal 10245Km. 25 carretera a ventanilla, Lima – 1 Perú de la empresa REPSOL.

Tabla 5: Clasificación del cemento asfáltico con respecto al clima

24°C o mas	Temperatura Media Anual		
	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40-50		85-100	
60-70 o modificado	60-70	120-150	asfalto modificado

Fuente: Elaboración Propia

### 5.2.1.2 Agregado pétreo

Para esta investigación se empleó los agregados pétreos de tamaño máximo nominal de ½” con respecto a los requerimientos de gradación para una mezcla asfáltica drenante el cual fue adquirido de la planta chancadora de Matahuasi, perteneciente a la provincia de concepción el cual está ubicado al norte de la ciudad de Huancayo a 45 min en carro en la carretera central, esta planta chancadora en una de las más importante abastecedora de agregado natural de rio seco ya sea para Jauja y sus alrededores.

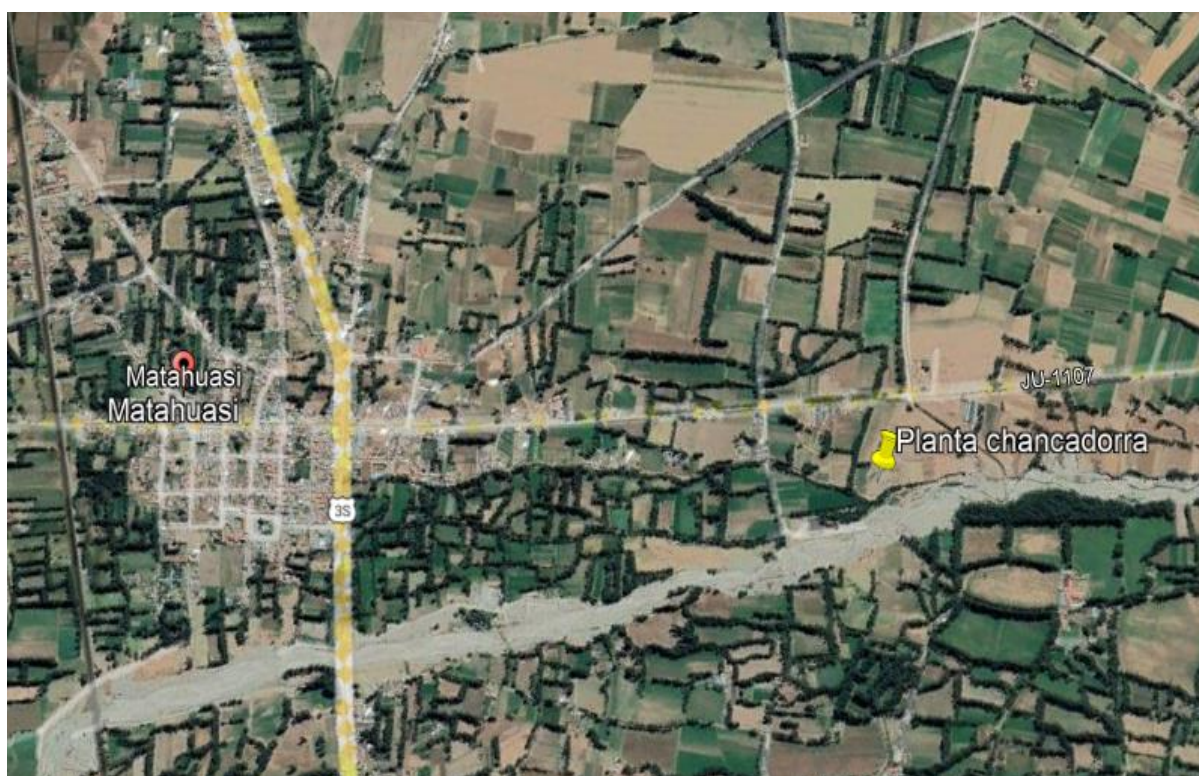


Figura 9: Ubicación de la planta chancadora de Matahuasi

Fuente: Google earth

### 5.2.1.3 Tensoactivo de la palma

El fruto de la palma varía de acuerdo al tipo de cultivo, por ejemplo, los frutos que no tiene cuesco (endocarpio) sino un cartílago blando. Los árboles se caracterizan por tener un gran porte y una alta producción de flores femeninas que generalmente no logran culminar la formación de frutos. Carecen de interés para cualquier cultivo comercial; la fruta tipo dura presenta gran cuesco de dos a ocho milímetros de espesor en los frutos, en detrimento del porcentaje de pulpa y, por tanto, del contenido de aceite; sin embargo, aún no cuenta la demanda requerida para adquisición completa de lo producido para la venta. El fruto tenera, por ser un híbrido proveniente del cruzamiento de dura por pisífera, el cuesco del fruto es delgado y la proporción de pulpa bastante mayor. Por ende, el contenido de aceite es significativamente más abundante. Las palmas de este tipo son las más sembradas en plantaciones comerciales a escala mundial.

La palma es la principal fuente de aceites vegetales que se producen actualmente en Perú de manera importante es la palma africana, seguida de la soja, existen otros cultivos que se están explorando como fuentes potenciales de aceite para biodiesel. Y de acuerdo a su composición química (tabla 7) puede ser empleado como un tensoactivo natural para la mejor efectividad en el quitado de obstrucciones en pavimentos de mezcla asfáltica drenante.

Tabla 6: Propiedades físicas y químicas de la fibra (biomasa residual obtenida de la extracción del aceite de palma mediante el prensado del fruto) de la palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.).

Variables /Tipo de residuos		Media ± DE	Shapiro-Wilks	Sig.	Prueba de Levene	Sig.	t de student	Sig.
<b>Solubilidad en agua caliente (%)</b>	Escobajo	16,90 + 3,18	0,80	0,01	2,48	0,13	2,52	0,02
	Fibra	14,00 + 1,74	0,73	0,002				
<b>Solubilidad en soda (%)</b>	Escobajo	35,20 + 2,44	0,92	0,36	2,91	0,10	0,21	0,83
	Fibra	34,80 + 5,42	0,97	0,93				
<b>Humedad (%)</b>	Escobajo	17,23 + 3,38	0,95	0,70	2,42	0,13	1,04	0,31
	Fibra	18,55 + 2,11	0,90	0,23				
<b>Celulosa (%)</b>	Escobajo	32,92 + 0,16	0,93	0,52	11,32	0,003	0*	0,00
	Fibra	37,72 + 0,05	0,89	0,18				
<b>Hemicelulosa (%)</b>	Escobajo	16,55 + 0,10	0,86	0,09	6,94	0,01	0*	0,00
	Fibra	19,38 + 0,04	0,89	0,19				
<b>Lignina (%)</b>	Escobajo	22,43 + 0,15	0,95	0,72	2,89	0,10	47,97	0,00
	Fibra	24,92 + 0,05	0,87	0,10				

DE = Desviación estándar. Sig= significancia. \* Valor de U de Mann-Whitney. n= 10 para todos los casos. / SD = Standard deviation. Sig = significance. \* Mann-Whitney U value. n = 10 for all cases.

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), Ucayali, Perú en octubre del 2020.





Figura 10: Tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 Estudio de laboratorio

### 5.2.2.1 Cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros

De acuerdo el análisis climatológico de la ciudad de Huancayo el cual esta en un promedio de 5°C a 15°C clasificándose así según la normativa del ministerio de transportes y comunicaciones del 2013 como clima intermedio en donde es recomendable emplear un cemento asfáltico de grado de penetración de entre 85 – 100mm. Por otro lado, teniendo en cuenta la recomendación de emplear cementos asfálticos modificados para mezclas asfálticas drenantes finalmente se decidió que el ligante asfáltico a emplear vendría a ser el bitumen PEN 85 -100 con polímeros.

Tabla 7: ficha técnica del cemento asfáltico PEN 85 – 100 con polímeros

<b>CEMENTO ASFÁLTICO 85-100 PEN</b>		
<b>ENSAYOS REPORTADOS</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>	
	<b>MÍNIMO</b>	<b>MÁXIMO</b>
Ensayo de penetración a 25 °C, 100 g, 5 s	75	110
Punto de Inflamación Cleveland °C		220+
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	100	
Solubilidad porcentaje de masa	99	
Perdida por calentamiento, % masa		1
Penetración retenida, % del original	50+	

Fuente: Especificaciones técnicas de calidad del cemento asfáltico REPSOL

#### 5.2.2.2 Agregado

Los áridos son elementos secos de origen natural o artificial que varían en tamaño desde el más fino así sucesivamente hasta llegar al tamaño de la roca, con tipo de dureza, textura y productos de limpieza de demolición adecuados, estos se clasifican en áridos, arena triturada y finos.

Dependiendo del tamaño del agregado producido en la Cantera Matahuasi, se utilizará una degradación granulométrica del CAD 12 con tamaño máximo nominal de ½" según la normativa argentina de Vialidad Nacional. Este tipo de granulometría tiene distribución suficiente para producir un porcentaje suficiente de vacíos para drenar agua del pavimento, con respecto al porcentaje del peso por tamiz debe de encontrarse dentro de los límites especificados por la norma argentina IRAM 1505 (tabla 9), según la cual, para determinar el diseño de mezclas asfálticas drenantes, el agregado se someterá a una prueba de tamaño, donde están presentes las siguientes dimensiones

- Piedra chancada de tamaño máximo nominal de 1/2". Tabla 10 y Figura 11
- Arena zarandeada de tamaño máximo nominal N°4. Tabla 11 y Figura 12
- Arena chancada de tamaño máximo nominal N°4. Tabla 12 y Figura 13
- Filler de cal hidratada. Tabla 13 y Figura 14

Tabla 8: Degradación granulométrica del CAD 12 de Vialidad Nacional

USO GRANULOMÉTRICO – CAD 12				
MALLA		% MÍNIMO	% MÁXIMO	
TAMIZ	mm			
TM - 3/4"	19.00	100	-	100
TM - 1/2"	12.50	70	-	100
TM - 3/8"	9.50	50	-	80
TM - N°4	4.75	15	-	300
TM - N°8	2.36	10	-	22
TM - N°30	0.60	6	-	13
TM - N°200	0.075	3	-	6

Fuente: Mezclas asfálticas drenantes IRAM 1505

Tabla 9: Granulometría de piedra chancada 1/2"

PIEDRA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	862.51	34.50	34.50	65.50
tm - 3/8"	9.525	685.23	27.41	61.91	38.09
tm - N°4	4.750	694.19	27.77	89.68	10.32
tm - N°8	2.550	71.02	2.84	92.52	7.48
tm - N°10	2.000	51.49	2.06	94.58	5.42
tm - N°16	1.185	76.08	3.04	97.62	2.38
tm - N°30	0.600	21.48	0.86	98.48	1.52
tm - N°40	0.425	6.12	0.24	98.72	1.28
tm - N°50	0.295	10.91	0.44	99.16	0.84
tm - N°80	0.175	5.52	0.22	99.38	0.62
tm - N°100	0.148	2.27	0.09	99.47	0.53
tm - N°200	0.072	5.61	0.22	99.70	0.30

< tm - N°200	7.57	0.30	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>	2500.00	gr		

Fuente: Elaboración Propia

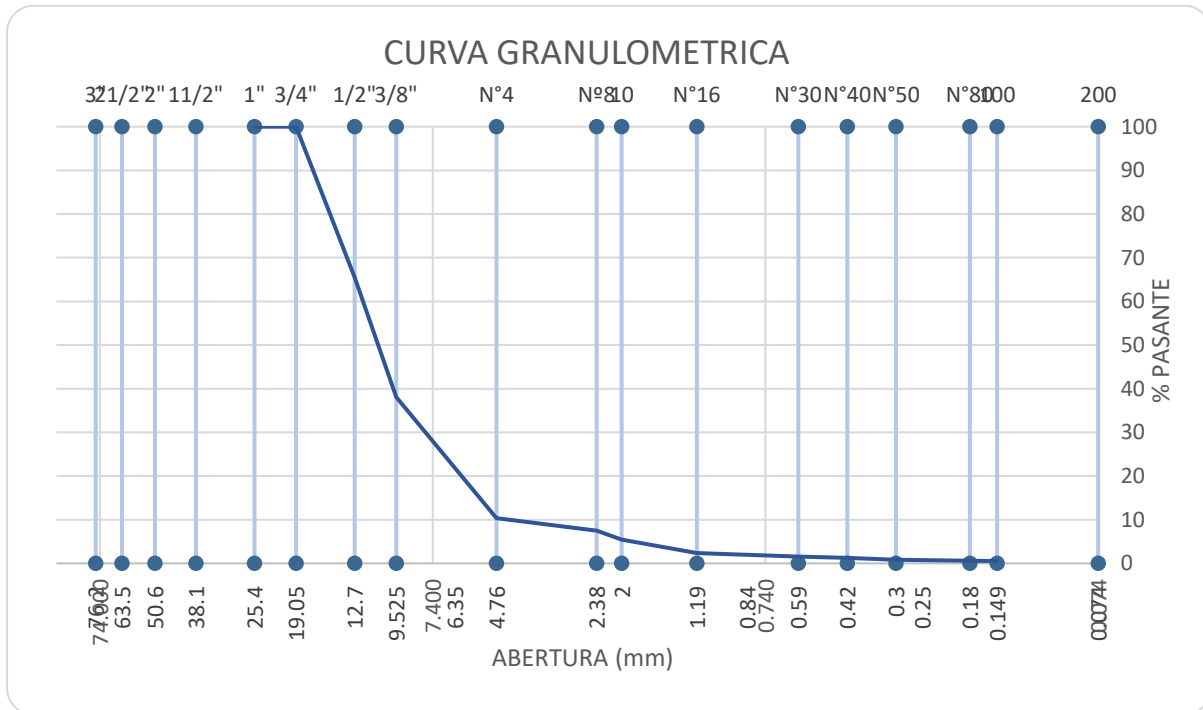


Figura 11: Curva granulométrica de la piedra chancada ½"

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Granulometría de arena zarandeada

ARENA ZARANDEADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 2 1/2"	63.550	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 2"	50.800	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00

tm - N°4	4.750	367.64	24.51	24.51	75.49
tm - N°8	2.550	115.32	7.69	32.20	67.80
tm - N°10	2.000	185.12	12.34	44.54	55.46
tm - N°16	1.185	148.78	9.92	54.46	45.54
tm - N°30	0.600	198.54	13.24	67.69	32.31
tm - N°40	0.425	90.81	6.05	73.75	26.25
tm - N°50	0.295	153.91	10.26	84.01	15.99
tm - N°80	0.175	66.36	4.42	88.43	11.57
tm - N°100	0.148	57.85	3.86	92.29	7.71
tm - N°200	0.072	25.14	1.68	93.96	6.04
< tm - N°200		90.53	6.04	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		

Fuente: Elaboración Propia

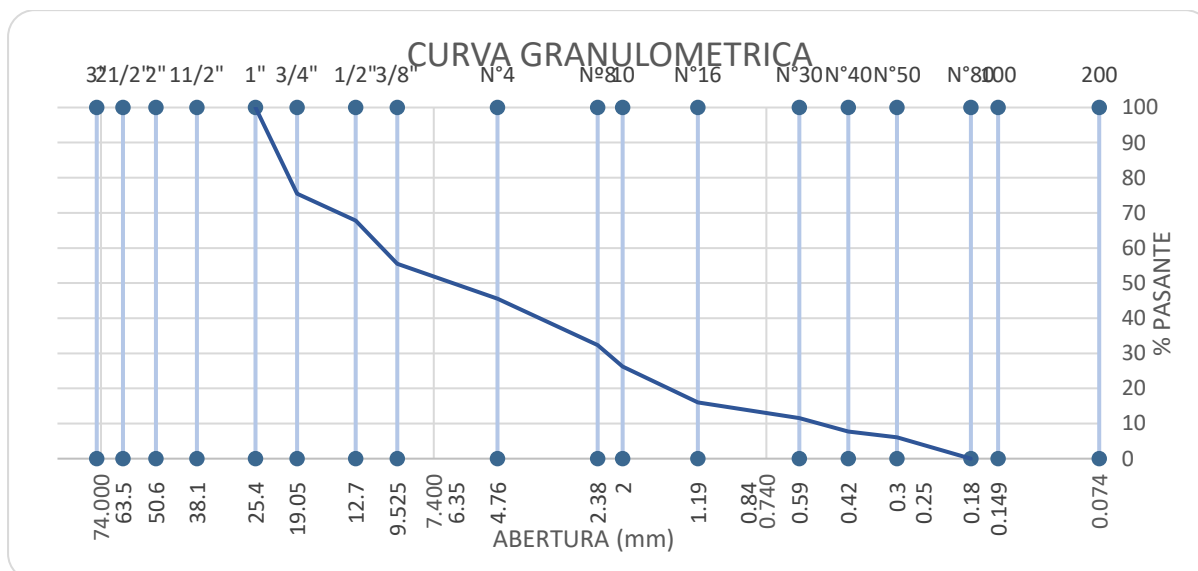


Figura 12: Curva granulométrica de la arena zarandeada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Granulometría de arena chancada

ARENA CHANCADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 2 1/2"	63.550	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS

tm - 2"	50.800	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	211.25	14.08	14.08	85.92
tm - N°8	2.550	345.38	23.03	37.11	62.89
tm - N°10	2.000	100.56	6.70	43.81	56.19
tm - N°16	1.185	206.39	13.76	57.57	42.43
tm - N°30	0.600	16.94	1.13	58.70	41.30
tm - N°40	0.425	129.21	8.61	67.32	32.68
tm - N°50	0.295	128.73	8.58	75.90	24.10
tm - N°80	0.175	56.49	3.77	79.66	20.34
tm - N°100	0.148	128.31	8.55	88.22	11.78
tm - N°200	0.072	48.48	3.23	91.45	8.55
< tm - N°200		128.26	8.55	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		

Fuente: Elaboración Propia

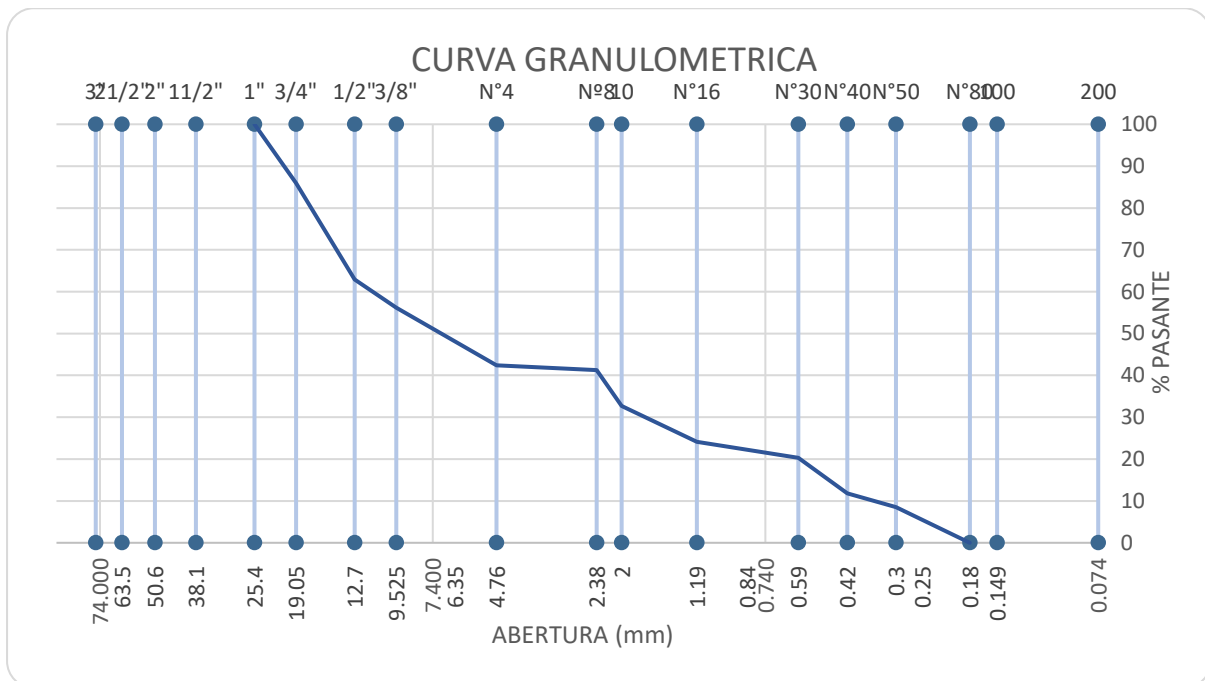


Figura 13: Curva granulométrica de la arena chancada

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Granulometría del filler

FILLER CAL HIDRATADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 2 1/2"	63.550	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 2"	50.800	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS	NS - 002TPS
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	4.82	3.21	3.21	96.79
tm - N°200	0.072	20.35	13.57	16.78	83.22
< tm - N°200		124.83	83.22	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		150.00	gr		

Fuente: Elaboración Propia

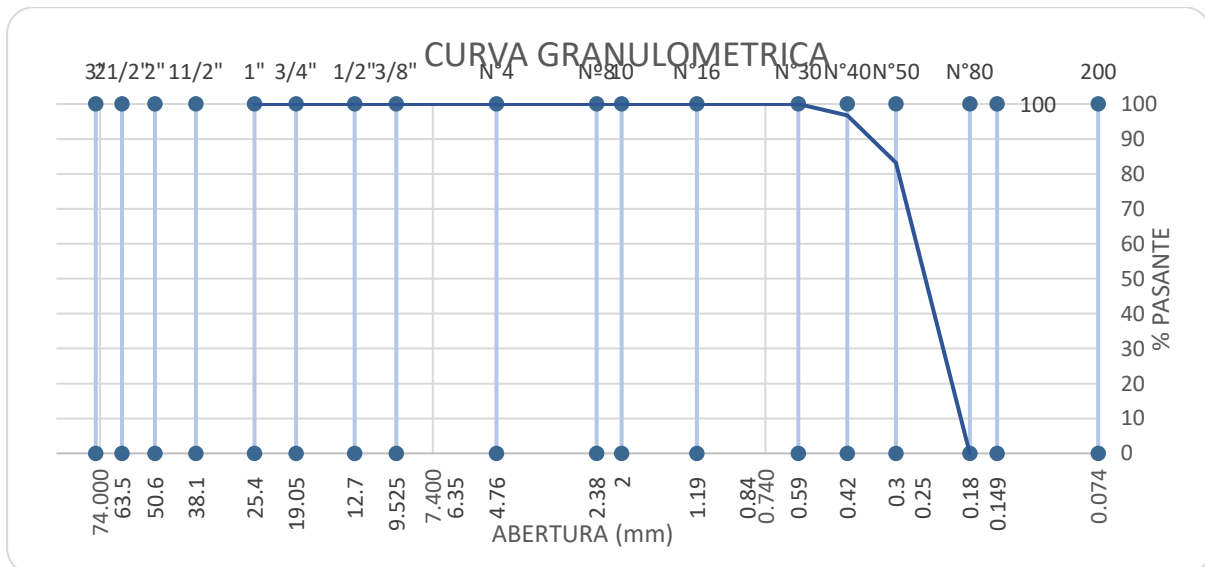


Figura 14: Curva granulométrica del filler

Fuente: Elaboración propia

### **5.3 Análisis de la información**

#### **5.3.1 Diseño de mezcla asfáltica drenante**

##### **5.3.1.1 Proceso de ensayo**

Para esta investigación se empleó agregados de la planta chancadora de Matahuasi previamente estudiado su granulometría de acuerdo a su tamaño máximo nominal el cual cumple con los requerimientos de degradación granulométrica del CAD 12 de Vialidad Nacional, el filler recomendado de acuerdo a los estudios de tras investigaciones fue la cal hidratada y cemento asfáltico modificado (asfalto PEN 85 – 100 con polímeros), en donde se elaboro la combinación del agregado de acuerdo a la degradación granulométrica de la tabla 9 con ello encontramos los pesos de cada uno de los materiales a emplear para la elaboración de las muestras, pesos del agregado de acuerdo a su tamaño máximo nominal, también se encontró la dosificación del cemento asfalto modificado con respecto al porcentaje de contenido de asfalto de (4% al 6.5%) y el filler, con ello elaborar briquetas de 1250 gr c/u (Figura 15) para el estudio de las propiedades mecánicas y volumétricas de la mezcla asfáltica drenante.

Una vez obtenida el calculo de los pesos correspondiente a la combinación de los materiales agregados, cemento asfáltico modificado y filler, con una balanza se pesan los materiales con respecto al contenido de asfalto en la mezcla final, para ello una vez pesado los agregados se los lleva al horno a una temperatura de mezcla a de 150°C así mismo con el cemento asfáltico modificado y el filler; una vez los materiales llegan a esa temperatura se mezclan entre si con la ayuda de un cucharon, el termómetro y una cocina para no perder la temperatura de mezcla alcanzada, se mezcla la muestra hasta llegar a una mezcla asfáltica homogénea.

Mientras que se realiza la mezcla asfáltica de la muestra se prepara el pedestal de compactación en donde se llevan al hormo sus componentes los cuales son: el molde de metal, la placa base y el collarín, una vez ya listos los componentes del pedestal, se procede a colocarlos y junto con ello se coloca un papel filtro y con la ayuda de un embudo metálico y el cucharon se coloca la mezcla asfáltica en su totalidad y posteriormente con a ayuda de una varilla o espátula se achura la mezcla con el fin de acomodar la mezcla asfáltica con 25 golpes, para luego tapanlo con otro papel filtro para así iniciar con la compactación de la mezcla asfáltica drenante con 50 golpes por cada cara, luego



de ello se retira el molde con la muestra a temperatura ambiente para su enfriamiento, una vez enfriado se desencofra la briqueta con la ayuda de una gata hidráulica.

Después de tener las briquetas necesarias con respecto al porcentaje de contenido de cemento asfáltico debidamente decodificadas se determinarán los ensayos requeridos para encontrar el óptimo contenido de asfalto el cual cumpla con los requerimientos de la normativa argentina de Vialidad Nacional (Tabla 14). Para ello se realizaron los ensayos de perdida por desgaste al cántabro y el ensayo de Marshall.



Figura 15: briqueta de mezcla asfáltica drenante

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Parámetros de la mezcla asfáltica drenante

Parámetro		Exigencia
Ensayo Marshall (IRAM 6845)	N° golpes por cara <sup>(1)</sup>	50
	Vacios en la mezcla <sup>(2)</sup>	20 - 27 %
Ensayo Cántabro (UNE-EN 12697-17) <sup>(3)</sup>	Porcentaje de pérdidas por desgaste en seco	≤ 25 %
	Porcentaje de pérdidas por desgaste tras inmersión	≤ 35 %

Evaluación de la resistencia al ahueamiento "Wheel Tracking Test" (Norma UNE-EN 12697-22 – Procedimiento B) <sup>(4)</sup>	Requisitos establecidos en la <i>Tabla N°12</i> .
Escurrimiento de ligante (UNE-EN 12697-18) <sup>(5)</sup>	≤ 0,3
Contenido mínimo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla	1 %
Contenido máximo de Cal Hidratada, en peso sobre total de la mezcla	3 %
Porcentaje mínimo de ligante (total en peso sobre mezcla) en mezclas sin fibras incorporadas	4 %
Porcentaje mínimo de ligante (total en peso sobre mezcla) en mezclas con fibras incorporadas	4,5 %
Porcentaje mínimo de fibras (total en peso sobre mezcla) en mezclas con fibras incorporadas	0,3 %
Permeabilidad in-situ (NLT 327) <sup>(6)</sup>	Tiempo de evacuación < 30 segundos

- (1) La temperatura de compactación para la elaboración de las probetas Marshall debe estar comprendida dentro del rango 160°C – 165 °C; o bien la recomendada por el proveedor del ligante asfáltico. Para mezclas del tipo CADs, las temperaturas de mezclado y de compactación son especificadas en el Pliego de Especificaciones Técnicas Particulares.
- (2) La densidad de la probeta debe obtenerse a partir de lo indicado en Procedimiento D de la Norma UNE-EN 12697-6.
- (3) Se adopta como criterio para establecer el porcentaje óptimo de ligante asfáltico aquel para el cual el desgaste en el Ensayo Cántabro es mínimo y, a su vez, se verifican todas las exigencias establecidas en la *Tabla N° 11*.
- (4) Se debe utilizar como metodología de ensayo la descrita en el Procedimiento B en aire para dispositivo pequeño de la Norma EN12697-22. La duración del mismo es de 10000 ciclos. La temperatura de ensayo debe ser de 60 °C. Para el moldeo de la probeta de ensayo se deben utilizar los procedimientos establecidos en las Normas EN 12697-32 o EN 12697-33 considerando las temperaturas indicadas en el comentario uno (1). Se debe informar el porcentaje de vacíos alcanzado en las probetas, el cual debe estar comprendido dentro del rango de menos cinco décimas por ciento (- 0,5%) y más dos por ciento (+ 2 %) respecto del porcentaje de vacíos correspondiente a la Fórmula de Obra adoptada. El espesor de la probeta asfáltica debe ser de cincuenta milímetros (50 mm).
- (5) Si la mezcla contiene fibras incorporadas, se debe utilizar el Método de Schellenberg. Caso contrario, se debe utilizar el Método de la Cesta.
- (6) Debe verificarse el cumplimiento del requisito en el Tramo de Prueba.

Fuente: Normativa Argentina Vialidad Nacional

### 5.3.1.2 Combinación teórica y pesos

Con respecto a la tabla 15 se puede observar la combinación teórica de los agregados gruesos y finos cumpliendo con lo expuesto en la tabla 9 del CAD 12 de Vialidad Nacional, en donde se expresa lo siguiente: 76% de grava chancada de ½”, 9% de arena zarandeada, 14% de arena chancada y 1% de filler (cal hidratada). La cal se usará en la mezcla final ya que ayuda la mejor conformación de mezcla asfáltica y es la más recomendada para mezclas asfálticas drenantes.

Tabla 14: Combinación teórica

<b>Malla</b>		<b>Porcentajes pasantes (%)</b>				
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>					
<b>Agregados</b>		<b>Piedra Chancada 1/2"</b>	<b>Arena Zarandeada</b>	<b>Arena Chancada</b>	<b>filler</b>	<b>MEZCLA</b>
<b>Proporciones</b>		<b>1/2"</b>	<b>NATURAL</b>	<b>CHANCADA</b>	<b>filler</b>	<b>100%</b>
		<b>76%</b>	<b>9%</b>	<b>14%</b>	<b>1%</b>	
<b>1"</b>	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00	
<b>3/4"</b>	19.05	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
<b>1/2"</b>	12.70	65.50	100.00	100.00	100.00	73.78
<b>3/8"</b>	9.53	38.09	100.00	100.00	100.00	52.95
<b>Nº 4</b>	4.76	10.32	75.49	85.92	100.00	27.67
<b>Nº 8</b>	2.36	7.48	67.80	62.89	100.00	21.59
<b>Nº 10</b>	2.00	5.42	55.46	56.19	100.00	17.98
<b>Nº 16</b>	1.18	2.38	45.54	42.43	100.00	12.85
<b>Nº 30</b>	0.60	1.52	32.31	41.30	100.00	10.84
<b>Nº 40</b>	0.42	1.28	26.25	32.68	100.00	8.91
<b>Nº 50</b>	0.30	0.84	15.99	24.10	100.00	6.45
<b>Nº 80</b>	0.18	0.62	11.57	20.34	100.00	5.36
<b>Nº 100</b>	0.15	0.53	7.71	11.78	96.79	3.71
<b>Nº 200</b>	0.07	0.30	6.04	8.55	83.22	2.80
<b>pasa</b>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a los resultados obtenidos en la combinación teórica, es importante verificar que los valores obtenidos se encuentren dentro de las especificaciones de CAD 12 de Vialidad nacional, el cual se puede mostrar en la Tabla 16, donde se muestran los porcentajes mínimos y máximos de paso por tamiz en donde se pueda lograr una mezcla abierta adecuada para una mezcla asfáltica drenante.

Tabla 15: Parámetros del CAD 12 - Combinación teórica

<b>Malla</b>		<b>Porcentajes pasantes (%)</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Tamiz</b>	<b>mm</b>			

<b>CAD 12</b>				
<b>Agregados</b>	<b>MEZCLA</b>			<b>Tam. Máx.</b>
<b>IRAM 1505</b>				
<b>Proporciones</b>	<b>100%</b>	<b>1/2"</b>		
<b>Curva Ideal</b>				
<b>1"</b>	25.40			
<b>3/4"</b>	19.05	100.00	100 - 100	100.00
<b>1/2"</b>	12.70	73.78	70 - 100	85.00
<b>3/8"</b>	9.53	52.95	50 - 80	65.00
<b>N° 4</b>	4.76	27.67	15 - 30	23.00
<b>N° 8</b>	2.36	21.59	10 - 22	16.00
<b>N° 10</b>	2.00	17.98		
<b>N° 16</b>	1.18	12.85		
<b>N° 30</b>	0.60	10.84	6 - 13	10.00
<b>N° 40</b>	0.42	8.91		
<b>N° 50</b>	0.30	6.45		
<b>N° 80</b>	0.18	5.36		
<b>N° 100</b>	0.15	3.71		
<b>N° 200</b>	0.07	2.80	3 - 6	5.00
<b>pasa</b>		0.00		

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la figura 16 se muestra la curva granulométrica de la mezcla de agregados con base en CAD 12, donde la línea negra indica el límite permitido para la ley de la mezcla asfáltica drenante, y la línea roja indica que la granulometría óptima del agregado es el valor promedio entre los dos rangos límite de CAD 12 y las líneas azules en las curvas obtenidas a partir de combinaciones de áridos, se encuentran dentro del rango exigido por CAD 12 debido a las buenas propiedades de los áridos obtenidos de esta región. El gráfico también muestra que la curva azul entre los tamices del 4 al 200 están muy cerca del límite superior máximo y del tamiz de 1/2" al 3/8" se encuentra en el límite inferior mínimo permitido por CAD 12, teniendo en cuenta ello las siguientes pruebas de laboratorio se realizarán con más cuidado.

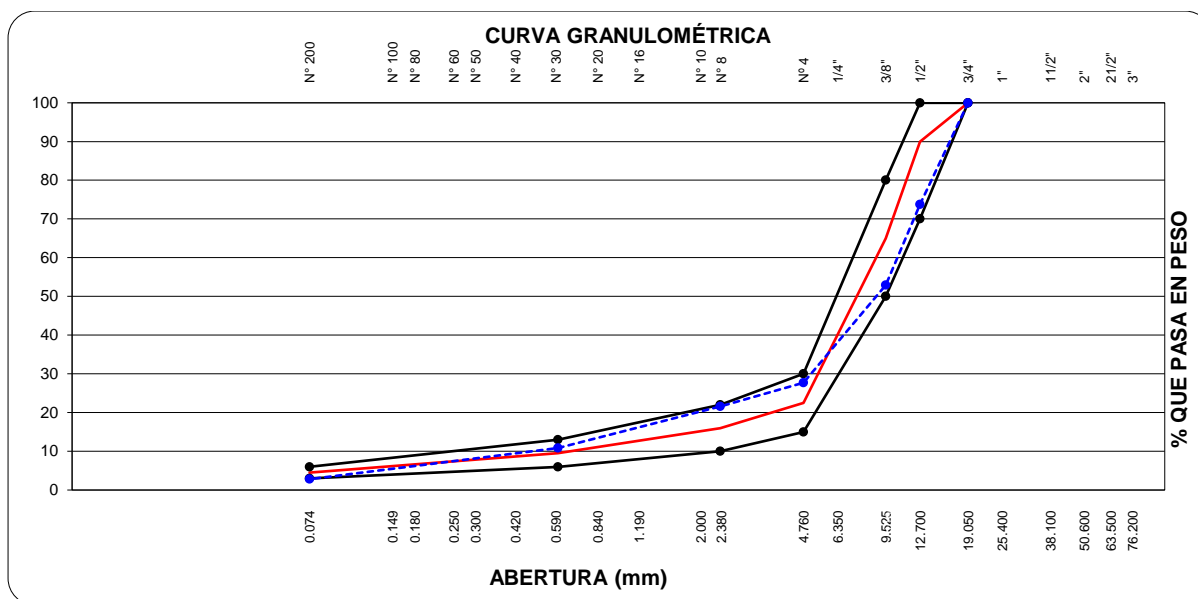


Figura 16: Curva granulométrica CAD 12

Fuente: Elaboración propia

Con respecto la tabla 15 se muestra los pesos de los agregados por cada tamiz basado en las especificaciones de CAD 12 y del cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros, para la obtención de las briquetas, en donde de acuerdo a la tabla 14 de Vialidad Nacional el porcentaje mínimo de ligante asfáltico para una mezcla asfáltica drenante sin fibra incorporadas es de 4% llegando hasta un porcentaje de 6.5% para un amplio estudio del comportamiento del ligante asfáltico, el filler y los agregados.

Tabla 16: Pesos de los materiales por cada malla– CAD 12

Mat	% Asfalto	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
		<b>Malla</b>					
Filler	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	< #10	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
	<b>SUB TOTAL</b>	12.0	11.9	11.88	11.8	11.8	11.7
Arena Chancada	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	23.7	23.5	23.4	23.3	23.2	23.0
	# 10	38.7	38.5	38.3	38.1	37.9	37.7
	< #10	105.7	105.1	104.6	104.0	103.5	102.9

	<b>SUB TOTAL</b>	168.0	167.1	166.3	165.4	164.5	163.6
Arena Zarandeada	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	# 4	26.5	26.3	26.2	26.1	25.9	25.8
	# 10	8.3	8.3	8.2	8.2	8.1	8.1
	< #10	73.2	72.8	72.5	72.1	71.7	71.3
	<b>SUB TOTAL</b>	108.0	107.4	106.9	106.3	105.8	105.2
Piedra Chancada 1/2"	3/4"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1/2"	314.6	313.0	311.4	309.7	308.1	306.4
	3/8"	250.0	248.7	247.4	246.1	244.8	243.5
	# 4	253.2	251.9	250.6	249.3	248.0	246.6
	# 10	25.9	25.8	25.6	25.5	25.4	25.2
	< #10	68.2	67.9	67.5	67.2	66.8	66.5
	<b>SUB TOTAL</b>	912.0	907.3	902.5	897.8	893.0	888.3
		1200.0	1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
PEN 85 – 100 con polímeros		50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3
<b>TOTAL, MUESTRA</b>		1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.1.3 Cálculo del óptimo contenido de asfalto

Para el cálculo del óptimo contenido de asfalto, se realizaron los ensayos necesarios cumpliendo con las especificaciones de la tabla N°12 de la normativa argentina Vialidad Nacional, en donde se estudió del 4% al 6.5% de contenido de ligante asfáltico modificado empleando 90 briquetas. Donde en las siguientes tablas se presentan las propiedades mecánicas y volumétricas obtenidas del ensayo de Marshall los cuales vendrían a ser estabilidad, flujo y porcentaje de vacíos, también se evaluaron, el escurrimiento del ligante asfáltico, su porcentaje de desgaste al cántabro de las briquetas tanto en seco como tras inmersión y por último se calculó la permeabilidad por medio del ensayo de infiltración

Con respecto a la tabla 18 se muestra la caracterización de los porcentajes de 4% y 4.5% de ligante asfáltico modificado, en donde se presentan las propiedades obtenidas del ensayo de Marshall, ensayo de escurrimiento del ligante, ensayo Cántabro en seco y tras inmersión y el ensayo de infiltración.

Tabla 17: Propiedades de briquetas de MAD al 4% y 4.5% de cemento asfáltico

<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.00</b>	<b>4.50</b>	<b>4.50</b>	<b>4.50</b>
<b>VACÍOS</b>	%	26.5	26.8	25.6	25.9	25.0	25.5
<b>FLUJO</b>	mm	2.10	1.80	2.00	2.20	2.50	1.90
<b>ESTABILIDAD</b>	kg	374.8	378.4	366.2	369.7	453.5	481.3
<b>ESCURRIMIENTO DEL LIGANTE</b>	%	0.09	0.08	0.06	0.09	0.13	0.08
<b>CANTABRO EN SECO</b>	%	27.6	27.1	26.8	25.7	26.1	25.4
<b>CANTABRO SUMERGIDO</b>	%	40.4	38.8	39.8	35.5	37.6	36.0
<b>INFILTRACION</b>	Seg	11.8	8.2	12.6	13.0	10.9	14.3
<b>PERMEABILIDAD</b>	cm <sup>3</sup> /s	8.5	12.2	7.9	7.7	9.2	7.0

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la tabla 19 se muestra la caracterización de los porcentajes de 5% y 5.5% de ligante asfáltico modificado, en donde se presentan las propiedades obtenidas del ensayo de Marshall, ensayo de escurrimiento del ligante, ensayo Cántabro en seco y tras inmersión y el ensayo de infiltración.

Tabla 18: Propiedades de briquetas de MAD al 5% y 5.5% de cemento asfáltico

<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>	<b>5.50</b>
<b>VACÍOS</b>	%	23.9	24.7	24.9	23.6	22.6	23.2
<b>FLUJO</b>	mm	3.00	2.50	2.20	2.90	3.30	3.10
<b>ESTABILIDAD</b>	kg	579.4	488.8	568.1	610.7	623.2	603.5
<b>ESCURRIMIENTO DEL LIGANTE</b>	%	0.15	0.11	0.13	0.14	0.19	0.19
<b>CANTABRO EN SECO</b>	%	25.0	23.8	24.7	22.7	22.2	23.2
<b>CANTABRO SUMERGIDO</b>	%	34.6	33.9	34.1	30.8	32.0	32.3

<b>INFILTRACION</b>	Seg	15.4	13.7	16.5	17.3	21.6	15.9
<b>PERMEABILIDAD</b>	cm <sup>3</sup> /s	6.49	7.30	6.06	5.8	4.6	6.3

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la tabla 20 se muestra la caracterización de los porcentajes de 6% y 6.5% de ligante asfáltico modificado, en donde se presentan las propiedades obtenidas del ensayo de Marshall, ensayo de escurrimiento del ligante, ensayo Cántabro en seco y tras inmersión y el ensayo de infiltración.

Tabla 19: Propiedades de briquetas de MAD al 6% y 6.5% de cemento asfáltico

<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.50</b>
<b>VACÍOS</b>	%	23.9	24.7	24.9	23.6	22.6	23.2
<b>FLUJO</b>	mm	3.00	2.50	2.20	2.90	3.30	3.10
<b>ESTABILIDAD</b>	kg	579.4	488.8	568.1	610.7	623.2	603.5
<b>ESCURRIMIENTO DEL LIGANTE</b>	%	0.15	0.11	0.13	0.14	0.19	0.19
<b>CANTABRO EN SECO</b>	%	25.0	23.8	24.7	22.7	22.2	23.2
<b>CANTABRO SUMERGIDO</b>	%	34.6	33.9	34.1	30.8	32.0	32.3
<b>INFILTRACION</b>	Seg	15.4	13.7	16.5	17.3	21.6	15.9
<b>PERMEABILIDAD</b>	cm <sup>3</sup> /s	6.49	7.30	6.06	5.8	4.6	6.3

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la figura 17 se muestra el porcentaje de vacíos con respecto al porcentaje de contenido de cemento asfáltico, con un comportamiento descendente, los cuales fueron obtenidos del peso en seco, peso sumergido y peso parcialmente seco de la briqueta de estudio, en esta grafica se puede observar los límites máximos y mínimos especificados en la tabla 14 de Vialidad Nacional del 20% al 27%, donde también muestra que el 6.5% de cemento asfáltico su porcentaje de vacíos es casi menor al límite mínimo permitido, por otro lado el 5.5% de cemento asfáltico tendría el óptimo



porcentaje de vacíos puesto que se encontraría en la mitad de entre los dos límites superior e inferior.

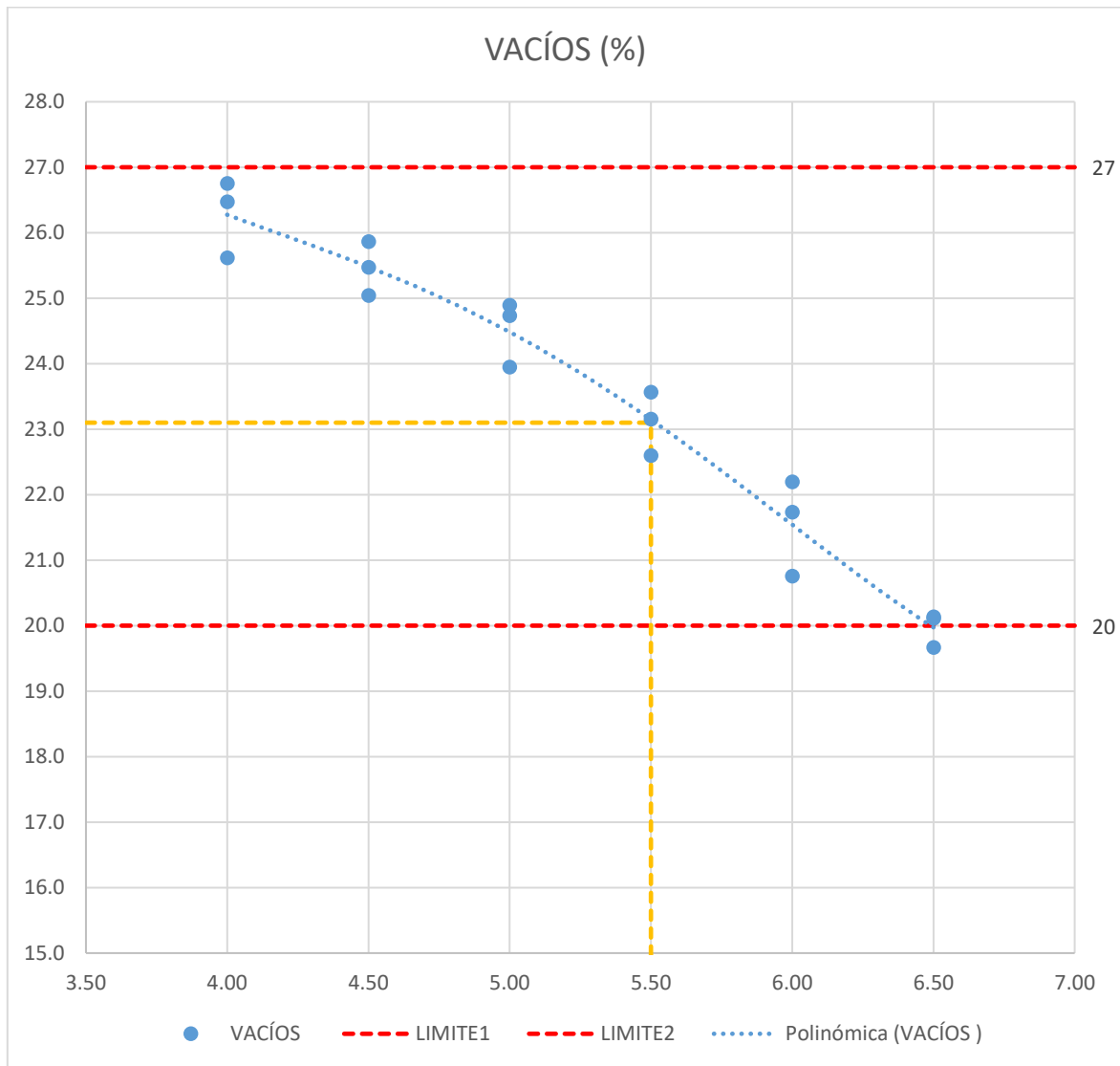


Figura 17: Porcentaje de vacíos – Porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 18 muestra el flujo en mm con respecto al contenido de cemento asfáltico modificado el cual tiene un comportamiento ascendente, donde los datos fueron obtenidos del ensayo Marshall en donde se puede observar que los porcentajes de ligante asfáltico del 6.5% al 6% no cumplen con las especificaciones de la normativa del ensayo Marshall, también que los porcentajes del 4% al 5.5% están dentro del rango permitido, tomando al 5.5% como óptimo.

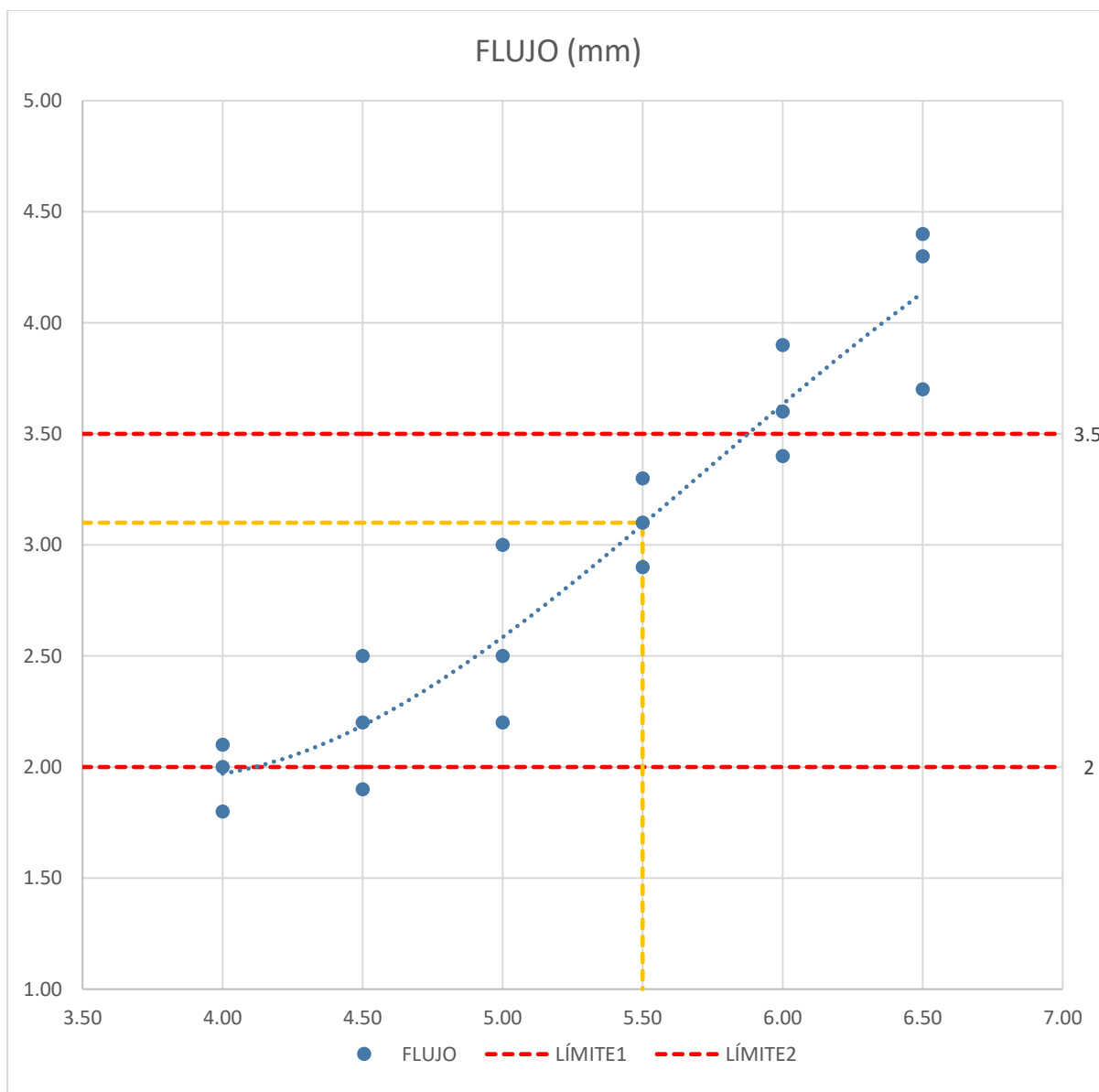


Figura 18: Flujo (mm) – Porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 19 muestra la estabilidad en kg con respecto al contenido de cemento asfáltico modificado el cual tiene un comportamiento curvilíneo ascendente, donde los datos fueron obtenidos del ensayo Marshall en donde se puede observar que las estabilidades de todos los porcentajes de ligante asfáltico del 4% al 6.5% son menores a lo que especifica la normativa del ensayo Marshall, esto es debido al alto porcentaje de vacíos de acuerdo al diseño de una mezcla asfáltica drenante, también se puede observar que al 5.5% del contenido de cemento asfáltico se puede encontrar la mayor estabilidad con 612.47kg.

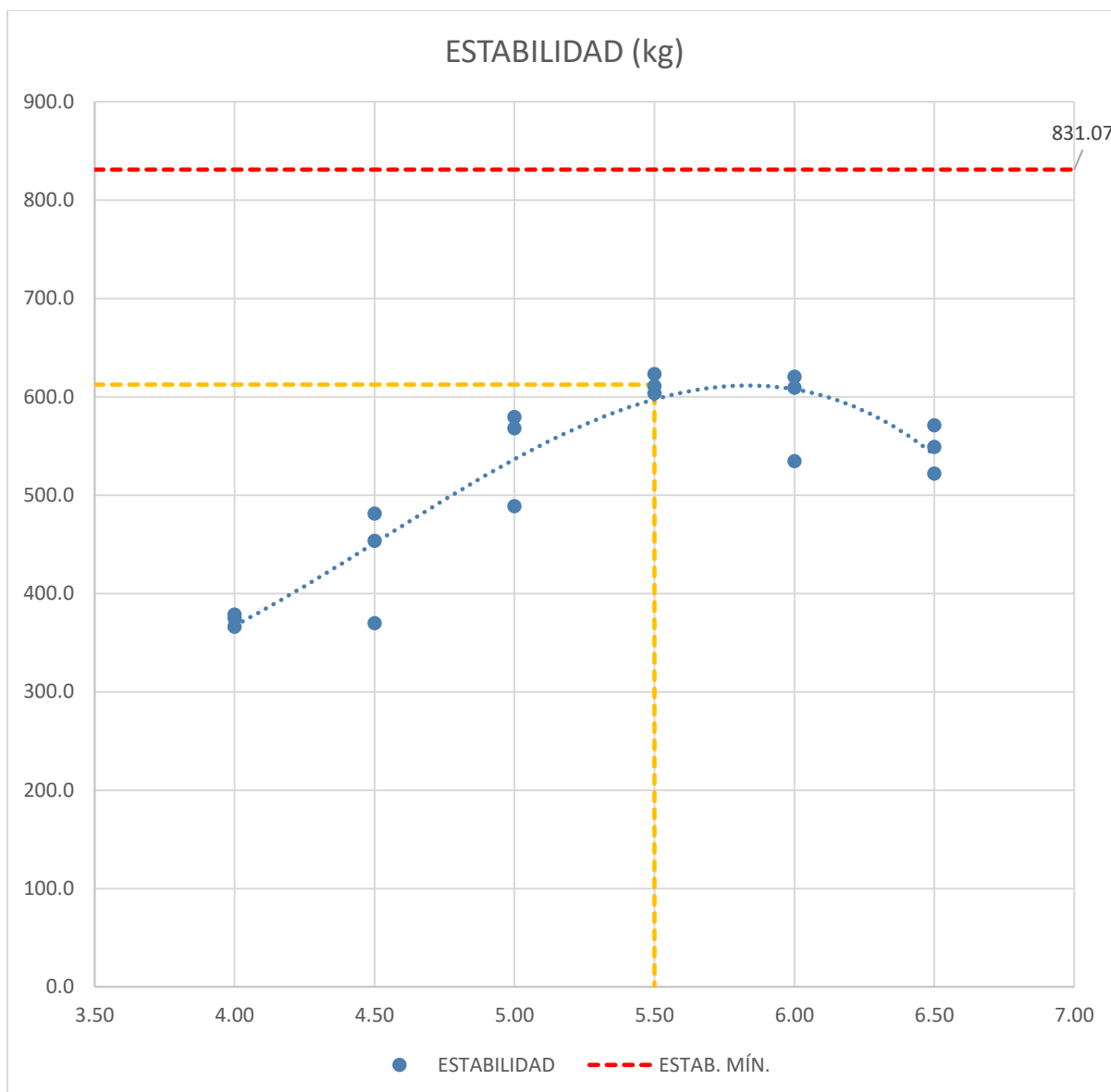


Figura 19: Estabilidad (kg) – porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 20 muestra el porcentaje de escurrimiento del ligante con respecto al contenido de cemento asfáltico modificado el cual tiene un comportamiento ascendente, donde los datos fueron obtenidos del ensayo de escurrimiento del ligante basado en la normativa UNE – EN 12697 – 18 y la tabla 14 de Vialidad Nacional. En donde se observa que todos los porcentajes de ligante asfáltico cumplen con lo requerido siendo menores a 0.3% de escurrimiento de cemento asfáltico.

El ensayo fue realizado de la siguiente manera, primeramente, se pesaron los agregados y ligante asfáltico, ambos materiales se llevaron a una temperatura de 150°C para poder mezclarlos entre ellos posteriormente se aumenta 15°C a la mezcla puesto que el tipo de ligante asfáltico es modificado (ligantes convencionales 25°C+), luego se deposita la mezcla a una cesta metálica con tres muestras por cada porcentaje de cemento asfáltico (18 muestras), debajo de cada cesta metálica se coloca papel aluminio previamente pesado apoyados en una bandeja, todo ello se lleva a una estufa por 3 horas, pasado el tiempo son retirados tanto el papel aluminio con la bandeja, luego son pesados el cemento asfáltico modificado escurrido junto con el papel aluminio, ya teniendo en cuenta el peso del papel aluminio previamente.

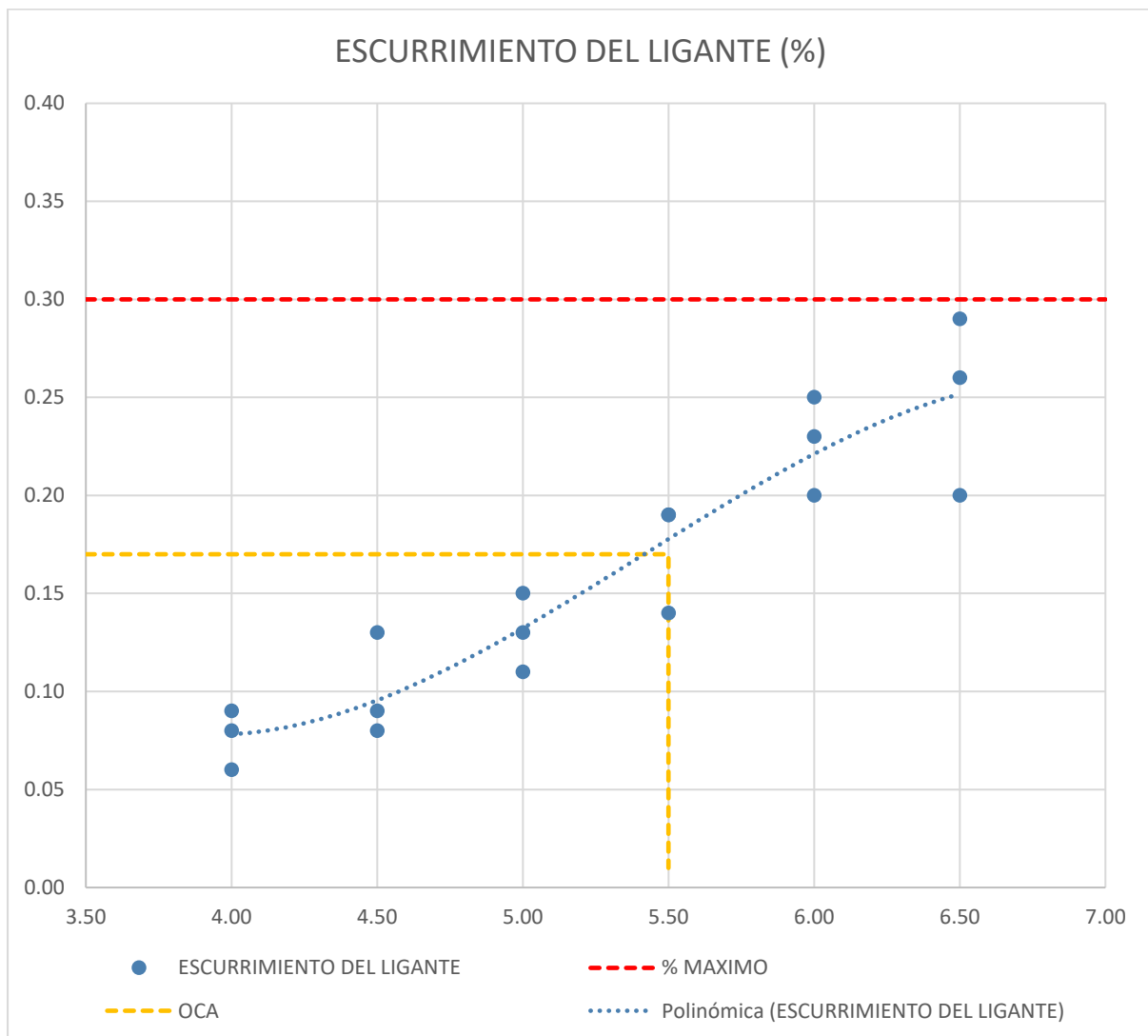


Figura 20: Porcentaje de escurrimiento del ligante – porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo de cántabro se basa en la normativa del MTC E 515 empleando la maquinaria de abrasión los ángeles, el ensayo se ejecuta en una temperatura ambiente de entre 15°C a 30°C, para este ensayo empleamos 3 briquetas por cada porcentaje de ligante asfáltico tanto en seco y sumergido (36 briquetas), se pesa la muestra luego se introduce la muestra a al bombo de la maquinaria de los ángeles y se sella para dar inicio al ensayo a una velocidad de 30 a 33 rpm. Durante 300 vueltas luego de ello se retira la muestra para pesarla y calcular el porcentaje de pérdida. Para el ensayo de cántabro sumergido previamente al proceso mencionado anteriormente, se sumerge la muestra en agua por 24 horas antes del ensayo.

En la figura 21 y 22 se muestra el porcentaje de la pérdida por desgaste al cántabro seco y por inmersión con respecto al porcentaje de ligante asfáltico el cual tiene un comportamiento descendente, donde los datos fueron obtenidos del ensayo cántabro basado de acuerdo a los requerimientos de la tabla 14 de Vialidad Nacional. En la figura 21 correspondiente al ensayo al cántabro en seco, se observa que los porcentajes de 4% y 4.5% superan el límite máximo permitido, por otro lado, los porcentajes de 5% al 6.5% cumplen con lo permitido, puesto que el agregado complementa con la cantidad de asfalto proporcionado a la mezcla asfáltica. Siendo el 5.5% escogido como el óptimo contenido de asfalto.

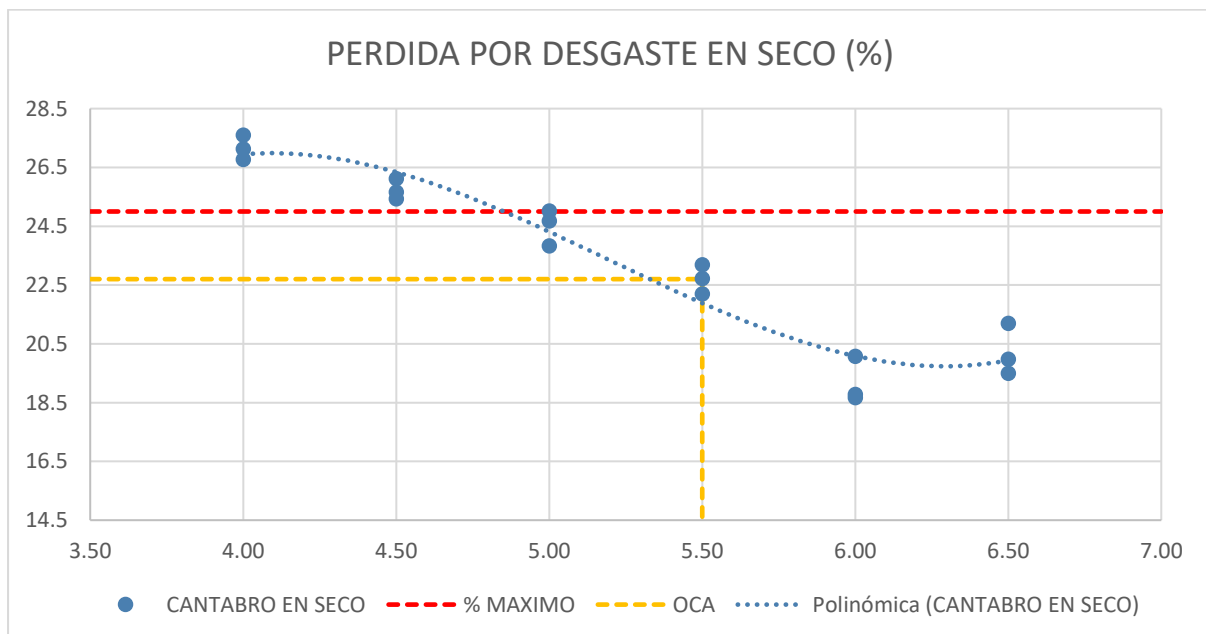


Figura 21: Pérdida por desgaste en seco (%) – porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

La figura 22 correspondiente al ensayo al cántabro sumergido, se observa que los porcentajes de 4% y 4.5% superan el límite máximo permitido, por otro lado, los porcentajes de 5% al 6.5% cumplen con lo permitido, puesto que el agregado complementa con la cantidad de asfalto proporcionado a la mezcla asfáltica. Optando al 5.5% como optimo contenido de cemento asfaltico modificado.

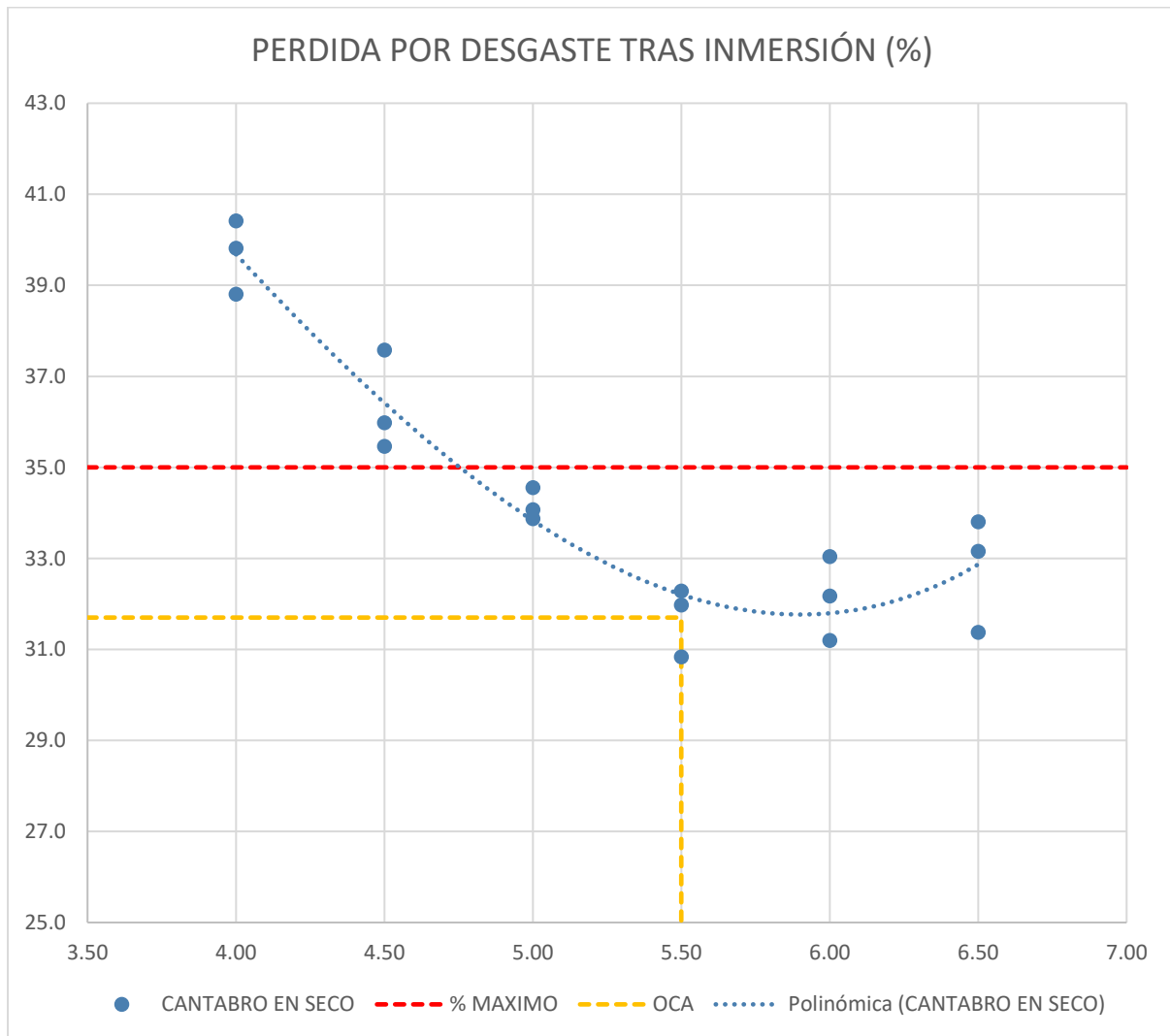


Figura 22: Pérdida por desgaste sumergido (%) – porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 23 muestra el tiempo de infiltración con respecto al porcentaje de ligante asfáltico el cual tiene un comportamiento ascendente, donde los datos fueron obtenidos del ensayo de infiltración basado en los requerimientos de la tabla 14 de Vialidad Nacional. En donde se observa que todos los porcentajes del 4% al 6.5% de ligante asfáltico cumplen

con lo permitido, por otro lado, el porcentaje de 6% se encuentra casi al límite máximo del porcentaje de tiempo de infiltración permitido, optando como el óptimo contenido de cemento asfáltico modificado el de 5.5%.

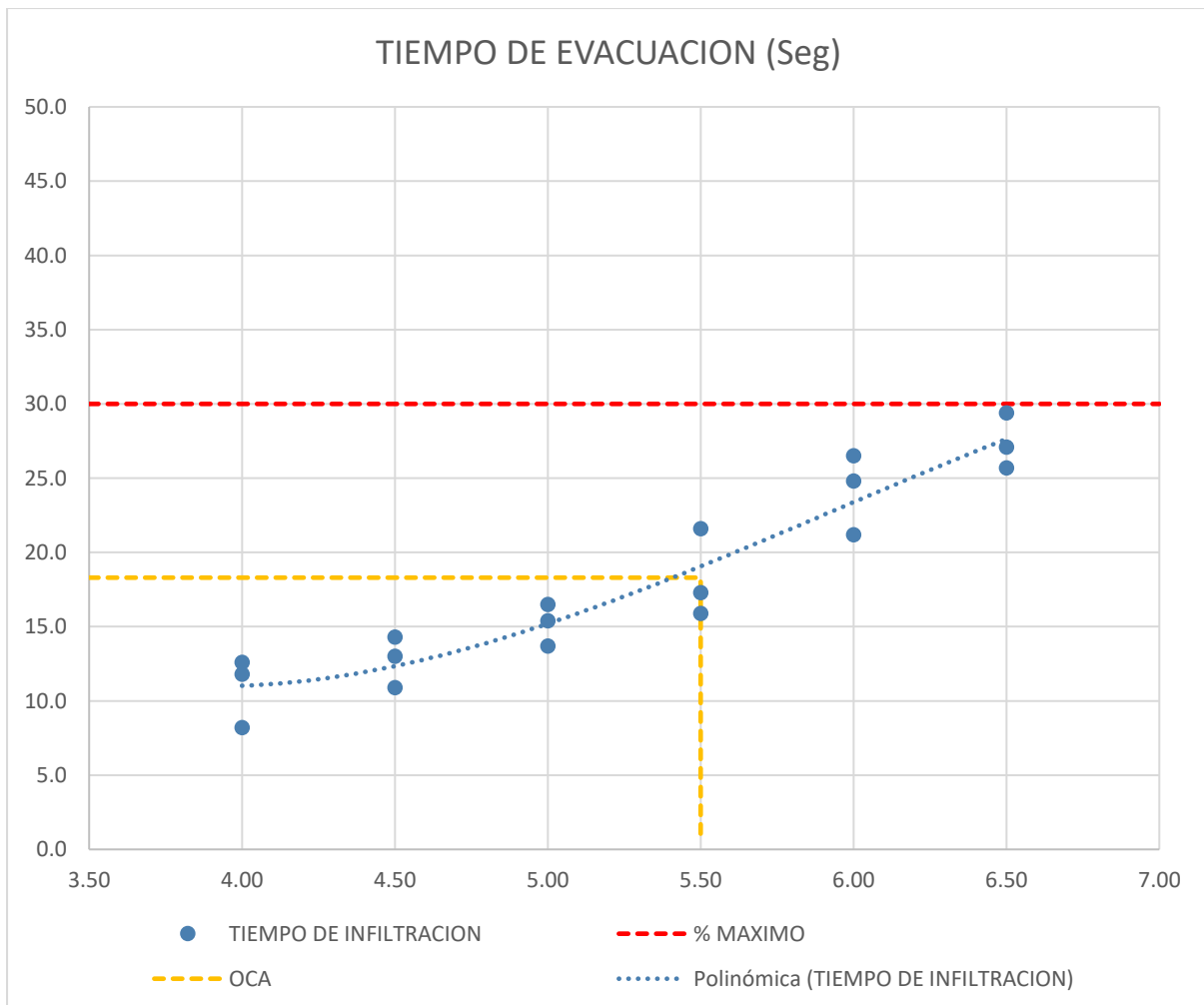


Figura 23: Tiempo de infiltración (Seg)– porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 24 se muestra la permeabilidad calculada a base del ensayo de infiltración, donde los porcentajes del 4% al 6.5% cumplen con lo permitido por la tabla 14 de Vialidad Nacional siendo estos mayores a 3.3 cm<sup>3</sup>/s, pero con respecto al contenido de cemento asfáltico del 6% está casi cerca al mínimo permitido, optando como el óptimo contenido de cemento asfáltico modificado el de 5.5%.

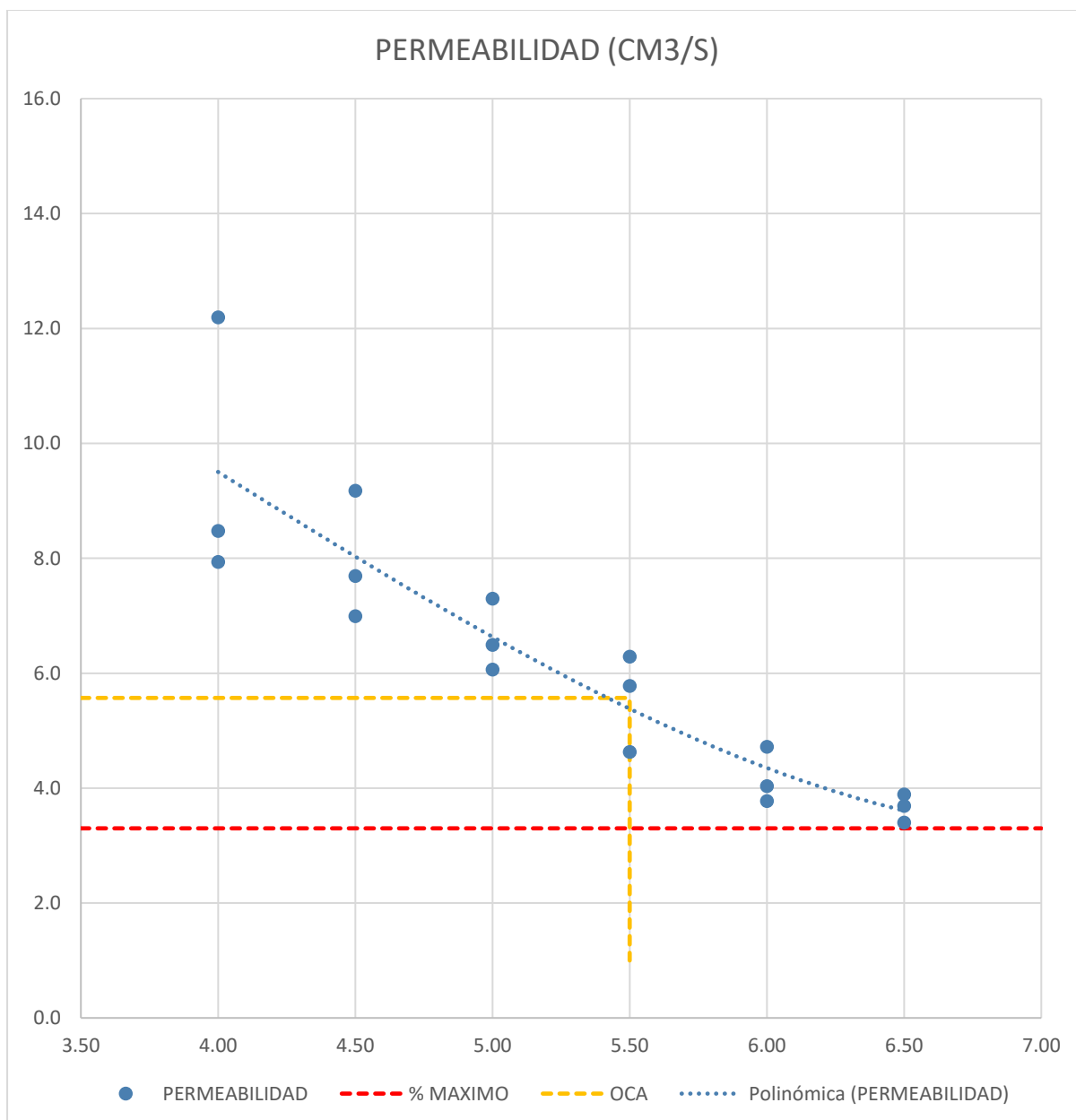


Figura 24: Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/s)– porcentaje de ligante asfáltico

Fuente: Elaboración Propia

En la siguiente tabla 21 se presenta el promedio de las propiedades obtenidas del ensayo de Marshall, ensayo de escurrimiento del ligante, ensayo Cántabro y el ensayo de infiltración. De acuerdo a ello y lo anteriormente estudiado se toma como el 5.5% de cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros como óptimo contenido de asfalto puesto que cumple con todos los parámetros requeridos del CAD 12 de acuerdo a la tabla 14 de Vialidad Nacional.



Tabla 20: Propiedades de briquetas de MAD – porcentaje de cemento asfáltico

<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>%</b>	<b>4.00</b>	<b>4.50</b>	<b>5.00</b>	<b>5.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.50</b>
<b>VACÍOS</b>	%	26.28	25.46	24.52	23.10	21.56	19.97
<b>FLUJO</b>	mm	1.97	2.20	2.57	3.10	3.63	4.13
<b>ESTABILIDAD</b>	kg	373.13	434.83	545.43	612.47	588.13	547.30
<b>ESCURRIMIENTO DEL LIGANTE</b>	%	0.08	0.10	0.13	0.17	0.23	0.25
<b>CANTABRO EN SECO</b>	%	27.16	25.74	24.51	22.70	19.17	20.23
<b>CANTABRO SUMERGIDO</b>	%	39.68	36.34	34.16	31.70	32.14	32.78
<b>INFILTRACION</b>	Seg	10.9	12.7	15.2	18.3	24.2	27.4
<b>PERMEABILIDAD</b>	cm <sup>3</sup> /s	9.54	7.95	6.62	5.57	4.17	3.66

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.2 O.E.1 Proceso de taponamiento

#### 5.3.2.1 Procedimiento

Al elaborar las briquetas necesarias para el estudio de esta presente investigación (40 briquetas de acuerdo al óptimo contenido de cemento asfáltico anteriormente calculado) primeramente se realizó el ensayo de infiltración para evaluar el tiempo de evacuación del agua y para posteriormente calcular la permeabilidad de estas, en donde las briquetas presentan un comportamiento similar entre ellos, puesto que todos ellos fueron elaborados con el mismo diseño de mezcla.

Tras realizar ensayo se procede a taponar las briquetas de la siguiente manera, se mezcla agua con 20% de sedimentos sobre al peso del agua, estos sedimentos son partículas de entre las mallas N°80 al N°100, luego se vierte la mezcla sobre la briqueta, para posteriormente esperar que la briqueta seque con los sedimentos atravesados entre sus espacios abiertos para que posteriormente a su secado completo (24h), nuevamente se ensaye su tiempo de evacuación y con ello medir su nuevo tiempo de evacuación y

permeabilidad. En la mayoría de los casos se necesitó alrededor de 18 pasadas para poder lograr taponear los espacios abiertos las briquetas. (figura 25)



Figura 25: Briqueta sedimentada

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.2.2 Ensayo de infiltración

En la tabla 22 se muestra las 40 briquetas elaboradas para el estudio de esta investigación, en donde se realizó el ensayo de infiltración a cada una de ellas antes del proceso de sedimentación obteniendo los siguientes tiempos de evacuación, teniendo como mínimo 18 segundos de evacuación y como máximo 21 segundos, y entre todos ellos dando a un promedio de 20 segundos.

Tabla 21: Tiempo de infiltración de briquetas sin sedimentos

<b>MUESTRA</b>	<b>TIEMPO DE INFILTRACION</b>			
<b>M1</b>	18.7	21.1	20.2	20.5
<b>M2</b>	20.5	19.4	19.5	19.6
<b>M3</b>	18.7	19.7	19.0	18.0
<b>M4</b>	20.4	21.5	21.1	20.7
<b>M5</b>	19.5	20.2	18.3	18.3
<b>M6</b>	21.6	18.9	19.3	18.6

<b>M7</b>	18.5	20.4	18.6	19.1
<b>M8</b>	19.1	20.0	19.9	20.3
<b>M9</b>	20.9	19.1	18.7	18.8
<b>M10</b>	19.3	18.6	20.4	19.7

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 26 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 1 al 10 en donde el objetivo era llegar a un tiempo de evacuación igual o mayor a 190 segundos como mínimo puesto que este vendría ser el tiempo promedio de evacuación de agua de una briketa totalmente taponeada o sedimentada, en el cual se representa en la figura como una línea puntada de color verde. También en la figura se puede observar un comportamiento ascendente, en donde las 10 briquetas llegan a alcanzar o en alguno de los casos a pasar los 190 segundos después de 18 pasadas con agua sedimentada y midiendo su tiempo de infiltración progresivamente, lo que significaría que las briquetas se encuentran sedimentadas totalmente.

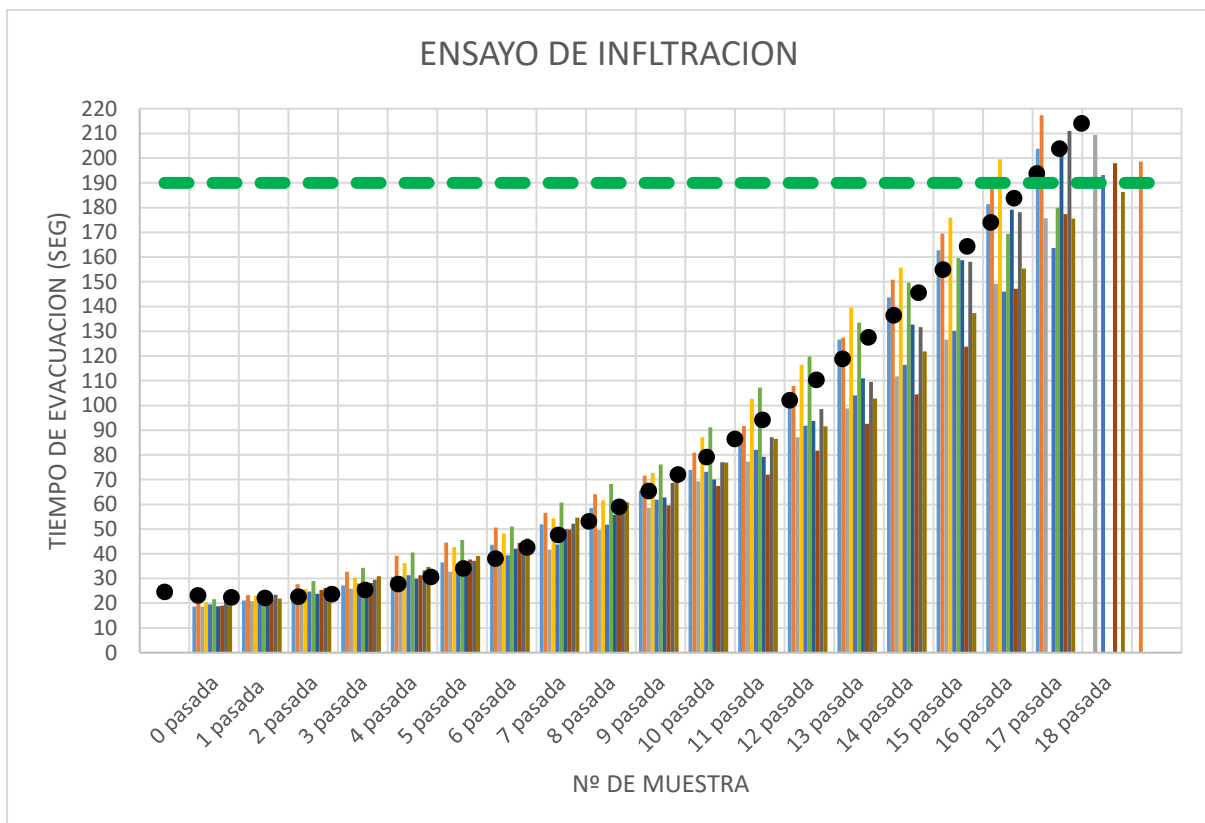


Figura 26: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (1-10)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 27 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 11 al 20, donde la línea puntada de color verde representa el mínimo de tiempo de infiltración alcanzar de 190 segundos, también en la figura se observa un comportamiento ascendente, en donde una de las briquetas llega a alcanzar y pasar los 190 segundos después de 16 pasadas con agua sedimentada y midiendo su tiempo de evacuación progresivamente, 3 de las briquetas fueron totalmente sedimentadas en 17 pasadas y las briquetas restantes en 18 pasadas.

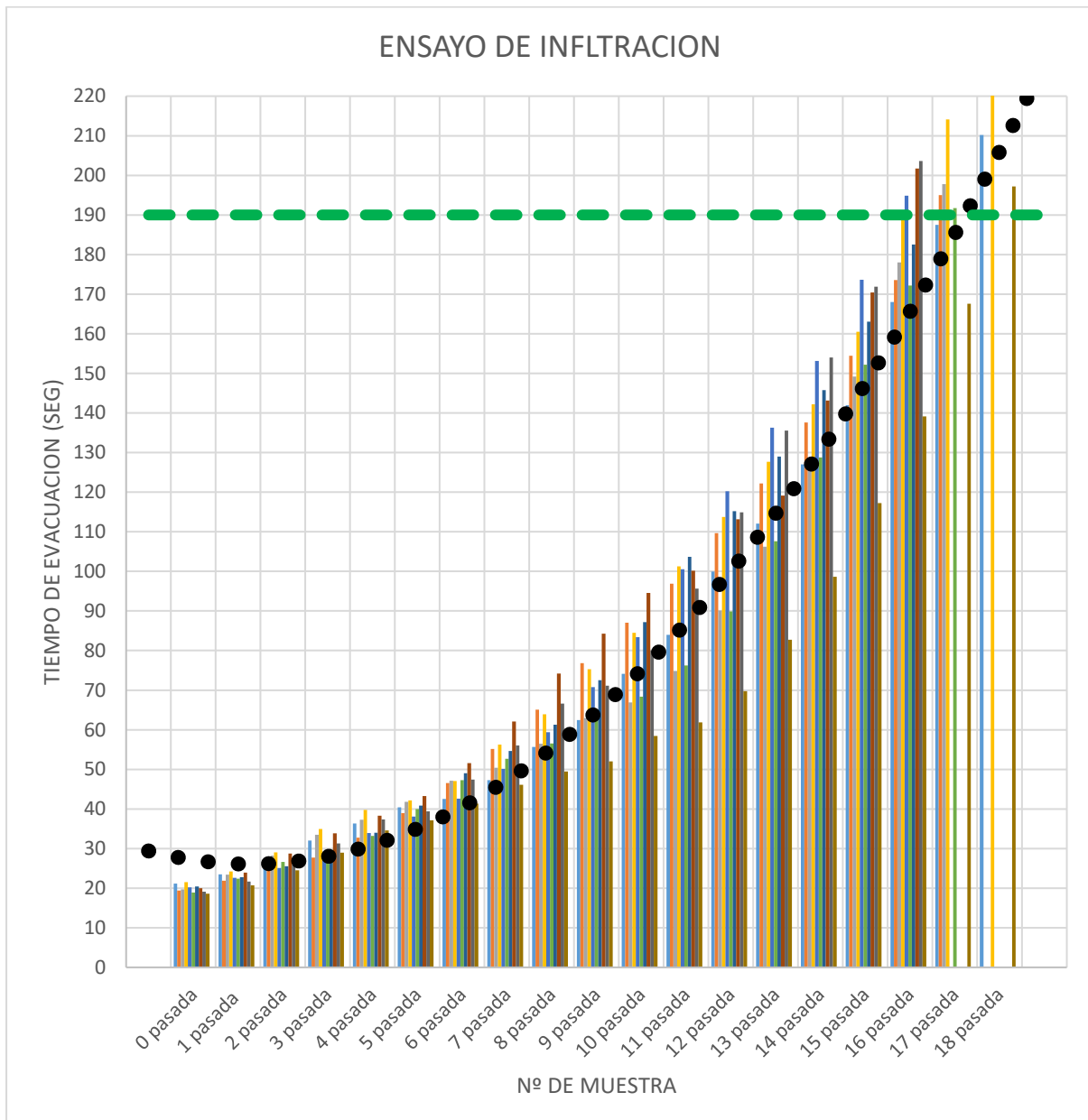


Figura 27: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (11-20)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 28 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 21 al 30, donde la línea puntada de color verde representa el mínimo de tiempo de infiltración alcanzar de 190 segundos, también en la figura se observa un comportamiento ascendente, en donde 3 de las briquetas llegan a alcanzar y pasar los 190 segundos después de 16 pasadas con agua sedimentada y midiendo su tiempo de evacuación progresivamente, 3 de las briquetas fueron totalmente sedimentadas en 17 pasadas y las briquetas restantes en 18 pasadas.

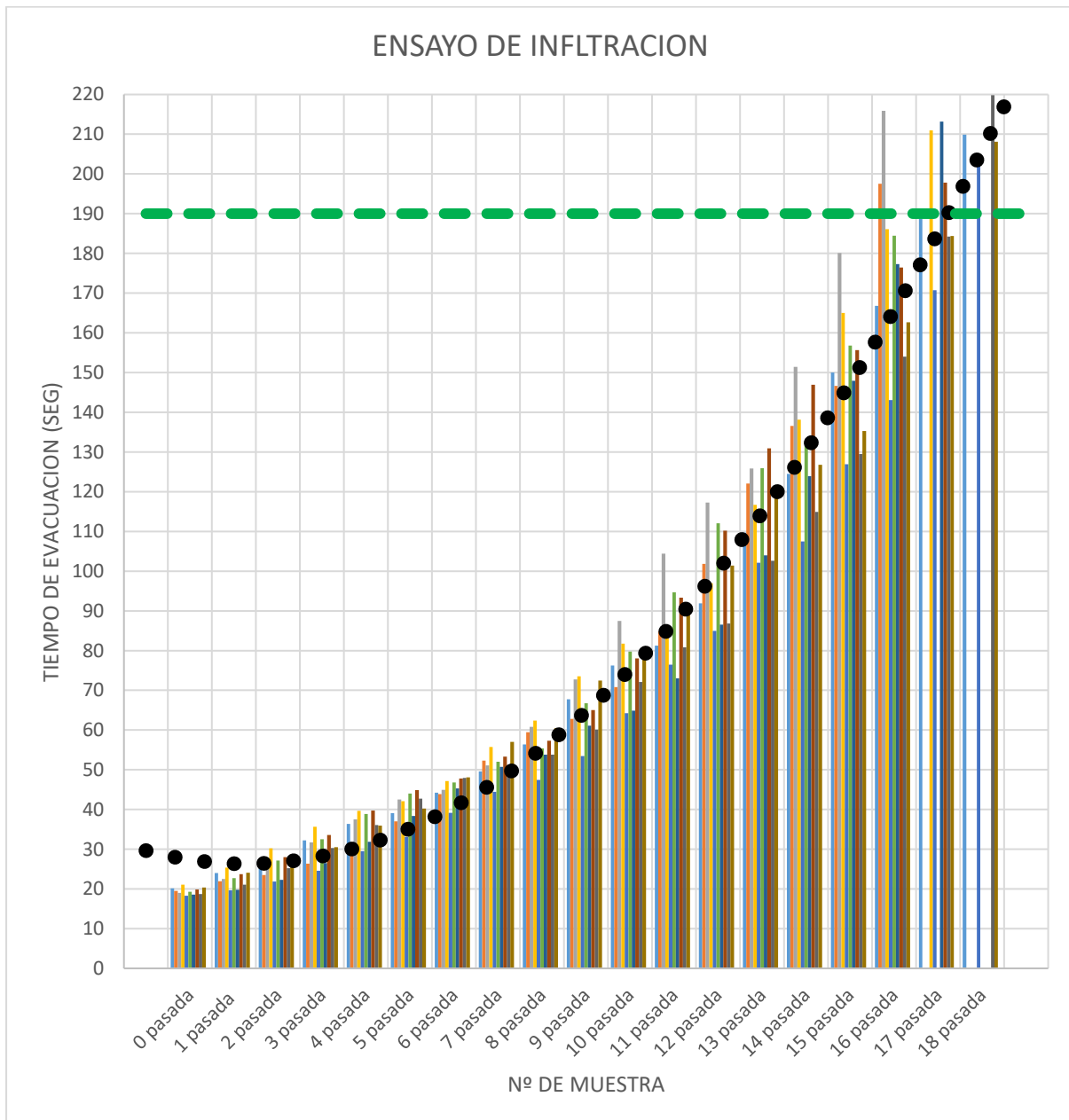


Figura 28: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (21-30)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 29 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 31 al 40, donde la línea puntada de color verde representa el mínimo de tiempo de infiltración alcanzar de 190 segundos, también en la figura se observa un comportamiento ascendente, en donde una de las briquetas llega a alcanzar y pasar los 190 segundos después de 16 pasadas con agua sedimentada y midiendo su tiempo de evacuación progresivamente, 4 de las briquetas fueron totalmente sedimentadas en 17 pasadas y las briquetas restantes en 18 pasadas.

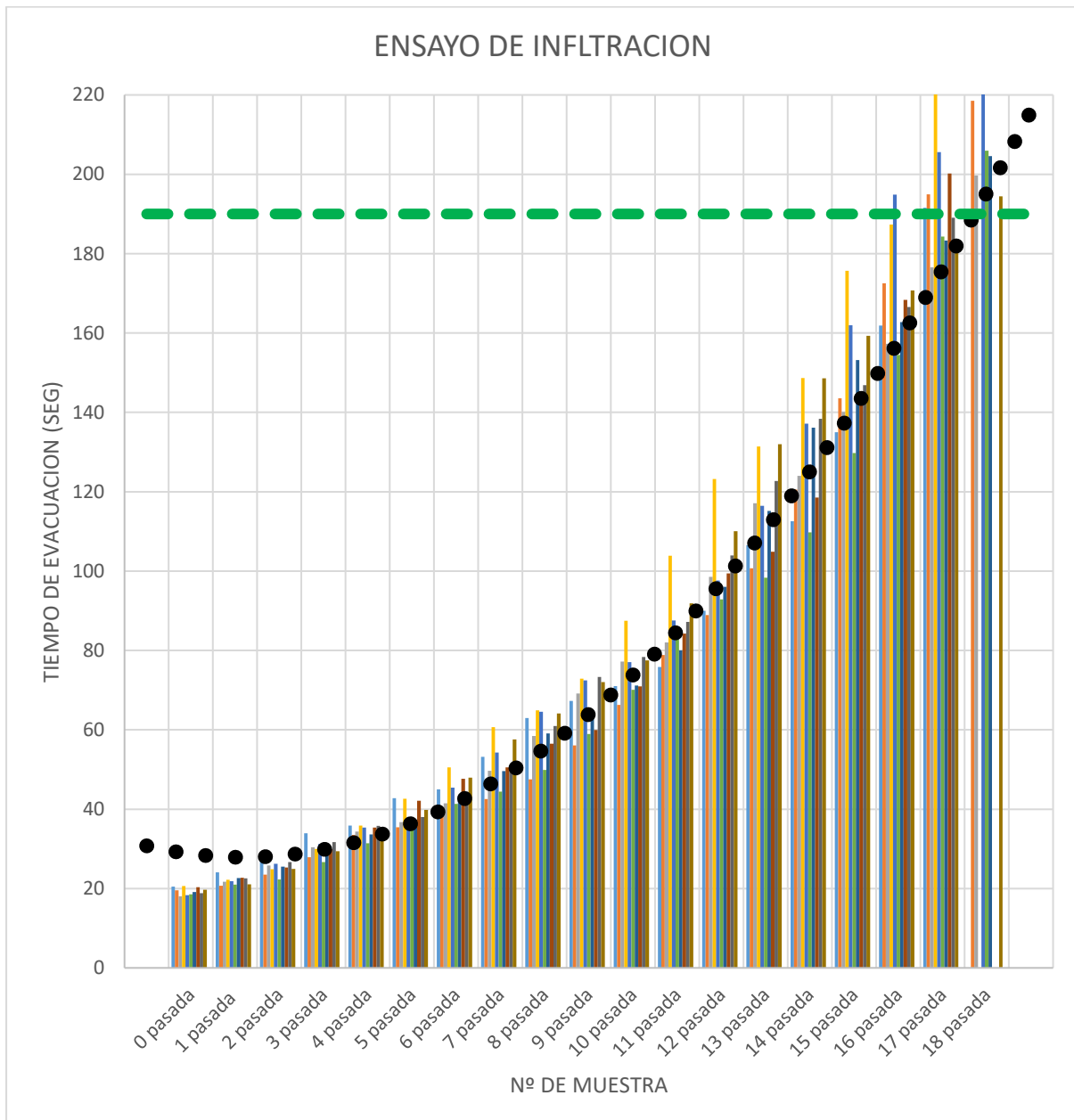


Figura 29: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (31-40)

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.2.3 Permeabilidad

Después de los datos obtenidos del ensayo de infiltración se calcula la permeabilidad de cada briqueta, donde primeramente según se muestra a la tabla 23 se calcula la permeabilidad de las 40 briquetas antes de ser sedimentadas, teniendo como mínimo de permeabilidad de 4.62 cm<sup>3</sup>/seg y como máximo 5.55 cm<sup>3</sup>/seg, y entre todos ellos dando a un promedio de 5.10 cm<sup>3</sup>/seg.

Tabla 22: Permeabilidad de briquetas sin sedimentos

MUESTRA	PERMEABILIDAD			
M1	5.36	4.73	4.96	4.88
M2	4.87	5.16	5.12	5.11
M3	5.35	5.07	5.27	5.55
M4	4.91	4.65	4.75	4.84
M5	5.13	4.94	5.47	5.46
M6	4.62	5.29	5.19	5.39
M7	5.42	4.89	5.38	5.23
M8	5.24	5.01	5.03	4.92
M9	4.78	5.23	5.34	5.31
M10	5.19	5.38	4.91	5.07

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 30 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas decodificadas del 1 al 10 en donde el objetivo era llegar de acuerdo al tiempo de evacuación a una permeabilidad igual o menor a 0.53 cm<sup>3</sup>/seg puesto que este vendría ser la permeabilidad alcanzada de 190 seg de tiempo promedio de evacuación de una briqueta totalmente taponeada o sedimentada, el cual en la figura se representa en una línea puntada de color verde. También en la figura se puede observar un comportamiento descendente, en donde las 10 briquetas llegan a ser menores a los 0.53 cm<sup>3</sup>/seg después de 18 pasadas con agua sedimentada, midiendo su tiempo de infiltración y calculando su permeabilidad progresivamente.

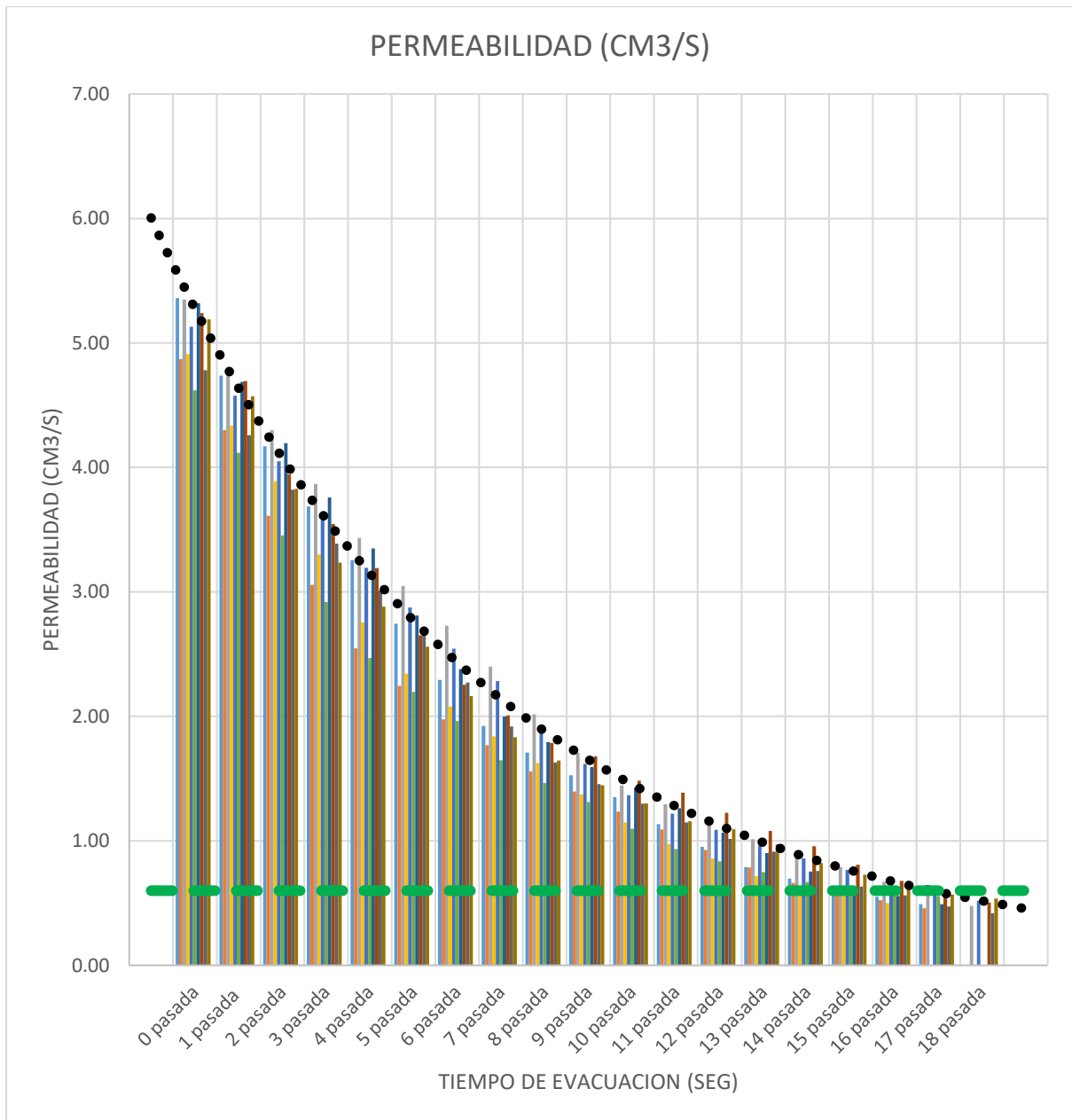


Figura 30: Permeabilidad – proceso de taponamiento (1-10)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 31 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas decodificadas del 11 al 20, donde la línea puntada de color verde representa el mínimo de permeabilidad de 0.53 cm<sup>3</sup>/seg, también en la figura se observa un comportamiento descendente, en donde una de las briquetas llega a ser menor a los 0.53 cm<sup>3</sup>/seg después de 16 pasadas con agua sedimentada, midiendo su tiempo de evacuación y calculando su permeabilidad progresivamente, 3 de las briquetas en 17 pasadas y las restantes briquetas en 18 pasadas.



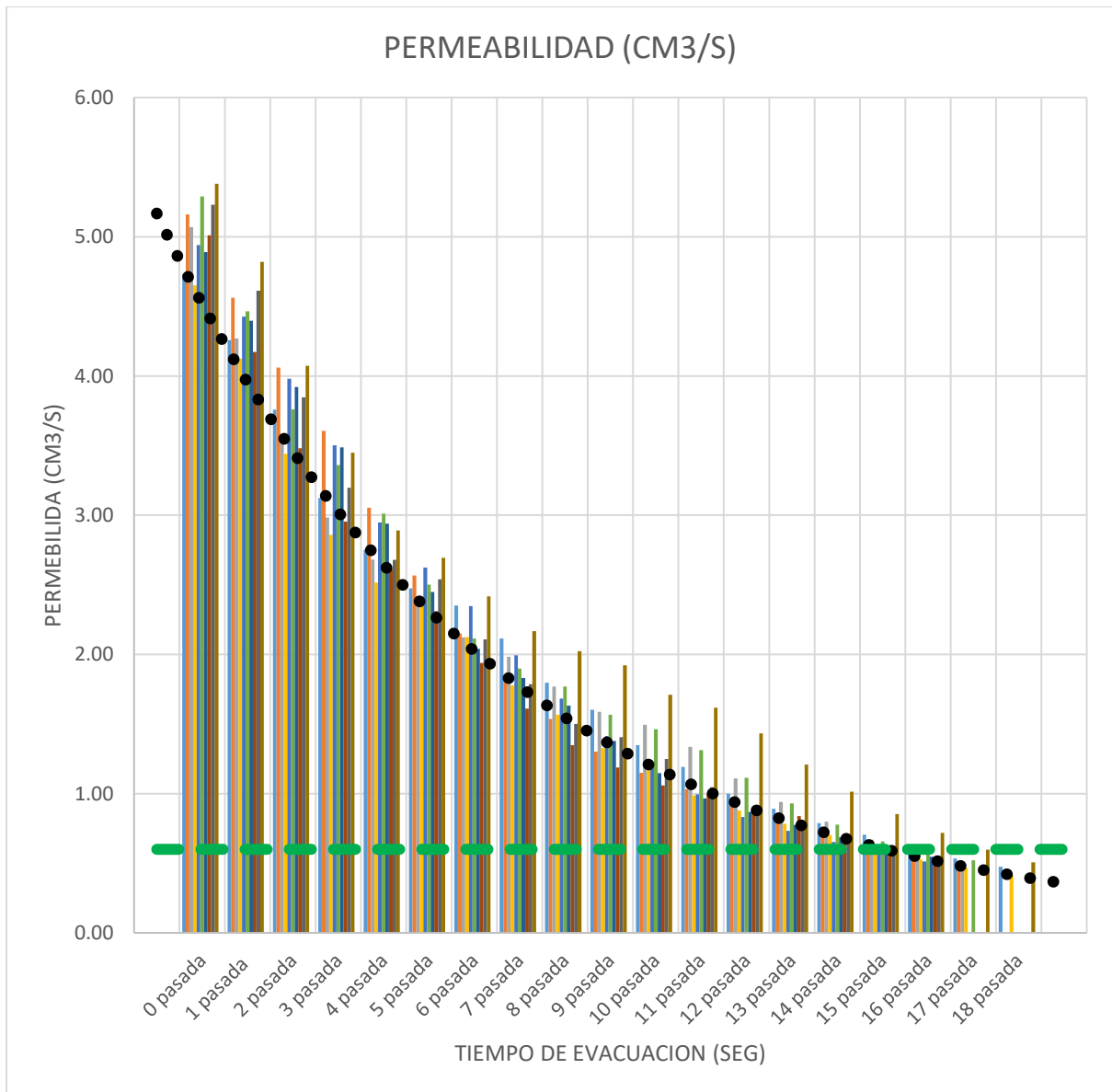


Figura 31: Permeabilidad – proceso de taponamiento (11-20)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 32 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 21 al 30, donde la franja puntada de color verde representa el mínimo de permeabilidad de 0.53 cm<sup>3</sup>/seg, también en la figura se observa un comportamiento descendente, en donde 1 de las briqueta llega a ser menores a los 0.53 cm<sup>3</sup>/seg después de 16 pasadas con agua sedimentada, midiendo su tiempo de evacuación y calculando su permeabilidad progresivamente, 3 de las briquetas en 17 pasadas y las restantes briquetas en 18 pasadas.

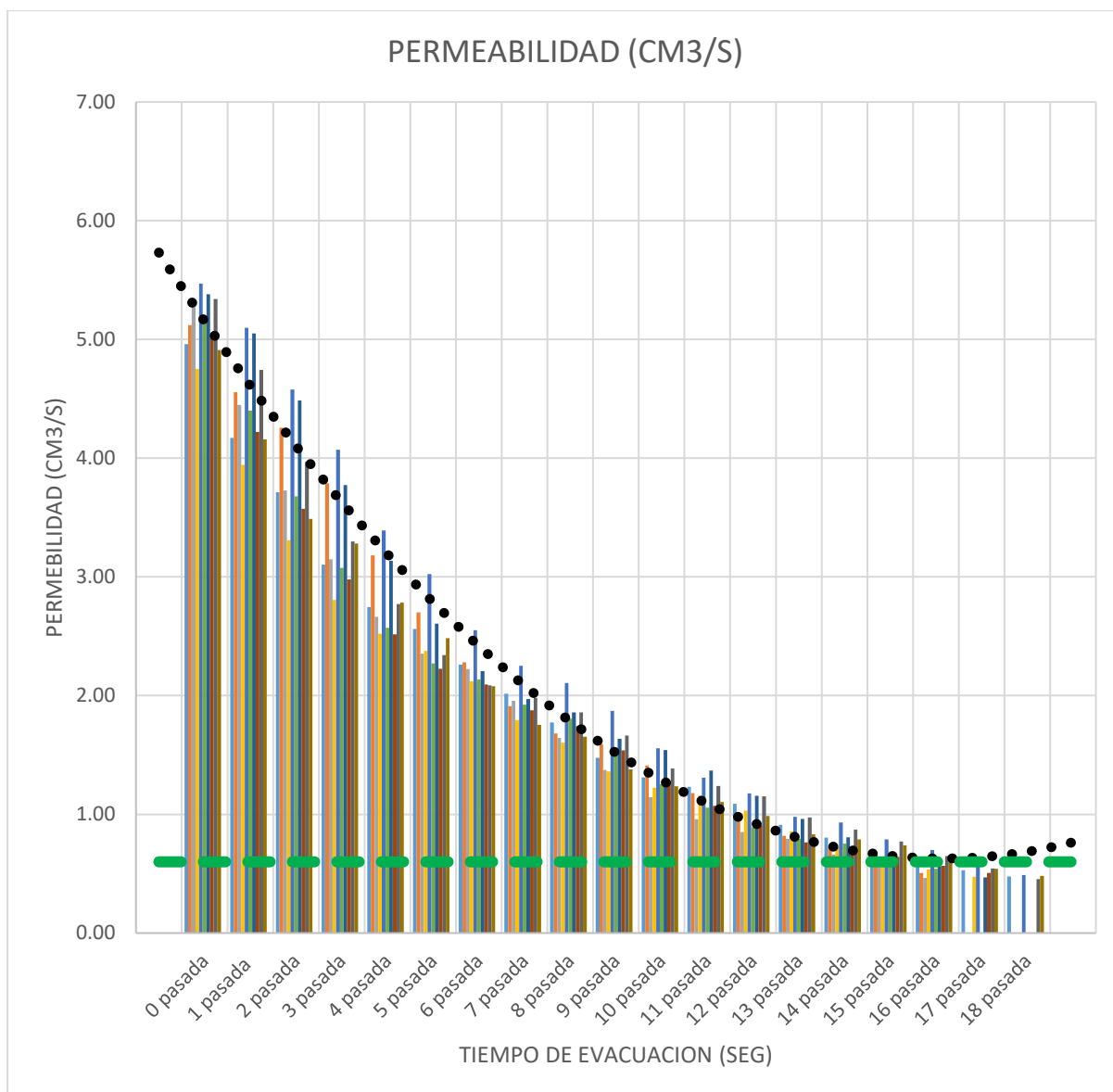


Figura 32: Permeabilidad – proceso de taponamiento (21-30)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 32 se muestra el proceso de taponamiento de las briquetas codificadas del 31 al 40, donde la franja puntada de color verde representa el mínimo de permeabilidad de 0.53 cm<sup>3</sup>/seg, también en la figura se observa un comportamiento descendente, en donde cuatro de las briquetas llega a ser menor a los 0.53 cm<sup>3</sup>/seg después de 17 pasadas con agua sedimentada, midiendo su tiempo de evacuación y calculando su permeabilidad progresivamente, y las restantes briquetas en 18 pasadas.

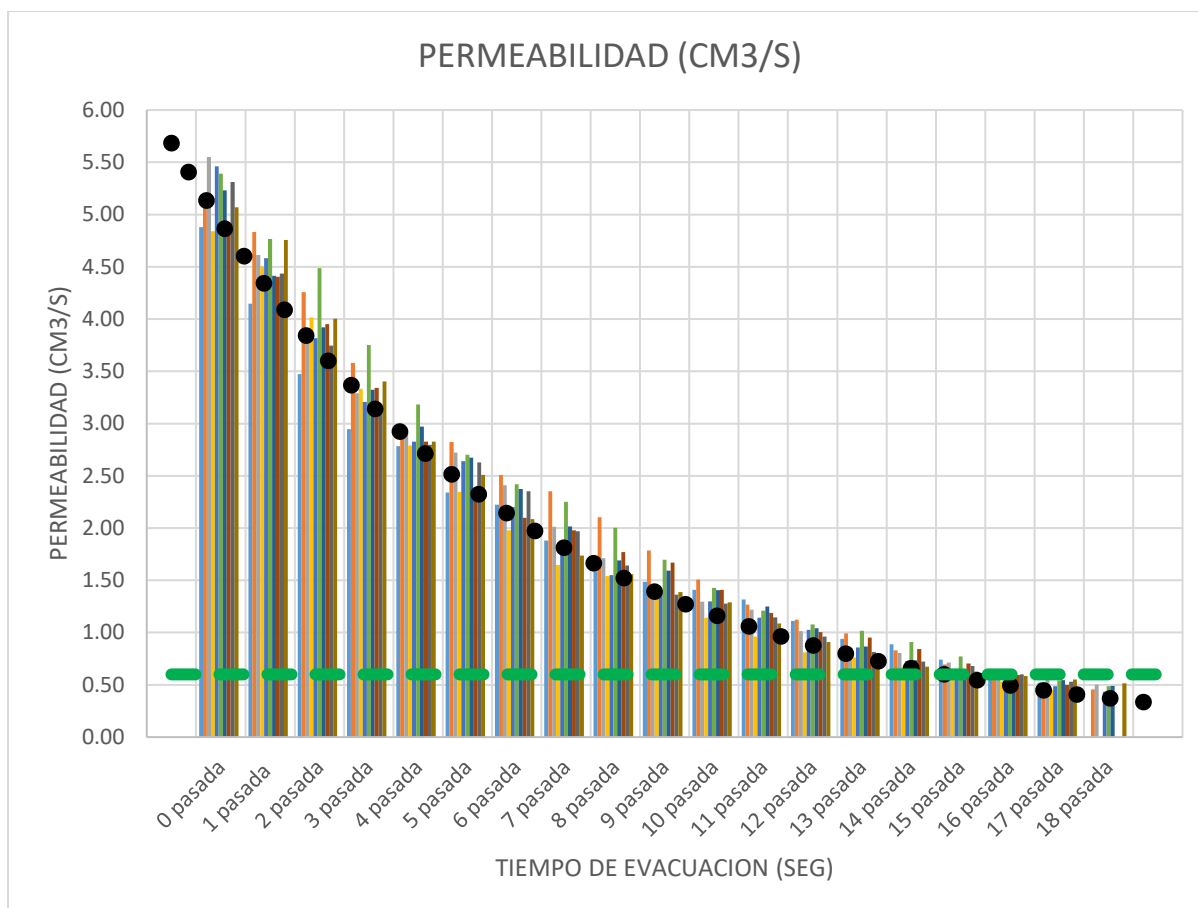


Figura 33: Permeabilidad – proceso de taponamiento (31-40)

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3 O.E.2 Tratamiento con tensoactivos de la palma

#### 5.3.3.1 Procedimiento

Una vez tenemos las 40 briquetas taponeadas se procede a realizar el mantenimiento a base de agua a presión con tensoactivos de la palma en distintos porcentajes de adición al 5%, 10% y 15% con respecto al peso del agua, para lo cual el grupo de 40 briquetas fueron separados en grupos de 10 briquetas para poder recibir diferente tipo de mantenimiento en donde el primer grupo de 10 briquetas se someterá a un tratamiento de agua a presión sin tensoactivo de la palma, el segundo grupo al tratamiento con 5% de tensoactivo de la palma, el tercer grupo al tratamiento con 10% de tensoactivo de la palma por último el cuarto grupo al tratamiento con 15% de tensoactivo de la palma, y con ello poder despojar las obstrucciones de las partes abiertas de las briquetas sedimentadas anteriormente, los cuales pueden ser medidos por el ensayo de infiltración y el cálculo de la permeabilidad.

Esto se estudió en laboratorio puesto que en campo con el paso del tiempo los pavimentos de mezclas drenantes los cuales tanto por lluvias y polvo se sedimentan y pierden su funcionamiento principal de evacuar el agua de la superficie del pavimento, por ello se emplea del tratamiento de agua a presión (figura 34) para poder rehabilitar el pavimento obstruido por sedimentos y así el pavimento drenante cumpla con su función principal de drenar el agua para evitar accidentes y daños en el pavimento.

### **Ensayo de infiltración:**

El ensayo de infiltración consiste en el uso de permeámetro para encontrar el tiempo de evacuación del agua de acuerdo al comportamiento de la briqueta, para ello se coloca una briqueta en el permeámetro y se vierte sobre ella 100 cm<sup>3</sup> de agua, anotando el tiempo (seg) en que se tarda en evacuar el agua en su totalidad, esta no debe de superar a los 30seg según la tabla 14 de Vialidad Nacional. Cumpliendo así con el diseño de mezcla drenante CAD 12

Después de los datos obtenidos del ensayo de infiltración se calcula la permeabilidad de la briqueta; esta no debe de ser menores de 3.33 cm<sup>3</sup>/seg correlacionándolo con el máximo tiempo de evacuación de la tabla 14 de Vialidad Nacional.



Figura 34: Mantenimiento de briqueta con agua a presión

### 5.3.3.2 Tratamiento sin tensoactivo de la palma

La figura 35 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento con agua a presión sin tensoactivo de la palma, con respecto al tiempo de duración del mantenimiento en segundos progresivamente, también la figura 35 muestra una línea punteada de color rojo el cual viene a ser el tiempo de evacuación máxima (30seg) requerida por el diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 12 de Vialidad Nacional, por lo que las muestras en mantenimiento deben llegar a ser menor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento descendente lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con lo requerido en 50 segundos de tratamiento con agua a presión.

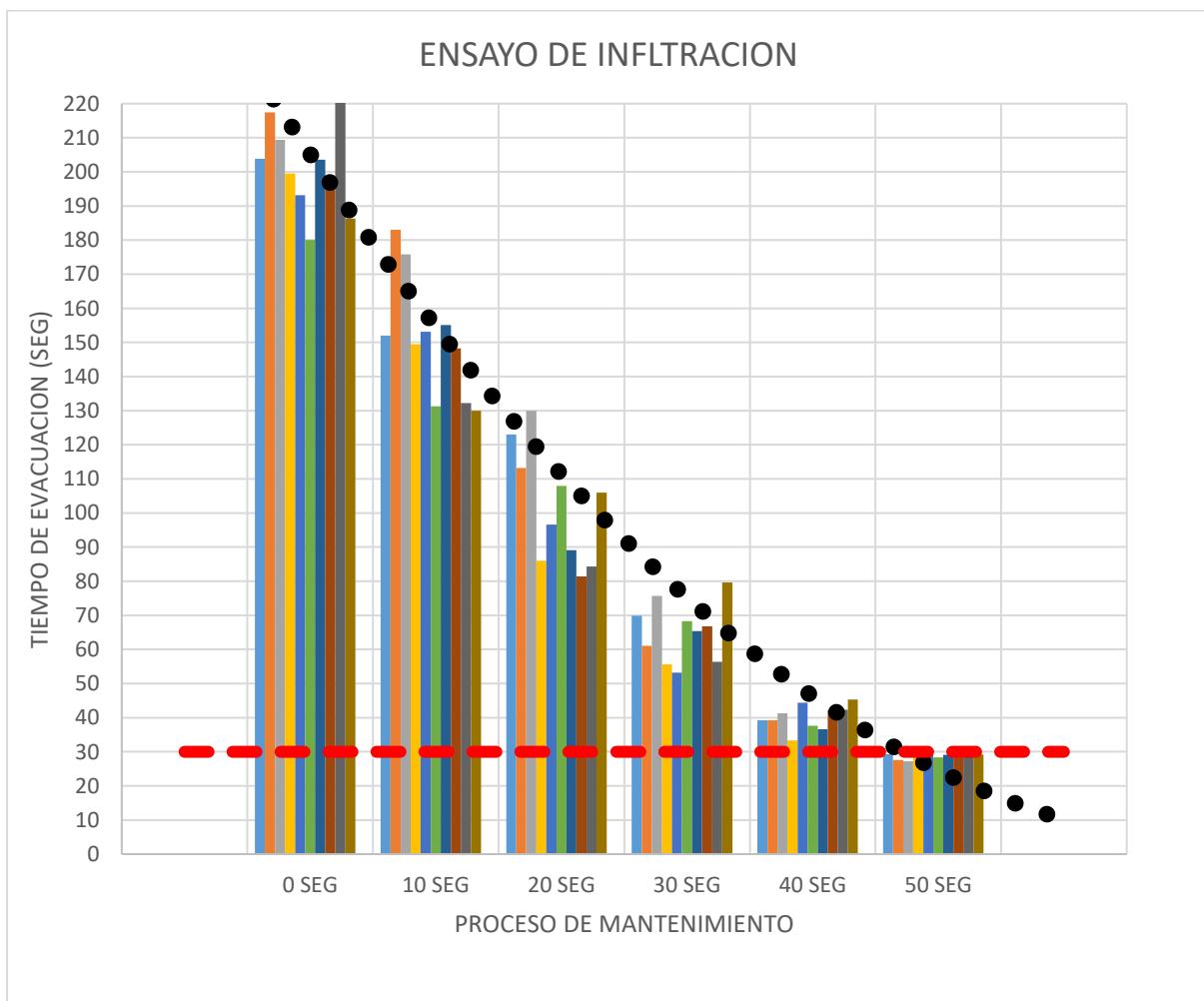


Figura 35: Ensayo de infiltración - mantenimiento con agua a presión

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 36 se muestra el tiempo de evacuación de las briquetas taponeadas después de 50seg de tratamiento de agua a presión sin tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser el tiempo de infiltración máximo permitido y la línea punteada de color verde el tiempo de infiltración de diseño. También en la figura se observa que su tiempo de evacuación es menor al máximo permitido, pero este siendo menor solo por una diferencia mínima, en donde se buscaría que el tiempo de evacuación sea parecida al tiempo de infiltración de diseño, en este caso que sea más cercano a la línea punteada de color verde

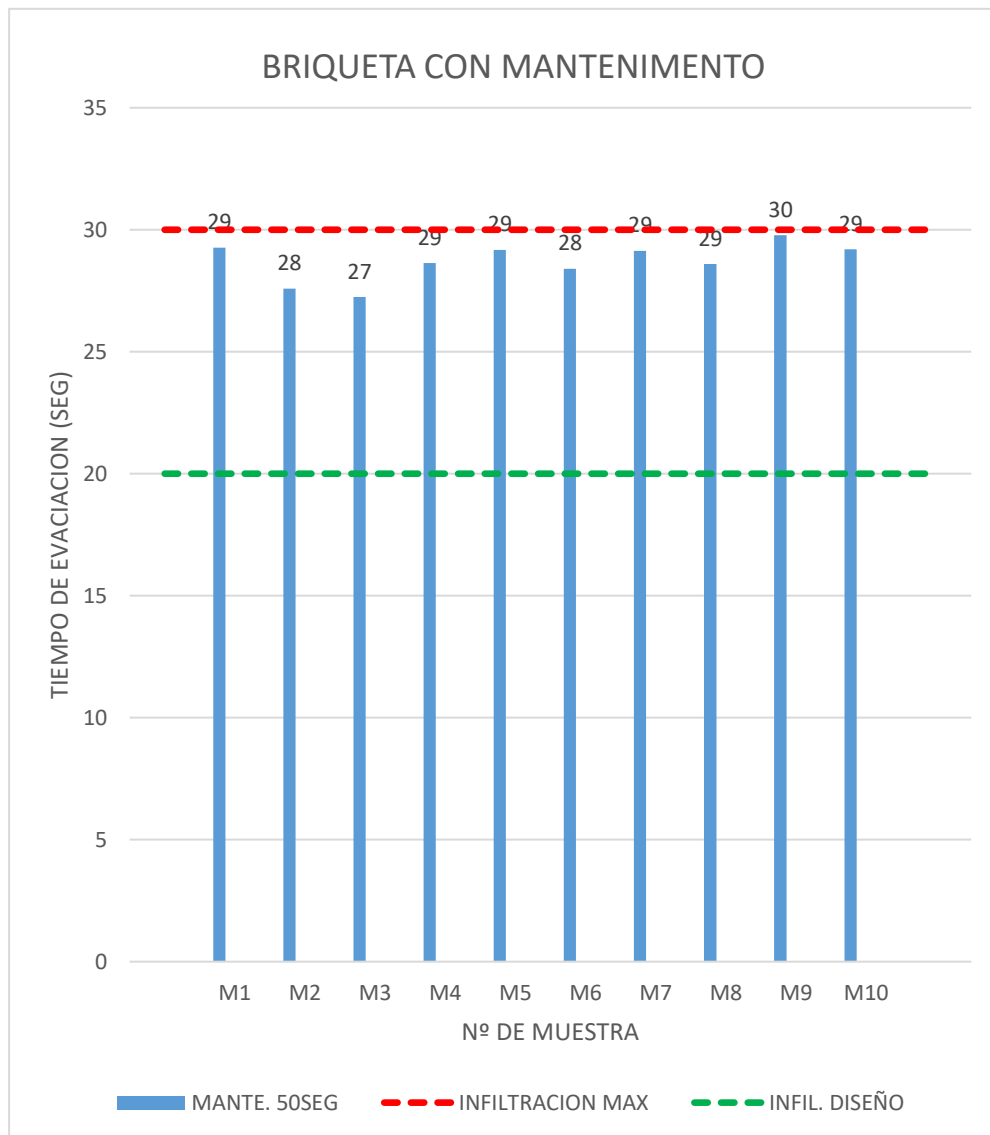


Figura 36: Ensayo de infiltración - mantenimiento con agua a presión

Fuente: Elaboración Propia

La figura 37 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento con agua a presión sin tensoactivo de la palma, en donde muestra una línea punteada de color verde el cual viene a ser la permeabilidad mínima (3.33 cm<sup>3</sup>/seg) requerida respecto al tiempo de evacuación basado al diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, en donde las muestras en mantenimiento deben llegar a ser mayor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento ascendente, lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briqueeta llegando a cumplir al final con lo permitido en 50 segundos de mantenimiento.

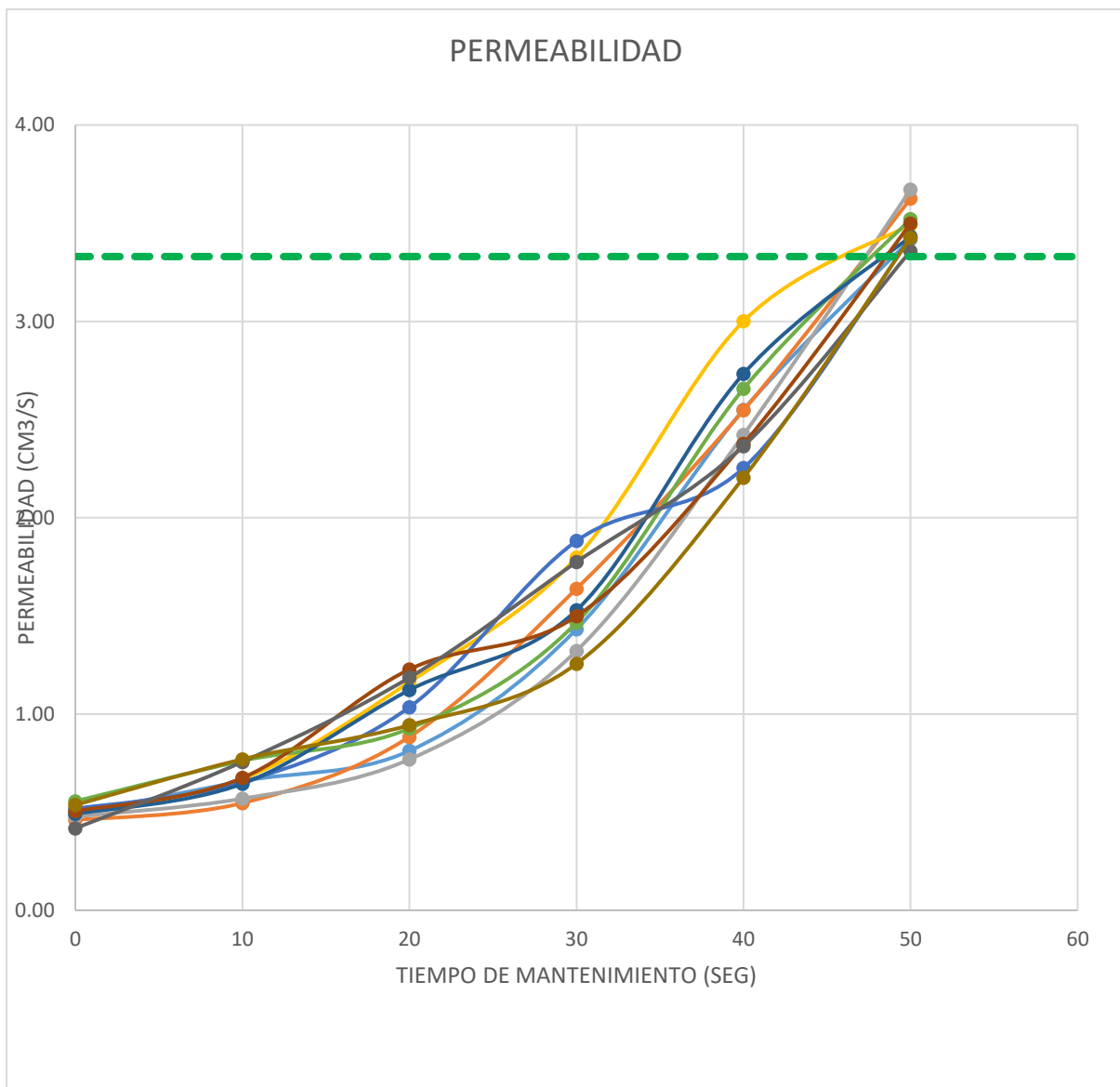


Figura 37: Permeabilidad - mantenimiento con agua a presión

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 38 se muestra la permeabilidad de las briquetas destaponadas después de 50 seg tratamiento de agua a presión sin tensoactivo, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser la permeabilidad mínima permitida y la línea punteada de color verde la permeabilidad de diseño. También en la figura se observa que su permeabilidad es mayor al mínimo permitido, pero este siendo mayor solo por una diferencia mínima. En donde se buscaría que la permeabilidad sea parecida o cercana a la permeabilidad de diseño.

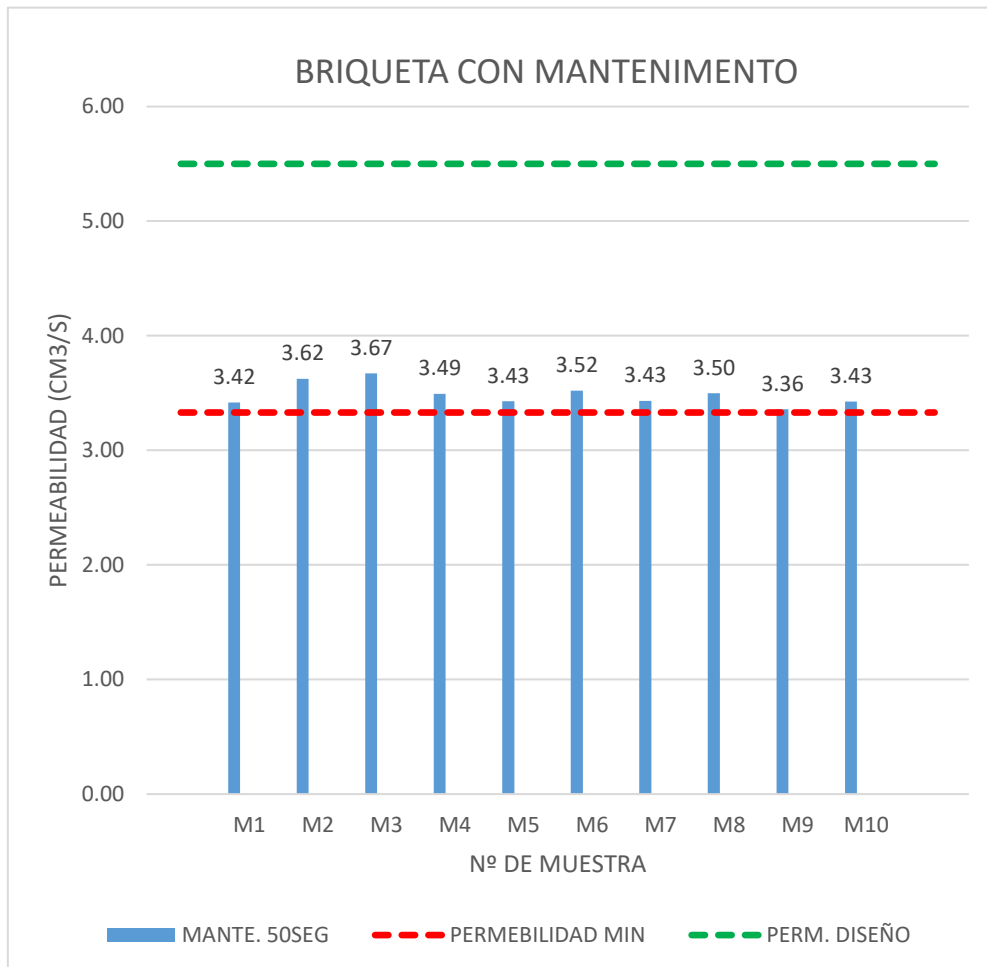


Figura 38: Permeabilidad - mantenimiento con agua a presión

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3.3 Tratamiento con 5% de tensoactivo de la palma

La figura 39 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 5% de tensoactivo de la palma, con respecto al tiempo de duración



del mantenimiento en segundos progresivamente, también la figura 39 muestra una línea punteada de color rojo el cual viene a ser el tiempo de evacuación máxima (30seg) permitida por el diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, por lo que las muestras en mantenimiento deben llegar a ser menor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento descendente lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con lo permitido por la normativa pero no con todos los casos en 40 segundos de tratamiento con 5% de tensoactivo de la palma y en 50 segundos de tratamiento aproximándose a los valores de tiempo de evacuación del diseño.

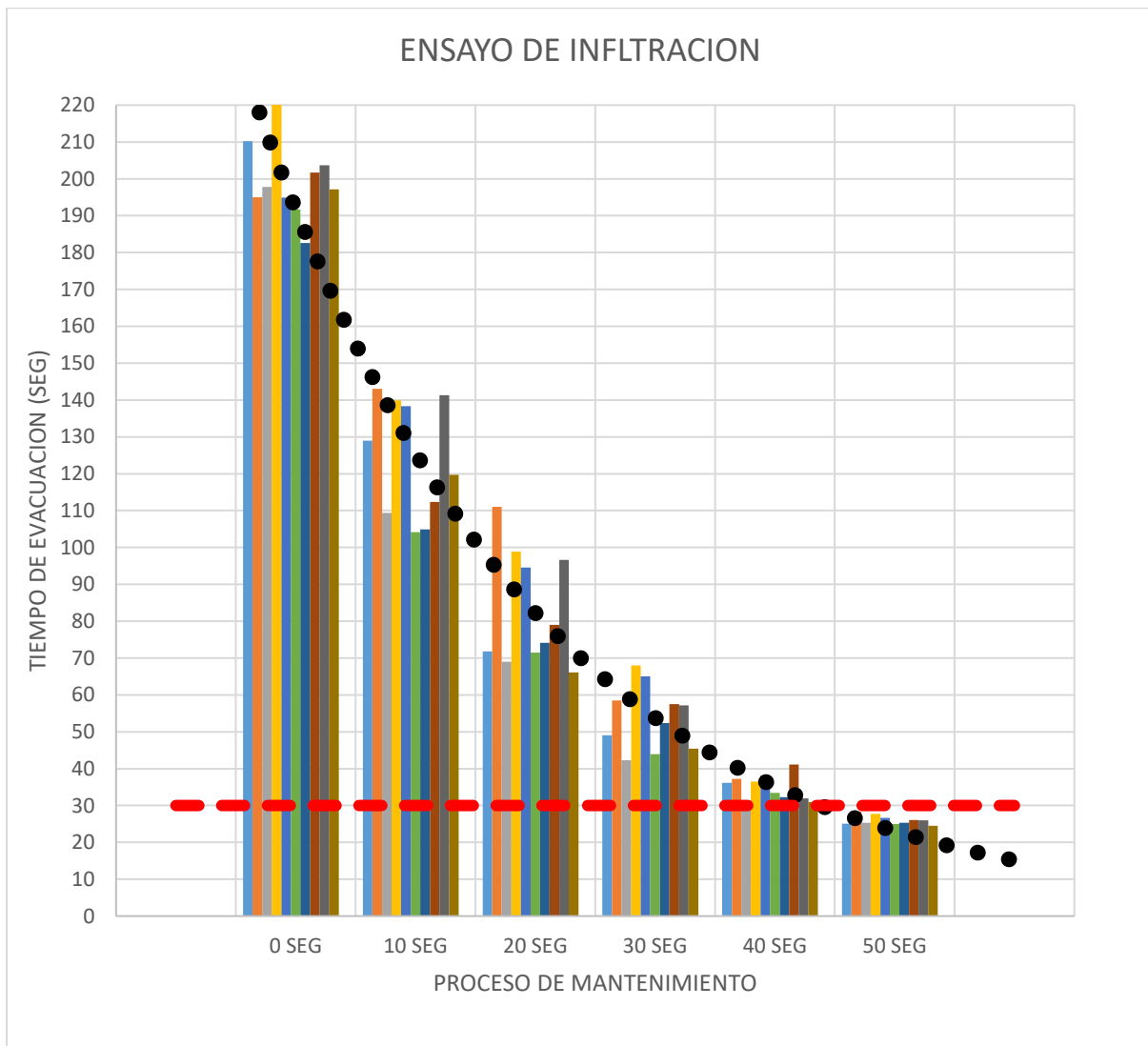


Figura 39: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 40 se muestra el tiempo de evacuación de las briquetas destaponadas después de 40seg y50seg de tratamiento de agua a presión con 5% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser el tiempo de infiltración máximo permitido y la línea punteada de color verde el tiempo de infiltración de diseño. También en la figura se observa que su tiempo de evacuación de 40seg de mantenimiento es menor y en algunos de los casos igual al máximo permitido, y el tiempo de evacuación de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de tiempo de infiltración del diseño.

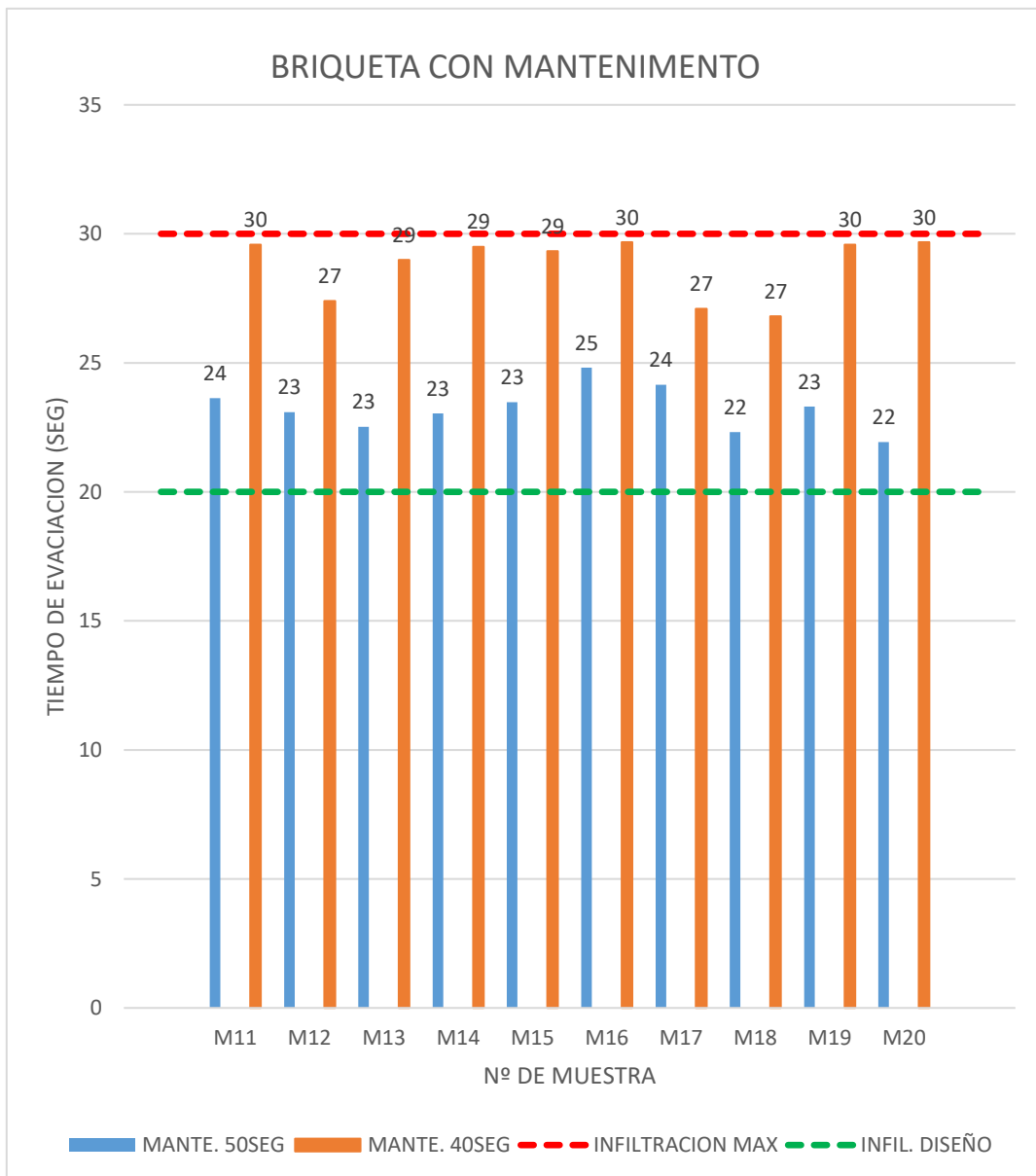


Figura 40: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

La figura 41 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 5% de tensoactivo de la palma, en donde muestra una línea punteada de color verde el cual viene a ser la permeabilidad mínima (3.33 cm<sup>3</sup>/seg) requerida respecto al tiempo de evacuación basado al diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, en donde las muestras en mantenimiento deben llegar a ser mayor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento ascendente, lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con lo permitido pero no en todos los casos en 40 segundos de tratamiento con 5% de tensoactivo de la palma y en 50 segundos de tratamiento aproximándose a los valores de permeabilidad del diseño.

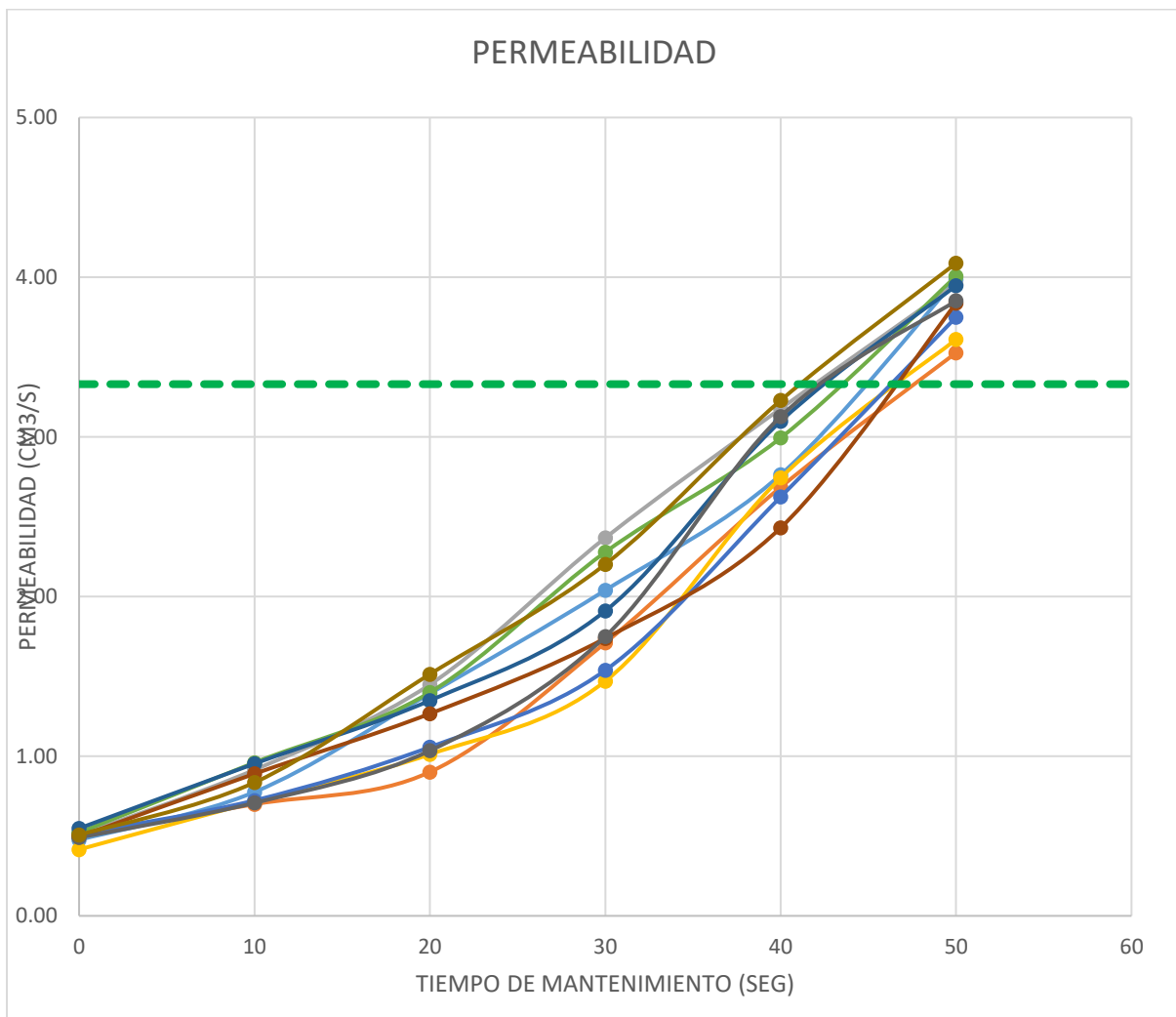


Figura 41: Permeabilidad - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 42 se muestra la permeabilidad de las briquetas taponeadas después de 40 seg y 50 seg tratamiento de agua a presión con 5% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser la permeabilidad mínima permitida y la línea punteada de color verde la permeabilidad de diseño. También en la figura se observa que su permeabilidad de 40 seg de mantenimiento es mayor y en alguno de los casos igual al mínimo permitido y la permeabilidad de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de permeabilidad del diseño.

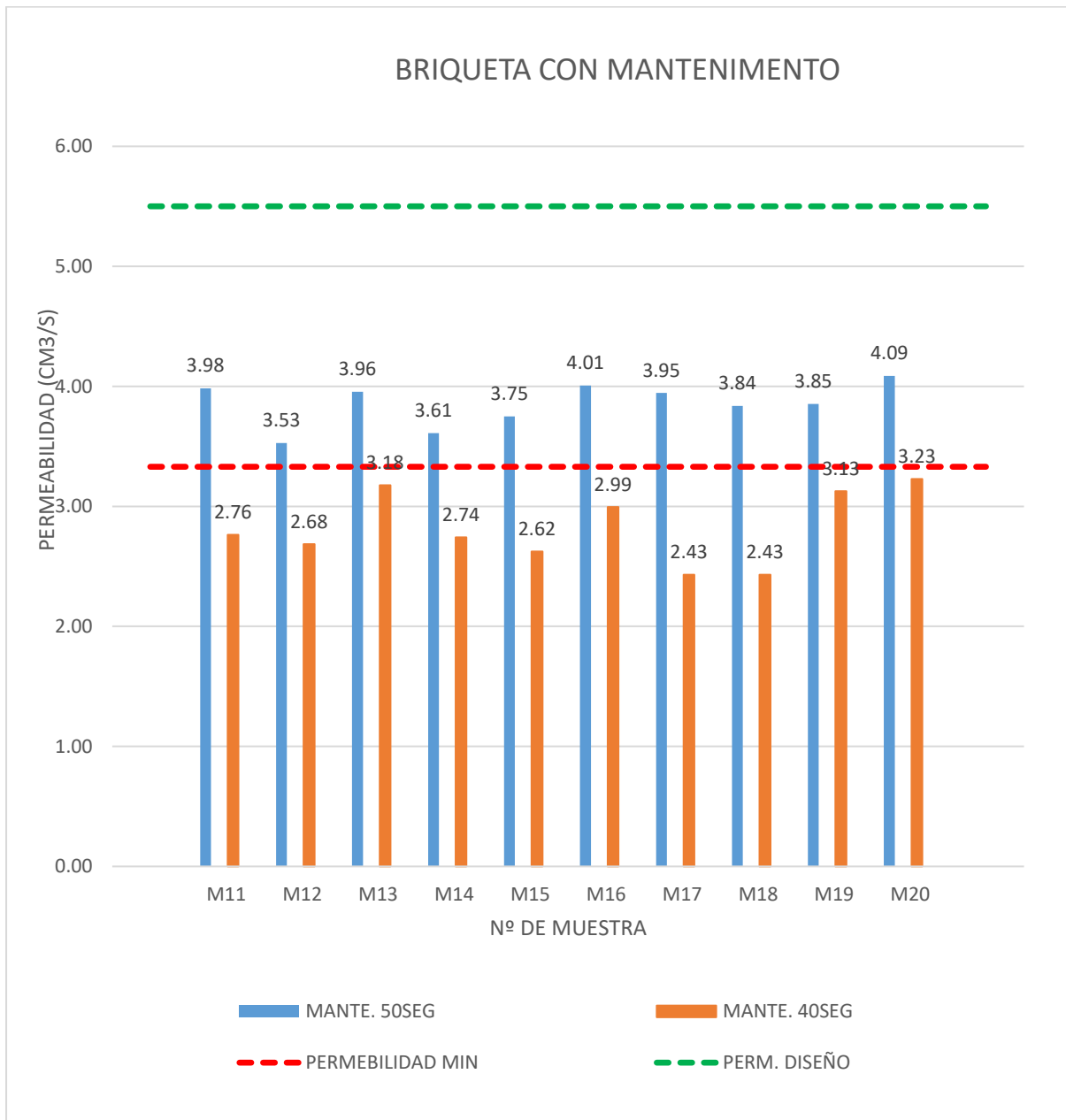


Figura 42: Permeabilidad - mantenimiento con 5% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.3.4 Tratamiento con 10% de tensoactivo de la palma

La figura 43 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 10% de tensoactivo de la palma, el cual está representado en el tiempo de duración del mantenimiento en segundos progresivamente, también la figura 43 muestra una línea punteada de color rojo el cual viene a ser el tiempo de evacuación máxima (30seg) permitida por el diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, por lo que las muestras en mantenimiento deben llegar a ser menor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento descendente lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con el mínimo permitido en 40 segundos de tratamiento con 10% de tensoactivo de la palma, y en 50 segundos de tratamiento llegar a acercarse a los valores de tiempo de evacuación del diseño siendo menores a estos por una diferencia mínima.

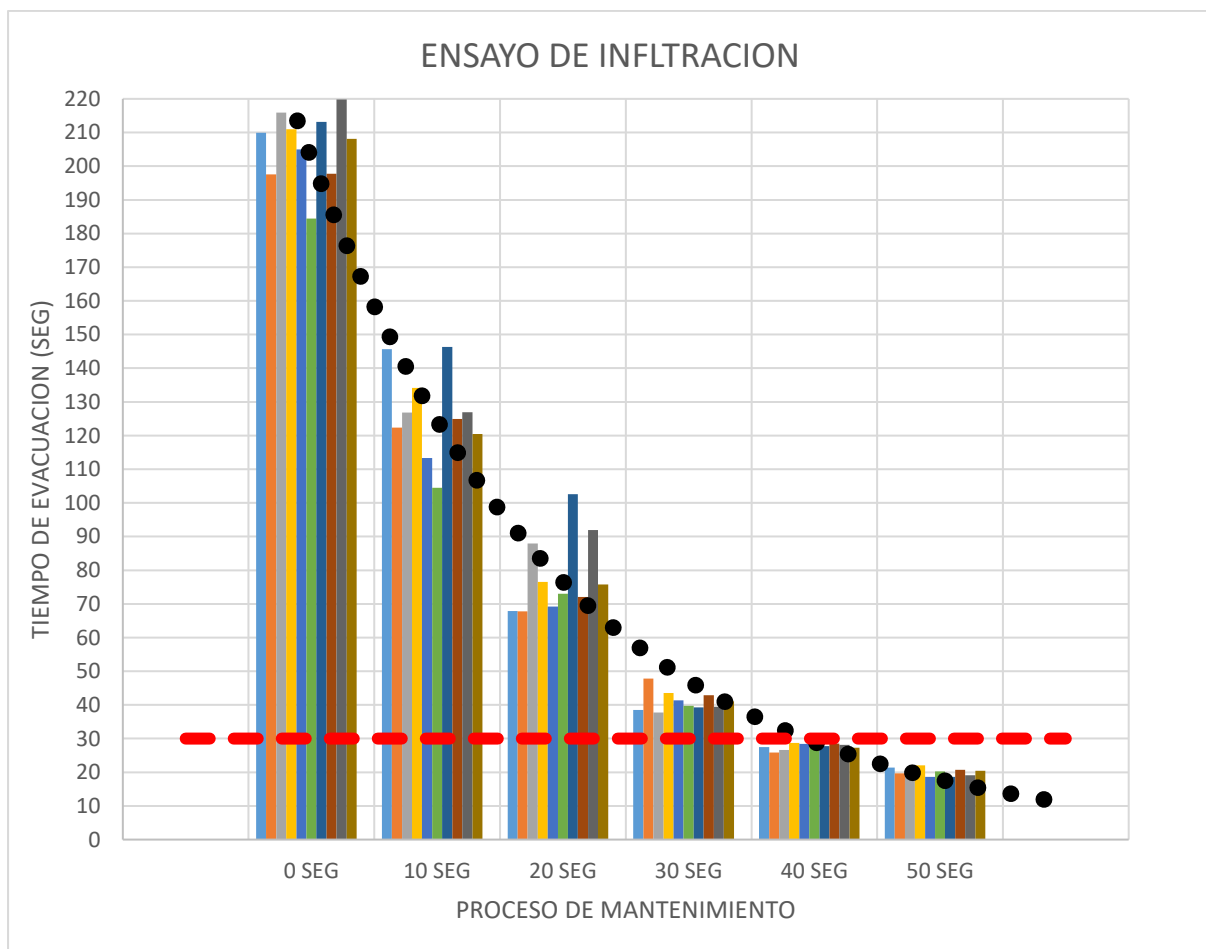


Figura 43: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 44 se muestra el tiempo de evacuación de las briquetas destaponadas después de 30seg, 40seg y 50seg de tratamiento de agua a presión con 10% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser el tiempo de infiltración máximo permitido y la línea punteada de color verde el tiempo de infiltración de diseño. También en la figura se observa que su tiempo de evacuación de 30seg de mantenimiento es menor y en algunos de los casos igual al máximo permitido, y el tiempo de evacuación de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de tiempo de infiltración del diseño.

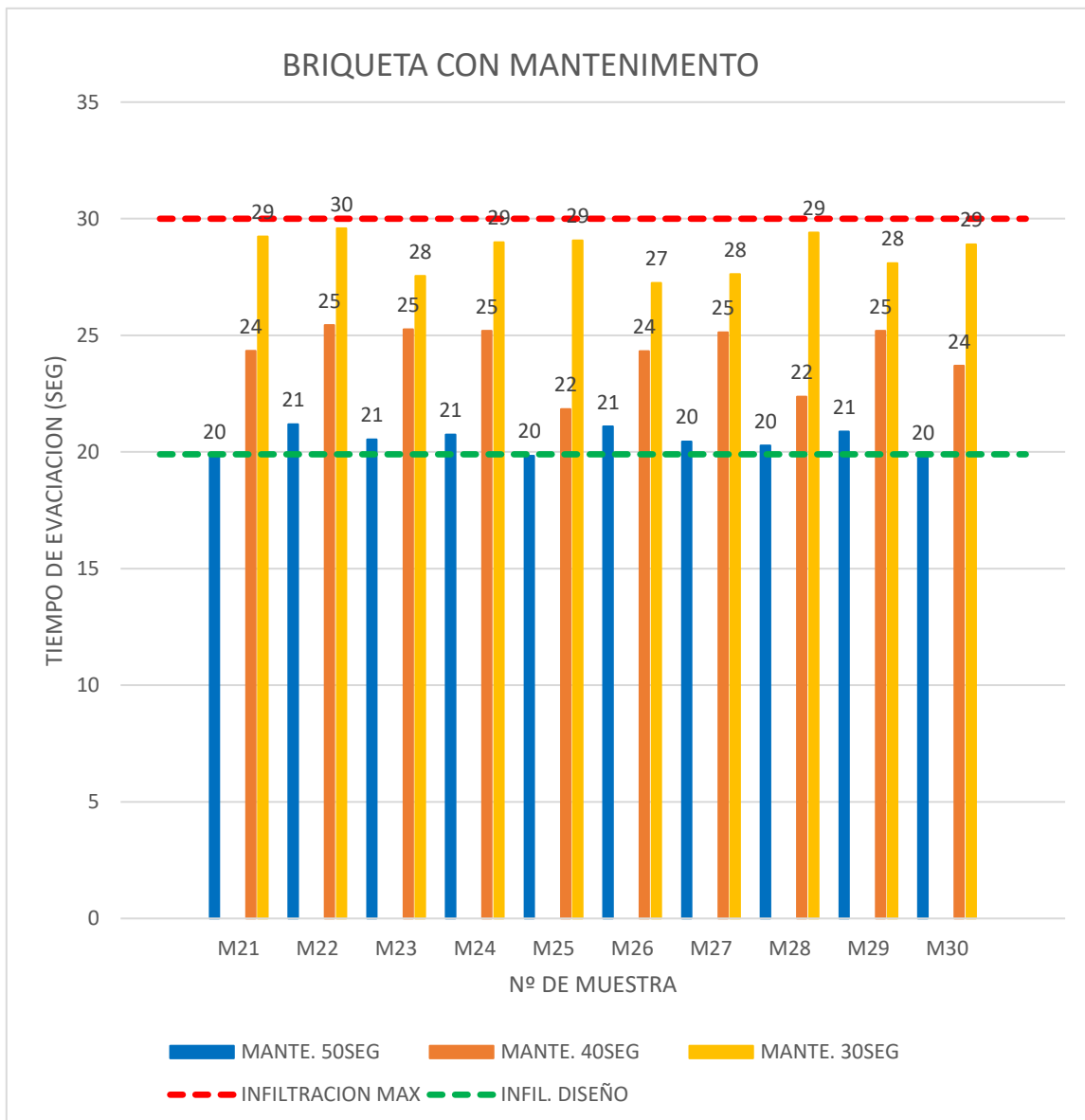


Figura 44: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

La figura 45 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 10% de tensoactivo de la palma, en donde muestra una línea punteada de color verde el cual viene a ser la permeabilidad mínima (3.33 cm<sup>3</sup>/seg) requerida respecto al tiempo de evacuación basado al diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, en donde las muestras en mantenimiento deben llegar a ser mayor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento ascendente, lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con lo permitido en 40 segundos de tratamiento con 10% de tensoactivo de la palma y en 50 segundos de tratamiento aproximándose a los valores de permeabilidad del diseño.

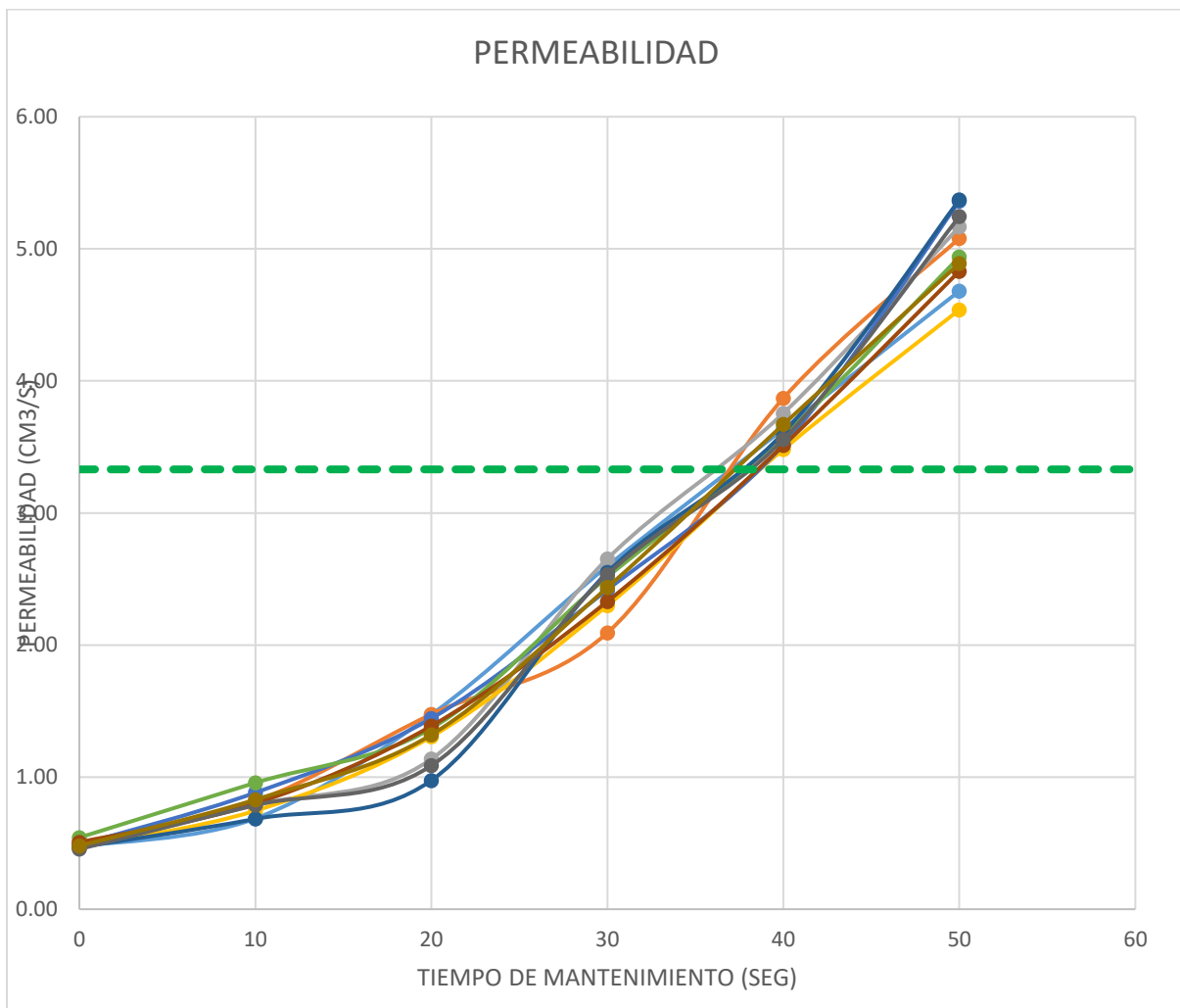


Figura 45: Permeabilidad - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 46 se muestra la permeabilidad de las briquetas taponeadas después de 30seg, 40seg y 50 seg tratamiento de agua a presión con 10% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser la permeabilidad mínima permitida y la línea punteada de color verde la permeabilidad de diseño. También en la figura se observa que su permeabilidad de 40seg de mantenimiento es mayor al mínimo permitido y la permeabilidad de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de permeabilidad del diseño.

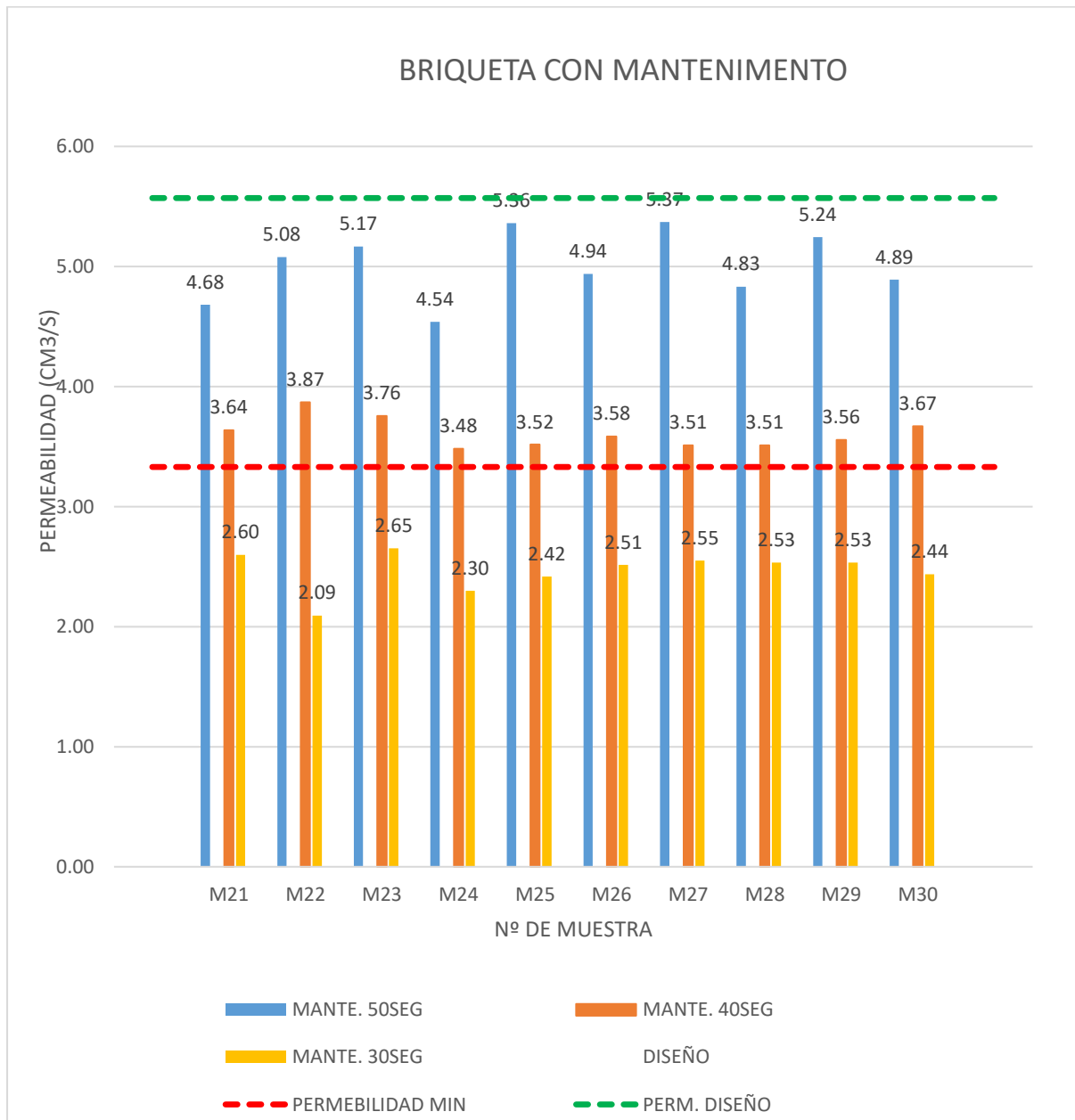


Figura 46: Permeabilidad - mantenimiento con 10% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia



### 5.3.3.5 Tratamiento con 15% de tensoactivo de la palma

La figura 47 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 15% de tensoactivo de la palma, el cual está representado en el tiempo de duración del mantenimiento en segundos progresivamente, también la figura 47 muestra una línea punteada de color rojo el cual viene a ser el tiempo de evacuación máxima (30seg) permitida por el diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, por lo que las muestras en mantenimiento deben llegar a ser menor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento descendente lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briketa llegando a cumplir al final con lo permitido en 30 segundos de tratamiento con 15% de tensoactivo de la palma, y en 50 segundos de tratamiento llegar a acercarse a los valores de tiempo de evacuación del diseño siendo menores a estos por una diferencia mínima.

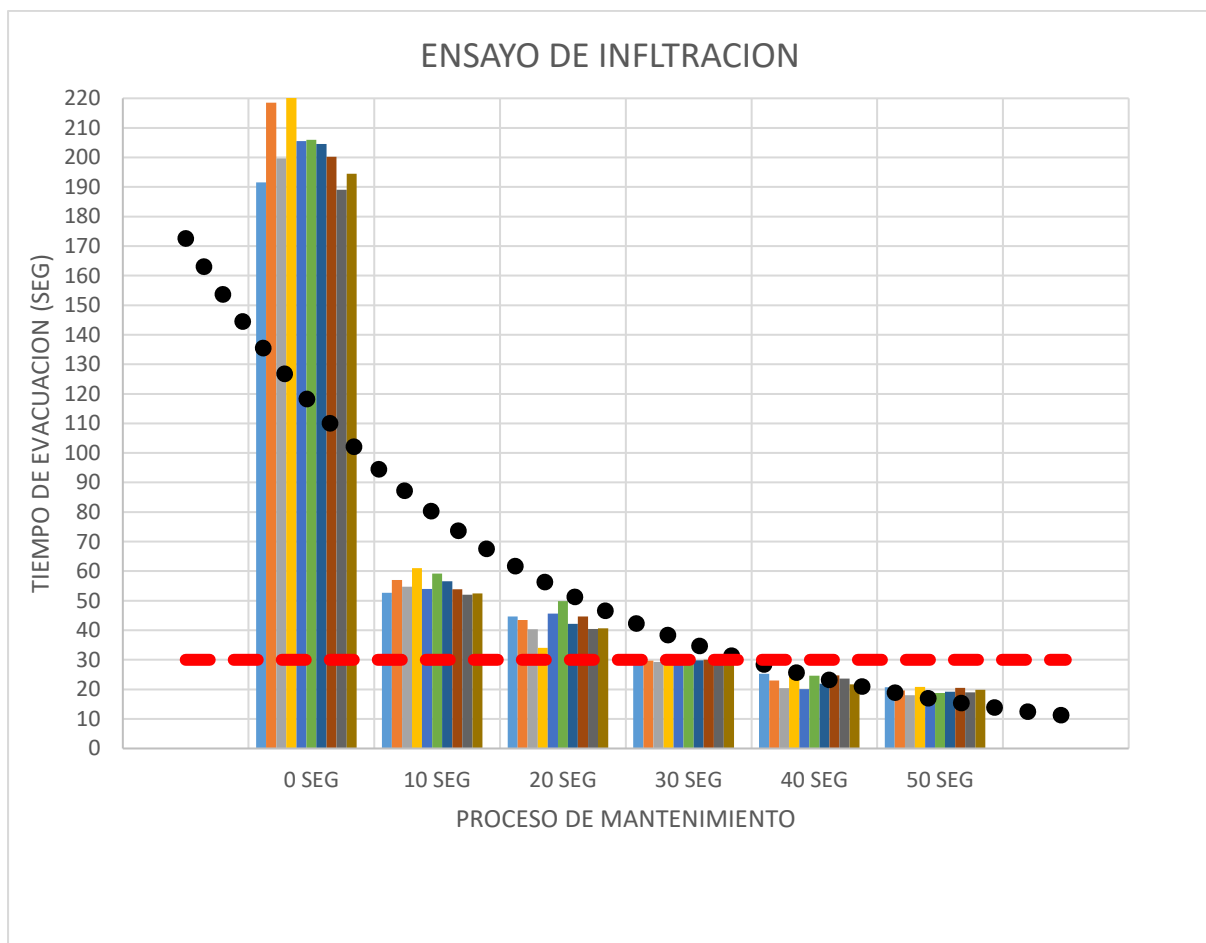


Figura 47: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 48 se muestra el tiempo de evacuación de las briquetas destaponadas después de 30seg, 40seg y50seg de tratamiento de agua a presión con 15% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser el tiempo de infiltración máximo permitido y la línea punteada de color verde el tiempo de infiltración de diseño. También en la figura se observa que su tiempo de evacuación del de 30seg de mantenimiento es menor al máximo permitido, y el tiempo de evacuación de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de tiempo de infiltración del diseño.

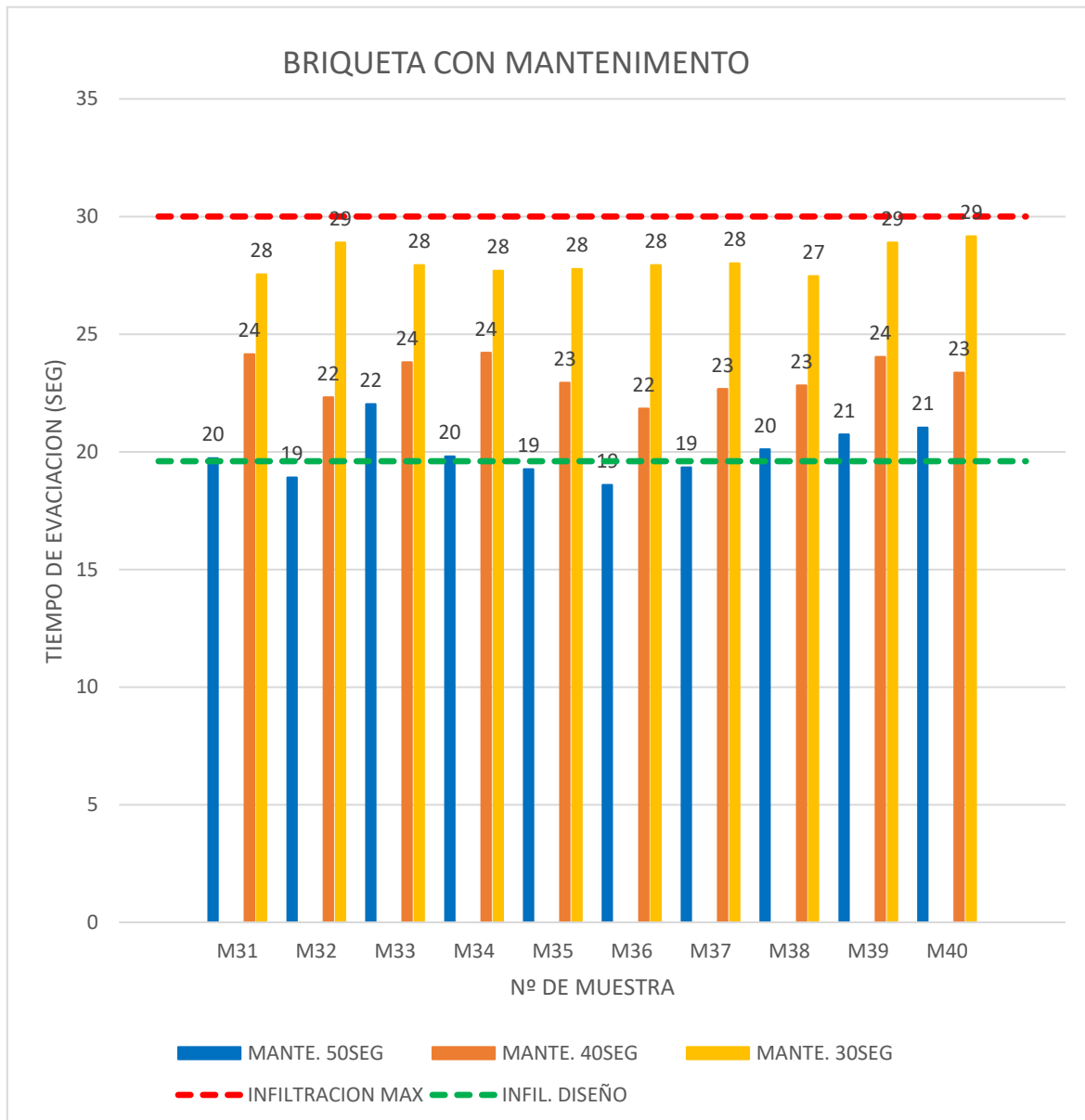


Figura 48: Ensayo de infiltración - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

La figura 49 muestra 10 briquetas sedimentadas sometidos al proceso de mantenimiento de agua a presión con 15% de tensoactivo de la palma, en donde muestra una línea punteada de color verde el cual viene a ser la permeabilidad mínima (3.33 cm<sup>3</sup>/seg) requerida respecto al tiempo de evacuación basado al diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, en donde las muestras en mantenimiento deben llegar a ser mayor a este, por ello en la gráfica se observa un comportamiento ascendente, lo que muestra que las briquetas obstruidas se abren poco a poco, quitando las obstrucciones de las partes abiertas de la briqueeta llegando a cumplir al final con lo mínimo permitido en 30 segundos de tratamiento con 15% de tensoactivo de la palma y en 50 segundos de tratamiento aproximándose a los valores de permeabilidad del diseño.

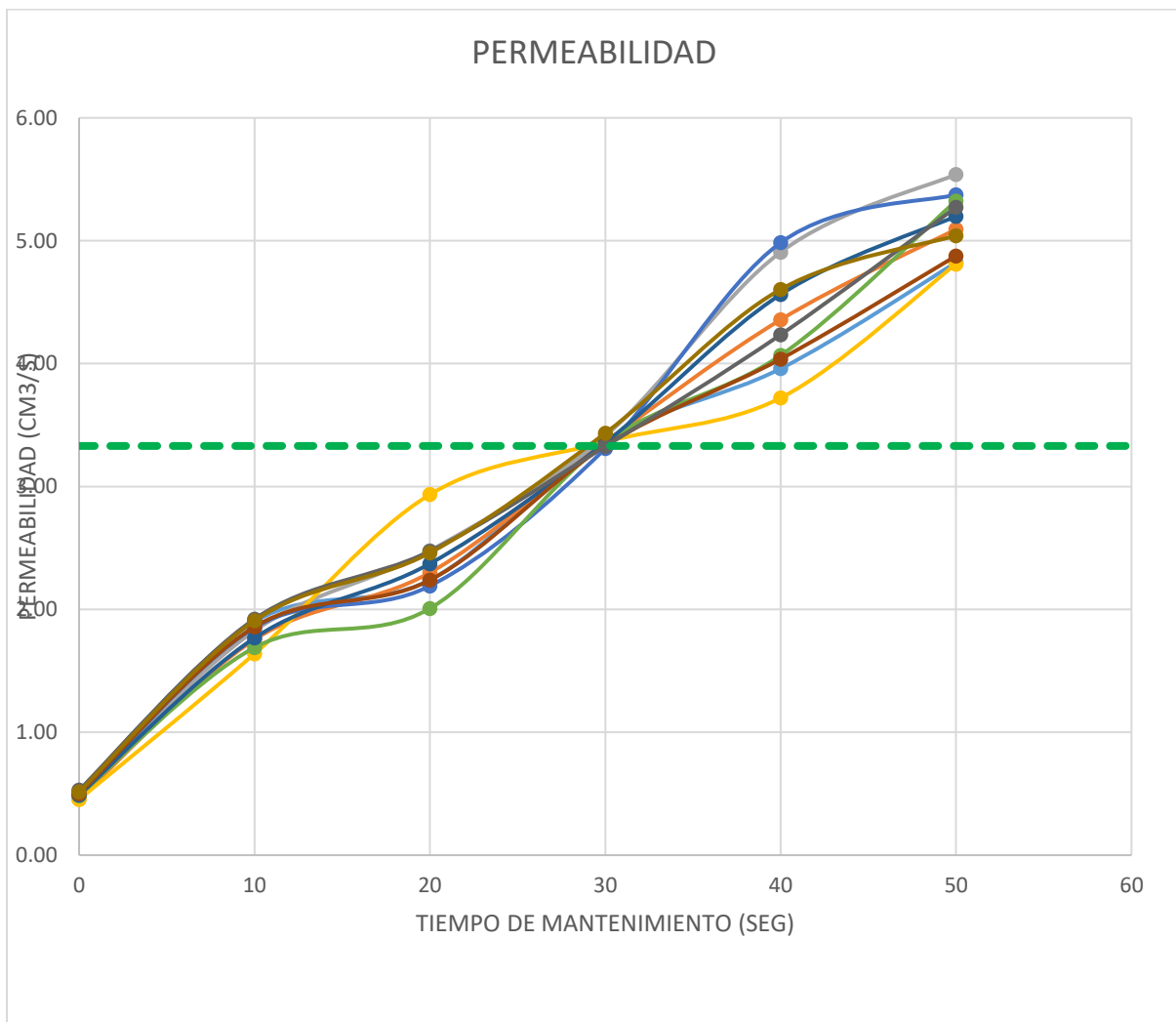


Figura 49: Permeabilidad - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 50 se muestra la permeabilidad de las briquetas taponeadas después de 30seg, 40seg y 50 seg tratamiento de agua a presión con 15% de tensoactivo de la palma, en el cual la línea punteada de rojo vendría a ser la permeabilidad mínima permitida y la línea punteada de color verde la permeabilidad de diseño. También en la figura se observa que su permeabilidad de 30seg de mantenimiento es mayor y en alguno de los casos igual al mínimo permitido y la permeabilidad de 50seg de mantenimiento se aproximan al valor de permeabilidad del diseño.

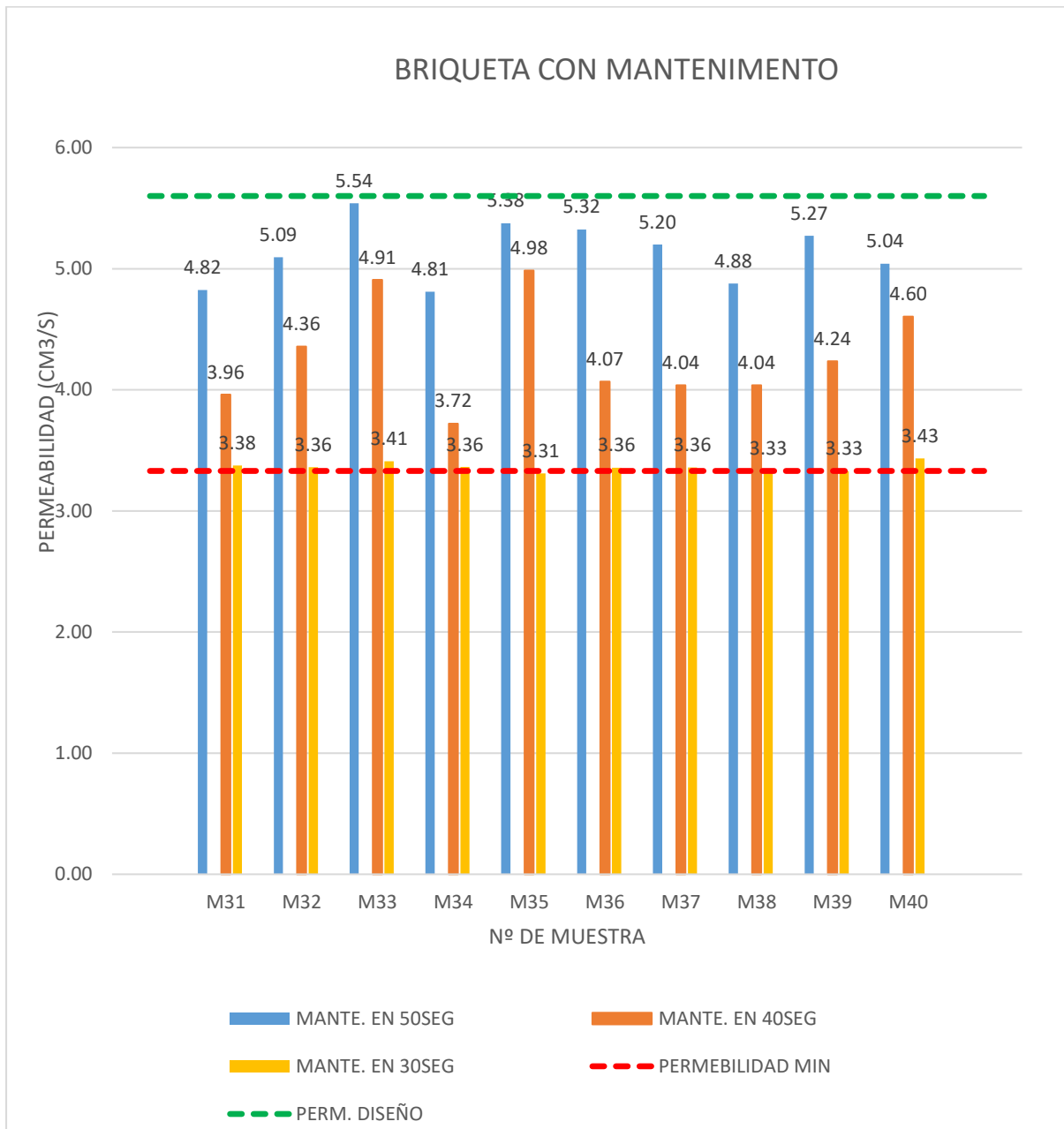


Figura 50: Permeabilidad - mantenimiento con 15% de tensoactivo de la palma

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.4 O.E.3 Propiedades mecánicas

#### 5.3.4.1 Procedimiento

Después de que las briquetas en estudio, los cuales primeramente fueron taponeadas con sedimentos, y luego recibieron un tratamiento de agua a presión con distintos porcentajes de adición del tensoactivo de la palma, estos se sometieron al ensayo de Marshall donde previamente para el cálculo del porcentaje de vacíos se pesan las briquetas (c/u) en tres distintas maneras para obtener el peso seco, el peso saturado para lo cual se sumerge la briqueta en agua por 10 min y posteriormente se seca la briqueta parcialmente para obtener el peso superficialmente seco.

Para determinar las propiedades mecánicas de las briquetas se emplea el ensayo de Marshall y para ello se sumerge las briquetas a baño maría a una temperatura de 60°C por 30 minutos, pasado el tiempo se extrae la briqueta del baño maría y se lo coloca a la mordaza de la prensa Marshall para con ello obtener su estabilidad y flujo.



Figura 51: Ensayo Marshall

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.4.2 Porcentaje de vacíos

En la figura 52 se muestra el porcentaje de vacíos de acuerdo al mantenimiento que fueron sometidos las briquetas colmatadas los cuales son 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de la palma añadido al agua a presión, estas briquetas en estudio muestran un comportamiento ascendente de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, en donde la línea punteada de color verde viene a ser el porcentaje de vacíos del diseño de 23.1% y la línea punteada de color rojo el límite mínimo de porcentajes de vacíos de 20% según el CAD 12. También se puede observar que a un 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, su porcentaje de vacíos de 22.97% en promedio llega a ser parecida al porcentaje de vacíos del diseño, siendo menor a este en un 0.13% y para el 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, su porcentaje de vacíos de 23% en promedio aproximándose al porcentaje de vacíos de diseño con una diferencia de 0.1%.

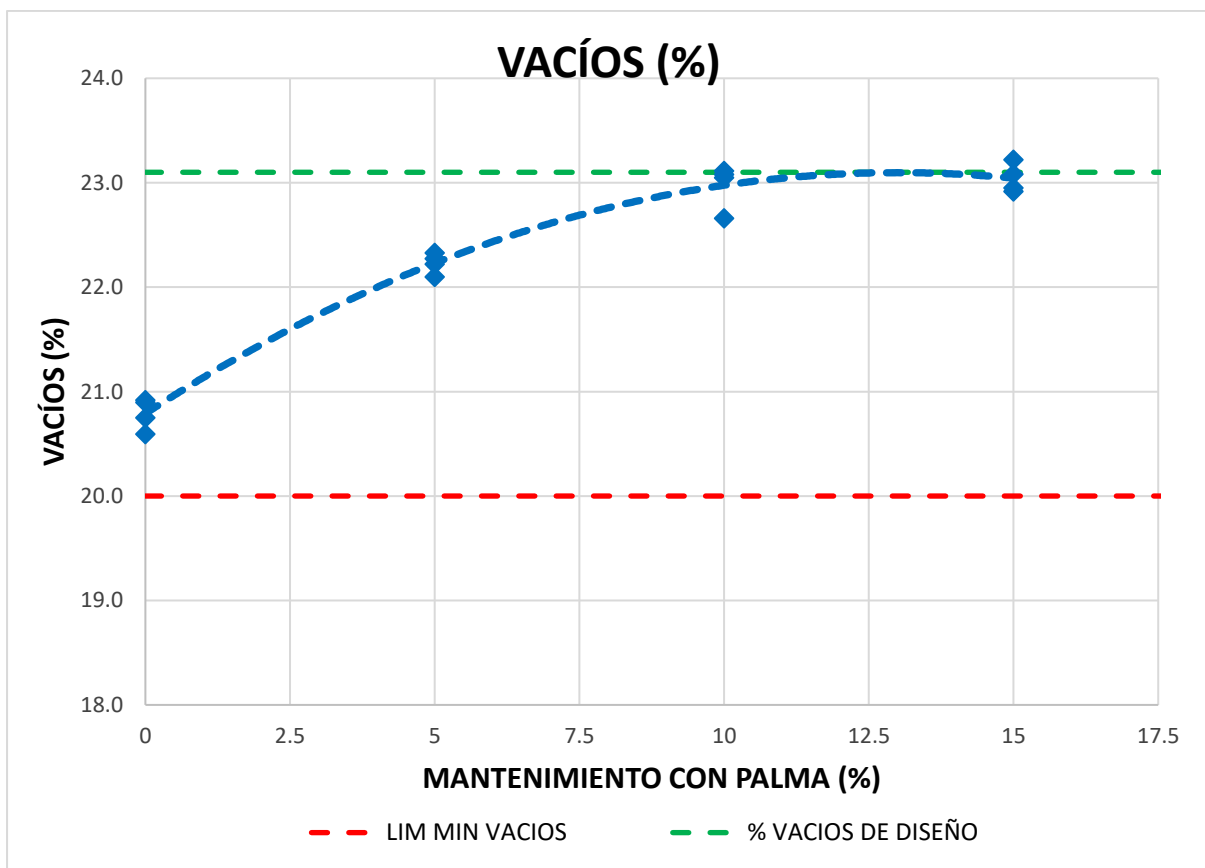


Figura 52: % de vacíos – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.4.3 Estabilidad

En la figura 53 se muestra la estabilidad de las briquetas taponeadas de acuerdo al mantenimiento que fueron sometidos los cuales son 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de la palma añadido al agua a presión, estas briquetas en estudio muestran un comportamiento descendente de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, en donde la línea punteada de color verde viene a ser la estabilidad de diseño de 612.5kg. También se puede observar que de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma en el mantenimiento la estabilidad promedio de cada una de ellas comienza disminuir progresivamente, pero esto no llega a ser una diferencia notable puesto que al 0% de tensoactivo de la palma tiene una estabilidad promedio de 610.4kg, al 5% una estabilidad promedio de 608.2kg, al 10% una estabilidad promedio de 605.9kg y por último al 15% una estabilidad promedio de 602.1kg.

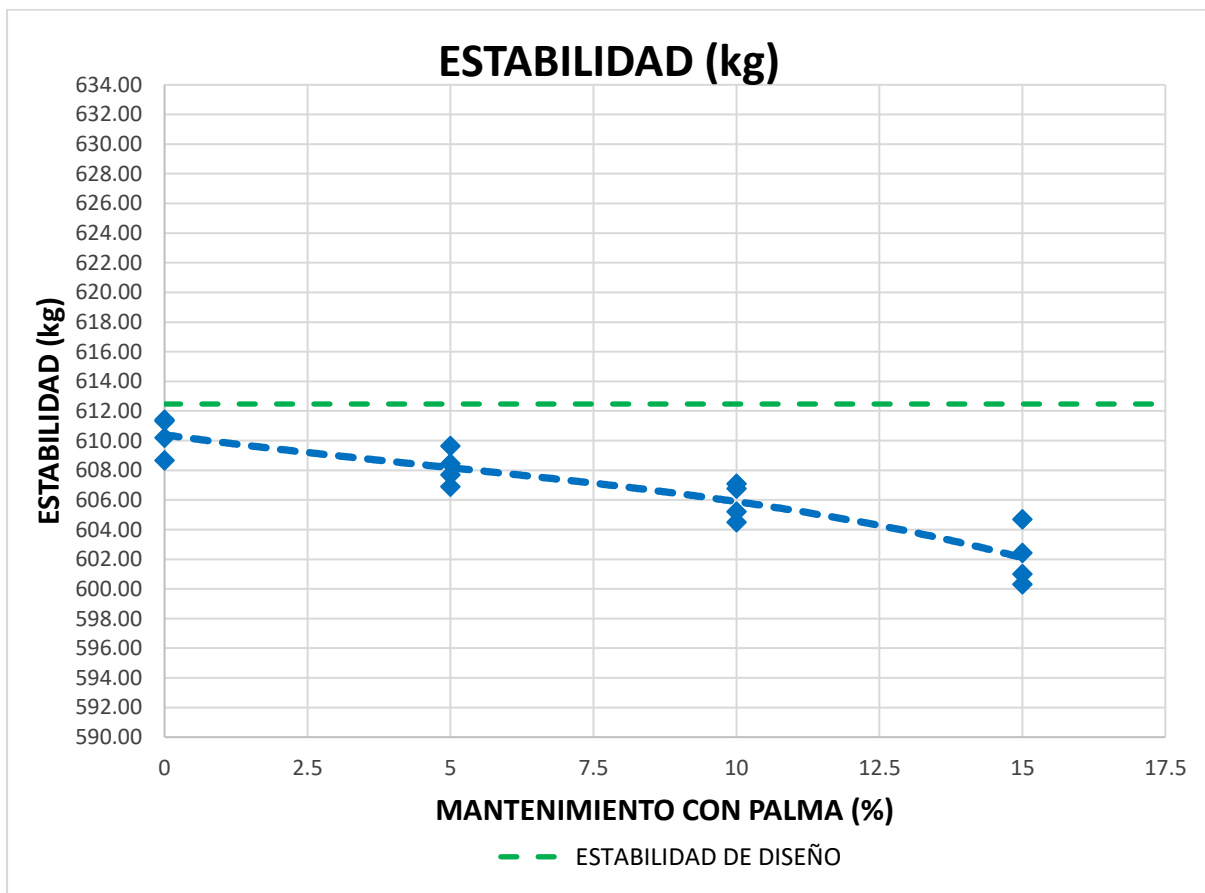


Figura 53: Estabilidad (kg) – (0%, 5%, 10% y 15%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

### 5.3.4.4 Flujo

En la figura 54 se muestra el flujo de las briquetas taponeadas de acuerdo al mantenimiento que fueron sometidos los cuales son 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de la palma añadido al agua a presión, estas briquetas en estudio muestran un comportamiento ascendente de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, en donde la línea punteada de color verde viene a ser el flujo de diseño de 3.1mm y las líneas punteadas de color rojo el límite máximo de flujo de 2mm y el límite mínimo de flujo de 3.5mm según la normativa Marshall. También se puede observar que de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma en el mantenimiento el flujo promedio de cada una de ellas comienza a aumentar progresivamente, pero esto no llega a ser una diferencia notable puesto que al 0% de tensoactivo de la palma tiene un flujo promedio de 3.01mm, al 5% un flujo promedio de 3.10mm, al 10% un flujo promedio de 3.15mm y por último al 15% un flujo promedio de 3.17mm. en donde en todos los casos cumple con la normativa Marshall.

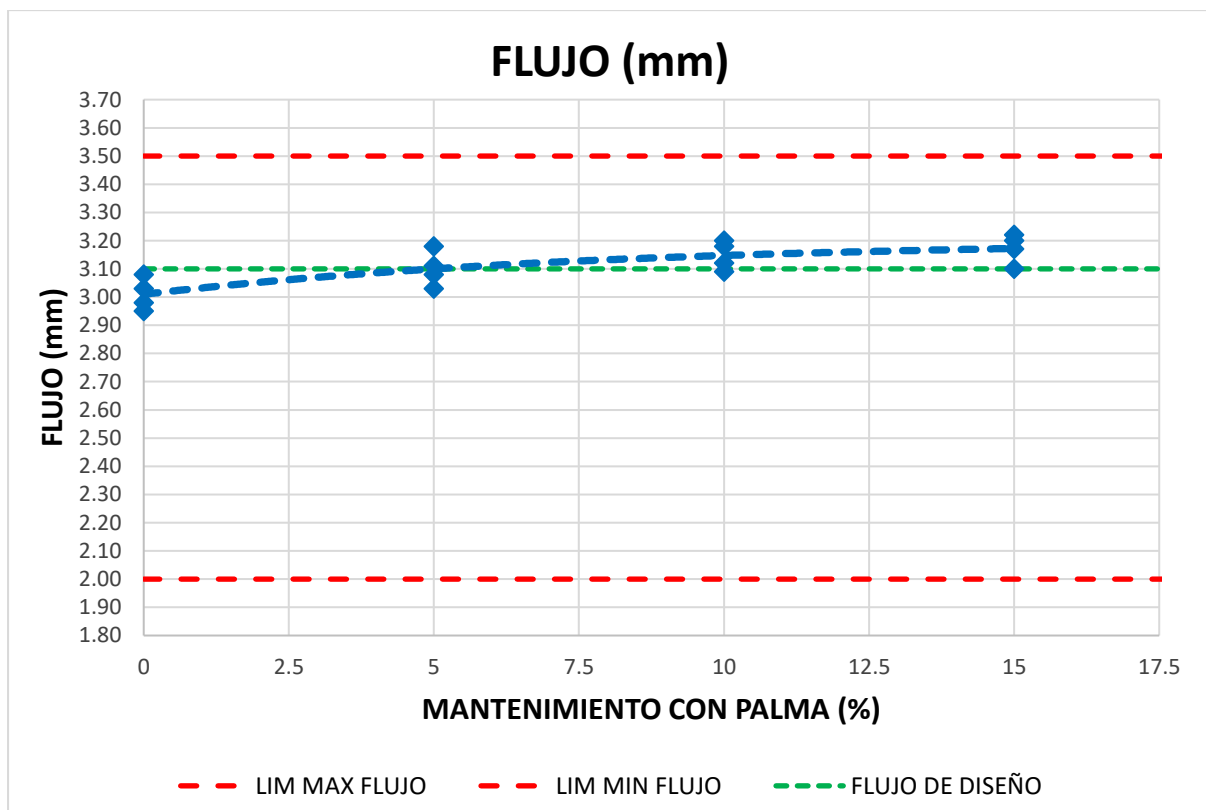


Figura 54: flujo (mm) – (0%, 5%, 10% y 15%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia



### 5.3.5 O.G. Análisis del tensoactivo de la palma en el MAD

En la figura 55 se muestra 40 briquetas las cuáles fueron inducidas a un proceso de colmatación progresivamente en donde en cada pasada de agua sedimentada obstruía las partes abiertas de las briquetas taponeándolas poco a poco, llegando así a 18 pasadas para taponear las briquetas totalmente, aumentado así su tiempo de infiltración el cual está representado en la figura con una tendencia ascendente positiva llegando a un mínimo promedio de 190 segundos cuando las briquetas se encontraban totalmente taponeadas el cual está representado en la figura en una línea punteada de color verde y la línea de color rojo representa el máximo tiempo de evacuación permitido de 30 segundos según el CAD 12 basado en la tabla 14 de Vialidad Nacional. también se puede observar que la mayoría de las briquetas supera el máximo permitido por el diseño de mezcla CAD 12 en la 4ta pasada con agua sedimentada sobre las briquetas.

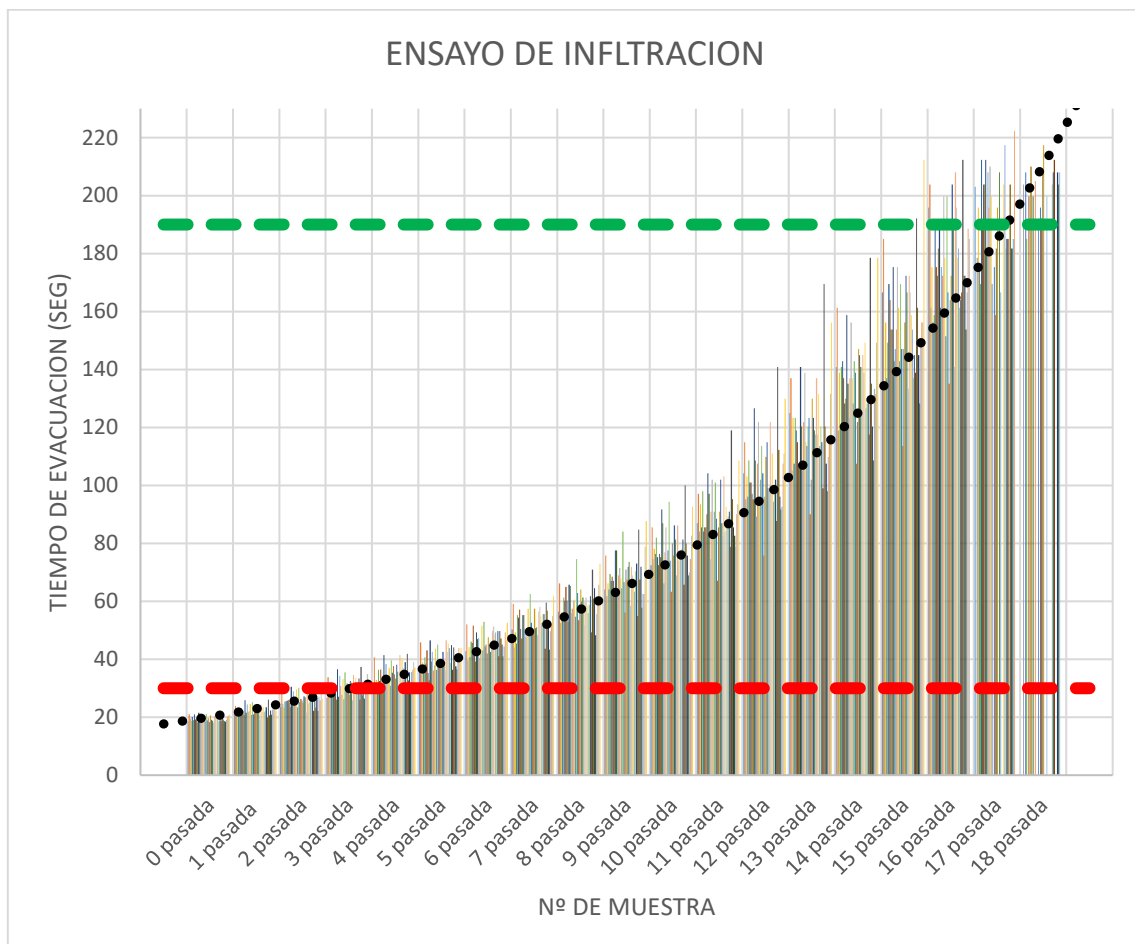


Figura 55: Ensayo de infiltración – proceso de taponamiento (1-40)

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 56 se muestra 40 briquetas las cuáles fueron inducidas a un proceso de colmatación progresivamente en donde en cada pasada de agua sedimentada obstruía las partes abiertas de las briquetas taponeándolas poco a poco, llegando así a 18 pasadas para taponear las briquetas totalmente, aumentando así su tiempo de infiltración y con ello disminuyendo su permeabilidad el cual está representado en la figura con una tendencia descendente negativa llegando a un mínimo promedio de 0.53 cm<sup>3</sup>/seg cuando las briquetas se encontraban totalmente colmatada el cual está representado en la figura en una línea punteada de color verde y la línea de color rojo representa la mínima permeabilidad permitida de 3.3 cm<sup>3</sup>/seg basado en la tabla 14 de Vialidad Nacional. también se puede observar que la mayoría de las briquetas son menores al mínimo permitido según Vialidad Nacional en la 4ta pasada con agua sedimentada sobre las briquetas.

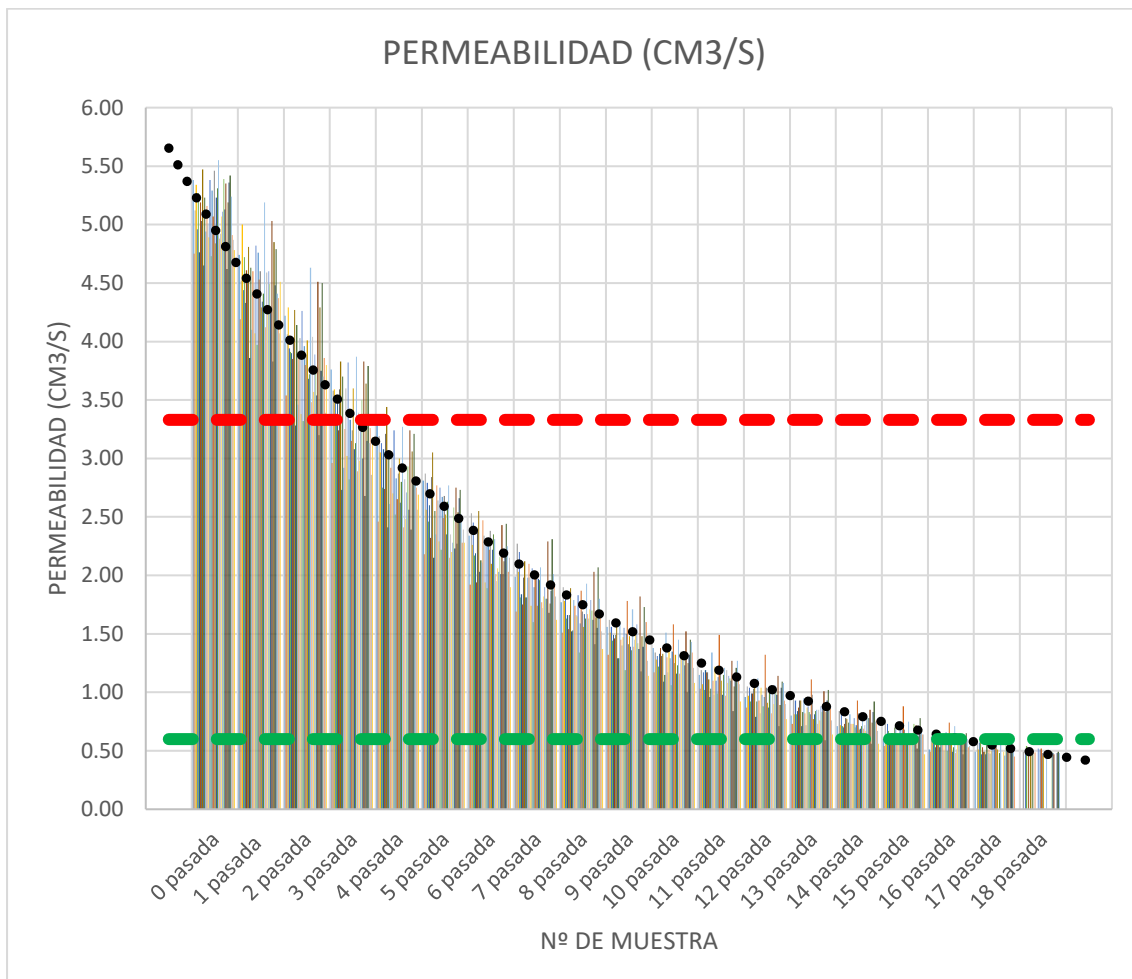


Figura 56: Permeabilidad – proceso de taponamiento (1-40)

Fuente: Elaboración Propia

La figura 57 muestra las 40 briquetas taponeadas las cuales fueron sometidos en grupos de 10 briquetas a tratamientos de agua a presión con (0%, 5%, 10% y 15%) de tensoactivo de la palma, en donde también se muestra una línea punteada de color verde el cual vendría a ser la permeabilidad de diseño de 5.57cm<sup>3</sup>/seg y una línea punteada de color rojo el cual viene a ser la permeabilidad mínima (3.33 cm<sup>3</sup>/seg) permitida respecto al tiempo de evacuación basado al diseño de mezcla asfáltica drenante CAD 12 especificado en la tabla 14 de Vialidad Nacional, donde en un 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento representado en la figura por una línea de color negro, llega a remover las obstrucciones de las partes abiertas de las briquetas MAD con mayor profundidad que las anteriores y consigue que su permeabilidad alcance a la permeabilidad de diseño con una diferencia mínima menor a este último, y el mismo comportamiento se puede observar para un 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento el cual está representado en la figura en una línea anaranjada.

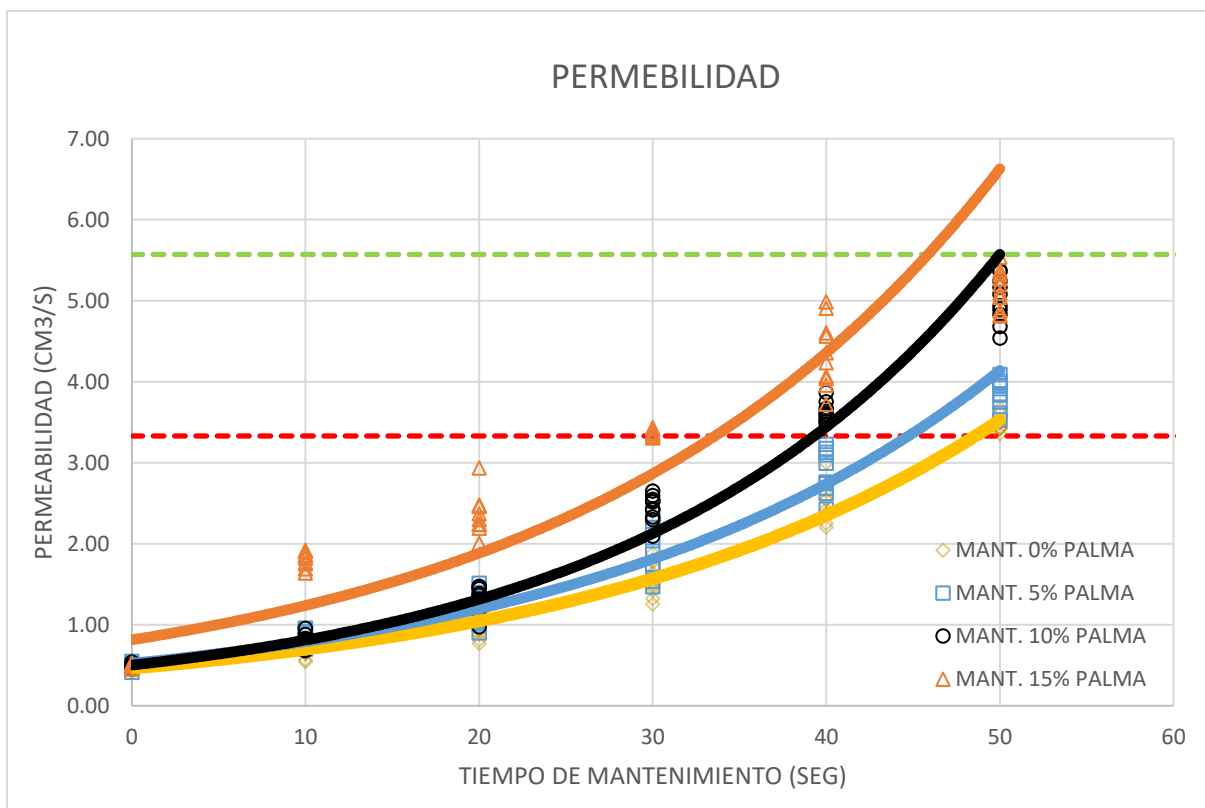


Figura 57: Curva granulométrica de filler

Fuente: Elaboración Propia

Como se pudo observar anteriormente en la figura 52 en las briquetas sometidas a un 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de agua a presión se consigue

recuperar con 22.97% aproximándose al porcentaje de vacíos de diseño de 23.1% siendo menor a ello con una diferencia mínima de 0.13%, de acuerdo a las propiedades mecánicas de las briquetas obstruidas la cuales posteriormente se sometieron a tratamiento en distintos porcentajes de adición de tensoactivo de la palma en el agua a presión, la estabildades de acuerdo a la figura 53 disminuyeron progresivamente con respecto al porcentaje de adición de tensoactivo de la palma en donde al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento disminuyo de 612.47kg en 7kg con 605.9kg y sobre su flujo de acuerdo a la figura 54 aumentaron progresivamente respecto al porcentaje de adición de tensoactivo de la palma en donde al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento aumento de 3.1mm en 0.05mm con 3.15mm.

En las figuras 58 y 59 se muestran las pérdidas de masa por desgaste al cántabro en seco y tras inmersión respectivamente de las briquetas taponeadas sometidas al mantenimiento en distinto porcentajes de tensoactivo de la palma al agua a presión, como se muestra en las figuras el empleo de tensoactivo de la palma no afecta representativamente a la pérdida de masa por desgaste, el cual está representado en la línea punteada de color verde, siendo la pérdida de masa del diseño. Entonces al no haber variación en este ensayo se puede decir que el empleo de mantenimiento con tensoactivo de la palma no afecta al diseño de mezclas asfálticas drenantes.

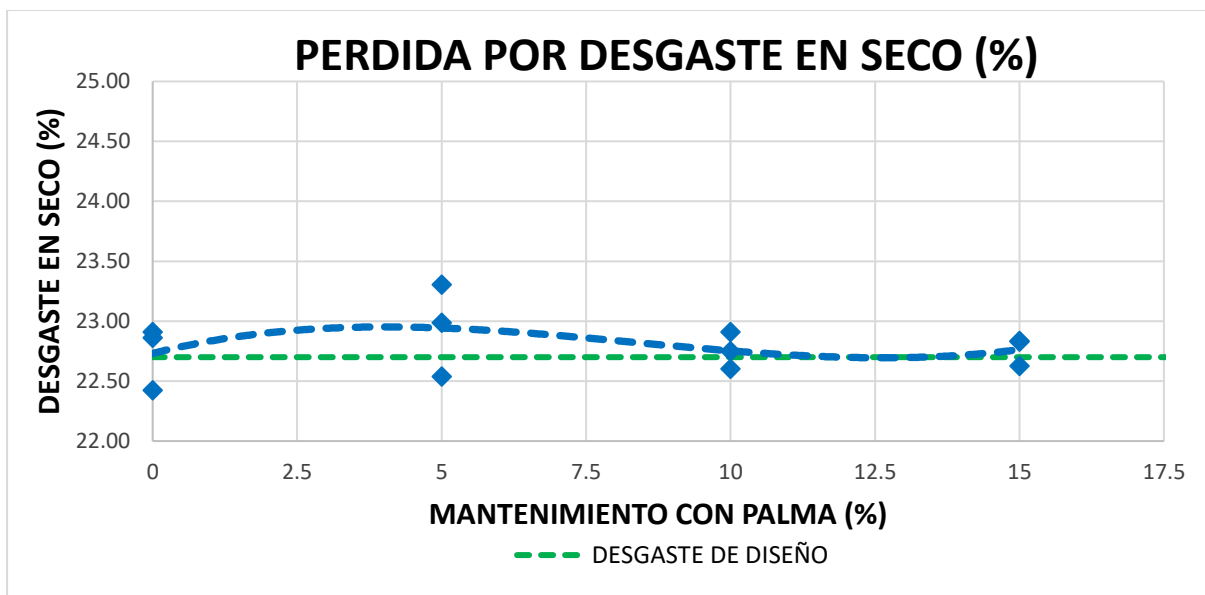


Figura 58: Pérdida de masa por desgaste en seco – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia

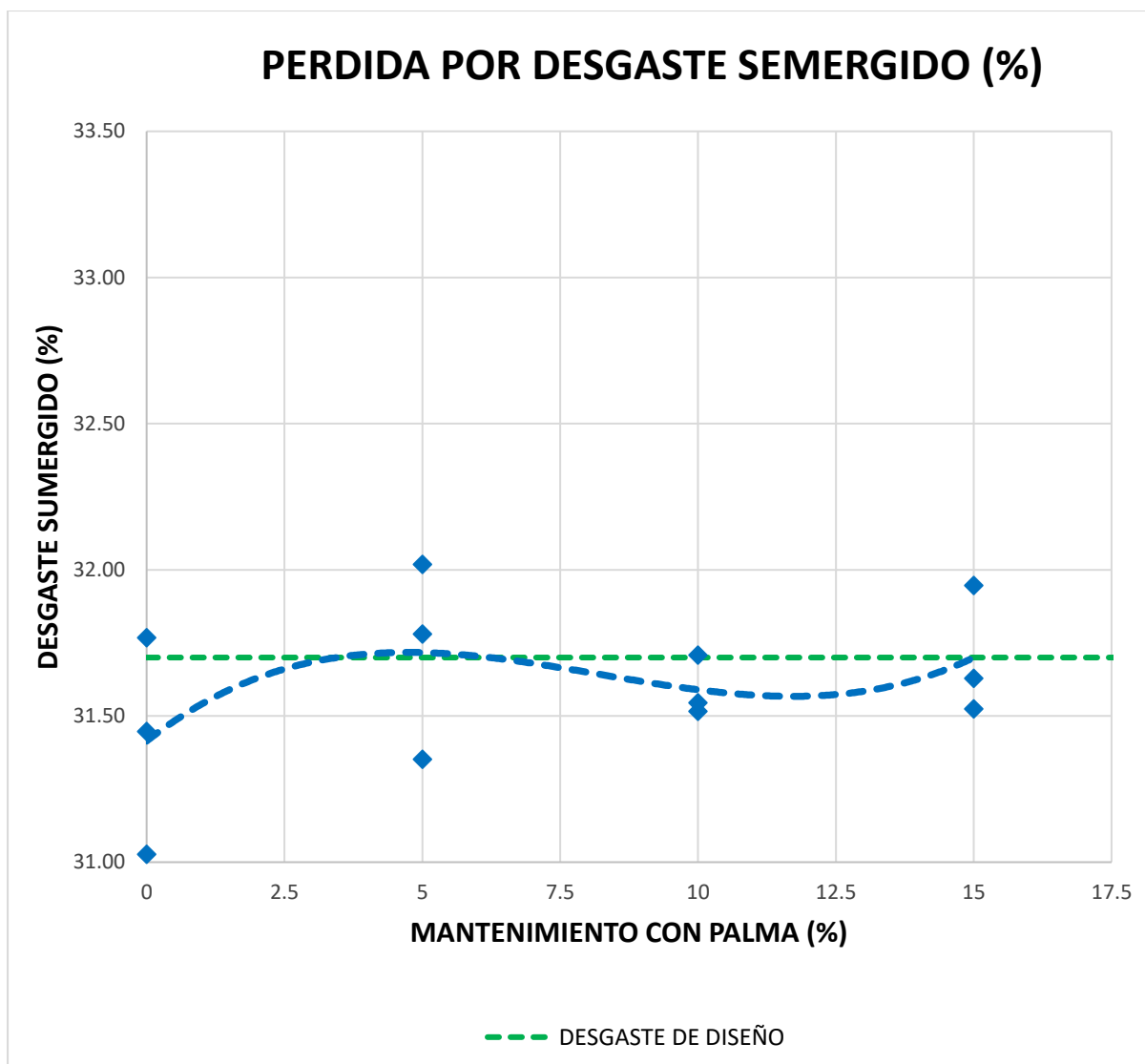


Figura 59: Pérdida de masa por desgaste sumergido – (0%, 5%, 15% y 20%) de tensoactivo de la palma en el mantenimiento  
Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4 Análisis estadístico

##### 5.4.1 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 0% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.1.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 0% de tensoactivo de palma en 18 pasadas.

Tabla 23: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas			Estadístico	Error estándar		
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de .	21	Media	5,0770	,08324		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,8887		
			Límite superior	5,2653		
		Media recortada al 5%	5,0867			
		Mediana	5,1600			
		Varianza	,069			
		Desviación estándar	,26323			
		Mínimo	4,62			
		Máximo	5,36			
		Rango	,74			
		Rango intercuartil	,48			
		Asimetría	-,547	,687		
		Curtosis	-1,141	1,334		
		24	24	Media	4,5090	,07423
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,3411
Límite superior	4,6769					
Media recortada al 5%	4,5150					
Mediana	4,5750					
Varianza	,055					
Desviación estándar	,23473					
Mínimo	4,12					
Máximo	4,79					
Rango	,67					
Rango intercuartil	,42					
Asimetría	-,432			,687		
Curtosis	-1,392			1,334		
28	28			Media	3,9250	,08386
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,7353
		Límite superior	4,1147			
		Media recortada al 5%	3,9306			
		Mediana	3,9150			
		Varianza	,070			
		Desviación estándar	,26517			
		Mínimo	3,45			
		Máximo	4,30			
		Rango	,85			
		Rango intercuartil	,41			
		Asimetría	-,391	,687		
		Curtosis	-,388	1,334		

32	Media		3,4350	,09788
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,2136	
		Límite superior	3,6564	
	Media recortada al 5%		3,4394	
	Mediana		3,4700	
	Varianza		,096	
	Desviación estándar		,30952	
	Mínimo		2,92	
	Máximo		3,87	
	Rango		,95	
	Rango intercuartil		,52	
	Asimetría		-,294	,687
	Curtosis		-,914	1,334
37	Media		3,0080	,10525
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,7699	
		Límite superior	3,2461	
	Media recortada al 5%		3,0144	
	Mediana		3,1000	
	Varianza		,111	
	Desviación estándar		,33283	
	Mínimo		2,47	
	Máximo		3,43	
	Rango		,96	
	Rango intercuartil		,57	
	Asimetría		-,481	,687
	Curtosis		-1,087	1,334
43	Media		2,6160	,08812
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,4167	
		Límite superior	2,8153	
	Media recortada al 5%		2,6150	
	Mediana		2,6700	
	Varianza		,078	
	Desviación estándar		,27866	
	Mínimo		2,20	
	Máximo		3,05	
	Rango		,85	
	Rango intercuartil		,51	
	Asimetría		-,221	,687
	Curtosis		-,899	1,334
49	Media		2,2640	,07641
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,0912	
		Límite superior	2,4368	
	Media recortada al 5%		2,2550	
	Mediana		2,2600	
	Varianza		,058	
	Desviación estándar		,24162	
	Mínimo		1,96	
	Máximo		2,73	
	Rango		,77	
	Rango intercuartil		,36	
	Asimetría		,644	,687
	Curtosis		,108	1,334
56	Media		1,9620	,07202
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,7991	
		Límite superior	2,1249	

	Media recortada al 5%		1,9550	
	Mediana		1,9200	
	Varianza		,052	
	Desviación estándar		,22773	
	Mínimo		1,65	
	Máximo		2,40	
	Rango		,75	
	Rango intercuartil		,26	
	Asimetría		,878	,687
	Curtosis		,400	1,334
64	Media		1,7160	,05338
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,5952	
		Límite superior	1,8368	
	Media recortada al 5%		1,7128	
	Mediana		1,6750	
	Varianza		,028	
	Desviación estándar		,16880	
	Mínimo		1,47	
	Máximo		2,02	
	Rango		,55	
	Rango intercuartil		,22	
	Asimetría		,522	,687
	Curtosis		-,273	1,334
72	Media		1,5120	,04289
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,4150	
		Límite superior	1,6090	
	Media recortada al 5%		1,5122	
	Mediana		1,4950	
	Varianza		,018	
	Desviación estándar		,13563	
	Mínimo		1,31	
	Máximo		1,71	
	Rango		,40	
	Rango intercuartil		,24	
	Asimetría		,075	,687
	Curtosis		-1,271	1,334
82	Media		1,3170	,03978
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,2270	
		Límite superior	1,4070	
	Media recortada al 5%		1,3200	
	Mediana		1,3250	
	Varianza		,016	
	Desviación estándar		,12579	
	Mínimo		1,10	
	Máximo		1,48	
	Rango		,38	
	Rango intercuartil		,22	
	Asimetría		-,491	,687
	Curtosis		-,659	1,334
94	Media		1,1590	,04451
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,0583	
		Límite superior	1,2597	
	Media recortada al 5%		1,1589	
	Mediana		1,1550	
	Varianza		,020	



	Desviación estándar		,14075	
	Mínimo		,93	
	Máximo		1,39	
	Rango		,46	
	Rango intercuartil		,21	
	Asimetría		-,163	,687
	Curtosis		-,274	1,334
109	Media		1,0220	,03946
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,9327	
		Límite superior	1,1113	
	Media recortada al 5%		1,0211	
	Mediana		1,0450	
	Varianza		,016	
	Desviación estándar		,12479	
	Mínimo		,84	
	Máximo		1,22	
	Rango		,38	
	Rango intercuartil		,19	
	Asimetría		-,060	,687
	Curtosis		-,975	1,334
126	Media		,8880	,03812
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8018	
		Límite superior	,9742	
	Media recortada al 5%		,8867	
	Mediana		,9050	
	Varianza		,015	
	Desviación estándar		,12054	
	Mínimo		,72	
	Máximo		1,08	
	Rango		,36	
	Rango intercuartil		,20	
	Asimetría		,046	,687
	Curtosis		-1,241	1,334
144	Media		,7720	,03463
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6937	
		Límite superior	,8503	
	Media recortada al 5%		,7689	
	Mediana		,7550	
	Varianza		,012	
	Desviación estándar		,10952	
	Mínimo		,64	
	Máximo		,96	
	Rango		,32	
	Rango intercuartil		,20	
	Asimetría		,463	,687
	Curtosis		-1,034	1,334
163	Media		,6760	,02829
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6120	
		Límite superior	,7400	
	Media recortada al 5%		,6744	
	Mediana		,6300	
	Varianza		,008	
	Desviación estándar		,08947	
	Mínimo		,57	
	Máximo		,81	

	<b>Rango</b>		,24	
	<b>Rango intercuartil</b>		,17	
	<b>Asimetría</b>		,479	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,644	1,334
<b>176</b>	<b>Media</b>		,5950	,02141
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,5466	
		<b>Límite superior</b>	,6434	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,5956	
	<b>Mediana</b>		,5750	
	<b>Varianza</b>		,005	
	<b>Desviación estándar</b>		,06770	
	<b>Mínimo</b>		,50	
	<b>Máximo</b>		,68	
	<b>Rango</b>		,18	
	<b>Rango intercuartil</b>		,13	
	<b>Asimetría</b>		,128	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,634	1,334
<b>190</b>	<b>Media</b>		,4657	,07973
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,2706	
		<b>Límite superior</b>	,6608	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,4836	
	<b>Mediana</b>		,5600	
	<b>Varianza</b>		,044	
	<b>Desviación estándar</b>		,21094	
	<b>Mínimo</b>		,00	
	<b>Máximo</b>		,61	
	<b>Rango</b>		,61	
	<b>Rango intercuartil</b>		,10	
	<b>Asimetría</b>		-2,366	,794
	<b>Curtosis</b>		5,855	1,587
<b>204</b>	<b>Media</b>		,3533	,17676
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	-,4072	
		<b>Límite superior</b>	1,1139	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		,5200	
	<b>Varianza</b>		,094	
	<b>Desviación estándar</b>		,30616	
	<b>Mínimo</b>		,00	
	<b>Máximo</b>		,54	
	<b>Rango</b>		,54	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,724	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.1.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 0% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 0% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 0% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos no pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde una de las significancias es inferior al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 0% de tensoactivo de palma”.

Tabla 24: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de .	21	,180	10	,200*	,905	10	,251
	24	,203	10	,200*	,909	10	,275
	28	,146	10	,200*	,968	10	,867
	32	,145	10	,200*	,970	10	,894
	37	,208	10	,200*	,933	10	,474
	43	,149	10	,200*	,953	10	,704
	49	,157	10	,200*	,951	10	,686
	56	,217	10	,200*	,923	10	,381
	64	,174	10	,200*	,960	10	,785
	72	,149	10	,200*	,960	10	,783
	82	,146	10	,200*	,951	10	,681
	94	,118	10	,200*	,976	10	,938
	109	,150	10	,200*	,960	10	,791
	126	,192	10	,200*	,947	10	,635
	144	,145	10	,200*	,939	10	,543
	163	,296	10	,013	,868	10	,095
	176	,197	10	,200*	,900	10	,218
	190	,365	7	,005	,662	7	,001
204	,374	3	.	,778	3	,062	

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.1.3 Prueba bivariada Rho de Spearman:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 0% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Spearman es de -0.990 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 0% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” es negativa perfecta.

Tabla 25: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (0% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de .
Rho de Spearman	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	1,000	-,990**
	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	.,000 190	,000 180
	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de .	-,990**	1,000
	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	,000 180	. 180

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.2 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 5% Tensoactivo de palma:

#### 5.4.2.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 5% de tensoactivo de palma en 18 pasadas.

Tabla 26: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)

Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de .	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas		Estadístico	Error estándar
21	Media		5,0350	,07534
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,8646	
		Límite superior	5,2054	
	Media recortada al 5%		5,0372	
	Mediana		5,0400	
	Varianza		,057	
	Desviación estándar		,23825	
	Mínimo		4,65	
	Máximo		5,38	
	Rango		,73	
	Rango intercuartil		,40	
	Asimetría		-,229	,687
	Curtosis		-,869	1,334
	24	Media		4,4100
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	4,2559	
		Límite superior	4,5641	
Media recortada al 5%			4,4033	
Mediana			4,4150	
Varianza			,046	
Desviación estándar			,21536	
Mínimo			4,12	
Máximo			4,82	
Rango			,70	
Rango intercuartil			,34	
Asimetría			,502	,687
Curtosis			-,113	1,334
28		Media		3,7860
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,6190	
		Límite superior	3,9530	
	Media recortada al 5%		3,7894	
	Mediana		3,8050	
	Varianza		,055	
	Desviación estándar		,23349	
	Mínimo		3,44	
	Máximo		4,07	
	Rango		,63	
	Rango intercuartil		,48	
	Asimetría		-,344	,687
	Curtosis		-1,353	1,334
	32	Media		3,2510
95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	3,0619	
		Límite superior	3,4401	
Media recortada al 5%			3,2533	
Mediana			3,2800	
Varianza			,070	
Desviación estándar			,26438	
Mínimo			2,86	
Máximo			3,60	

	<b>Rango</b>		,74	
	<b>Rango intercuartil</b>		,52	
	<b>Asimetría</b>		-,215	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,618	1,334
<b>37</b>	<b>Media</b>		2,8080	,05792
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,6770	
		<b>Límite superior</b>	2,9390	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,8106	
	<b>Mediana</b>		2,8200	
	<b>Varianza</b>		,034	
	<b>Desviación estándar</b>		,18317	
	<b>Mínimo</b>		2,52	
	<b>Máximo</b>		3,05	
	<b>Rango</b>		,53	
	<b>Rango intercuartil</b>		,30	
	<b>Asimetría</b>		-,179	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,467	1,334
<b>43</b>	<b>Media</b>		2,4910	,03722
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,4068	
		<b>Límite superior</b>	2,5752	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,4900	
	<b>Mediana</b>		2,4850	
	<b>Varianza</b>		,014	
	<b>Desviación estándar</b>		,11770	
	<b>Mínimo</b>		2,31	
	<b>Máximo</b>		2,69	
	<b>Rango</b>		,38	
	<b>Rango intercuartil</b>		,20	
	<b>Asimetría</b>		,156	,687
	<b>Curtosis</b>		-,604	1,334
<b>49</b>	<b>Media</b>		2,1720	,04816
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,0631	
		<b>Límite superior</b>	2,2809	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,1711	
	<b>Mediana</b>		2,1250	
	<b>Varianza</b>		,023	
	<b>Desviación estándar</b>		,15230	
	<b>Mínimo</b>		1,94	
	<b>Máximo</b>		2,42	
	<b>Rango</b>		,48	
	<b>Rango intercuartil</b>		,26	
	<b>Asimetría</b>		,434	,687
	<b>Curtosis</b>		-,676	1,334
<b>56</b>	<b>Media</b>		1,8980	,05368
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,7766	
		<b>Límite superior</b>	2,0194	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,8989	
	<b>Mediana</b>		1,8650	
	<b>Varianza</b>		,029	
	<b>Desviación estándar</b>		,16976	
	<b>Mínimo</b>		1,61	
	<b>Máximo</b>		2,17	
	<b>Rango</b>		,56	
	<b>Rango intercuartil</b>		,23	

	Asimetría		,131	,687
	Curtosis		-,316	1,334
64	Media		1,6630	,05952
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,5284 1,7976	
	Media recortada al 5%		1,6606	
	Mediana		1,6550	
	Varianza		,035	
	Desviación estándar		,18821	
	Mínimo		1,35	
	Máximo		2,02	
	Rango		,67	
	Rango intercuartil		,25	
	Asimetría		,267	,687
	Curtosis		,438	1,334
72	Media		1,4700	,06549
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,3219 1,6181	
	Media recortada al 5%		1,4606	
	Mediana		1,4100	
	Varianza		,043	
	Desviación estándar		,20710	
	Mínimo		1,19	
	Máximo		1,92	
	Rango		,73	
	Rango intercuartil		,27	
	Asimetría		1,021	,687
	Curtosis		1,481	1,334
82	Media		1,3010	,06374
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,1568 1,4452	
	Media recortada al 5%		1,2917	
	Mediana		1,2250	
	Varianza		,041	
	Desviación estándar		,20157	
	Mínimo		1,06	
	Máximo		1,71	
	Rango		,65	
	Rango intercuartil		,32	
	Asimetría		,960	,687
	Curtosis		,279	1,334
94	Media		1,1490	,06793
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	,9953 1,3027	
	Media recortada al 5%		1,1333	
	Mediana		1,0400	
	Varianza		,046	
	Desviación estándar		,21481	
	Mínimo		,96	
	Máximo		1,62	
	Rango		,66	
	Rango intercuartil		,32	
	Asimetría		1,340	,687

	<b>Curtosis</b>		1,239	1,334
<b>109</b>	<b>Media</b>		,9890	,05845
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,8568	
		<b>Límite superior</b>	1,1212	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,9733	
	<b>Mediana</b>		,8950	
	<b>Varianza</b>		,034	
	<b>Desviación estándar</b>		,18484	
	<b>Mínimo</b>		,83	
	<b>Máximo</b>		1,43	
	<b>Rango</b>		,60	
	<b>Rango intercuartil</b>		,24	
	<b>Asimetría</b>		1,734	,687
	<b>Curtosis</b>		3,067	1,334
<b>126</b>	<b>Media</b>		,8660	,04478
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,7647	
		<b>Límite superior</b>	,9673	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,8544	
	<b>Mediana</b>		,8300	
	<b>Varianza</b>		,020	
	<b>Desviación estándar</b>		,14159	
	<b>Mínimo</b>		,73	
	<b>Máximo</b>		1,21	
	<b>Rango</b>		,48	
	<b>Rango intercuartil</b>		,16	
	<b>Asimetría</b>		1,736	,687
	<b>Curtosis</b>		3,675	1,334
<b>144</b>	<b>Media</b>		,7500	,03360
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,6740	
		<b>Límite superior</b>	,8260	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,7411	
	<b>Mediana</b>		,7150	
	<b>Varianza</b>		,011	
	<b>Desviación estándar</b>		,10625	
	<b>Mínimo</b>		,65	
	<b>Máximo</b>		1,01	
	<b>Rango</b>		,36	
	<b>Rango intercuartil</b>		,11	
	<b>Asimetría</b>		1,774	,687
	<b>Curtosis</b>		3,890	1,334
<b>163</b>	<b>Media</b>		,6510	,02558
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,5931	
		<b>Límite superior</b>	,7089	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,6439	
	<b>Mediana</b>		,6350	
	<b>Varianza</b>		,007	
	<b>Desviación estándar</b>		,08089	
	<b>Mínimo</b>		,58	
	<b>Máximo</b>		,85	
	<b>Rango</b>		,27	
	<b>Rango intercuartil</b>		,09	
	<b>Asimetría</b>		1,827	,687
	<b>Curtosis</b>		4,034	1,334
<b>176</b>	<b>Media</b>		,5714	,02947



	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4993	
		Límite superior	,6435	
	Media recortada al 5%		,5677	
	Mediana		,5800	
	Varianza		,006	
	Desviación estándar		,07798	
	Mínimo		,49	
	Máximo		,72	
	Rango		,23	
	Rango intercuartil		,10	
	Asimetría		1,146	,794
	Curtosis		1,678	1,587
190	Media		,5260	,02112
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4674	
		Límite superior	,5846	
	Media recortada al 5%		,5250	
	Mediana		,5200	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,04722	
	Mínimo		,47	
	Máximo		,60	
	Rango		,13	
	Rango intercuartil		,07	
	Asimetría		,892	,913
	Curtosis		2,026	2,000
204	Media		,4700	,02646
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,3562	
		Límite superior	,5838	
	Media recortada al 5%		.	
	Mediana		,4800	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,04583	
	Mínimo		,42	
	Máximo		,51	
	Rango		,09	
	Rango intercuartil		.	
	Asimetría		-,935	1,225
	Curtosis		.	.

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.2.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 5% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 5% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 5% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos no pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde una de las significancias es inferior al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 5% de tensoactivo de palma”.

Tabla 27: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de	21	,100	10	,200*	,974	10	,924
	24	,142	10	,200*	,967	10	,858
	28	,156	10	,200*	,914	10	,313
	32	,174	10	,200*	,922	10	,377
	37	,173	10	,200*	,934	10	,488
	43	,105	10	,200*	,989	10	,995
	49	,257	10	,059	,903	10	,235
	56	,156	10	,200*	,963	10	,816
	64	,133	10	,200*	,980	10	,965
	72	,214	10	,200*	,922	10	,374
	82	,200	10	,200*	,912	10	,292
	94	,278	10	,028	,822	10	,027
	109	,265	10	,044	,783	10	,009
	126	,201	10	,200*	,833	10	,036
	144	,219	10	,191	,818	10	,024
	163	,207	10	,200*	,813	10	,021
	176	,214	7	,200*	,895	7	,300
190	,266	5	,200*	,933	5	,617	
204	,253	3	.	,964	3	,637	

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.2.3 Prueba bivariada Rho de Spearman:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 5% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Spearman es de -

0.988 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 5% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” es negativa perfecta.

Tabla 28: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (5% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de . . .
Rho de Spearman	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 - ,988** 190 175
	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de . . .	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	- ,988** 1,000 175 175

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.3 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 10% Tensoactivo de palma:

#### 5.4.3.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 10% de tensoactivo de palma en 18 pasadas.

Tabla 29: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas			Estadístico	Error estándar	
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de	21	Media	5,1420	,07271	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,9775	
			Límite superior	5,3065	
		Media recortada al 5%	5,1456		
		Mediana	5,1550		
		Varianza	,053		
		Desviación estándar	,22992		
		Mínimo	4,75		
		Máximo	5,47		
		Rango	,72		
		Rango intercuartil	,40		
		Asimetría	-,245	,687	
		Curtosis	-,875	1,334	
	24	Media	4,4790	,12240	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,2021	
			Límite superior	4,7559	
		Media recortada al 5%	4,4744		
		Mediana	4,4250		
		Varianza	,150		
Desviación estándar		,38705			
Mínimo		3,94			
Máximo		5,10			
Rango		1,16			
Rango intercuartil		,65			
Asimetría		,497	,687		
Curtosis		-,759	1,334		
28	Media	3,8790	,13659		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5700		
		Límite superior	4,1880		
	Media recortada al 5%	3,8717			
	Mediana	3,7200			
	Varianza	,187			
	Desviación estándar	,43193			
	Mínimo	3,31			
	Máximo	4,58			
	Rango	1,27			
	Rango intercuartil	,77			
	Asimetría	,586	,687		
	Curtosis	-,943	1,334		
32	Media	3,3320	,12942		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,0392		
		Límite superior	3,6248		
	Media recortada al 5%	3,3206			
	Mediana	3,2150			
	Varianza	,167			
	Desviación estándar	,40925			
	Mínimo	2,80			
Máximo	4,07				

	<b>Rango</b>		1,27	
	<b>Rango intercuartil</b>		,72	
	<b>Asimetría</b>		,716	,687
	<b>Curtosis</b>		-,597	1,334
<b>37</b>	<b>Media</b>		2,8280	,09623
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,6103	
		<b>Límite superior</b>	3,0457	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,8139	
	<b>Mediana</b>		2,7600	
	<b>Varianza</b>		,093	
	<b>Desviación estándar</b>		,30430	
	<b>Mínimo</b>		2,52	
	<b>Máximo</b>		3,39	
	<b>Rango</b>		,87	
	<b>Rango intercuartil</b>		,59	
	<b>Asimetría</b>		,840	,687
	<b>Curtosis</b>		-,575	1,334
<b>43</b>	<b>Media</b>		2,4940	,07560
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,3230	
		<b>Límite superior</b>	2,6650	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,4794	
	<b>Mediana</b>		2,4300	
	<b>Varianza</b>		,057	
	<b>Desviación estándar</b>		,23908	
	<b>Mínimo</b>		2,23	
	<b>Máximo</b>		3,02	
	<b>Rango</b>		,79	
	<b>Rango intercuartil</b>		,31	
	<b>Asimetría</b>		1,203	,687
	<b>Curtosis</b>		1,478	1,334
<b>49</b>	<b>Media</b>		2,2040	,04490
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,1024	
		<b>Límite superior</b>	2,3056	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,1917	
	<b>Mediana</b>		2,1750	
	<b>Varianza</b>		,020	
	<b>Desviación estándar</b>		,14199	
	<b>Mínimo</b>		2,08	
	<b>Máximo</b>		2,55	
	<b>Rango</b>		,47	
	<b>Rango intercuartil</b>		,17	
	<b>Asimetría</b>		1,762	,687
	<b>Curtosis</b>		3,724	1,334
<b>56</b>	<b>Media</b>		1,9430	,04331
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,8450	
		<b>Límite superior</b>	2,0410	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,9367	
	<b>Mediana</b>		1,9400	
	<b>Varianza</b>		,019	
	<b>Desviación estándar</b>		,13695	
	<b>Mínimo</b>		1,75	
	<b>Máximo</b>		2,25	
	<b>Rango</b>		,50	
	<b>Rango intercuartil</b>		,13	
	<b>Asimetría</b>		,995	,687

	<b>Curtosis</b>		2,406	1,334
<b>64</b>	<b>Media</b>		1,7720	,04744
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,6647	
		<b>Límite superior</b>	1,8793	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,7628	
	<b>Mediana</b>		1,7550	
	<b>Varianza</b>		,023	
	<b>Desviación estándar</b>		,15002	
	<b>Mínimo</b>		1,60	
	<b>Máximo</b>		2,11	
	<b>Rango</b>		,51	
	<b>Rango intercuartil</b>		,21	
	<b>Asimetría</b>		1,235	,687
	<b>Curtosis</b>		1,971	1,334
<b>72</b>	<b>Media</b>		1,5390	,05032
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,4252	
		<b>Límite superior</b>	1,6528	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,5306	
	<b>Mediana</b>		1,5200	
	<b>Varianza</b>		,025	
	<b>Desviación estándar</b>		,15913	
	<b>Mínimo</b>		1,36	
	<b>Máximo</b>		1,87	
	<b>Rango</b>		,51	
	<b>Rango intercuartil</b>		,27	
	<b>Asimetría</b>		,839	,687
	<b>Curtosis</b>		,707	1,334
<b>82</b>	<b>Media</b>		1,3340	,04377
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,2350	
		<b>Límite superior</b>	1,4330	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,3322	
	<b>Mediana</b>		1,2950	
	<b>Varianza</b>		,019	
	<b>Desviación estándar</b>		,13842	
	<b>Mínimo</b>		1,14	
	<b>Máximo</b>		1,56	
	<b>Rango</b>		,42	
	<b>Rango intercuartil</b>		,21	
	<b>Asimetría</b>		,551	,687
	<b>Curtosis</b>		-,668	1,334
<b>94</b>	<b>Media</b>		1,1680	,03935
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,0790	
		<b>Límite superior</b>	1,2570	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,1683	
	<b>Mediana</b>		1,1700	
	<b>Varianza</b>		,015	
	<b>Desviación estándar</b>		,12444	
	<b>Mínimo</b>		,96	
	<b>Máximo</b>		1,37	
	<b>Rango</b>		,41	
	<b>Rango intercuartil</b>		,19	
	<b>Asimetría</b>		,015	,687
	<b>Curtosis</b>		-,485	1,334
<b>109</b>	<b>Media</b>		1,0230	,03763

	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,9379	
		<b>Límite superior</b>	1,1081	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,0239	
	<b>Mediana</b>		1,0100	
	<b>Varianza</b>		,014	
	<b>Desviación estándar</b>		,11898	
	<b>Mínimo</b>		,85	
	<b>Máximo</b>		1,18	
	<b>Rango</b>		,33	
	<b>Rango intercuartil</b>		,25	
	<b>Asimetría</b>		-,025	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,490	1,334
<b>126</b>	<b>Media</b>		,8670	,02599
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,8082	
		<b>Límite superior</b>	,9258	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,8667	
	<b>Mediana</b>		,8450	
	<b>Varianza</b>		,007	
	<b>Desviación estándar</b>		,08220	
	<b>Mínimo</b>		,76	
	<b>Máximo</b>		,98	
	<b>Rango</b>		,22	
	<b>Rango intercuartil</b>		,17	
	<b>Asimetría</b>		,282	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,653	1,334
<b>144</b>	<b>Media</b>		,7740	,02647
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,7141	
		<b>Límite superior</b>	,8339	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,7717	
	<b>Mediana</b>		,7700	
	<b>Varianza</b>		,007	
	<b>Desviación estándar</b>		,08369	
	<b>Mínimo</b>		,66	
	<b>Máximo</b>		,93	
	<b>Rango</b>		,27	
	<b>Rango intercuartil</b>		,12	
	<b>Asimetría</b>		,517	,687
	<b>Curtosis</b>		-,162	1,334
<b>163</b>	<b>Media</b>		,6780	,02270
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,6267	
		<b>Límite superior</b>	,7293	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,6783	
	<b>Mediana</b>		,6750	
	<b>Varianza</b>		,005	
	<b>Desviación estándar</b>		,07177	
	<b>Mínimo</b>		,56	
	<b>Máximo</b>		,79	
	<b>Rango</b>		,23	
	<b>Rango intercuartil</b>		,12	
	<b>Asimetría</b>		,133	,687
	<b>Curtosis</b>		-,529	1,334
<b>176</b>	<b>Media</b>		,5800	,02726
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,5156	
		<b>Límite superior</b>	,6444	

	Media recortada al 5%		,5800	
	Mediana		,5850	
	Varianza		,006	
	Desviación estándar		,07709	
	Mínimo		,46	
	Máximo		,70	
	Rango		,24	
	Rango intercuartil		,12	
	Asimetría		-,012	,752
	Curtosis		-,373	1,481
190	Media		,5300	,01612
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4886	
		Límite superior	,5714	
	Media recortada al 5%		,5300	
	Mediana		,5350	
	Varianza		,002	
	Desviación estándar		,03950	
	Mínimo		,47	
	Máximo		,59	
	Rango		,12	
	Rango intercuartil		,05	
	Asimetría		-,029	,845
	Curtosis		1,257	1,741
204	Media		,4750	,00866
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4474	
		Límite superior	,5026	
	Media recortada al 5%		,4756	
	Mediana		,4800	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,01732	
	Mínimo		,45	
	Máximo		,49	
	Rango		,04	
	Rango intercuartil		,03	
	Asimetría		-1,540	1,014
	Curtosis		2,889	2,619

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.3.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 10% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 10% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.



Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 10% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos no pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde una de las significancias es inferior al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 10% de tensoactivo de palma”.

Tabla 30: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de	21	,111	10	,200*	,976	10	,940
	24	,148	10	,200*	,937	10	,524
	28	,235	10	,125	,919	10	,345
	32	,231	10	,139	,912	10	,298
	37	,263	10	,049	,875	10	,115
	43	,183	10	,200*	,905	10	,249
	49	,196	10	,200*	,811	10	,020
	56	,194	10	,200*	,915	10	,314
	64	,179	10	,200*	,901	10	,223
	72	,141	10	,200*	,924	10	,390
	82	,169	10	,200*	,933	10	,476
	94	,108	10	,200*	,986	10	,989
	109	,157	10	,200*	,933	10	,474
	126	,174	10	,200*	,901	10	,227
	144	,134	10	,200*	,967	10	,862
	163	,189	10	,200*	,963	10	,824
	176	,102	8	,200*	,995	8	,999
190	,233	6	,200*	,958	6	,807	
204	,364	4	.	,840	4	,195	

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.3.3 Prueba bivariada Rho de Spearman:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 10% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman,

obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Spearman es de -0.992 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 10% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” es negativa perfecta.

Tabla 31: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (10% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de .
Rho de Spearman	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	1,000 . 190
	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de .	Coefficiente de correlación Sig. (bilateral) N	-.992** 1,000 178

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas al 15% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.4.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 15% de tensoactivo de palma en 18 pasadas.

Tabla 32: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas			Estadístico	Error estándar	
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de .	21	Media	5,1760	,07950	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,9962	
			Límite superior	5,3558	
		Media recortada al 5%	5,1739		
		Mediana	5,1700		
		Varianza	,063		
		Desviación estándar	,25140		
		Mínimo	4,84		
		Máximo	5,55		
		Rango	,71		
		Rango intercuartil	,50		
		Asimetría	,048	,687	
		Curtosis	-1,424	1,334	
		24	24	Media	4,5430
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			4,3942	
	Límite superior			4,6918	
Media recortada al 5%	4,5489				
Mediana	4,5400				
Varianza	,043				
Desviación estándar	,20806				
Mínimo	4,15				
Máximo	4,83				
Rango	,68				
Rango intercuartil	,35				
Asimetría	-,356			,687	
Curtosis	-,147			1,334	
28	28			Media	3,9550
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,7570	
			Límite superior	4,1530	
		Media recortada al 5%	3,9522		
		Mediana	3,9350		
		Varianza	,077		
		Desviación estándar	,27678		
		Mínimo	3,47		
		Máximo	4,49		
		Rango	1,02		
		Rango intercuartil	,28		
		Asimetría	,367	,687	
		Curtosis	1,168	1,334	
		32	32	Media	3,3320
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior			3,1744	
	Límite superior			3,4896	
Media recortada al 5%	3,3300				
Mediana	3,3250				
Varianza	,049				
Desviación estándar	,22029				
Mínimo	2,95				
Máximo	3,75				

	<b>Rango</b>		,80	
	<b>Rango intercuartil</b>		,25	
	<b>Asimetría</b>		,324	,687
	<b>Curtosis</b>		,938	1,334
<b>37</b>	<b>Media</b>		2,8920	,03941
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,8029	
		<b>Límite superior</b>	2,9811	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,8817	
	<b>Mediana</b>		2,8300	
	<b>Varianza</b>		,016	
	<b>Desviación estándar</b>		,12461	
	<b>Mínimo</b>		2,79	
	<b>Máximo</b>		3,18	
	<b>Rango</b>		,39	
	<b>Rango intercuartil</b>		,18	
	<b>Asimetría</b>		1,557	,687
	<b>Curtosis</b>		2,305	1,334
<b>43</b>	<b>Media</b>		2,5750	,05427
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,4522	
		<b>Límite superior</b>	2,6978	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,5744	
	<b>Mediana</b>		2,6350	
	<b>Varianza</b>		,029	
	<b>Desviación estándar</b>		,17161	
	<b>Mínimo</b>		2,34	
	<b>Máximo</b>		2,82	
	<b>Rango</b>		,48	
	<b>Rango intercuartil</b>		,34	
	<b>Asimetría</b>		-,337	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,371	1,334
<b>49</b>	<b>Media</b>		2,2640	,05500
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,1396	
		<b>Límite superior</b>	2,3884	
	<b>Media recortada al 5%</b>		2,2661	
	<b>Mediana</b>		2,2850	
	<b>Varianza</b>		,030	
	<b>Desviación estándar</b>		,17392	
	<b>Mínimo</b>		1,98	
	<b>Máximo</b>		2,51	
	<b>Rango</b>		,53	
	<b>Rango intercuartil</b>		,32	
	<b>Asimetría</b>		-,271	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,170	1,334
<b>56</b>	<b>Media</b>		1,9690	,06727
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,8168	
		<b>Límite superior</b>	2,1212	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,9656	
	<b>Mediana</b>		1,9750	
	<b>Varianza</b>		,045	
	<b>Desviación estándar</b>		,21273	
	<b>Mínimo</b>		1,65	
	<b>Máximo</b>		2,35	
	<b>Rango</b>		,70	
	<b>Rango intercuartil</b>		,26	

	Asimetría		,438	,687
	Curtosis		,005	1,334
64	Media		1,7150	,06112
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,5767 1,8533	
	Media recortada al 5%		1,7033	
	Mediana		1,6650	
	Varianza		,037	
	Desviación estándar		,19329	
	Mínimo		1,54	
	Máximo		2,10	
	Rango		,56	
	Rango intercuartil		,27	
	Asimetría		1,239	,687
	Curtosis		,525	1,334
72	Media		1,5180	,04919
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,4067 1,6293	
	Media recortada al 5%		1,5122	
	Mediana		1,4700	
	Varianza		,024	
	Desviación estándar		,15555	
	Mínimo		1,36	
	Máximo		1,78	
	Rango		,42	
	Rango intercuartil		,30	
	Asimetría		,578	,687
	Curtosis		-1,310	1,334
82	Media		1,3480	,03339
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,2725 1,4235	
	Media recortada al 5%		1,3506	
	Mediana		1,3550	
	Varianza		,011	
	Desviación estándar		,10560	
	Mínimo		1,14	
	Máximo		1,51	
	Rango		,37	
	Rango intercuartil		,13	
	Asimetría		-,497	,687
	Curtosis		,388	1,334
94	Media		1,1800	,03235
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	1,1068 1,2532	
	Media recortada al 5%		1,1844	
	Mediana		1,2000	
	Varianza		,010	
	Desviación estándar		,10231	
	Mínimo		,96	
	Máximo		1,32	
	Rango		,36	
	Rango intercuartil		,13	
	Asimetría		-,981	,687
	Curtosis		1,416	1,334
109	Media		1,0070	,02989

	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,9394	
		<b>Límite superior</b>	1,0746	
	<b>Media recortada al 5%</b>		1,0117	
	<b>Mediana</b>		1,0150	
	<b>Varianza</b>		,009	
	<b>Desviación estándar</b>		,09452	
	<b>Mínimo</b>		,81	
	<b>Máximo</b>		1,12	
	<b>Rango</b>		,31	
	<b>Rango intercuartil</b>		,14	
	<b>Asimetría</b>		-,937	,687
	<b>Curtosis</b>		,869	1,334
<b>126</b>	<b>Media</b>		,8810	,02892
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,8156	
		<b>Límite superior</b>	,9464	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,8800	
	<b>Mediana</b>		,8650	
	<b>Varianza</b>		,008	
	<b>Desviación estándar</b>		,09146	
	<b>Mínimo</b>		,76	
	<b>Máximo</b>		1,02	
	<b>Rango</b>		,26	
	<b>Rango intercuartil</b>		,16	
	<b>Asimetría</b>		,104	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,207	1,334
<b>144</b>	<b>Media</b>		,7800	,02765
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,7175	
		<b>Límite superior</b>	,8425	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,7789	
	<b>Mediana</b>		,7700	
	<b>Varianza</b>		,008	
	<b>Desviación estándar</b>		,08743	
	<b>Mínimo</b>		,67	
	<b>Máximo</b>		,91	
	<b>Rango</b>		,24	
	<b>Rango intercuartil</b>		,15	
	<b>Asimetría</b>		,160	,687
	<b>Curtosis</b>		-1,462	1,334
<b>163</b>	<b>Media</b>		,6780	,01914
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,6347	
		<b>Límite superior</b>	,7213	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,6789	
	<b>Mediana</b>		,6900	
	<b>Varianza</b>		,004	
	<b>Desviación estándar</b>		,06052	
	<b>Mínimo</b>		,57	
	<b>Máximo</b>		,77	
	<b>Rango</b>		,20	
	<b>Rango intercuartil</b>		,09	
	<b>Asimetría</b>		-,310	,687
	<b>Curtosis</b>		-,401	1,334
<b>176</b>	<b>Media</b>		,5889	,01522
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,5538	
		<b>Límite superior</b>	,6240	

	<b>Media recortada al 5%</b>		,5899	
	<b>Mediana</b>		,5900	
	<b>Varianza</b>		,002	
	<b>Desviación estándar</b>		,04567	
	<b>Mínimo</b>		,51	
	<b>Máximo</b>		,65	
	<b>Rango</b>		,14	
	<b>Rango intercuartil</b>		,07	
	<b>Asimetría</b>		-,545	,717
	<b>Curtosis</b>		-,155	1,400
<b>190</b>	<b>Media</b>		,5171	,01392
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,4831	
		<b>Límite superior</b>	,5512	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,5190	
	<b>Mediana</b>		,5300	
	<b>Varianza</b>		,001	
	<b>Desviación estándar</b>		,03684	
	<b>Mínimo</b>		,45	
	<b>Máximo</b>		,55	
	<b>Rango</b>		,10	
	<b>Rango intercuartil</b>		,06	
	<b>Asimetría</b>		-1,111	,794
	<b>Curtosis</b>		,554	1,587
<b>204</b>	<b>Media</b>		,4760	,01400
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	,4371	
		<b>Límite superior</b>	,5149	
	<b>Media recortada al 5%</b>		,4767	
	<b>Mediana</b>		,4900	
	<b>Varianza</b>		,001	
	<b>Desviación estándar</b>		,03130	
	<b>Mínimo</b>		,43	
	<b>Máximo</b>		,51	
	<b>Rango</b>		,08	
	<b>Rango intercuartil</b>		,05	
	<b>Asimetría</b>		-,769	,913
	<b>Curtosis</b>		-,248	2,000

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 15% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 15% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 18 pasadas al utilizar el 15% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos no pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde una de las significancias es inferior al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma”.

Tabla 33: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de	21	,146	10	,200*	,945	10	,609
	24	,152	10	,200*	,952	10	,687
	28	,207	10	,200*	,959	10	,771
	32	,186	10	,200*	,961	10	,792
	37	,291	10	,017	,807	10	,018
	43	,226	10	,160	,898	10	,209
	49	,190	10	,200*	,950	10	,664
	56	,205	10	,200*	,957	10	,751
	64	,210	10	,200*	,839	10	,043
	72	,195	10	,200*	,880	10	,132
	82	,221	10	,180	,928	10	,433
	94	,148	10	,200*	,947	10	,637
	109	,213	10	,200*	,930	10	,447
	126	,148	10	,200*	,942	10	,574
	144	,216	10	,200*	,918	10	,338
	163	,142	10	,200*	,978	10	,953
	176	,201	9	,200*	,936	9	,540
190	,208	7	,200*	,882	7	,233	
204	,273	5	,200*	,931	5	,603	

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4.3 Prueba bivariada Rho de Spearman:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 18 pasadas empleando el 15% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman,



obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Spearman es de -0.994 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 18 pasadas” es negativa perfecta.

Tabla 34: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas (15% Tensoactivo de palma)

			Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma
Rho de Spearman	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 18 pasadas	Coefficiente de correlación	1,000	-,994**
		Sig. (bilateral)	,000	,000
		N	190	181
	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma	Coefficiente de correlación	-,994**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000
		N	181	181

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.4.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 60 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución no normal entre el tiempo de evacuación para 18 pasadas y la permeabilidad empleando el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R<sup>2</sup> igual 0.965 para el 0% de tensoactivo de palma, R<sup>2</sup> igual a 0.96 para el 5% de tensoactivo de palma, R<sup>2</sup> igual a 0.951 para el 10% de tensoactivo de palma y R<sup>2</sup> igual a 0.965 para el 15% de tensoactivo de palma.

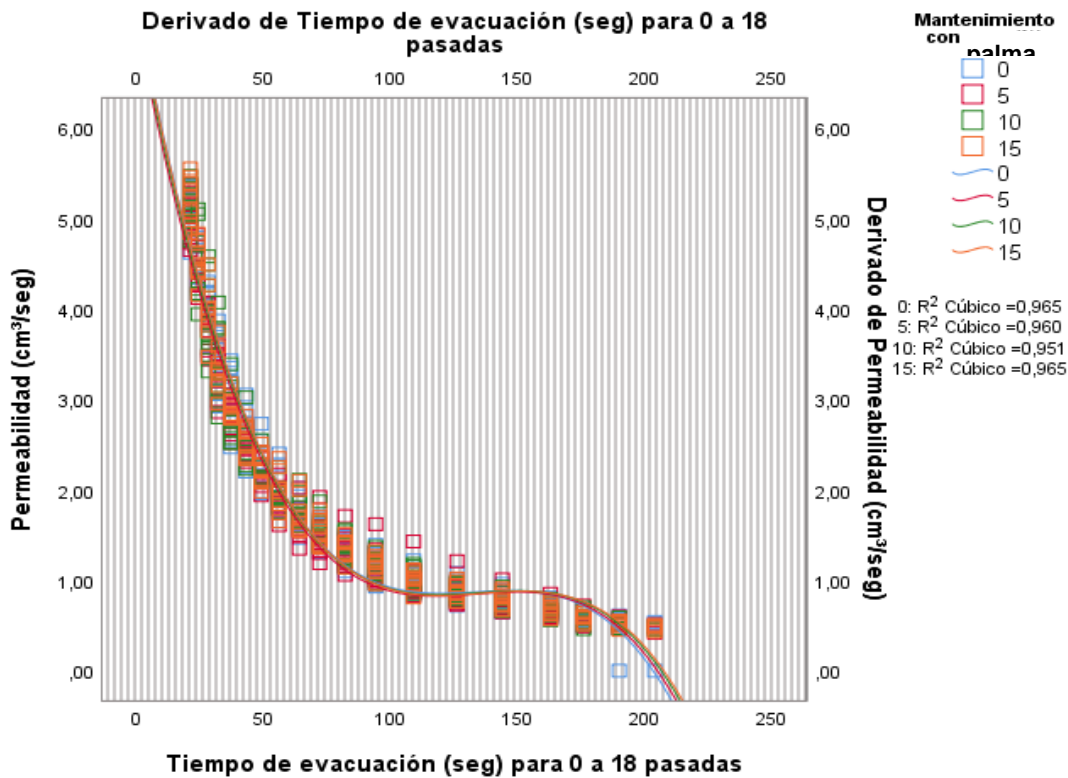


Figura 60: Diagrama de burbujas para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 18 pasadas

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.5 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 0% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.5.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 0% de tensoactivo de palma en 5 mantenimientos.

Tabla 35: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos		Estadístico	Error estándar
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de	0	Media	,4970
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4686
		Límite superior	,5254
	Media recortada al 5%	,4978	
	Mediana	,4950	
	Varianza	,002	
	Desviación estándar	,03974	
	Mínimo	,42	

	Máximo		,56	
	Rango		,14	
	Rango intercuartil		,05	
	Asimetría		-,374	,687
	Curtosis		,616	1,334
20	Media		,6700	,02404
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,6156	
		Límite superior	,7244	
	Media recortada al 5%		,6711	
	Mediana		,6650	
	Varianza		,006	
	Desviación estándar		,07601	
	Mínimo		,55	
	Máximo		,77	
	Rango		,22	
	Rango intercuartil		,14	
	Asimetría		-,097	,687
	Curtosis		-,812	1,334
40	Media		1,0060	,05179
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,8888	
		Límite superior	1,1232	
	Media recortada al 5%		1,0067	
	Mediana		,9850	
	Varianza		,027	
	Desviación estándar		,16379	
	Mínimo		,77	
	Máximo		1,23	
	Rango		,46	
	Rango intercuartil		,30	
	Asimetría		-,025	,687
	Curtosis		-1,526	1,334
60	Media		1,5600	,06563
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,4115	
		Límite superior	1,7085	
	Media recortada al 5%		1,5589	
	Mediana		1,5150	
	Varianza		,043	
	Desviación estándar		,20753	
	Mínimo		1,26	
	Máximo		1,88	
	Rango		,62	
	Rango intercuartil		,38	
	Asimetría		,192	,687
	Curtosis		-1,095	1,334
80	Media		2,5100	,07641
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,3372	
		Límite superior	2,6828	
	Media recortada al 5%		2,5000	
	Mediana		2,4850	
	Varianza		,058	
	Desviación estándar		,24161	
	Mínimo		2,20	
	Máximo		3,00	
	Rango		,80	
	Rango intercuartil		,35	

<b>100</b>	<b>Asimetría</b>		,769	,687	
	<b>Curtosis</b>		,474	1,334	
	<b>Media</b>		3,4870	,03033	
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>		3,4184	
		<b>Límite superior</b>		3,5556	
	<b>Media recortada al 5%</b>		3,4839		
	<b>Mediana</b>		3,4600		
	<b>Varianza</b>		,009		
	<b>Desviación estándar</b>		,09592		
	<b>Mínimo</b>		3,36		
	<b>Máximo</b>		3,67		
	<b>Rango</b>		,31		
	<b>Rango intercuartil</b>		,12		
	<b>Asimetría</b>		,884	,687	
	<b>Curtosis</b>		,166	1,334	

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.5.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 0% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 0% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 0% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 0% de tensoactivo de palma”.

Tabla 36: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de .	0	,134	10	,200*	,981	10	,970
	20	,200	10	,200*	,908	10	,268
	40	,157	10	,200*	,938	10	,530
	60	,157	10	,200*	,955	10	,734
	80	,145	10	,200*	,952	10	,693
	100	,224	10	,169	,906	10	,256

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.5.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 0% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.953 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 0% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” es positiva perfecta.

Tabla 37: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (0% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de palma
Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Correlación de Pearson	1	,953**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	60	60
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 0% de palma	Correlación de Pearson	,953**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	60	60

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.6 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 5% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.6.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 5% de tensoactivo de palma en 5 mantenimientos.

Tabla 38: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos		Estadístico	Error estándar			
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de	0	Media	,5000	,01065		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4759		
			Límite superior	,5241		
		Media recortada al 5%	,5017			
		Mediana	,5100			
		Varianza	,001			
		Desviación estándar	,03367			
		Mínimo	,42			
		Máximo	,55			
		Rango	,13			
		Rango intercuartil	,02			
		Asimetría	-1,398	,687		
		Curtosis	3,746	1,334		
		20	20	Media	,8170	,03333
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7416
Límite superior	,8924					
Media recortada al 5%	,8156					
Mediana	,8100					
Varianza	,011					
Desviación estándar	,10541					
Mínimo	,70					
Máximo	,96					
Rango	,26					
Rango intercuartil	,21					
Asimetría	,174			,687		
Curtosis	-1,910			1,334		
40	40			Media	1,2370	,06856
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,0819
		Límite superior	1,3921			
		Media recortada al 5%	1,2406			
		Mediana	1,3100			
		Varianza	,047			
		Desviación estándar	,21680			
		Mínimo	,90			
		Máximo	1,51			
		Rango	,61			
		Rango intercuartil	,39			
		Asimetría	-,341	,687		
		Curtosis	-1,632	1,334		

60	Media		1,9010	,09853
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,6781	
		Límite superior	2,1239	
	Media recortada al 5%		1,8989	
	Mediana		1,8300	
	Varianza		,097	
	Desviación estándar		,31157	
	Mínimo		1,47	
	Máximo		2,37	
	Rango		,90	
	Rango intercuartil		,55	
	Asimetría		,208	,687
	Curtosis		-1,296	1,334
80	Media		2,8860	,08687
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6895	
		Límite superior	3,0825	
	Media recortada al 5%		2,8922	
	Mediana		2,8750	
	Varianza		,075	
	Desviación estándar		,27472	
	Mínimo		2,43	
	Máximo		3,23	
	Rango		,80	
	Rango intercuartil		,48	
	Asimetría		-,241	,687
	Curtosis		-1,351	1,334
100	Media		3,8570	,05694
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,7282	
		Límite superior	3,9858	
	Media recortada al 5%		3,8622	
	Mediana		3,9000	
	Varianza		,032	
	Desviación estándar		,18006	
	Mínimo		3,53	
	Máximo		4,09	
	Rango		,56	
	Rango intercuartil		,27	
	Asimetría		-,744	,687
	Curtosis		-,353	1,334

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.6.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 5% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 5% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 5% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 5% de tensoactivo de palma”.

Tabla 39: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de	0					
	20					
	40					
	60					
	80					
	100					

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.6.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 5% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.964 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 5% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” es positiva perfecta.



Tabla 40: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (5% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de
Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Correlación de Pearson	1	,964**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	60	60
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 5% de	Correlación de Pearson	,964**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	60	60

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.7 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 10% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.7.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 10% de tensoactivo de palma en 5 mantenimientos.

Tabla 41: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Estadístico	Error estándar		
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de coco	0	Media	,4860	,00859		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4666		
			Límite superior	,5054		
		Media recortada al 5%	,4850			
		Mediana	,4800			
		Varianza	,001			
		Desviación estándar	,02716			
		Mínimo	,45			
		Máximo	,54			
		Rango	,09			
		Rango intercuartil	,04			
		Asimetría	,778	,687		
		Curtosis	,247	1,334		
		20	20	Media	,7990	,02635
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,7394
Límite superior	,8586					
Media recortada al 5%	,7967					
Mediana	,7950					
Varianza	,007					
Desviación estándar	,08333					
Mínimo	,68					
Máximo	,96					
Rango	,28					

	Rango intercuartil		,11	
	Asimetría		,395	,687
	Curtosis		,476	1,334
40	Media		1,2980	,05507
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,1734	
		Límite superior	1,4226	
	Media recortada al 5%		1,3061	
	Mediana		1,3450	
	Varianza		,030	
	Desviación estándar		,17415	
	Mínimo		,97	
	Máximo		1,48	
	Rango		,51	
	Rango intercuartil		,32	
	Asimetría		-.870	,687
	Curtosis		-.413	1,334
60	Media		2,4420	,05264
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,3229	
		Límite superior	2,5611	
	Media recortada al 5%		2,4500	
	Mediana		2,4750	
	Varianza		,028	
	Desviación estándar		,16645	
	Mínimo		2,09	
	Máximo		2,65	
	Rango		,56	
	Rango intercuartil		,24	
	Asimetría		-.985	,687
	Curtosis		,957	1,334
80	Media		3,6200	,03830
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,5334	
		Límite superior	3,7066	
	Media recortada al 5%		3,6139	
	Mediana		3,5950	
	Varianza		,015	
	Desviación estándar		,12111	
	Mínimo		3,48	
	Máximo		3,87	
	Rango		,39	
	Rango intercuartil		,17	
	Asimetría		1,028	,687
	Curtosis		,676	1,334
100	Media		5,0100	,08926
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,8081	
		Límite superior	5,2119	
	Media recortada al 5%		5,0161	
	Mediana		5,0100	
	Varianza		,080	
	Desviación estándar		,28225	
	Mínimo		4,54	
	Máximo		5,37	
	Rango		,83	
	Rango intercuartil		,48	
	Asimetría		-.256	,687
	Curtosis		-.996	1,334

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.7.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 10% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 10% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 10% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 10% de tensoactivo de palma”.

Tabla 42: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de	0	,187	10	,200*	,943	10	,582
	20	,157	10	,200*	,956	10	,736
	40	,227	10	,152	,893	10	,184
	60	,159	10	,200*	,937	10	,523
	80	,140	10	,200*	,924	10	,388
	100	,115	10	,200*	,956	10	,735

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.7.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 10% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de

0.969 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 10% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” es positiva perfecta.

Tabla 43: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (10% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de
Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Correlación de Pearson	1	,969**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	60	60
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 10% de	Correlación de Pearson	,969**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	60	60

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.8 Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos al 15% Tensoactivo de palma:

##### 5.4.8.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de infiltración para la permeabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 15% de tensoactivo de palma en 5 mantenimientos.

Tabla 44: Detallado estadístico para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma)

Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos			Estadístico	Error estándar	
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de	0	Media	,4940	,00777	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	,4764	
			Límite superior	,5116	
		Media recortada al 5%	,4944		
		Mediana	,4950		
		Varianza	,001		
		Desviación estándar	,02459		
		Mínimo	,45		
		Máximo	,53		
		Rango	,08		
		Rango intercuartil	,03		
		Asimetría	-,523	,687	
		Curtosis	,016	1,334	
		20	Media	1,8130	,03019
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior		1,7447		
	Límite superior		1,8813		

	Media recortada al 5%		1,8167	
	Mediana		1,8400	
	Varianza		,009	
	Desviación estándar		,09546	
	Mínimo		1,64	
	Máximo		1,92	
	Rango		,28	
	Rango intercuartil		,16	
	Asimetría		-,688	,687
	Curtosis		-,608	1,334
40	Media		2,3690	,07778
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1930	
		Límite superior	2,5450	
	Media recortada al 5%		2,3578	
	Mediana		2,3350	
	Varianza		,060	
	Desviación estándar		,24597	
	Mínimo		2,01	
	Máximo		2,93	
	Rango		,92	
	Rango intercuartil		,25	
	Asimetría		1,149	,687
	Curtosis		2,672	1,334
60	Media		3,3630	,01155
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,3369	
		Límite superior	3,3891	
	Media recortada al 5%		3,3622	
	Mediana		3,3600	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,03653	
	Mínimo		3,31	
	Máximo		3,43	
	Rango		,12	
	Rango intercuartil		,06	
	Asimetría		,537	,687
	Curtosis		-,003	1,334
80	Media		4,3440	,13134
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,0469	
		Límite superior	4,6411	
	Media recortada al 5%		4,3433	
	Mediana		4,3000	
	Varianza		,172	
	Desviación estándar		,41532	
	Mínimo		3,72	
	Máximo		4,98	
	Rango		1,26	
	Rango intercuartil		,66	
	Asimetría		,225	,687
	Curtosis		-,962	1,334
100	Media		5,1350	,07900
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4,9563	
		Límite superior	5,3137	
	Media recortada al 5%		5,1306	
	Mediana		5,1450	
	Varianza		,062	

<b>Desviación estándar</b>	,24981	
<b>Mínimo</b>	4,81	
<b>Máximo</b>	5,54	
<b>Rango</b>	,73	
<b>Rango intercuartil</b>	,47	
<b>Asimetría</b>	,063	,687
<b>Curtosis</b>	-1,126	1,334

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.8.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 15% de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 15% de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de permeabilidad al variar el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos al utilizar el 15% de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 10, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” en función de la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma”.

Tabla 45: Distribución paramétrica para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma)

	Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de	0	,235	10	,124	,941	10	,565
	20	,171	10	,200*	,921	10	,368
	40	,226	10	,160	,906	10	,254
	60	,233	10	,133	,933	10	,483
	80	,145	10	,200*	,959	10	,779
	100	,146	10	,200*	,949	10	,654

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.8.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos normal de los resultados de permeabilidad tras variar el tiempo de evacuación y realizar el ensayo de infiltración a 5 mantenimientos empleando el 15% de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.987 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “permeabilidad al mantenimiento con 15% de tensoactivo de palma” y la variable independiente “tiempo de evacuación a 5 mantenimientos” es positiva perfecta.

Tabla 46: Prueba bivariada para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos (15% Tensoactivo de palma)

		Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de palma
Tiempo de evacuación (seg) para 0 a 5 mantenimientos	Correlación de Pearson	1	,987**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	60	60
Permeabilidad (cm <sup>3</sup> /seg) - mantenimiento con 15% de palma	Correlación de Pearson	,987**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	60	60

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.8.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 61 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución normal entre el tiempo de evacuación para 5 mantenimientos y la permeabilidad empleando el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R<sup>2</sup> igual 0.956 para el 0% de tensoactivo de palma, R<sup>2</sup> igual a 0.98 para el 5% de tensoactivo de palma, R<sup>2</sup> igual a 0.983 para el 10% de tensoactivo de palma y R<sup>2</sup> igual a 0.98 para el 15% de tensoactivo de palma.

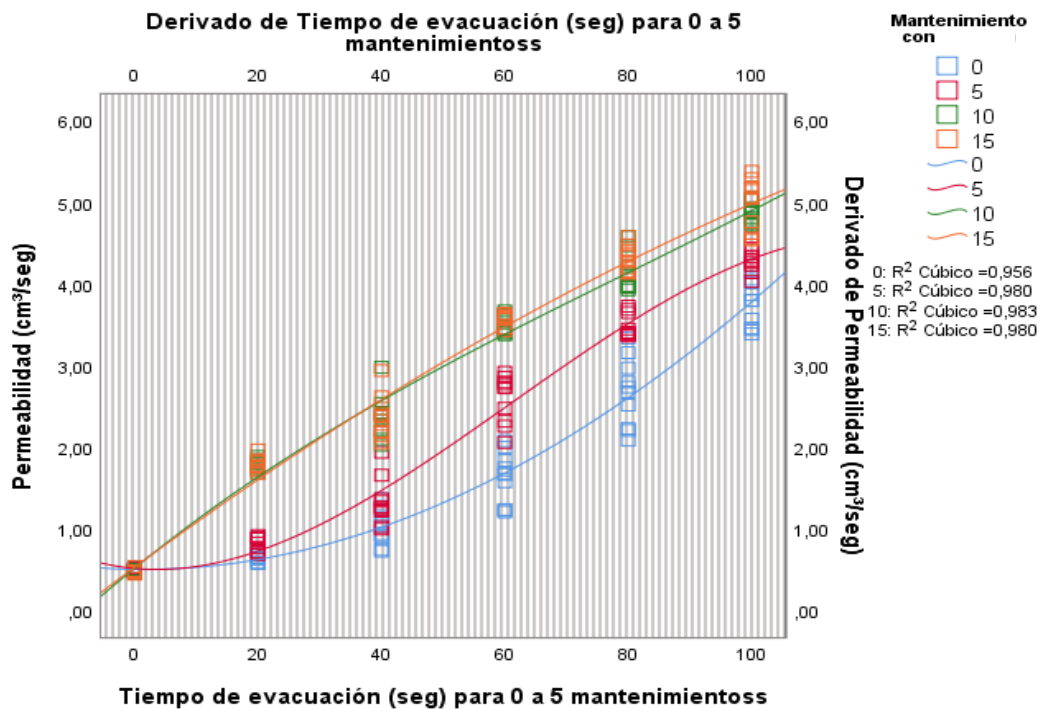


Figura 61: Diagrama de burbujas para Permeabilidad (cm<sup>3</sup>/seg) para 5 mantenimientos

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.9 Estabilidad (kg):

##### 5.4.9.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de Marshall para la estabilidad resultante al realizar el mantenimiento con el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma.

Tabla 47: Detallado estadístico para Estabilidad (kg)

Mantenimiento con Palma (%)		Estadístico	Error estándar	
Estabilidad (kg)	0%	Media	610,3950	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	608,3475	
		Límite superior	612,4425	
	Media recortada al 5%		610,4361	
	Mediana		610,7650	
	Varianza		1,656	
	Desviación estándar		1,28677	
	Mínimo		608,65	
	Máximo		611,40	
	Rango		2,75	
	Rango intercuartil		2,34	
	Asimetría		-1,092	1,014



	<b>Curtosis</b>		-,055	2,619
<b>5%</b>	<b>Media</b>		608,1725	,58260
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	606,3184	
		<b>Límite superior</b>	610,0266	
	<b>Media recortada al 5%</b>		608,1617	
	<b>Mediana</b>		608,0750	
	<b>Varianza</b>		1,358	
	<b>Desviación estándar</b>		1,16520	
	<b>Mínimo</b>		606,90	
	<b>Máximo</b>		609,64	
	<b>Rango</b>		2,74	
	<b>Rango intercuartil</b>		2,24	
	<b>Asimetría</b>		,428	1,014
	<b>Curtosis</b>		-,271	2,619
<b>10%</b>	<b>Media</b>		605,8875	,62253
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	603,9063	
		<b>Límite superior</b>	607,8687	
	<b>Media recortada al 5%</b>		605,8983	
	<b>Mediana</b>		605,9850	
	<b>Varianza</b>		1,550	
	<b>Desviación estándar</b>		1,24505	
	<b>Mínimo</b>		604,49	
	<b>Máximo</b>		607,09	
	<b>Rango</b>		2,60	
	<b>Rango intercuartil</b>		2,34	
	<b>Asimetría</b>		-,217	1,014
	<b>Curtosis</b>		-4,157	2,619
<b>15%</b>	<b>Media</b>		602,1025	,96870
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	599,0197	
		<b>Límite superior</b>	605,1853	
	<b>Media recortada al 5%</b>		602,0589	
	<b>Mediana</b>		601,7100	
	<b>Varianza</b>		3,753	
	<b>Desviación estándar</b>		1,93739	
	<b>Mínimo</b>		600,30	
	<b>Máximo</b>		604,69	
	<b>Rango</b>		4,39	
	<b>Rango intercuartil</b>		3,65	
	<b>Asimetría</b>		,931	1,014
	<b>Curtosis</b>		-,045	2,619

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.9.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la estabilidad tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de estabilidad al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de estabilidad al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 4, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” en función de la variable dependiente “Estabilidad”.

Tabla 48: Distribución paramétrica para Estabilidad (kg)

Mantenimiento con Palma (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad (kg) 0%	,266	4	.	,869	4	,295
5%	,157	4	.	,990	4	,956
10%	,261	4	.	,902	4	,441
15%	,215	4	.	,940	4	,654

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.9.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de Marshall tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.917 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “estabilidad” y la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” es negativa perfecta.

Tabla 49: Prueba bivariada para Estabilidad (kg)

		Mantenimiento con	Estabilidad (kg)
Mantenimiento con	Correlación de Pearson	1	-.917**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	16	16
Estabilidad (kg)	Correlación de Pearson	-.917**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	16	16

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.9.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 62 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución normal entre el porcentaje de tensoactivo de palma utilizado y la estabilidad, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.858.

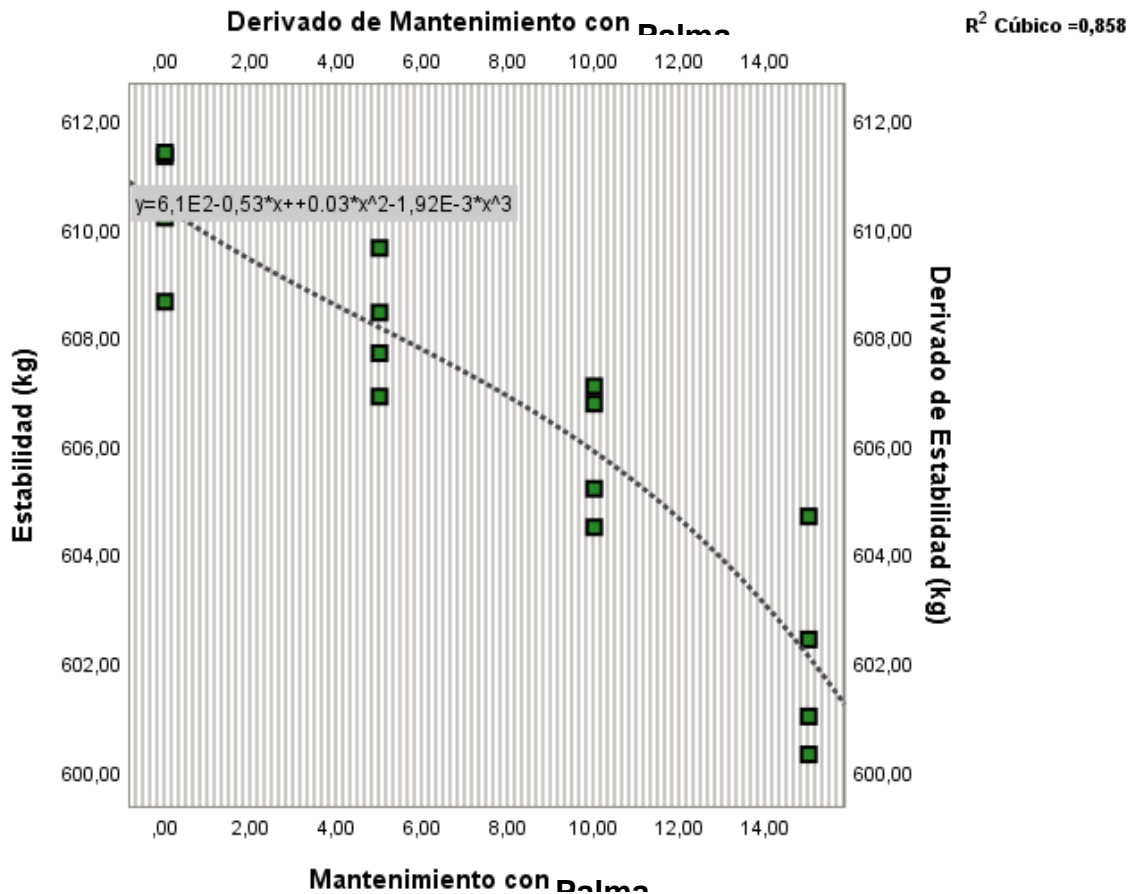


Figura 62: Diagrama de burbujas para Estabilidad (kg)

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.10 Flujo (mm):

##### 5.4.10.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de Marshall para el flujo resultante al realizar el mantenimiento con el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma.

Tabla 50: Detallado estadístico para Flujo (mm)

Mantenimiento con Palma (%)			Estadístico	Error estándar		
Flujo (mm)	0%	Media	3,0100	,02858		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,9191		
			Límite superior	3,1009		
		Media recortada al 5%	3,0094			
		Mediana	3,0050			
		Varianza	,003			
		Desviación estándar	,05715			
		Mínimo	2,95			
		Máximo	3,08			
		Rango	,13			
		Rango intercuartil	,11			
		Asimetría	,386	1,014		
		Curtosis	-1,649	2,619		
		5%	5%	Media	3,1000	,03136
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,0002
Límite superior	3,1998					
Media recortada al 5%	3,0994					
Mediana	3,0950					
Varianza	,004					
Desviación estándar	,06272					
Mínimo	3,03					
Máximo	3,18					
Rango	,15					
Rango intercuartil	,12					
Asimetría	,438			1,014		
Curtosis	,535			2,619		
10%	10%			Media	3,1475	,02562
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,0660
		Límite superior	3,2290			
		Media recortada al 5%	3,1478			
		Mediana	3,1500			
		Varianza	,003			
		Desviación estándar	,05123			
		Mínimo	3,09			
		Máximo	3,20			
		Rango	,11			
		Rango intercuartil	,10			
		Asimetría	-,158	1,014		
		Curtosis	-3,721	2,619		
		15%	15%	Media	3,1725	,02626
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,0889
Límite superior	3,2561					

<b>Media recortada al 5%</b>	3,1739	
<b>Mediana</b>	3,1850	
<b>Varianza</b>	,003	
<b>Desviación estándar</b>	,05252	
<b>Mínimo</b>	3,10	
<b>Máximo</b>	3,22	
<b>Rango</b>	,12	
<b>Rango intercuartil</b>	,10	
<b>Asimetría</b>	-1,165	1,014
<b>Curtosis</b>	1,085	2,619

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.10.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados del flujo tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de flujo al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de flujo al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 4, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” en función de la variable dependiente “Flujo”.

Tabla 51: Distribución paramétrica para Flujo (mm)

Mantenimiento con Palma	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo (mm) 0%	,200	4	.	,973	4	,861
5%	,187	4	.	,990	4	,957
10%	,237	4	.	,930	4	,594
15%	,231	4	.	,924	4	,562

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.10.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de Marshall tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.759 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “flujo” y la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” es positiva alta.

Tabla 52: Prueba bivariada para Flujo (mm)

		Mantenimiento con Palma (%)	Flujo (mm)
Mantenimiento con Palma (%)	Correlación de Pearson	1	,759**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	16	16
Flujo (mm)	Correlación de Pearson	,759**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	16	16

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.10.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 63 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución normal entre el porcentaje de tensoactivo de palma utilizado y el flujo, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.620.

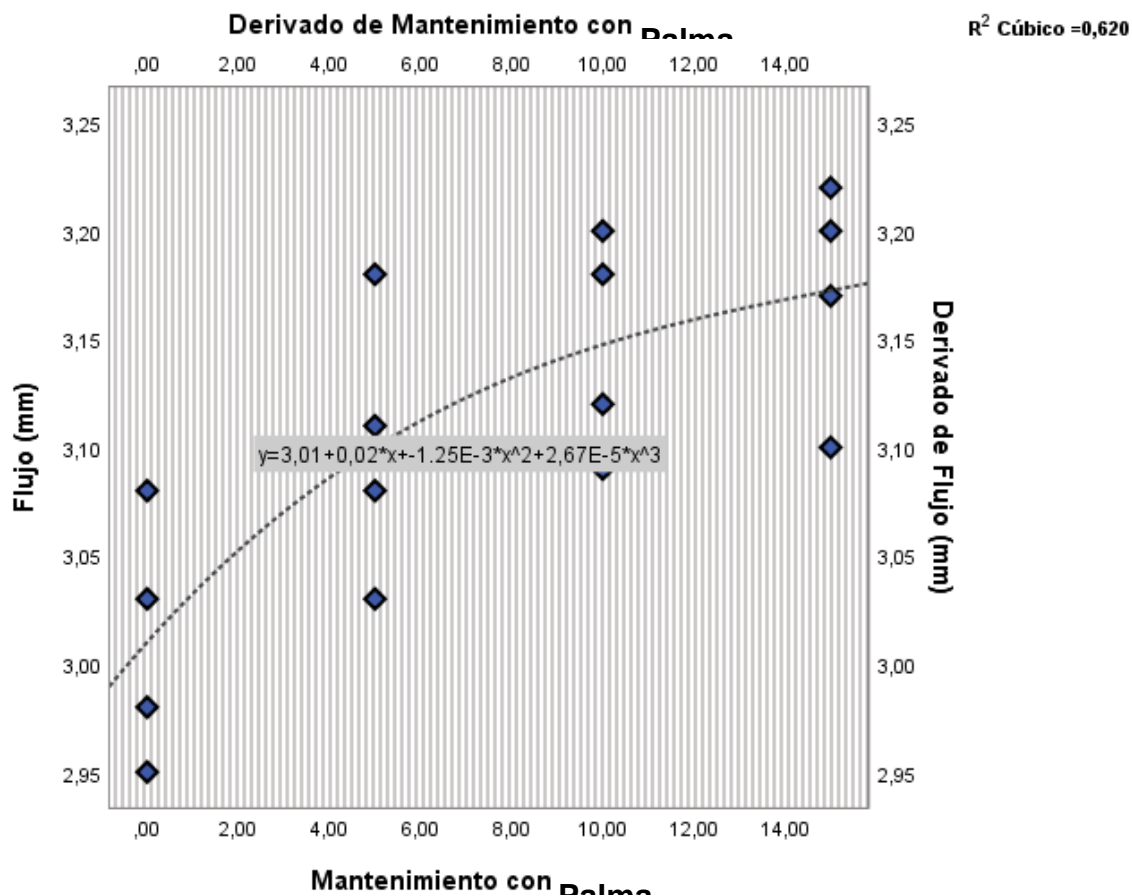


Figura 63: Diagrama de burbujas para Flujo (mm)

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.11 Desgaste en seco (%):

##### 5.4.11.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de Cántabro para la pérdida por desgaste en seco resultante al realizar el mantenimiento con el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma.

Tabla 53: Detallado estadístico para Desgaste en seco (%)

Mantenimiento con Palma (%)			Estadístico	Error estándar	
Pérdida por desgaste en seco (%)	0%	Media	22,7300	,15567	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,0602	
			Límite superior	23,3998	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	22,8600		
		Varianza	,073		
		Desviación estándar	,26963		
		Mínimo	22,42		
		Máximo	22,91		
		Rango	,49		
		Rango intercuartil	.		
		Asimetría	-1,665	1,225	
		Curtosis	.	.	
	5%	Media	22,9433	,22063	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	21,9940	
			Límite superior	23,8926	
		Media recortada al 5%	.		
		Mediana	22,9900		
		Varianza	,146		
		Desviación estándar	,38214		
Mínimo		22,54			
Máximo		23,30			
Rango		,76			
Rango intercuartil		.			
Asimetría		-,541	1,225		
Curtosis		.	.		
10%	Media	22,7533	,08950		
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	22,3682		
		Límite superior	23,1384		
	Media recortada al 5%	.			
	Mediana	22,7500			
	Varianza	,024			
	Desviación estándar	,15503			
	Mínimo	22,60			
	Máximo	22,91			
	Rango	,31			
	Rango intercuartil	.			
	Asimetría	,097	1,225		
	Curtosis	.	.		



15%	<b>Media</b>		22,7633	,06667
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	22,4765	
		<b>Límite superior</b>	23,0502	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		22,8300	
	<b>Varianza</b>		,013	
	<b>Desviación estándar</b>		,11547	
	<b>Mínimo</b>		22,63	
	<b>Máximo</b>		22,83	
	<b>Rango</b>		,20	
	<b>Rango intercuartil</b>			
	<b>Asimetría</b>		-1,732	1,225
	<b>Curtosis</b>			

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.11.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la pérdida por desgaste en seco tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de la pérdida por desgaste en seco al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de la pérdida por desgaste en seco al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos no pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde una de las significancias es inferior al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” en función de la variable dependiente “Desgaste en seco”.

Tabla 54: Distribución paramétrica para Desgaste en seco (%)

Mantenimiento con Palma (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pérdida por desgaste en seco (%)						
0%	,352	3	.	,826	3	,177
5%	,215	3	.	,989	3	,798
10%	,177	3	.	1,000	3	,964
15%	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.11.3 Prueba bivariada Rho de Spearman:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de Cántabro tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Rho de Spearman, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Spearman es de -0.613 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “desgaste en seco” y la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” es negativa moderada.

Tabla 55: Prueba bivariada para Desgaste en seco (%)

			Mantenimiento con Palma (%)	Pérdida por desgaste en seco (%)
Rho de Spearman	Mantenimiento con Palma (%)	Coefficiente de correlación	1,000	-,613
		Sig. (bilateral)	.	,169
		N	12	12
	Pérdida por desgaste en seco (%)	Coefficiente de correlación	-,613	1,000
		Sig. (bilateral)	,169	.
		N	12	12

Fuente: Elaboración Propia

### 5.4.11.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 64 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución normal entre el porcentaje de tensoactivo de palma utilizado y el desgaste en seco, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.145.

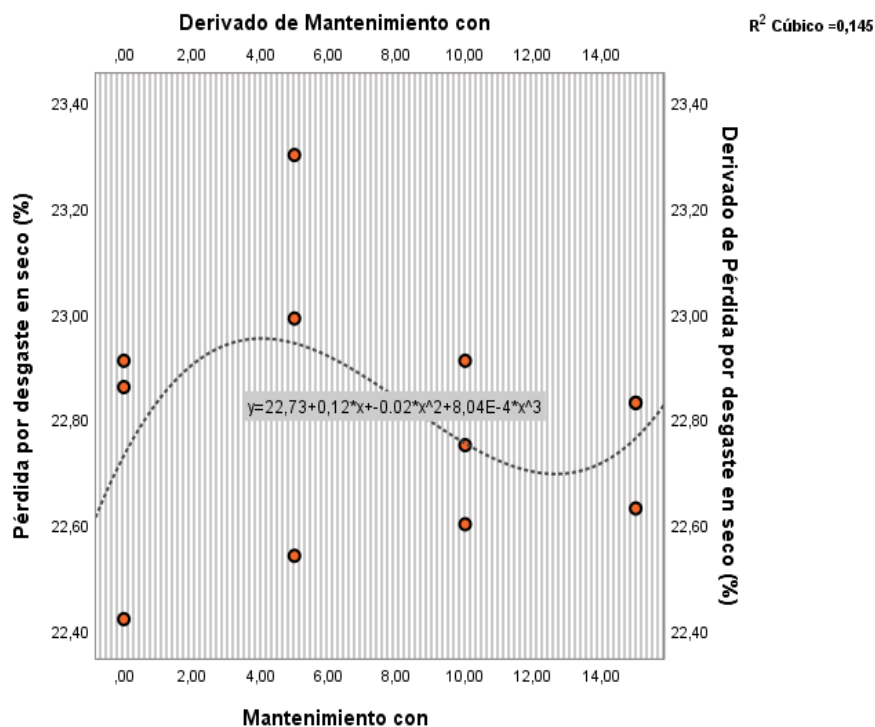


Figura 64: Diagrama de burbujas para Desgaste en seco (%)

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.12 Desgaste sumergido (%):

##### 5.4.12.1 Detallado estadístico:

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados del ensayo de Cántabro para la pérdida por desgaste sumergido resultante al realizar el mantenimiento con el 0%, 5%, 10% y 15% de tensoactivo de palma.

Tabla 56: Detallado estadístico para Desgaste sumergido (%)

Mantenimiento con Palma (%)		Estadístico	Error estándar
Pérdida por desgaste sumergido (%)	0%	Media	31,4167
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	30,4947
		Límite superior	32,3386
	Media recortada al 5%		
	Mediana	31,4500	
	Varianza	,138	
	Desviación estándar	,37112	
	Mínimo	31,03	
	Máximo	31,77	
	Rango	,74	

	<b>Rango intercuartil</b>		.	.
	<b>Asimetría</b>		-,401	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
<b>5%</b>	<b>Media</b>		31,7167	,19599
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	30,8734	
		<b>Límite superior</b>	32,5599	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	.
	<b>Mediana</b>		31,7800	
	<b>Varianza</b>		,115	
	<b>Desviación estándar</b>		,33946	
	<b>Mínimo</b>		31,35	
	<b>Máximo</b>		32,02	
	<b>Rango</b>		,67	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	.
	<b>Asimetría</b>		-,810	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
<b>10%</b>	<b>Media</b>		31,5900	,06028
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	31,3306	
		<b>Límite superior</b>	31,8494	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	.
	<b>Mediana</b>		31,5400	
	<b>Varianza</b>		,011	
	<b>Desviación estándar</b>		,10440	
	<b>Mínimo</b>		31,52	
	<b>Máximo</b>		31,71	
	<b>Rango</b>		,19	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	.
	<b>Asimetría</b>		1,661	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
<b>15%</b>	<b>Media</b>		31,7000	,12897
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	31,1451	
		<b>Límite superior</b>	32,2549	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	.
	<b>Mediana</b>		31,6300	
	<b>Varianza</b>		,050	
	<b>Desviación estándar</b>		,22338	
	<b>Mínimo</b>		31,52	
	<b>Máximo</b>		31,95	
	<b>Rango</b>		,43	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	.
	<b>Asimetría</b>		1,272	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.12.2 Distribución paramétrica:

Para determinar la distribución de los resultados de la pérdida por desgaste sumergido tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de la pérdida por desgaste sumergido al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de la pérdida por desgaste sumergido al variar el porcentaje de tensoactivo de palma, no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde las significancias no bajan del máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” en función de la variable dependiente “Desgaste sumergido”.

Tabla 57: Distribución paramétrica para Desgaste sumergido (%)

	Mantenimiento con Palma (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pérdida por desgaste sumergido (%)	0%	,202	3	.	,994	3	,851
	5%	,241	3	.	,974	3	,690
	10%	,351	3	.	,828	3	,183
	15%	,290	3	.	,926	3	,475

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.12.3 Prueba bivariada Pearson:

Para la distribución de datos no normal de los resultados de Cántabro tras variar el porcentaje de tensoactivo de palma se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.731 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “desgaste sumergido” y la variable independiente “Mantenimiento con tensoactivo de palma” es positivo alto.

Tabla 58: Prueba bivariada para Desgaste sumergido (%)

		Mantenimiento con Palma (%)	Pérdida por desgaste sumergido (%)
<b>Mantenimiento con Palma (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	,731
	<b>Sig. (bilateral)</b>		,132
	<b>N</b>	12	12
<b>Pérdida por desgaste sumergido (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	,731	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	,132	
	<b>N</b>	12	12

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.4.12.4 Diagrama de burbujas:

En el siguiente diagrama estadístico se aprecia la gráfica 65 de burbujas con la línea de ajuste y sus respectivas ecuaciones resultantes del análisis de la distribución normal entre el porcentaje de tensoactivo de palma utilizado y el desgaste sumergido, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.215.

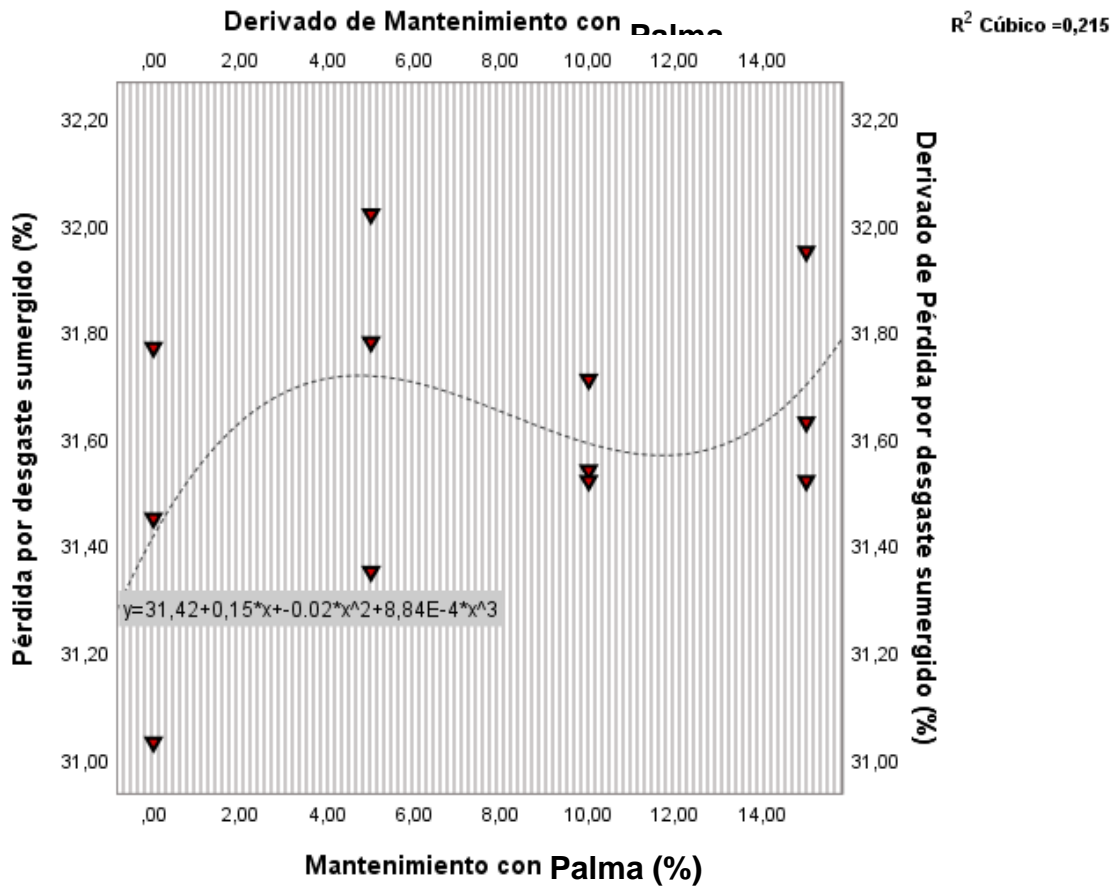


Figura 65: Diagrama de burbujas para Desgaste sumergido (%)

Fuente: Elaboración Propia

## **5.5 Discusión de Resultados**

### **Discusión 1**

Los resultados que se muestra en las tablas y graficas posteriores, demuestra al no emplear tensoactivos de la palma, no influye en la descolmatación de carpeta de asfalto drenante, dando como resultado del ensayo de infiltración un tiempo promedio de evacuación del 198 seg y una permeabilidad promedio de 0.51cm<sup>3</sup>/seg, el cual fue gradualmente obtenida por cada pasada resultando estos valores, cuyo resultado no cumple con los parámetros de la mezcla asfáltica drenante según la tabla 14, de la Normativa Argentina Vialidad nacional.

No se puede comparar los resultados que se obtuvo con otros estudios de investigación, porque hasta el momento no se han elaborado investigaciones similares respecto de la influencia de tensoactivos de la palma en la descolmatación de carpeta de asfalto drenante, principalmente en la ciudad de Huancayo.

### **Discusión 2**

De acuerdo a los resultados obtenidos, al emplear tensoactivos de la palma al manteamiento, en los siguientes porcentajes (0%, 5%, 10% y 15%) al agua a presión, en que las briquetas sedimentadas fueron puesto al ensayo, se obtuvo el porcentaje óptimo, que es 10% de tensoactivo de la palma con respecto a un barril de 55 galones, dando el tiempo de infiltración de 20 seg y la permeabilidad de 5.01 cm<sup>3</sup>/s.

No se puede comparar los resultados que se obtuvo con otros resultados de investigación, porque hasta el momento no se ha desarrollado investigaciones similares, principalmente en la ciudad de Huancayo.

### **Discusión 3**

Como se muestra en los resultados obtenidos, al emplear tensoactivos de la palma al manteamiento de agua a presión con porcentajes (0%, 5%, 10%, 15%), en briquetas sedimentada fueron puesto a ensayar, para determinado los efectos de las propiedades mecánicas, dando como resultado la estabilidad al 10% de tensoactivo de la palma tienen un promedio de 605.9kg y el flujo al 10% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 3.15 mm.



No se puede comparar los resultados que se obtuvo con otros resultados de investigación, porque hasta el momento no se ha desarrollado investigaciones similares, principalmente en la ciudad de Huancayo.

#### **Discusión 4**

Los resultados que se muestra en las gráficas y tablas, prueba que al emplear tensoactivos de palma, influye en la descolmatación de carpeta de asfalto drenante, dando como resultado el tiempo de infiltración, permeabilidad y las propiedades mecánicas que son los siguientes, tiempo infiltración al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20 seg, la permeabilidad al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 5.01cm<sup>3</sup>/s, el porcentaje de vacíos %, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 22.97%, la estabilidad al 10% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 605.9kg, el flujo al 0% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 3.01mm, al 5% un promedio de 3.10mm, al 10% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 3.15mm, cuyo resultado cumple con los parámetros de la mezcla asfáltica drenante según la tabla 14, de la Normativa Argentina Vialidad nacional.

No se puede comparar los resultados que se obtuvo con otros resultados de investigación, porque hasta el momento no se ha desarrollado investigaciones similares, principalmente en la ciudad de Huancayo.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos del tiempo de infiltración, permeabilidad y las propiedades mecánicas que son los siguientes, para determinar el tiempo de infiltración se empleó el ensayo de infiltración, al 0% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 29seg, al 5% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 23seg, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20 seg y al 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20seg, la permeabilidad, al 0% de tensoactivo de palma en el mantenimiento de 3.49cm<sup>3</sup>/s, al 5% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 3.86cm<sup>3</sup>/s, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 5.01cm<sup>3</sup>/s y al 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 5.14cm<sup>3</sup>/s y por ultimo para determinar las propiedades mecánicas se emplea el ensayo de Marshall obteniendo porcentajes de vacíos, estabilidad y flujo ,el porcentaje de vacíos, al 0% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 20.73%, al 5% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 22.20%, al 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 22.97%, al 15% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento de 23%, la estabilidad al 0% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 610.4kg, al 5% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 608.2kg, al 10% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 605.9kg, al 15% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 602.1kg, el flujo al 0% de tensoactivo de la palma tiene un promedio de 3.01mm, al 5% un promedio de 3.10mm, al 10% un promedio de 3.15mm y por último al 15% promedio de 3.17mm, se puede concluir que al emplear tensoactivo de la palma en el mantenimiento de agua a presión no afecta a las propiedades de diseño de una mezcla asfáltica drenante, esto se muestra en el cálculo del ensayo al cántabro tanto en seco como tras inmersión antes y después de someter a las muestras al mantenimiento con tensoactivo de la palma, los resultados llega a ser similares, con respecto al porcentaje de vacíos este se logra alcanzar al porcentaje de vacíos del diseño en un 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento, por otro lado el ensayo de infiltración de las briquetas en mantenimiento dieron como resultado que a un 10% de tensoactivo de la palma en el mantenimiento pudo alcanzar el tiempo de evacuación y permeabilidad de diseño. Por ello se toma como óptimo contenido de tensoactivo de la palma a un 10% con respecto a un barril de 55 galones en el tratamiento de una mezcla asfáltica drenante taponada.

- Con respecto al proceso de taponamiento de briquetas en estudio se pudo concluir que una briketa recién elaborada con el óptimo contenido de asfalto al 5.5% de mezcla asfálticas drenantes patrón, tuvo como tiempo de infiltración 18.3 seg y un permeabilidad 5.57cm<sup>3</sup>/s. Por otro lado se obtuvo que todas las briquetas en proceso de colmatación pudieron llegar a ser colmatadas en 18 pasadas de agua sedimentada al 20% de sedimentos con respecto a una probeta 100 ml, dando como resultado del ensayo de infiltración un tiempo promedio de evacuación del 198 seg y una permeabilidad promedio de 0.51cm<sup>3</sup>/seg, el cual fue gradualmente obtenida por cada pasada resultando estos valores.
- De acuerdo al mantenimiento con tensoactivo de la palma adicionado en porcentajes de (0%, 5%, 10% y 15%) al agua a presión, en que las briquetas sedimentadas fueron sometidas, se pudo concluir que a un 10% de tensoactivo de la palma con respecto a un barril de 55 galones en el mantenimiento de agua presión se puede lograr una mejora notable al recuperar de acuerdo al ensayo de infiltración, su tiempo de evacuación y su permeabilidad de diseño, también se observa un comportamiento similar a ello al 15% de tensoactivo de la palma. Cumpliendo así con los requerimientos del CAD 12
- De acuerdo a las propiedades mecánicas de las briquetas sometidas a un proceso de taponamiento y posteriormente a un mantenimiento de agua a presión con porcentajes (0%, 5%, 10% y 15%) de tensoactivo de la palma se concluye que existe una pérdida de estabilidad de 6.57kg progresiva con respecto al porcentaje de palma adicionado al mantenimiento y un aumento de flujo de 0.05mm progresivo con respecto al porcentaje de palma adicionado al mantenimiento, en donde esta propiedad no afectaría en una mezcla asfáltica drenante puesto que no hay variación representativa en la perdida por desgaste del ensayo al cántabro en cual viene a ser una propiedad importante en el diseño de una mezcla asfáltica drenante.

## CAPITULO VII: RECOMENDACIÓN

- Considerando la importancia que tiene esta investigación, acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda a la institución de Ministerio de Transporte y Comunicaciones, implementar el uso de los tensoactivos extraídos de la palma a un 10% de adición sobre el peso del agua, que consistente en influenciar de manera positiva en la descolmatación de carpetas asfalto drenante en Huancayo.
- Aplicado una técnica de destaponamiento mediante el empleo de tensoactivos de la palma analizado, se obtuvo una gran eficacia en el comportamiento de la mezcla asfálticas drenantes en sus propiedades analizadas a base de los ensayos de infiltración calculando así su permeabilidad, por lo que se recomienda realizar las gestiones pertinentes por la MTC – Provias Nacional como entidad responsable, para hacer realidad la comparativa entre la técnica de mantenimiento con tensoactivo de la palma y la maquina eléctrica para limpieza de carreteras especializada en quitar las obstrucciones de las partes abiertas de los pavimentos asfálticos drenantes, debido a que este tipo de máquinas son empleadas en lugares que ya cuentan con redes viales de mezclas asfálticas drenantes. No fue posible realizar este tipo de análisis en esta investigación puesto que actualmente este tipo de maquinaria aún no se encuentran disponibles en el lugar de estudio, puesto que en la región no cuenta con vías a base de pavimentos asfálticos drenantes, por lo que cuando se empiecen a emplear este tipo de maquinarias en la región se podría complementar esta investigación aplicando una comparativa entre estos dos tipos de técnicas de mantenimiento
- De acuerdo al empleo de ligante asfáltico modificado con polímero de grado de penetración de 85-100 en esta investigación, se recomienda el empleo de otros tipos de asfalto modificado como el cemento asfáltico modificado con caucho para poder comparar el comportamiento de estos tipos de ligante asfáltico, así mismo también hacer uso de aditivos los cuales pueda ayudar al comportamiento del ligante asfáltico.

- De acuerdo a la implementación de tensoactivos de la palma en el mantenimiento de agua a presión, se recomienda el estudio y la evaluación de otros tipos de tensoactivos de origen natural, en donde se estudie su aplicación y se pueda comparar con esta investigación de acuerdo a su comportamiento y el impacto que causa en las mezclas asfálticas drenantes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ACI. 2006.** *Pervious Concrete*. Farmington Hills, Michigan : American Concrete Institute, 2006. ACI Report 522R-2.

**Adams, M. 2006.** *Sustainable Site Design, Porous Pavement and Innovative Stormwater Techniques*. s.l. : Cahill Associates, Inc., Environmental Consultants, American Public Works Association International Exposition, 2006.

**APA. 2016.** *Open-Graded Friction Course*. s.l. : <http://www.asphaltfacts.com/news/porous-asphalt/open-graded-friction-course-ogfc-pavement/>, 2016.

**Arias, Fidias G. 2012.** *Proyecto de investigacion*. Caracas : Editorial Episteme, 2012. 6ta Edicion.

**Asociación de Transporte de Canadá. 1997.** *Pavements*. Canda : Transportation Association of Canada (TAC), 1997.

**Backstrom, M. y Bergstrom, A. 2000.** *“Draining Fuction of Porous Asphalt During Snowmelt and Temporary Freezing*. Canada : Canadian Journal of Civil Engineering, 2000. Volumen 27.

**Balades, J.D., Legret, M. y Madiec, H. 1995.** *Permeable Pavements: Pollution Management Tools*. Gran Bretaña : Wat. Sci. Tech. Vol 32, 1995.

**Berengier, M., Hamet, J.F. y Bar, P. 1990.** *Acoustical Properties of Porous Asphaltss: Theoretical and Environmental Aspects*. s.l. : Transportation Research Board, 1990. TRR No. 1265, 1990.

**Brown, D. 2003.** *Thinking Green with Porous Asphalt*. s.l. : Hot Mix Asphalt, 2003.

**Cahill, T.H., Adams, M. y Marm, C. 2003.** *Porous Asphalt*. s.l. : Hot Mix Asphalt Technology, 2003.

**Carhuas Tapia , Yuri Kevin . 2020.** *Fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes*. Huancayo : Universidad Continental, 2020.

**Carvajal Sigüencia, Andrea Gabriela y Quishpi Machuca, Olga Cristina. 2018.** *Diseño de pavimento asfáltico poroso para el aeropuerto Mariscal La Mar de Cuenca*. Cuenca, Ecuador : Universidad de Cuenca, 2018.

- Colwill, D. M., y otros. 1993.** *Porous Asphalt Trials in the United Kingdom*. s.l. : Transportation Research Board, 1993. TRR No. 1427, 1993.
- Cooley, L.A., Brown, R.E y Watson, D.E. 2000.** *Evaluation of OGFC Mixtures Containing Cellulose Fibers*. Auburn, Alabama : s.n., 2000. NCAT Report 00-05.
- Cruz Balabarca, Renzo y Rodriguez Salazar, Miguel Angel. 2020.** *Análisis del espesor total del paquete estructural de pavimentos permeables expuestos a tráfico medio y a intensidad de precipitación menor a 100 mm/h, en Molinopampa-Amazonas y en Temuco-región de la Araucanía*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2020.
- Diniz, E.V. 1980.** *Porous Pavement Phase 1 – Design and Operational Criteria*. Estados Unidos : Environmental Protection Agency Municipal Environmental Research Laboratory, 1980. EPA Report 600/2-80-135.
- Dunn, C., y otros. 1995.** *Current Water Quality Best Management Practices Design Guidance*. s.l. : Transportation Research Board, 1995. TRR No. 1493,1995..
- Environmental Protection Agency. 1999.** *Storm Water Technology Fact Sheet Porous Pavemen*. Washington, D.C. : Environmental Protection Agency, Office of Water, 1999.
- Ferguson, B.K. 2005.** *Porous Pavements*. New York : Taylor & Francis, 2005.
- FHWA. 2004.** *A Guide for Selection of Context Sensitive Roadway Surfacing, Task A, Summary of Roadway Surfacing Options*. Washinton D. C. : U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, 2004. Report No. FHWA-CFL 03-004.
- Guizado Barrios, Agneth Xiomy y Curi Grados, Elvis Ricardo. 2017.** *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú*. Lima, Perú : s.n., 2017.
- Guizado Barrios, Agneth Xiomy y Curi Grados, Ricardo Piero. 2015.** *Evaluación Del Concreto Permeable Como Una Alternativa Para El Control De Las Aguas Pluviales En Vías Locales Y Pavimentos Especiales De La Costa Noroeste Del Perú*. Lima : PUCP, 2015.
- Hernandez Martinez, Oscar. 2014.** *Comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactacion*. Mexico D.F : s.n., 2014.

- Hernandez Sampieri, Roberto y Mendoza torres, Christian Paulina. 2018.** *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixtas.* Mexico : Editorial Mc Graw Hill Education, 2018.
- Iniesta Garcia, Alejandra. 2020.** *EL ACEITE DE PALMA: PROBLEMÁTICA SOCIAL.* España : Universidad Politécnica de Cartagena, 2020.
- Lugo Gaia, Juan Diego. 2016.** *Suelos Aluviales.* Madrid : Madridmasd, 2016.
- Martins Pestana, Feiberto y Palella atracuzzi, Santa. 2006.** *Metodología de la investigación cuantitativa.* Caracas : Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL), 2006. 2da Edición.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción - Manual de Carreteras EG-2013.* Lima : s.n., 2013.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima : MTC, 2016.
- Mohammad, L. N., Puppala, A. J. y Alavilli, P. 1995.** *Resilient Modulus of Laboratory Compacted Subgrade Soils.* Transportation Research Record No. 1504 : pp. 87-102, 1995.
- Monje Alvarez, Carlos Arturo. 2011.** *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa.* Colombia : Universidad Surcolombiana, 2011.
- Moulton, L.K. 1980.** *Highway Subsurface Drainage.* Report No. FHWA\_TS\_80-224, FHWA, US : Department of Transportation, 1980.
- Municipalidad Provincial de Huancayo. Mapa de Huancayo.** Huancayo : Portal del Peru y el Mundo.
- Nakanish, H. 2018.** *Mix design and application of porous asphalt pavement using Japanese technology.* Canada : 10th Malaysian Road Conference & Exhibition, 2018.
- Nakanishi, K., Takei, H y Goto, S. 1995.** *Japan Proposal on improvement in functional sustainability of porous asphalt pavement.* Japon : Road construction, 1995.
- NAPA. 2002.** *Design, Construction, and Maintenance of Open-Graded Asphalt Friction Course.* Lanham, Maryland : National Asphalt Pavement Association, 2002.
- . 2003.** *Porous Asphalt Pavement.* Lanham, Maryland : National Asphalt Pavement Association, 2003.



**NCAT. 1996.** *Hot Mix Asphalt Material, Mixture Design and Construction.* Lanham, Maryland : National Center for Asphalt Technology, NAPA Research and Education Foundation, 1996. Segunda Edición.

**OHMPA. 1999.** *The ABCs of PGAC, The Use of Performance Graded Asphalt Cements in Ontario.* Mississauga, Ontario : Ontario Hot-Mix Producers Association, 1999.

**Pomalaza Guillermo, Angel Francesco. 2017.** *Aplicación de pavimentos de concreto poroso como alternativa de control de la acumulación de precipitaciones pluviales en la provincia de Huancayo en el año 2017.* Huancayo : Universidad Continental , 2017.

**Putman, B. J. y Kline, L. C. 2012.** *Comparison of Mix Design Methods for Porous Asphalt Mixtures.* s.l. : Journal of Materials in Civil Engineering, 2012. 1359-74.

**Quispe Sulca, Deivid. 2020.** *Evaluación de las propiedades mecánicas del pavimento de concreto asfáltico poroso pigmentado y su relevancia en la calidad de las ciclovías en Huancayo 2020.* Huancayo : Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020.

**Romero Gente, Richard Julio. 2022.** *Análisis de las propiedades volumétricas y mecánicas para el diseño balanceado de mezclas porosas con optimización de la capacidad infiltración, Huancayo 2022.* Huancayo : Universidad Continental, 2022.

**Rondon Quintana, Hugo Alexander. 2015.** *Pavimento materiales, construcción y diseño.* Bogota : ECOE Ediciones, 2015.

**Sopan Hernandez, Genith y Soto Jara, Lisbeth. 2020.** *Propuesta de diseño de pavimento, utilizando concreto permeable para el control del drenaje pluvial en el Jr. Melocoton German Aliaga de la ciudad de Tocache.* Tarapoto : Universidad Científica del Peru, 2020.

**Tamayo y Tamayo, Mario. 2003.** *El proceso de la investigación científica.* Mexico : s.n., 2003.

**Thelen, E. y Howe, L.F. 1978.** *Porous Pavement.* Philadelphia, Pennsylvania : The Franklin Institute, 1978.

**UNU. 2020.** *Propiedades físicas y mecánicas del frupo de la palma.* Ucayali : Universidad Nacional de Ucayali, 2020.

**Van Heystraeten, G. y Moraux, C. 1990.** *Ten Years' Experience of Porous Asphalt in Belgium.* s.l. : Transportation Research Board, 1990. TRR No. 1265.

**Zamora Castillo, Fabian Ricardo y Mora Aldana, Eleazar Masah. 2019.** *Influencia de la cal hidratada en mezclas asfálticas drenantes* . Bogota, D. C. : Universidad Catolica de Colombia, 2019.

**Zhu, Z. H. 2005.** *The Application of 'Bailey Method' in Porous Asphalt*. Taiwan : Taiwan National Cheng Kung University, 2005.

## **ANEXOS**

ANEXO 1. Operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
<b>VI: TENSOACTIVOS (DE LA PALMA)</b>	Sustancias que modifican la tensión superficial del agua. Suelen ser sustancias que en su molécula cuentan con un grupo lipófilo y otro hidrófilo. Entro los tensoactivos se encuentran los jabones, detergentes, emulsionantes, dispersantes y humectantes, así como diversos grupos de antisépticos.	D1: Adición del tensoactivo de la palma 5%	I1: Obstrucción inducida de la MAD
			I2: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I3: NLT 327/00 Ensayo de permeabilidad
		D2: Adición del tensoactivo de la palma 10%	I1: Obstrucción inducida de la MAD
			I2: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I3: NLT 327/00 Ensayo de permeabilidad
		D3: Adición del tensoactivo de la palma 15%	I1: Obstrucción inducida de la MAD
			I2: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I3: NLT 327/00 Ensayo de permeabilidad
<b>VD: DESCOLMATACION DE CARPETAS DEL MAD</b>	la descolmatación es la remoción de sedimentos barro piedras plantas provenientes del suelo del núcleo de pavimento drenante	D1: Permeabilidad del MAD nuevo	I1: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I2: MTC E 504 estabilidad y flujo
			I3: MTC E 505 volumen de vacíos
		D2: Permeabilidad del MAD colmatado	I1: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I2: MTC E 504 estabilidad y flujo
			I3: MTC E 505 volumen de vacíos
		D3: Permeabilidad del MAD tratado	I1: MTC E 516 Ensayo de infiltración
			I2: MTC E 504 estabilidad y flujo
			I3: MTC E 505 volumen de vacíos

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 2. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO
<b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cuál es influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar influencia de tensoactivos extraídos de la palma en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022.	<b>HIPÓTESIS GENERAL</b> Los tensoactivos extraídos de la palma en la adición de un porcentaje optimo influye de manera positiva en la descolmatación de carpetas de asfalto drenante- Huancayo 2022	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b> <b>TENSOACTIVOS (DE LA PALMA)</b>	D1: Adición del tensoactivo de la palma 5%	<b>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN</b> Científica <b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> <b>Experimental</b> <b>TIPO</b> Aplicada <b>NIVEL</b> <b>Correlacional:</b>
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> ¿Cuáles son los niveles de infiltración de una capa nueva y una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Analizar los niveles de infiltración de una capa nueva y una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022.	<b>HIPÓTESIS ESPECIFICA</b> Los niveles de infiltración de una capa nueva es mejor que la de una capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes de Huancayo 2022		D2: Adición del tensoactivo de la palma 10%	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA</b> <b>POBLACIÓN</b> 112 briquetas de mezcla asfáltica drenante en la ciudad de Huancayo. <b>MUESTRA</b> 112 briquetas bajo las mismas circunstancias de diseño. <b>INSTRUMENTOS</b> - Fichas de recolección de datos. -Softwares SPSS, Excel.
¿Cuáles son los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022?	Evaluar los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes	Los niveles de infiltración de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes mejora con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022		D3: Adición del tensoactivo de la palma 15%	
¿Cuáles son los efectos en las propiedades mecánicas la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022?	Determinar los efectos en las propiedades mecánicas la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022	Las propiedades mecánicas de la capa obstruida por sedimentos en los vacíos de aire de las mezclas asfálticas drenantes son afectadas de manera negativa con la aplicación de agua a presión con dosificaciones de tensoactivos de la palma de Huancayo 2022		<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> <b>DESCOLMATACION DE CARPETAS DEL MAD</b>	

### ANEXO 3. Instrumento de investigación valido

Título de la investigación		INFLUENCIA DE TENSOACTIVO EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022												
Objetivo general		Determinar la influencia de tensoactivo extraídos de la palma en la descolmatación de carpeta de asfalto drenante – Huancayo 2022												
Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Opción de las respuestas			Criterios de evaluación							
				Bueno	Regular	Deficiente	Relación entre la variable y la dimensión		Relación entre la dimensión y el indicador		Relación entre el indicador y el instrumento		Relación clara, precisa y comprensiva	
							SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
<b>VI: TENSOACTIVOS DE LA PALMA</b>	D1: ADICIÓN DEL TENSOACTIVO DE LA PALMA 5%	I1: OBSTRUCCION INDUCIDA DE LA MAD	I1: Ficha de recopilación de datos  I2: Software SPSS, Excel	X			X		X		X		X	
	D2: ADICIÓN DEL TENSOACTIVO DE LA PALMA 10%	I2: MTC E 516 ENSAYO DE INFILTRACIÓN		X			X		X		X		X	
	D3: ADICIÓN DEL TENSOACTIVO DE LA PALMA 15%	I3: NLT 327/00 ENSAYO DE PERMEABILIDAD		X			X		X		X		X	

Título de la investigación		INFLUENCIA DE TENSOACTIVO EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022												
Objetivo general		Determinar la influencia de tensoactivo extraídos de la palma en la descolmatación de carpeta de asfalto drenante – Huancayo 2022												
Variables	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Opción de las respuestas			Criterios de evaluación							
				Bueno	Regular	Deficiente	Relación entre la variable y la dimensión		Relación entre la dimensión y el indicador		Relación entre el indicador y el instrumento		Relación clara, precisa y comprensiva	
							SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
<b>VD: DESCOLMATACIÓN DE CARPETA DEL MAD</b>	D1: PERMEABILIDAD DEL MAD NUEVO	I1: MTC E516 Ensayo de infiltración	I1: Ficha de recopilación de datos  I2: Software SPSS, Excel	X			X		X		X		X	
	D2: PERMEABILIDAD DEL MAD COLMATA	I2: MTC E504 estabilidad y flujo		X			X		X		X		X	
	D3: PERMEABILIDAD DE MAD TRATADO	I3: MTC E505 volumen de vacíos		X			X		X		X		X	

# Betunes Modificados con Polímeros



Repsol ha desarrollado una gama completa de **Betunes Modificados con Polímeros** que cuenta con todos los tipos recogidos en el artículo 212 del PG-3, además de otros productos específicos. La mayor parte de nuestros betunes modificados se producen mediante un sistema de reticulación de desarrollo propio que proporciona una estructura microscópicamente homogénea y garantiza su estabilidad al almacenamiento.

Repsol cuenta además con una gran experiencia en el desarrollo de polímeros para todo tipo de aplicaciones. Tanto Repsol Química, en el campo de las poliolefinas, como Dynasol, en el de los elastómeros, son empresas líderes en su sector.

Los betunes modificados posibilitan la fabricación de mezclas bituminosas de mayores prestaciones mecánicas y funcionales que permiten adaptar las carreteras al aumento de tráfico y las mayores exigencias derivadas del mismo, lo que redonda en una **mayor durabilidad** y un **ahorro de costes en mantenimiento**.

## APLICACIONES

En el siguiente cuadro se muestran las principales aplicaciones de los diferentes tipos de Betunes Modificados con Polímeros recogidos en el PG-3.

<b>PMB 10/40-70</b>	Mezclas de alto módulo Mezclas resistentes a fatiga
<b>PMB 25/55-65</b>	Capas de base Capas de refuerzo de firmes Mezclas drenantes y convencionales Mezclas resistentes a fatiga
<b>PMB 45/80-60</b>	Mezclas continuas tipo AC Mezclas resistentes a deformaciones plásticas Capas de rodadura discontinuas tipo BBTM A y BBTM B Capas de rodadura drenantes tipo PA
<b>PMB 45/80-65</b>	Mezclas continuas tipo AC Mezclas resistentes a deformaciones plásticas Capas de rodadura discontinuas tipo BBTM A y BBTM B de altas prestaciones Capas de rodadura drenantes tipo PA de altas prestaciones Mezclas drenantes con alto porcentaje de huecos
<b>PMB 45/80-75 (1)</b>	Mezclas antifisuras para capas de rodadura Mezclas antifisuras para capas intermedias o delgadas Mezclas discontinuas de altas prestaciones para capas de rodadura delgadas Mezclas drenantes de altas prestaciones
<b>PMB 75/130-60</b>	Tratamientos superficiales de alta calidad Membranas antiinfiltrante de fisuras

(1) Ver ficha específica de producto (PMB 45/80-75 F y PMB 45/80-75 A).

Además de estos ligantes normalizados se han desarrollado Betunes Modificados con Polímeros específicos tales como los de alta viscosidad para mezclas antifisuras, los betunes modificados para capas de rodadura de altas prestaciones, los betunes modificados con (PMF), los betunes modificados de baja temperatura y los betunes activados.



repsol.com



## / CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

En la siguiente tabla se muestran las características de los Betunes Modificados con Polímeros:

DENOMINACIÓN UNE EN 14023			PMB 10/40-70	PMB 25/55-65	PMB 45/80-60	PMB 45/80-65	PMB 45/80-75 <sup>(1)</sup>	PMB 75/130-60
Denominación anterior			BM-1	BM-2	BM-3b	BM-3c		BM-4
Características	UNE-EN	UNIDAD	Ensayos sobre el betún original					
Penetración a 25°C	1426	0,1 mm	10-40	25-55	45-80	45-80	45-80	75-130
Punto de Reblandecimiento	1427	°C	≥ 70	≥ 65	≥ 60	≥ 65	≥ 75	≥ 60
Cohesión. Fuerza-ductibilidad	13589 13703	J/cm <sup>2</sup>	≥ 2 a 15°C	≥ 2 a 10°C	≥ 2 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 3 a 5°C	≥ 1 a 5°C
Punto de fragilidad Fraass	12593	°C	≤ -5	≤ -7	≤ -12	≤ -15	≤ -15	≤ -15
Recuperación elástica a 25°C	13398	%	TBR	≥ 50	≥ 50	≥ 70	≥ 80	≥ 60
Estabilidad al almacenamiento	Diferencia de punto de reblandecimiento	13399 1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
	Diferencia de punto de penetración	13399 1426	0,1 mm	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 9	≤ 13
Punto de inflamación	ISO 2592	°C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220
Características	UNE-EN	UNIDAD	Durabilidad-Resistencia al envejecimiento EN 12607-1					
Cambio de masa	12607-1	%	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0	≤ 1,0
Penetración retenida	1426	%	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto de reblandecimiento	1427	°C	≤ 8	≤ 8	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Disminución del punto de reblandecimiento	1427	°C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5

Especificaciones recogidas en el artículo 212 del PG-3.

[1] Ver fichas de producto específicas para los betunes modificados PMB 45/80-75 AV y PMB 45/80-75 F.

• TBR (To Be Reported): se informará del valor.

El empleo de polímeros proporciona notables mejoras en las propiedades de los betunes. En particular:

- Aumento de la temperatura de Anillo y Bola.
- Menor susceptibilidad térmica.
- Aumento del Índice de Penetración.
- Aumento del Intervalo de Plasticidad.
- Aumento de la viscosidad.
- Mayor elastomericidad.
- Mejor comportamiento a bajas temperaturas.
- Mayor resistencia al envejecimiento.
- Mejora en la estabilidad al almacenamiento.

## / RECOMENDACIONES DE USO

Debido a su configuración y comportamiento reológico, en los Betunes Modificados con Polímeros no pueden aplicarse las mismas recomendaciones de uso que en los betunes convencionales. Por ello, las temperaturas de empleo no pueden deducirse de los datos de viscosidad-temperatura.

Repsol pone a su disposición su departamento de Asistencia Técnica y Desarrollo que en cada caso podrá asesorarle sobre las mejores condiciones de empleo.

## / COMPORTAMIENTO DEL PRODUCTO EN LA MEZCLA

Los Betunes Modificados con Polímeros proporcionan grandes ventajas en el comportamiento de las mezclas bituminosas:

- Mayor cohesión, permitiendo estructuras granulométricas más críticas.
- Mayor resistencia a la fatiga disminuyendo el riesgo de fisuración.
- Mayor resistencia al envejecimiento en las condiciones más adversas (mayor durabilidad en servicio).
- Mayor adhesividad a los áridos.
- Incremento del intervalo de temperaturas de servicio.
- Mayor resistencia a deformaciones plásticas (roderas).

repsol.com / Los datos reflejados están en vigor en el momento de su edición. Septiembre 2013.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

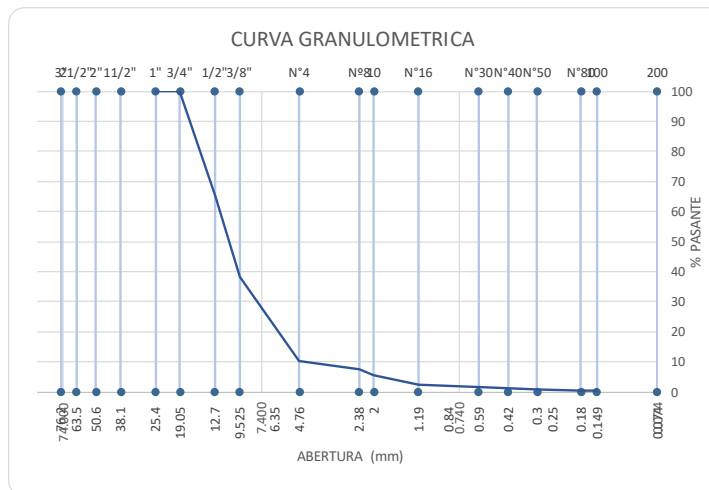
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA** 2022-475

**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 17/07/2022

### ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

PIEDRA CHANCADA TM 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulad	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 2 1/2"	63.550	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	862.51	34.50	34.50	65.50
tm - 3/8"	9.525	685.23	27.41	61.91	38.09
tm - N°4	4.750	694.19	27.77	89.68	10.32
tm - N°8	2.550	71.02	2.84	92.52	7.48
tm - N°10	2.000	51.49	2.06	94.58	5.42
tm - N°16	1.185	76.08	3.04	97.62	2.38
tm - N°30	0.600	21.48	0.86	98.48	1.52
tm - N°40	0.425	6.12	0.24	98.72	1.28
tm - N°50	0.295	10.91	0.44	99.16	0.84
tm - N°80	0.175	5.52	0.22	99.38	0.62
tm - N°100	0.148	2.27	0.09	99.47	0.53
tm - N°200	0.072	5.61	0.22	99.70	0.30
< tm - N°200		7.57	0.30	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		2500.00	gr		



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

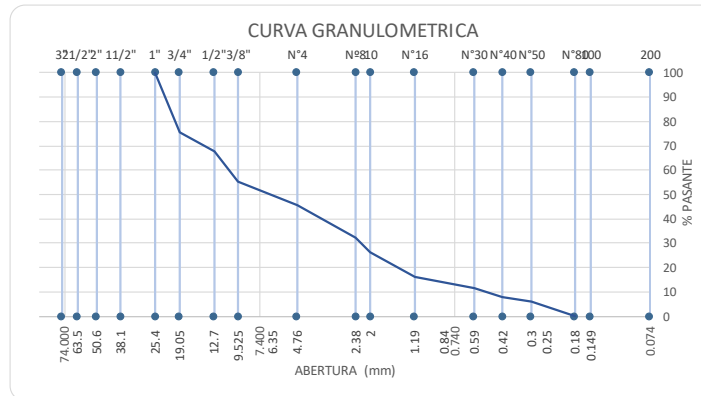


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA:** 2022-476  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 17/07/2022

### ANÁLISIS GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ARENA ZARANDEADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	367.64	24.51	24.51	75.49
tm - N°8	2.550	115.32	7.69	32.20	67.80
tm - N°10	2.000	185.12	12.34	44.54	55.46
tm - N°16	1.185	148.78	9.92	54.46	45.54
tm - N°30	0.600	198.54	13.24	67.69	32.31
tm - N°40	0.425	90.81	6.05	73.75	26.25
tm - N°50	0.295	153.91	10.26	84.01	15.99
tm - N°80	0.175	66.36	4.42	88.43	11.57
tm - N°100	0.148	57.85	3.86	92.29	7.71
tm - N°200	0.072	25.14	1.68	93.96	6.04
< tm - N°200		90.53	6.04	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

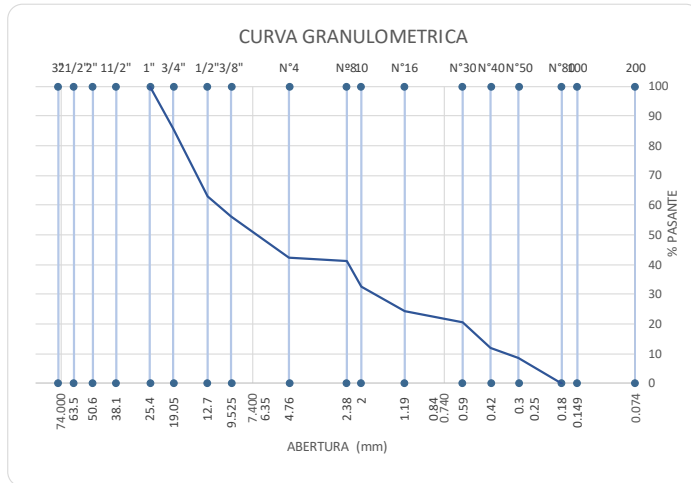


# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA** 2022-477  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 17/07/2022

**ANÁLISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**

ARENA CHANCADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	211.25	14.08	14.08	85.92
tm - N°8	2.550	345.38	23.03	37.11	62.89
tm - N°10	2.000	100.56	6.70	43.81	56.19
tm - N°16	1.185	206.39	13.76	57.57	42.43
tm - N°30	0.600	16.94	1.13	58.70	41.30
tm - N°40	0.425	129.21	8.61	67.32	32.68
tm - N°50	0.295	128.73	8.58	75.90	24.10
tm - N°80	0.175	56.49	3.77	79.66	20.34
tm - N°100	0.148	128.31	8.55	88.22	11.78
tm - N°200	0.072	48.48	3.23	91.45	8.55
< tm - N°200		128.26	8.55	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

Julio Adán Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

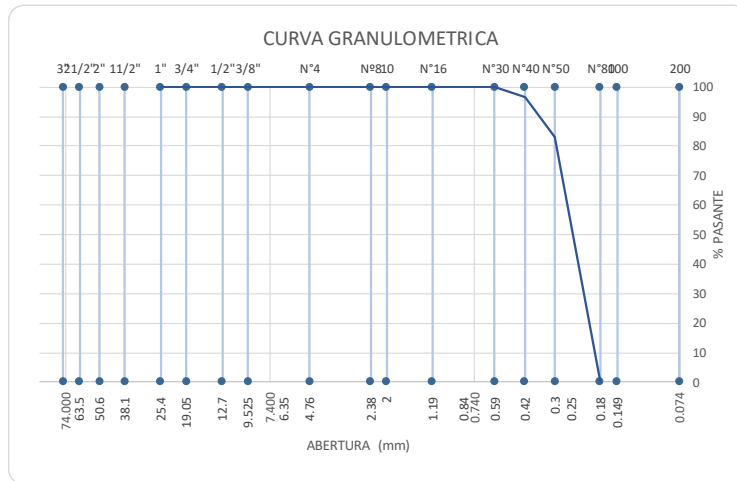


# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA** 2022-478  
**MATERIAL:** AGREGADO GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 17/07/2022

**ANALISIS GRANULOMETRIA DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**

FILLER CAL HIDRATADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten.	% Reten.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76.200				
tm - 2 1/2"	63.550				
tm - 2"	50.800				
tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
tm - N°100	0.148	4.82	3.21	3.21	96.79
tm - N°200	0.072	20.35	13.57	16.78	83.22
< tm - N°200		124.83	83.22	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		150.00	gr		



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

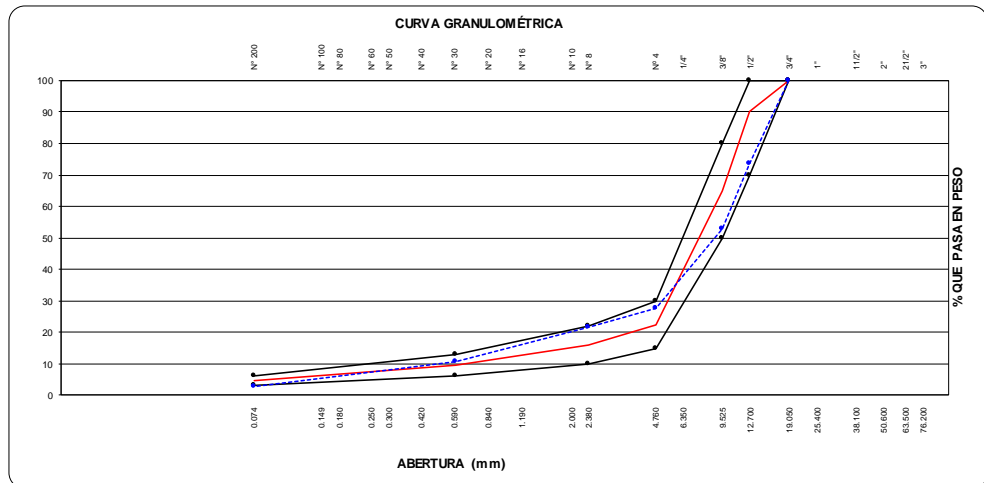
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-483

**MATERIAL:** AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** AGREGADOS GRUESOS Y FINOS **FECHA:** 20/07/2022

Malla		Porcentajes pasantes (%)					Especificaciones	Observaciones
Tamiz	mm.	Piedra Chancada 1/2"	Arena Zrandeada	Arena Chancada	filler	MEZCLA	CAD 12	Tam. Máx.
Proporciones							IRAM 1505	
		1/2"	NATURAL	CHANCADA	filler	100%	1/2"	Curva Ideal
		76%	9%	14%	1%			
1"	25.40	100.00	100.00	100.00	100.00			
3/4"	19.05	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	100.00
1/2"	12.70	65.50	100.00	100.00	100.00	73.78	70 - 100	85.00
3/8"	9.53	38.09	100.00	100.00	100.00	52.95	50 - 80	65.00
Nº 4	4.76	10.32	75.49	85.92	100.00	27.67	15 - 30	23.00
Nº 8	2.36	7.48	67.80	62.89	100.00	21.59	10 - 22	16.00
Nº 10	2.00	5.42	55.46	56.19	100.00	17.98		
Nº 16	1.18	2.38	45.54	42.43	100.00	12.85		
Nº 30	0.60	1.52	32.31	41.30	100.00	10.84	6 - 13	10.00
Nº 40	0.42	1.28	26.25	32.68	100.00	8.91		
Nº 50	0.30	0.84	15.99	24.10	100.00	6.45		
Nº 80	0.18	0.62	11.57	20.34	100.00	5.36		
Nº 100	0.15	0.53	7.71	11.78	96.79	3.71		
Nº 200	0.07	0.30	6.04	8.55	83.22	2.80	3 - 6	5.00
pasa		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA:** 2022-295

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

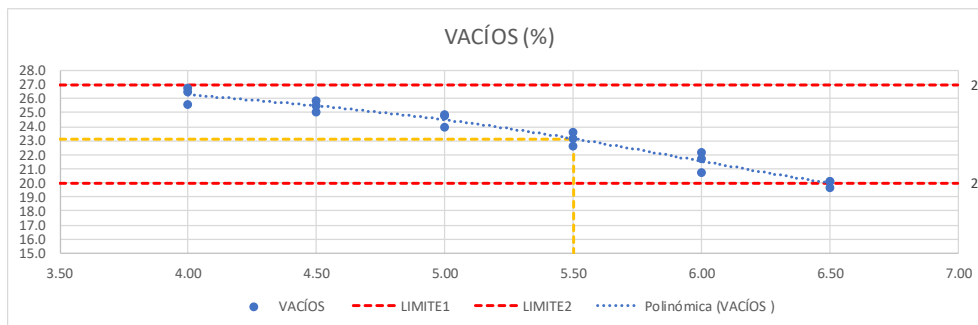
**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 25/07/2022

### PROPIEDADES DE LA BRIQUETAS MAD CON PORCENTAJES DE LIGANTE ASFALTICO

CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50
VACÍOS	%	26.50	26.80	25.60	25.90	25.00	25.50
FLUJO	mm	2.10	1.80	2.00	2.20	2.50	1.90
ESTABILIDAD	kg	374.80	378.40	366.20	369.70	453.50	481.30
ESCURRIMIENTO DEL LIGANTE	%	0.09	0.08	0.06	0.09	0.13	0.08
CANTABRO EN SECO	%	27.60	27.10	26.80	25.70	26.10	25.40
CANTABRO SUMERGIDO	%	40.40	38.80	39.80	35.50	37.60	36.00
INFILTRACION	Seg	11.80	8.20	12.60	13.00	10.90	14.30
PERMEABILIDAD	cm3/s	8.50	12.20	7.90	7.70	9.20	7.00

CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50
VACÍOS	%	23.90	24.70	24.90	23.60	22.60	23.20
FLUJO	mm	3.00	2.50	2.20	2.90	3.30	3.10
ESTABILIDAD	kg	579.40	488.80	568.10	610.70	623.20	603.50
ESCURRIMIENTO DEL	%	0.15	0.11	0.13	0.14	0.19	0.19
CANTABRO EN SECO	%	25.00	23.80	24.70	22.70	22.20	23.20
CANTABRO SUMERGIDO	%	34.60	33.90	34.10	30.80	32.00	32.30
INFILTRACION	Seg	15.40	13.70	16.50	17.30	21.60	15.90
PERMEABILIDAD	cm3/s	6.49	7.30	6.06	5.80	4.60	6.30

CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
VACÍOS	%	23.90	24.70	24.90	23.60	22.60	23.20
FLUJO	mm	3.00	2.50	2.20	2.90	3.30	3.10
ESTABILIDAD	kg	579.40	488.80	568.10	610.70	623.20	603.50
ESCURRIMIENTO DEL	%	0.15	0.11	0.13	0.14	0.19	0.19
CANTABRO EN SECO	%	25.00	23.80	24.70	22.70	22.20	23.20
CANTABRO SUMERGIDO	%	34.60	33.90	34.10	30.80	32.00	32.30
INFILTRACION	Seg	15.40	13.70	16.50	17.30	21.60	15.90
PERMEABILIDAD	cm3/s	6.49	7.30	6.06	5.80	4.60	6.30



Página 1 de 3

*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio A. Rojas Poma*  
 Julio A. Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

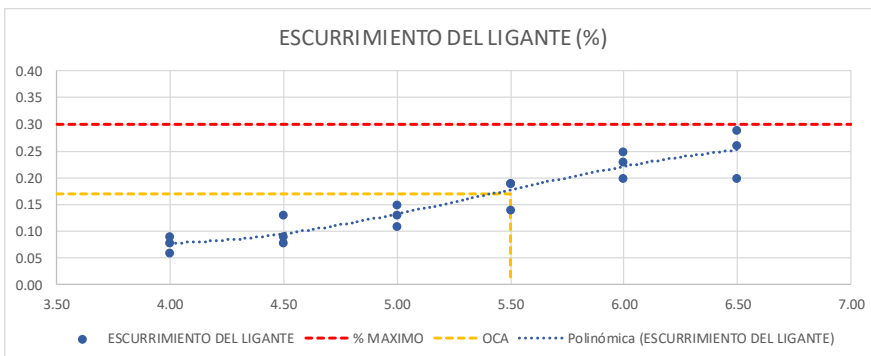
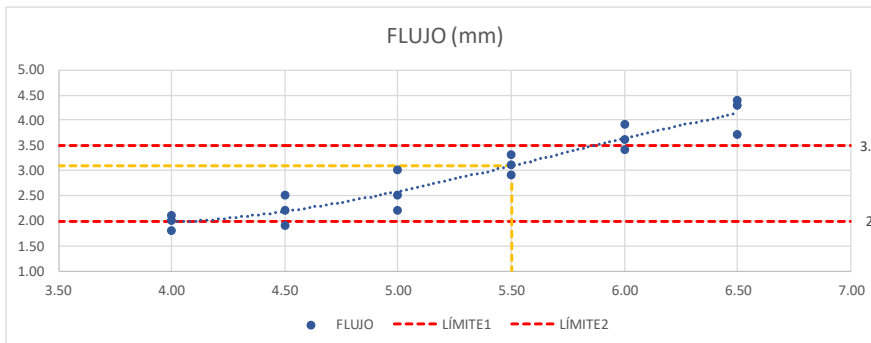
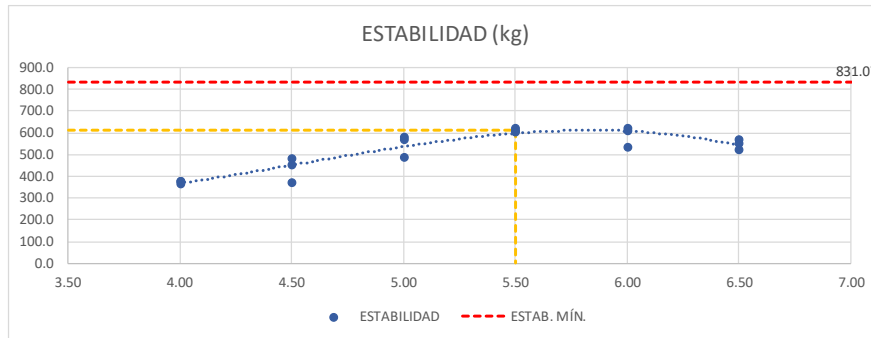
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA:** 2022-295

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 25/07/2022

**PROPIEDADES DE LA BRIQUETAS MAD CON PORCENTAJES DE LIGANTE ASFALTICO**



Página 2 de 3

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

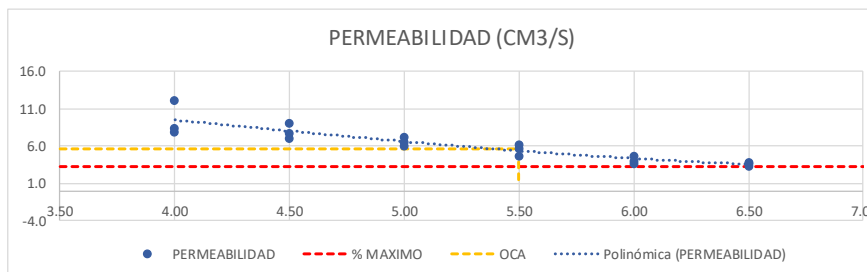
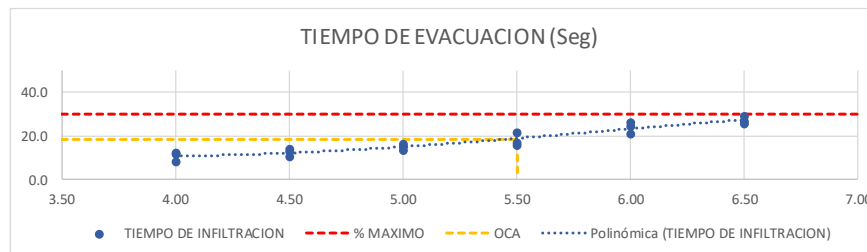
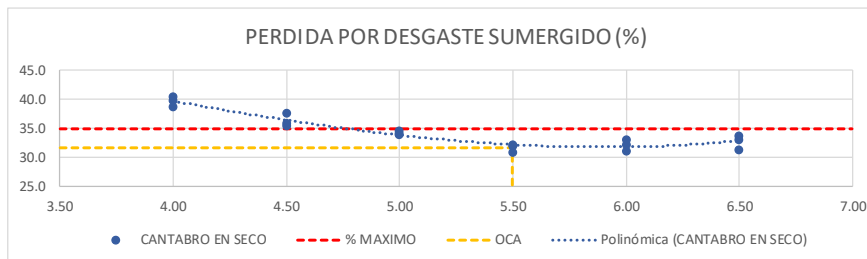
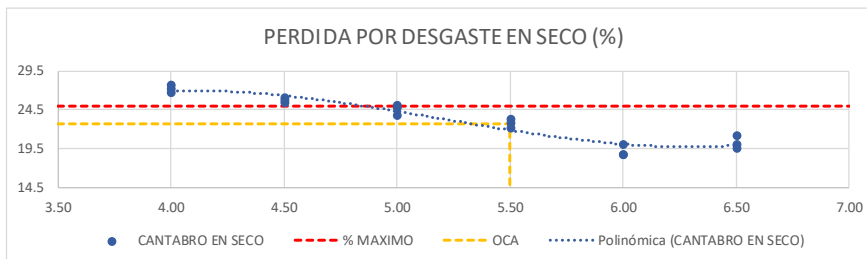
**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICA:** 2022-295

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 25/07/2022

### PROPIEDADES DE LA BRIQUETAS MAD CON PORCENTAJES DE LIGANTE ASFALTICO



Página 3 de 3

*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

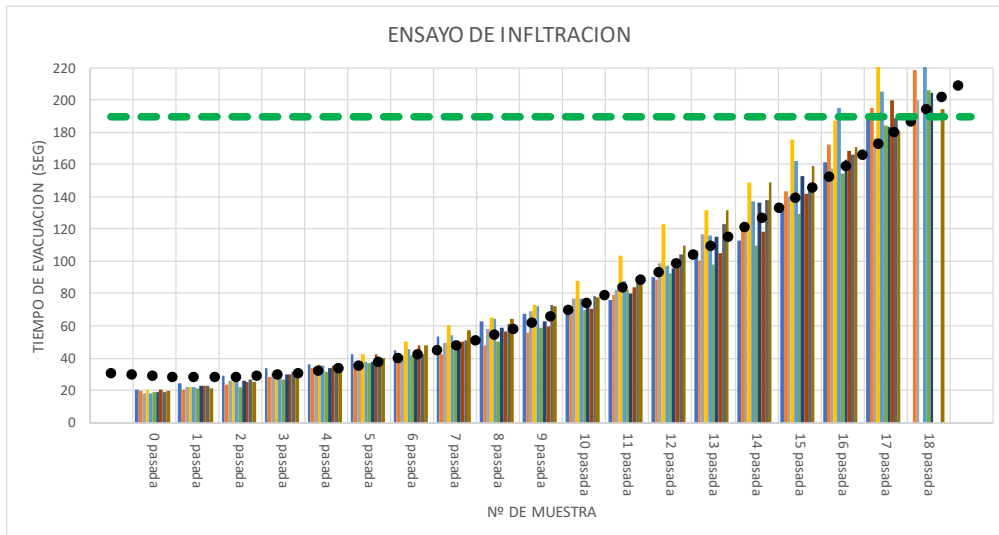
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (1-10) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
N° PASADAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0 PASADAS	20.5	19.6	18.0	20.7	18.3	18.6	19.1	20.3	18.8	19.7
1 PASADAS	24.1	20.7	21.7	22.2	21.8	21.0	22.7	22.7	22.6	21.0
2 PASADAS	28.8	23.5	25.8	24.9	26.2	22.3	25.5	25.3	26.7	25.0
3 PASADAS	33.9	27.9	30.4	30.0	31.2	26.7	30.1	29.9	31.7	29.4
4 PASADAS	35.9	33.5	34.4	35.9	35.4	31.4	33.7	35.4	35.8	35.4
5 PASADAS	42.7	35.4	36.7	42.6	37.9	37.0	37.4	42.1	38.1	39.9
6 PASADAS	45.0	39.8	41.5	50.6	45.4	41.3	42.1	47.7	42.5	48.0
7 PASADAS	53.2	42.5	49.7	60.7	54.3	44.4	49.6	50.5	50.7	57.6
8 PASADAS	63.0	47.5	58.4	64.9	64.6	49.9	59.1	56.5	60.9	64.1
9 PASADAS	67.3	56.0	69.1	72.9	72.5	58.9	62.8	59.9	73.3	72.0
10 PASADAS	71.0	66.3	77.2	87.5	77.0	70.1	71.1	70.9	78.3	77.5
11 PASADAS	75.9	78.9	82.0	103.9	87.5	82.7	80.0	84.2	87.2	91.9
12 PASADAS	90.0	88.9	98.6	123.2	97.6	92.8	96.1	99.4	104.0	110.1
13 PASADAS	106.5	100.7	117.1	131.4	116.5	98.4	115.2	104.9	122.7	132.0
14 PASADAS	112.6	120.6	124.0	148.6	137.2	109.8	136.2	118.5	138.4	148.6
15 PASADAS	135.0	143.5	140.1	175.7	161.9	129.8	153.2	141.8	146.9	159.3
16 PASADAS	161.9	172.5	157.3	187.3	194.9	154.5	162.8	168.4	166.5	170.7
17 PASADAS	191.5	194.9	176.5	220.9	205.6	184.3	183.3	200.2	189.0	181.2
18 PASADAS		218.5	199.7		229.9	206.0	204.6			194.5



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

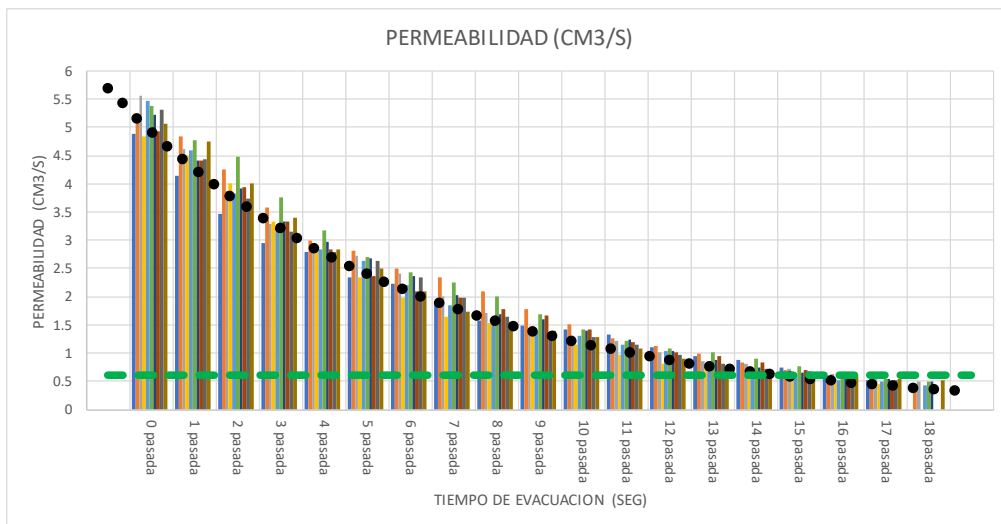
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (1-10) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
N° PASADAS	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0 PASADAS	4.88	5.11	5.55	4.84	5.46	5.39	5.23	4.92	5.31	5.07
1 PASADAS	4.15	4.83	4.61	4.50	4.58	4.76	4.41	4.40	4.43	4.76
2 PASADAS	3.47	4.26	3.87	4.02	3.82	4.49	3.92	3.95	3.75	4.00
3 PASADAS	2.95	3.58	3.29	3.33	3.21	3.75	3.32	3.34	3.15	3.40
4 PASADAS	2.79	2.99	2.91	2.79	2.83	3.18	2.97	2.83	2.80	2.83
5 PASADAS	2.34	2.82	2.72	2.35	2.64	2.70	2.67	2.37	2.63	2.51
6 PASADAS	2.22	2.51	2.41	1.98	2.20	2.42	2.37	2.10	2.35	2.08
7 PASADAS	1.88	2.35	2.01	1.65	1.84	2.25	2.02	1.98	1.97	1.74
8 PASADAS	1.59	2.10	1.71	1.54	1.55	2.00	1.69	1.77	1.64	1.56
9 PASADAS	1.49	1.78	1.45	1.37	1.38	1.70	1.59	1.67	1.36	1.39
10 PASADAS	1.41	1.51	1.30	1.14	1.30	1.43	1.41	1.41	1.28	1.29
11 PASADAS	1.32	1.27	1.22	0.96	1.14	1.21	1.25	1.19	1.15	1.09
12 PASADAS	1.11	1.12	1.01	0.81	1.02	1.08	1.04	1.01	0.96	0.91
13 PASADAS	0.94	0.99	0.85	0.76	0.86	1.02	0.87	0.95	0.81	0.76
14 PASADAS	0.89	0.83	0.81	0.67	0.73	0.91	0.73	0.84	0.72	0.67
15 PASADAS	0.74	0.70	0.71	0.57	0.62	0.77	0.65	0.71	0.68	0.63
16 PASADAS	0.62	0.58	0.64	0.53	0.51	0.65	0.61	0.59	0.60	0.59
17 PASADAS	0.52	0.51	0.57	0.45	0.49	0.54	0.55	0.50	0.53	0.55
18 PASADAS		0.46	0.50		0.43	0.49	0.49			0.51



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

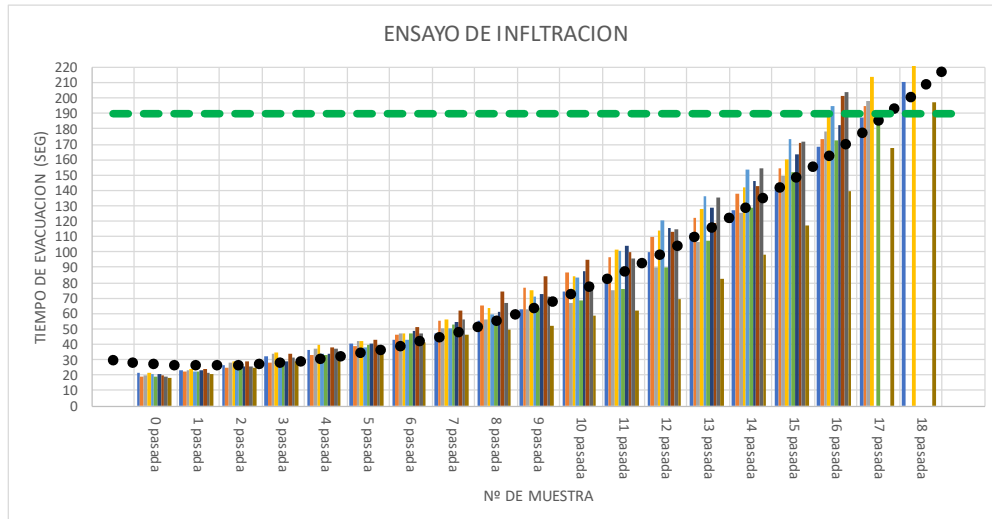
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (11-20) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

## ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
N° PASADAS	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
0 PASADAS	21.1	19.4	19.7	21.5	20.2	18.9	20.4	20.0	19.1	18.6
1 PASADAS	23.5	21.9	23.4	24.2	22.6	22.4	22.7	24.0	21.7	20.7
2 PASADAS	26.6	24.6	28.2	29.1	25.1	26.6	25.5	28.7	26.0	24.6
3 PASADAS	32.0	27.7	33.5	35.0	28.6	29.8	28.7	33.8	31.3	29.0
4 PASADAS	36.3	32.8	37.3	39.8	33.9	33.2	34.0	38.3	37.3	34.6
5 PASADAS	40.4	38.9	41.8	42.2	38.1	40.0	40.9	43.3	39.4	37.1
6 PASADAS	42.5	46.5	47.1	47.0	42.6	47.3	49.0	51.6	47.4	41.4
7 PASADAS	47.3	55.1	50.4	56.3	50.1	52.7	54.6	62.1	56.0	46.1
8 PASADAS	55.7	65.1	56.5	63.9	59.4	56.5	61.3	74.2	66.6	49.4
9 PASADAS	62.4	76.8	63.0	75.3	70.7	63.8	72.5	84.2	71.2	52.0
10 PASADAS	74.1	87.0	66.9	84.4	83.4	68.4	87.2	94.5	80.0	58.5
11 PASADAS	84.0	96.9	74.9	101.3	100.5	76.2	103.7	100.2	95.6	61.9
12 PASADAS	100.0	109.6	90.1	113.8	120.2	89.9	115.2	113.2	114.9	69.8
13 PASADAS	112.1	122.2	106.3	127.7	136.3	107.6	129.0	119.1	135.5	82.7
14 PASADAS	127.1	137.6	125.3	142.2	153.1	128.7	145.7	143.2	154.0	98.6
15 PASADAS	142.0	154.5	149.2	160.5	173.6	152.2	163.0	170.4	171.9	117.3
16 PASADAS	168.0	173.5	178.0	189.5	194.9	172.1	182.6	201.7	203.7	139.1
17 PASADAS	187.5	195.0	197.8	214.1		191.7				167.6
18 PASADAS	210.2			240.6						197.2



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.L.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.L.R.L.

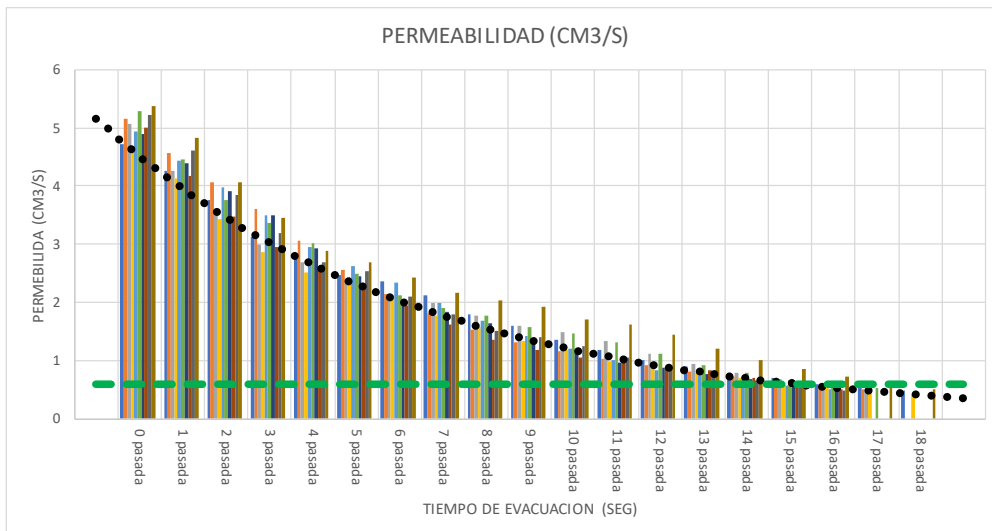


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510  
**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (11-20) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
N° PASADAS	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
0 PASADAS	4.73	5.16	5.07	4.65	4.94	5.29	4.89	5.01	5.23	5.38
1 PASADAS	4.26	4.56	4.27	4.12	4.43	4.46	4.40	4.17	4.61	4.82
2 PASADAS	3.76	4.06	3.54	3.44	3.98	3.76	3.92	3.48	3.85	4.07
3 PASADAS	3.12	3.60	2.98	2.86	3.50	3.36	3.49	2.95	3.20	3.45
4 PASADAS	2.75	3.05	2.68	2.52	2.95	3.01	2.94	2.61	2.68	2.89
5 PASADAS	2.47	2.57	2.39	2.37	2.62	2.50	2.45	2.31	2.54	2.69
6 PASADAS	2.35	2.15	2.12	2.13	2.35	2.11	2.04	1.94	2.11	2.42
7 PASADAS	2.12	1.81	1.98	1.78	1.99	1.90	1.83	1.61	1.79	2.17
8 PASADAS	1.80	1.54	1.77	1.57	1.68	1.77	1.63	1.35	1.50	2.02
9 PASADAS	1.60	1.30	1.59	1.33	1.41	1.57	1.38	1.19	1.41	1.92
10 PASADAS	1.35	1.15	1.50	1.18	1.20	1.46	1.15	1.06	1.25	1.71
11 PASADAS	1.19	1.03	1.34	0.99	1.00	1.31	0.96	1.00	1.05	1.62
12 PASADAS	1.00	0.91	1.11	0.88	0.83	1.11	0.87	0.88	0.87	1.43
13 PASADAS	0.89	0.82	0.94	0.78	0.73	0.93	0.78	0.84	0.74	1.21
14 PASADAS	0.79	0.73	0.80	0.70	0.65	0.78	0.69	0.70	0.65	1.01
15 PASADAS	0.70	0.65	0.67	0.62	0.58	0.66	0.61	0.59	0.58	0.85
16 PASADAS	0.60	0.58	0.56	0.53	0.51	0.58	0.55	0.50	0.49	0.72
17 PASADAS	0.53	0.51	0.51	0.47		0.52				0.60
18 PASADAS	0.48			0.42						0.51



Página 4 de 8

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

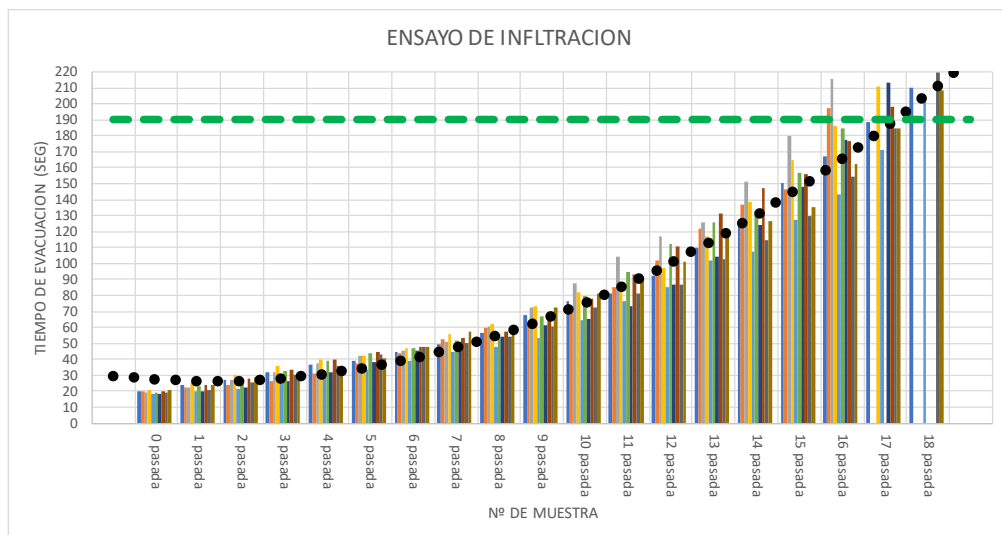


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC** 2022-510  
**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (21-30) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
N° PASADAS	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
0 PASADAS	20.2	19.5	19.0	21.1	18.3	19.3	18.6	19.9	18.7	20.4
1 PASADAS	24.0	21.9	22.5	25.4	19.6	22.7	19.8	23.7	21.1	24.0
2 PASADAS	26.9	23.5	26.8	30.2	21.8	27.2	22.3	28.0	25.2	28.7
3 PASADAS	32.2	26.4	31.8	35.7	24.6	32.5	26.5	33.6	30.3	30.5
4 PASADAS	36.4	31.4	37.5	39.7	29.5	38.9	31.9	39.7	36.1	35.9
5 PASADAS	39.1	37.0	42.5	42.1	33.1	44.0	38.4	44.9	42.7	40.3
6 PASADAS	44.2	43.9	45.0	47.1	39.2	46.8	45.3	47.8	47.9	48.1
7 PASADAS	49.6	52.3	51.1	55.7	44.4	52.0	50.7	53.3	50.5	57.0
8 PASADAS	56.4	59.5	60.8	62.4	47.5	55.4	53.8	57.3	53.8	60.4
9 PASADAS	67.7	62.8	72.8	73.5	53.4	66.7	61.1	65.0	60.1	72.5
10 PASADAS	76.3	70.8	87.5	81.8	64.2	79.7	64.9	78.0	72.1	80.9
11 PASADAS	81.2	84.8	104.4	86.3	76.5	94.7	73.0	93.3	80.8	90.7
12 PASADAS	91.9	101.8	117.3	97.0	85.0	112.0	86.5	110.2	86.8	101.4
13 PASADAS	109.7	122.1	125.8	116.7	102.1	125.9	104.0	130.9	102.6	120.3
14 PASADAS	124.5	136.5	151.4	138.1	107.5	132.7	123.9	146.9	114.9	126.8
15 PASADAS	150.0	146.7	180.1	165.0	126.9	156.8	147.9	155.6	129.5	135.3
16 PASADAS	166.8	197.6	215.9	186.1	143.1	184.5	177.3	176.4	154.0	162.6
17 PASADAS	188.7			211.0	170.8		213.1	197.8	184.2	184.4
18 PASADAS	209.9				205.0				219.8	208.1



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

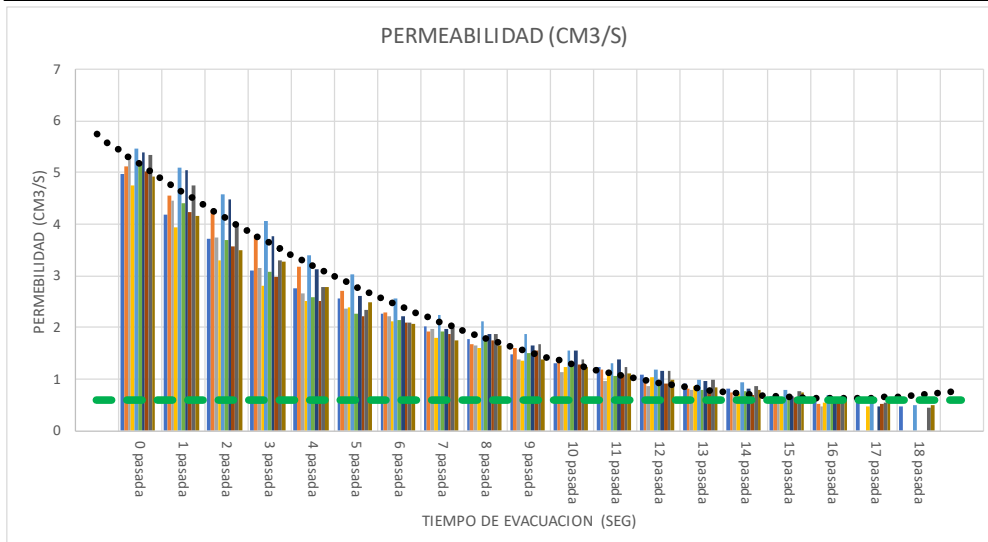
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (21-30) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
N° PASADAS	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
0 PASADAS	4.96	5.12	5.27	4.75	5.47	5.19	5.38	5.03	5.34	4.91
1 PASADAS	4.17	4.56	4.45	3.94	5.10	4.40	5.05	4.22	4.74	4.16
2 PASADAS	3.71	4.26	3.73	3.31	4.58	3.68	4.49	3.57	3.97	3.49
3 PASADAS	3.10	3.79	3.15	2.80	4.07	3.08	3.77	2.98	3.30	3.28
4 PASADAS	2.75	3.18	2.66	2.52	3.39	2.57	3.14	2.52	2.77	2.78
5 PASADAS	2.56	2.70	2.35	2.38	3.02	2.27	2.61	2.23	2.34	2.48
6 PASADAS	2.26	2.28	2.22	2.12	2.55	2.14	2.21	2.09	2.09	2.08
7 PASADAS	2.02	1.91	1.96	1.79	2.25	1.92	1.97	1.88	1.98	1.75
8 PASADAS	1.77	1.68	1.64	1.60	2.11	1.81	1.86	1.74	1.86	1.65
9 PASADAS	1.48	1.59	1.37	1.36	1.87	1.50	1.64	1.54	1.66	1.38
10 PASADAS	1.31	1.41	1.14	1.22	1.56	1.25	1.54	1.28	1.39	1.24
11 PASADAS	1.23	1.18	0.96	1.16	1.31	1.06	1.37	1.07	1.24	1.10
12 PASADAS	1.09	0.98	0.85	1.03	1.18	0.89	1.16	0.91	1.15	0.99
13 PASADAS	0.91	0.82	0.79	0.86	0.98	0.79	0.96	0.76	0.97	0.83
14 PASADAS	0.80	0.73	0.66	0.72	0.93	0.75	0.81	0.68	0.87	0.79
15 PASADAS	0.67	0.68	0.56	0.61	0.79	0.64	0.68	0.64	0.77	0.74
16 PASADAS	0.60	0.51	0.46	0.54	0.70	0.54	0.56	0.57	0.65	0.61
17 PASADAS	0.53			0.47	0.59		0.47	0.51	0.54	0.54
18 PASADAS	0.48				0.49				0.45	0.48



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

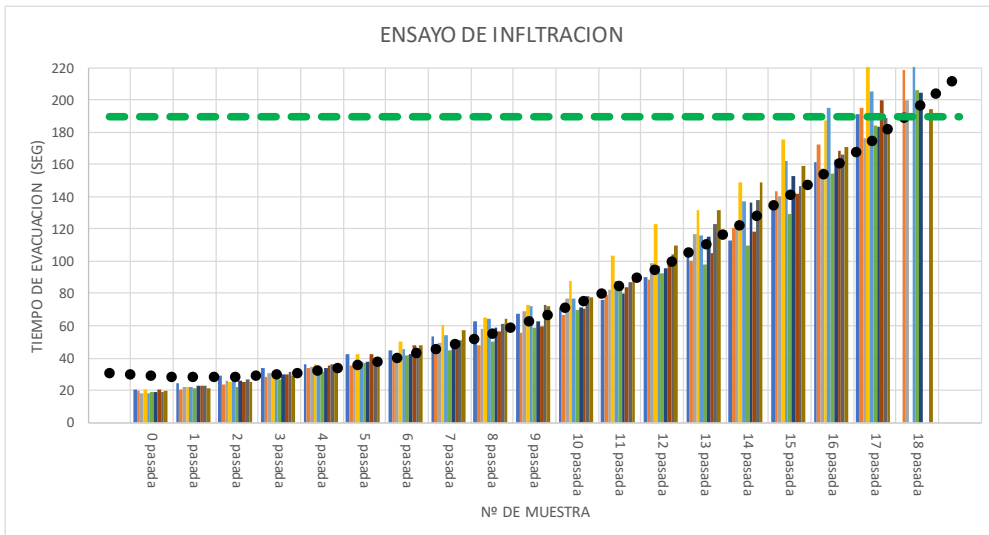
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (31-40) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

**ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS**

TIEMPO DE EVACUACION										
N° PASADAS	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40
0 PASADAS	20.5	19.6	18.0	20.7	18.3	18.6	19.1	20.3	18.8	19.7
1 PASADAS	24.1	20.7	21.7	22.2	21.8	21.0	22.7	22.7	22.6	21.0
2 PASADAS	28.8	23.5	25.8	24.9	26.2	22.3	25.5	25.3	26.7	25.0
3 PASADAS	33.9	27.9	30.4	30.0	31.2	26.7	30.1	29.9	31.7	29.4
4 PASADAS	35.9	33.5	34.4	35.9	35.4	31.4	33.7	35.4	35.8	35.4
5 PASADAS	42.7	35.4	36.7	42.6	37.9	37.0	37.4	42.1	38.1	39.9
6 PASADAS	45.0	39.8	41.5	50.6	45.4	41.3	42.1	47.7	42.5	48.0
7 PASADAS	53.2	42.5	49.7	60.7	54.3	44.4	49.6	50.5	50.7	57.6
8 PASADAS	63.0	47.5	58.4	64.9	64.6	49.9	59.1	56.5	60.9	64.1
9 PASADAS	67.3	56.0	69.1	72.9	72.5	58.9	62.8	59.9	73.3	72.0
10 PASADAS	71.0	66.3	77.2	87.5	77.0	70.1	71.1	70.9	78.3	77.5
11 PASADAS	75.9	78.9	82.0	103.9	87.5	82.7	80.0	84.2	87.2	91.9
12 PASADAS	90.0	88.9	98.6	123.2	97.6	92.8	96.1	99.4	104.0	110.1
13 PASADAS	106.5	100.7	117.1	131.4	116.5	98.4	115.2	104.9	122.7	132.0
14 PASADAS	112.6	120.6	124.0	148.6	137.2	109.8	136.2	118.5	138.4	148.6
15 PASADAS	135.0	143.5	140.1	175.7	161.9	129.8	153.2	141.8	146.9	159.3
16 PASADAS	161.9	172.5	157.3	187.3	194.9	154.5	162.8	168.4	166.5	170.7
17 PASADAS	191.5	194.9	176.5	220.9	205.6	184.3	183.3	200.2	189.0	181.2
18 PASADAS		218.5	199.7		229.9	206.0	204.6			194.5



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.





# LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

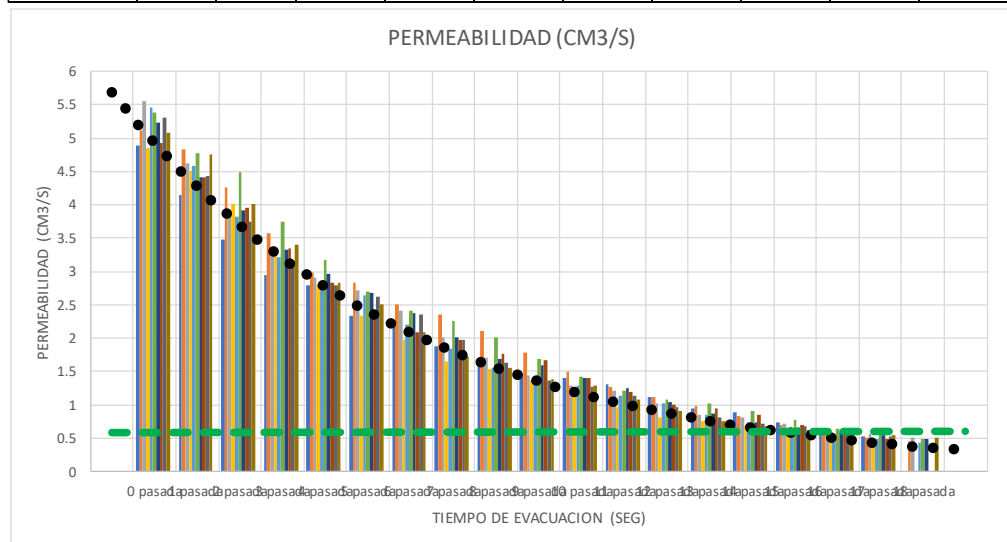
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC** 2022-510

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (31-40) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 08/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
N° PASADAS	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40
0 PASADAS	4.88	5.11	5.55	4.84	5.46	5.39	5.23	4.92	5.31	5.07
1 PASADAS	4.15	4.83	4.61	4.50	4.58	4.76	4.41	4.40	4.43	4.76
2 PASADAS	3.47	4.26	3.87	4.02	3.82	4.49	3.92	3.95	3.75	4.00
3 PASADAS	2.95	3.58	3.29	3.33	3.21	3.75	3.32	3.34	3.15	3.40
4 PASADAS	2.79	2.99	2.91	2.79	2.83	3.18	2.97	2.83	2.80	2.83
5 PASADAS	2.34	2.82	2.72	2.35	2.64	2.70	2.67	2.37	2.63	2.51
6 PASADAS	2.22	2.51	2.41	1.98	2.20	2.42	2.37	2.10	2.35	2.08
7 PASADAS	1.88	2.35	2.01	1.65	1.84	2.25	2.02	1.98	1.97	1.74
8 PASADAS	1.59	2.10	1.71	1.54	1.55	2.00	1.69	1.77	1.64	1.56
9 PASADAS	1.49	1.78	1.45	1.37	1.38	1.70	1.59	1.67	1.36	1.39
10 PASADAS	1.41	1.51	1.30	1.14	1.30	1.43	1.41	1.41	1.28	1.29
11 PASADAS	1.32	1.27	1.22	0.96	1.14	1.21	1.25	1.19	1.15	1.09
12 PASADAS	1.11	1.12	1.01	0.81	1.02	1.08	1.04	1.01	0.96	0.91
13 PASADAS	0.94	0.99	0.85	0.76	0.86	1.02	0.87	0.95	0.81	0.76
14 PASADAS	0.89	0.83	0.81	0.67	0.73	0.91	0.73	0.84	0.72	0.67
15 PASADAS	0.74	0.70	0.71	0.57	0.62	0.77	0.65	0.71	0.68	0.63
16 PASADAS	0.62	0.58	0.64	0.53	0.51	0.65	0.61	0.59	0.60	0.59
17 PASADAS	0.52	0.51	0.57	0.45	0.49	0.54	0.55	0.50	0.53	0.55
18 PASADAS		0.46	0.50		0.43	0.49	0.49			0.51



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

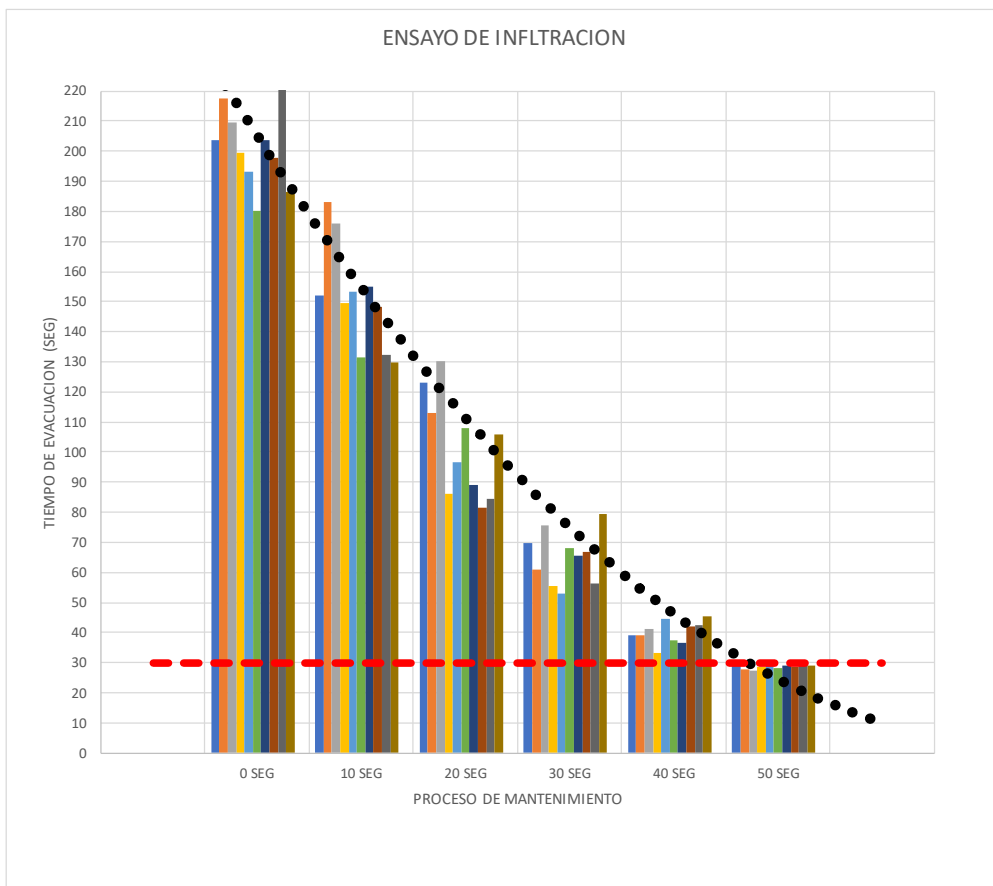
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-524

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (1-10) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 23/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
TIEMPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0 SEG	203.8	217.4	209.4	199.5	193.1	180.0	203.6	197.9	239.2	186.3
10 SEG	152.0	183.0	175.8	149.5	153.2	131.3	155.2	148.3	132.2	129.9
20 SEG	123.1	113.2	130.0	86.0	96.6	108.0	89.1	81.5	84.3	106.0
30 SEG	69.9	61.0	75.7	55.7	53.2	68.3	65.4	66.8	56.4	79.6
40 SEG	39.2	39.3	41.3	33.3	44.4	37.6	36.6	42.1	42.3	45.4
50 SEG	29.3	27.6	27.2	28.6	29.2	28.4	29.1	28.6	29.8	29.2



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

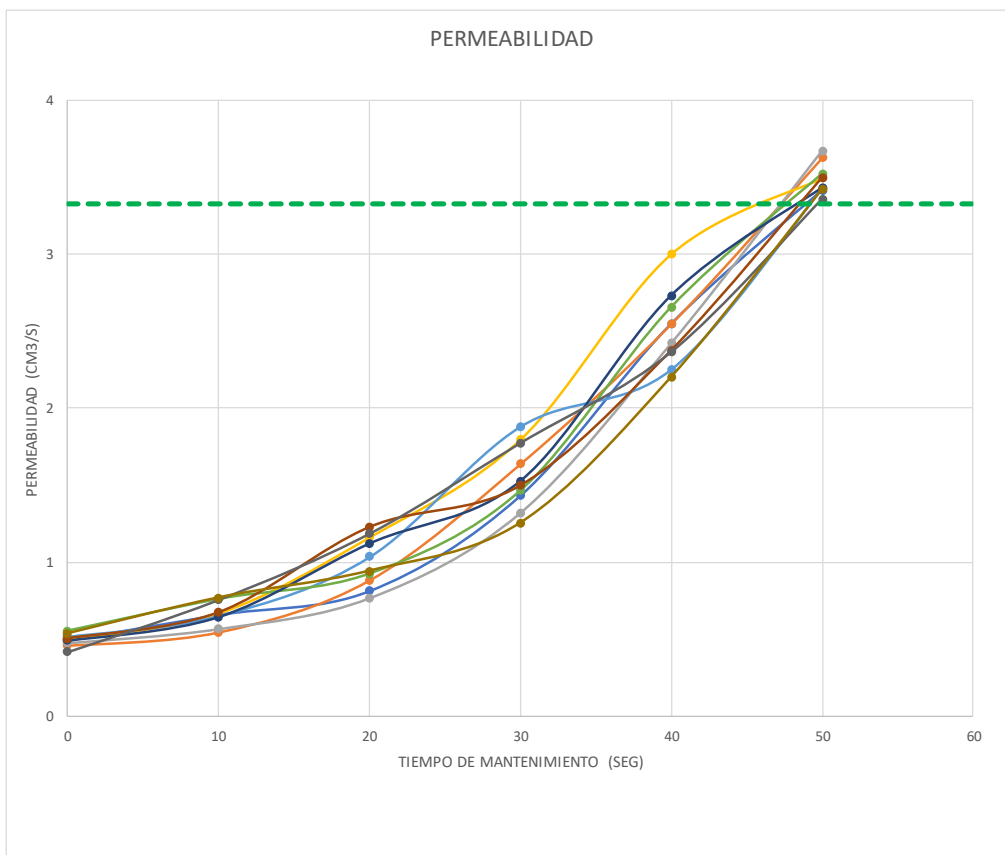
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC** 2022-525

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (1-10) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 23/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
TIEMPO	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
0 SEG	0.49	0.46	0.48	0.50	0.52	0.56	0.49	0.51	0.42	0.54
10 SEG	0.66	0.55	0.57	0.67	0.65	0.76	0.64	0.67	0.76	0.77
20 SEG	0.81	0.88	0.77	1.16	1.03	0.93	1.12	1.23	1.19	0.94
30 SEG	1.43	1.64	1.32	1.80	1.88	1.47	1.53	1.50	1.77	1.26
40 SEG	2.55	2.55	2.42	3.00	2.25	2.66	2.73	2.38	2.36	2.20
50 SEG	3.42	3.62	3.67	3.49	3.43	3.52	3.43	3.50	3.36	3.43



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

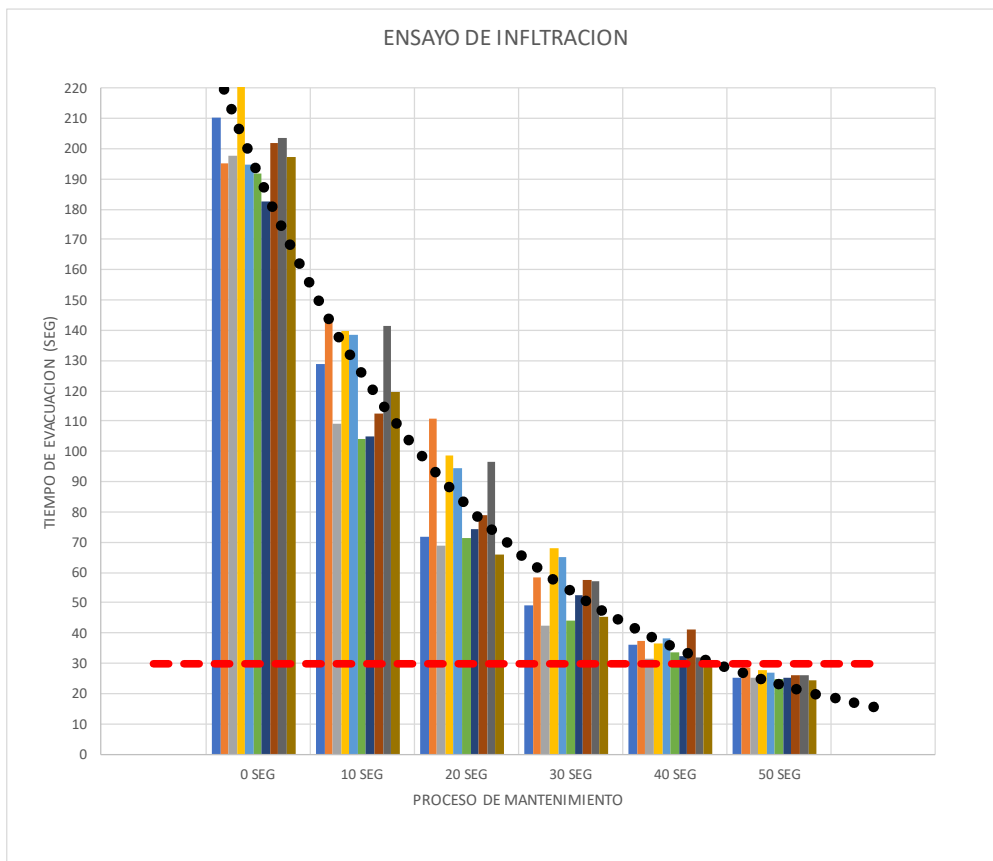
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-526

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (11-20) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 24/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
TIEMPO	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
0 SEG	210.2	195.0	197.8	240.6	194.9	191.7	182.6	201.7	203.7	197.2
10 SEG	129.0	143.1	109.3	139.9	138.3	104.2	104.9	112.4	141.3	119.7
20 SEG	71.8	111.0	69.0	98.8	94.6	71.5	74.1	79.0	96.7	66.1
30 SEG	49.0	58.5	42.2	68.0	65.0	43.9	52.4	57.5	57.2	45.4
40 SEG	36.2	37.2	31.5	36.5	38.1	33.4	32.3	41.1	32.0	31.0
50 SEG	25.1	28.4	25.3	27.7	26.7	25.0	25.3	26.1	26.0	24.5



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

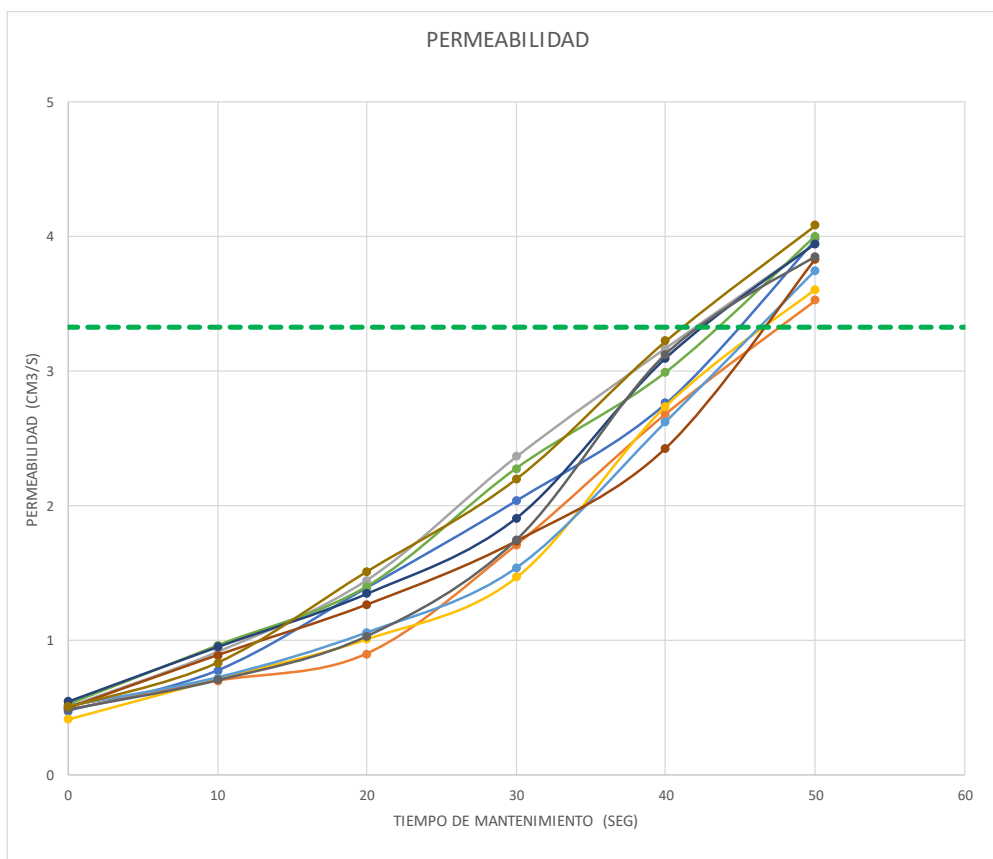
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-527

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (11-20) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 24/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
TIEMPO	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
0 SEG	0.48	0.51	0.51	0.42	0.51	0.52	0.55	0.50	0.49	0.51
10 SEG	0.78	0.70	0.91	0.71	0.72	0.96	0.95	0.89	0.71	0.84
20 SEG	1.39	0.90	1.45	1.01	1.06	1.40	1.35	1.27	1.03	1.51
30 SEG	2.04	1.71	2.37	1.47	1.54	2.28	1.91	1.74	1.75	2.20
40 SEG	2.76	2.68	3.18	2.74	2.62	2.99	3.10	2.43	3.13	3.23
50 SEG	3.98	3.53	3.96	3.61	3.75	4.01	3.95	3.84	3.85	4.09



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

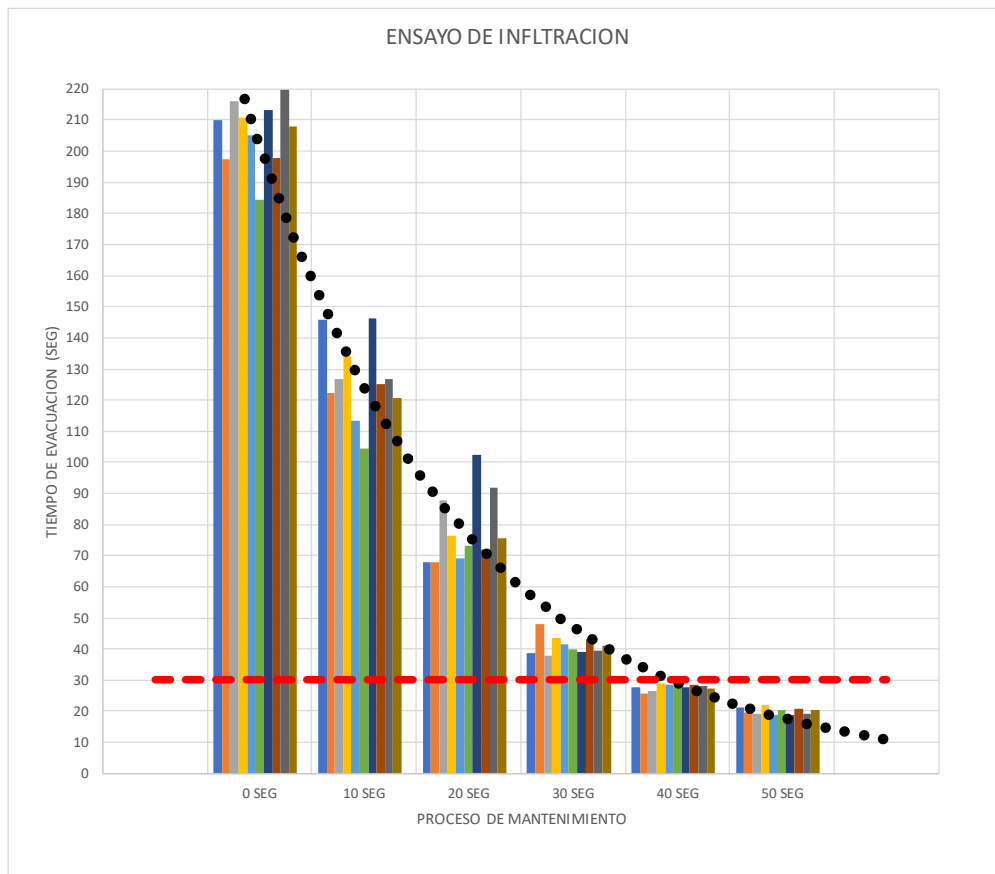
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-528

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (21-30) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 25/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
TIEMPO	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
0 SEG	209.9	197.6	215.9	211.0	205.0	184.5	213.1	197.8	219.8	208.1
10 SEG	145.7	122.3	126.9	134.1	113.3	104.5	146.3	125.0	126.9	120.5
20 SEG	67.9	67.8	88.0	76.5	69.2	73.0	102.6	72.1	92.0	75.7
30 SEG	38.5	47.8	37.7	43.5	41.4	39.8	39.2	42.9	39.5	41.1
40 SEG	27.5	25.8	26.6	28.7	28.4	27.9	27.7	28.5	28.1	27.2
50 SEG	21.4	19.7	19.4	22.0	18.7	20.2	18.6	20.7	19.1	20.5



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio A. Manojos Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

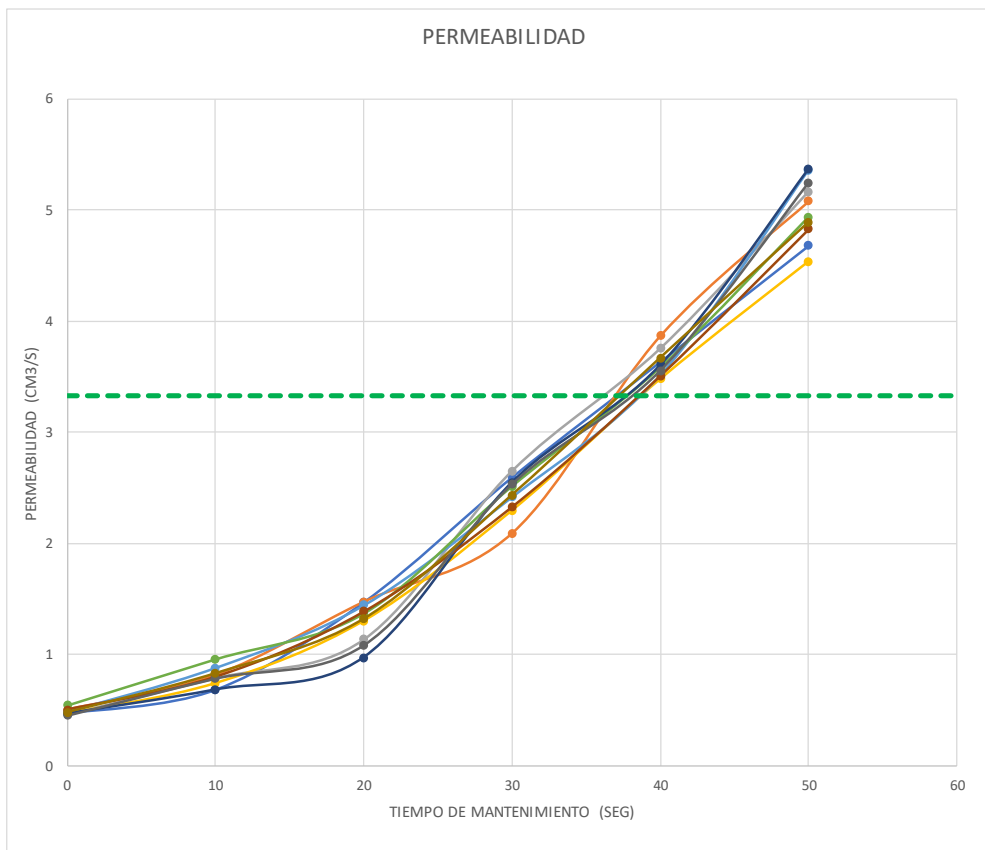


## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022  
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-529  
**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (21-30) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C  
**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 25/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
TIEMPO	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
0 SEG	0.48	0.51	0.46	0.47	0.49	0.54	0.47	0.51	0.45	0.48
10 SEG	0.69	0.82	0.79	0.75	0.88	0.96	0.68	0.80	0.79	0.83
20 SEG	1.47	1.48	1.14	1.31	1.44	1.37	0.97	1.39	1.09	1.32
30 SEG	2.60	2.09	2.65	2.30	2.42	2.51	2.55	2.33	2.53	2.44
40 SEG	3.64	3.87	3.76	3.48	3.52	3.58	3.61	3.51	3.56	3.67
50 SEG	4.68	5.08	5.17	4.54	5.36	4.94	5.37	4.83	5.24	4.89



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

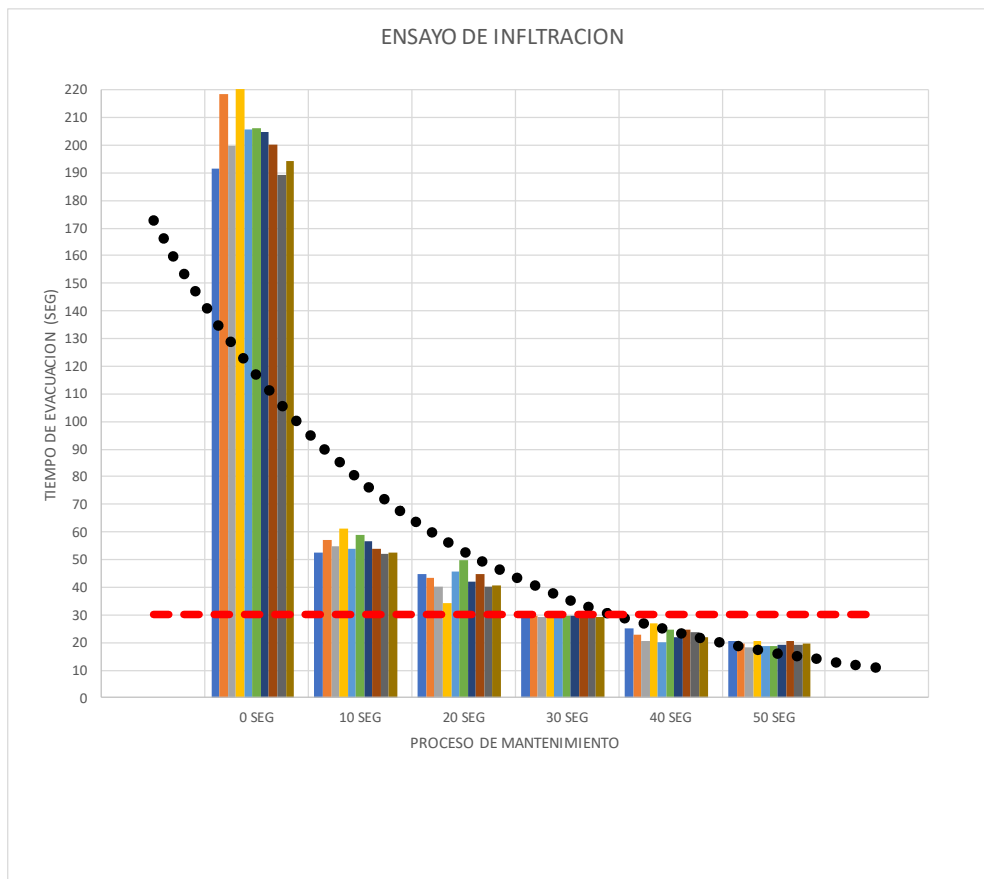
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-530

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (31-40) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 26/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

TIEMPO DE EVACUACION										
TIEMPO	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40
0 SEG	191.5	218.5	199.7	220.9	205.6	206.0	204.6	200.2	189.0	194.5
10 SEG	52.7	57.0	54.8	61.0	54.0	59.2	56.6	53.8	52.0	52.4
20 SEG	44.7	43.5	40.4	34.1	45.6	49.8	42.2	44.7	40.4	40.6
30 SEG	29.6	29.8	29.3	29.7	30.2	29.8	29.8	30.0	30.1	29.1
40 SEG	25.3	22.9	20.4	26.9	20.1	24.6	21.9	24.8	23.6	21.7
50 SEG	20.7	19.6	18.1	20.8	18.6	18.8	19.2	20.5	19.0	19.8



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

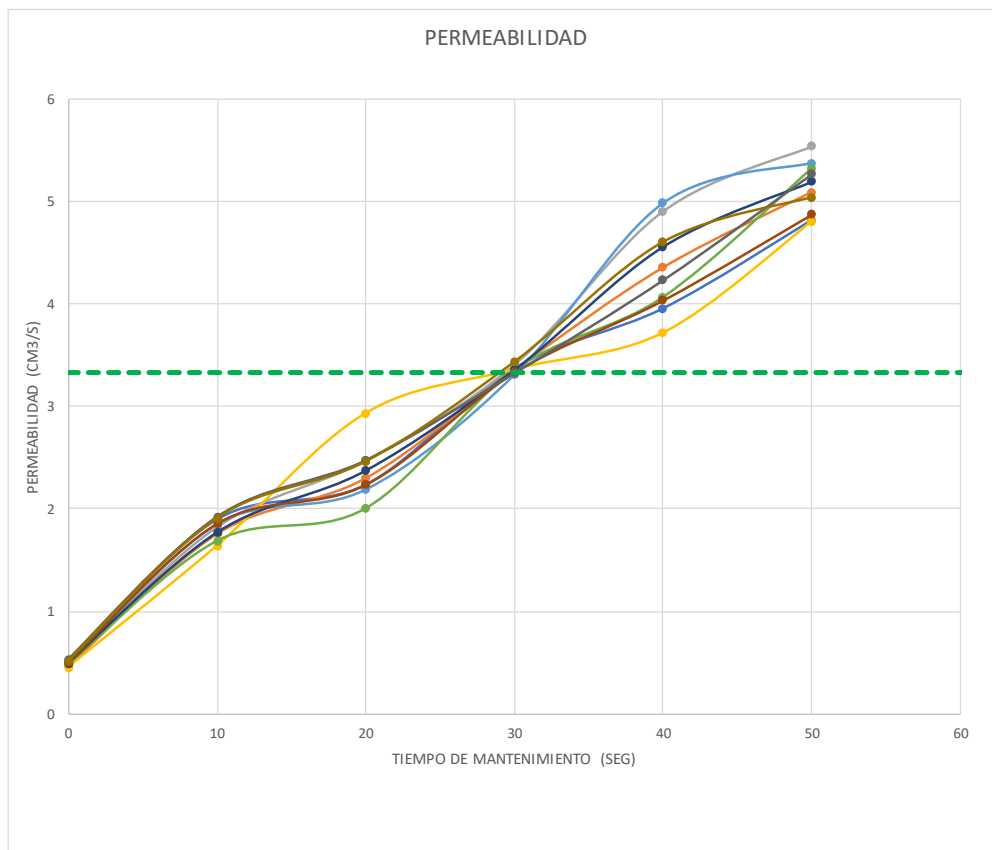
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFIC:** 2022-531

**MATERIAL:** BRIQUETAS MAD (31-40) **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** DISEÑO **FECHA:** 26/08/2022

### ENSAYO DE INFILTRACION DEL PROCESO DE CEDIMENTACION DE BRIQUETAS

PERMEABILIDAD										
TIEMPO	M31	M32	M33	M34	M35	M36	M37	M38	M39	M40
0 SEG	0.52	0.46	0.50	0.45	0.49	0.49	0.49	0.50	0.53	0.51
10 SEG	1.90	1.76	1.83	1.64	1.85	1.69	1.77	1.86	1.92	1.91
20 SEG	2.24	2.30	2.48	2.93	2.19	2.01	2.37	2.24	2.47	2.46
30 SEG	3.38	3.36	3.41	3.36	3.31	3.36	3.36	3.33	3.33	3.43
40 SEG	3.96	4.36	4.91	3.72	4.98	4.07	4.56	4.04	4.24	4.60
50 SEG	4.82	5.09	5.54	4.81	5.38	5.32	5.20	4.88	5.27	5.04



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

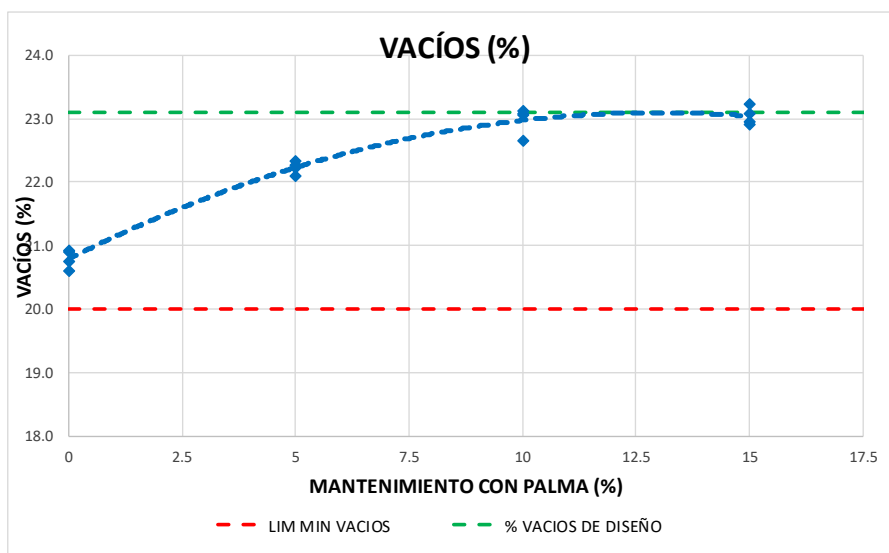
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-544

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **FECHA:** 01/09/2022

**RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL**

% DE VACIOS						
# DE BRIQUETAS	MANTE. CON PALMA	MANTE. CON	Psec(Gr)	Psat(Gr)	PSSS(Gr)	VACIOS(%)
1	0.00	0%	1250.10	717.00	1290.60	20.7
2		0%	1249.50	718.30	1290.50	20.6
3		0%	1249.30	719.90	1294.20	20.9
4		0%	1249.60	718.10	1292.70	20.9
5	0.05	5%	1249.80	718.30	1299.20	22.3
6		5%	1249.40	719.00	1299.30	22.3
7		5%	1249.60	715.60	1294.70	22.1
8		5%	1250.00	716.40	1294.50	22.2
9	0.10	10%	1249.60	717.50	1303.40	23.1
10		10%	1249.50	717.80	1300.20	22.7
11		10%	1249.30	715.60	1301.10	23.1
12		10%	1249.40	715.10	1300.40	23.0
13	0.15	15%	1249.40	716.10	1302.10	22.9
14		15%	1249.60	714.90	1303.30	23.2
15		15%	1249.50	716.80	1303.10	23.0
16		15%	1249.70	715.00	1302.40	23.1



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Achar Rojas Poma*  
**Julio Achar Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

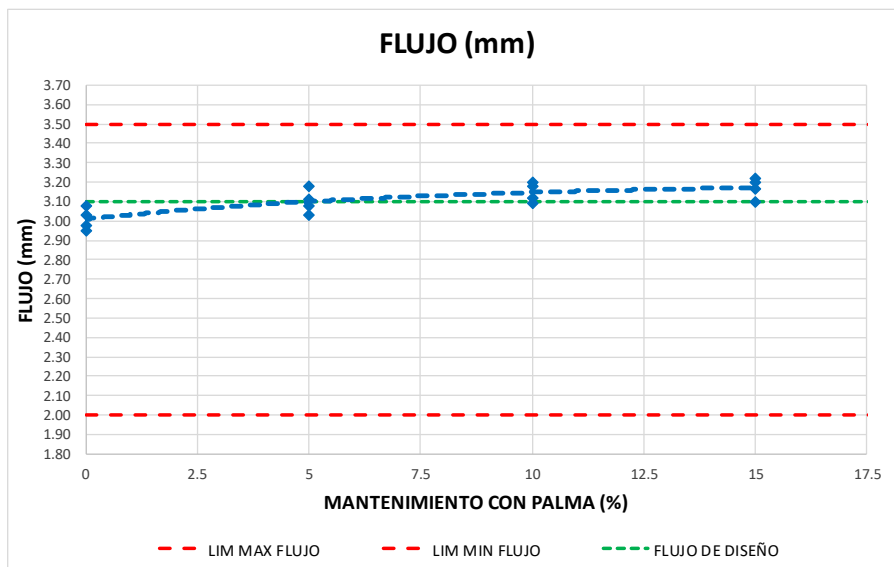
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-545

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **FECHA:** 02/09/2022

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL

FLUJO EN EL ASFALTO					
# DE BRIQUETAS	MANTE. CON PALMA	MANTE. CON	LIMITE MAXIMO	LIMITE MINIMO	FLUJO(mm)
1	0.00	0%	2.00	3.50	2.98
2		0%			3.08
3		0%			2.95
4		0%			3.03
5	0.05	5%	2.00	3.50	3.11
6		5%			3.18
7		5%			3.03
8		5%			3.08
9	0.10	10%	2.00	3.50	3.12
10		10%			3.20
11		10%			3.18
12		10%			3.09
13	0.15	15%	2.00	3.50	3.22
14		15%			3.20
15		15%			3.17
16		15%			3.10



Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

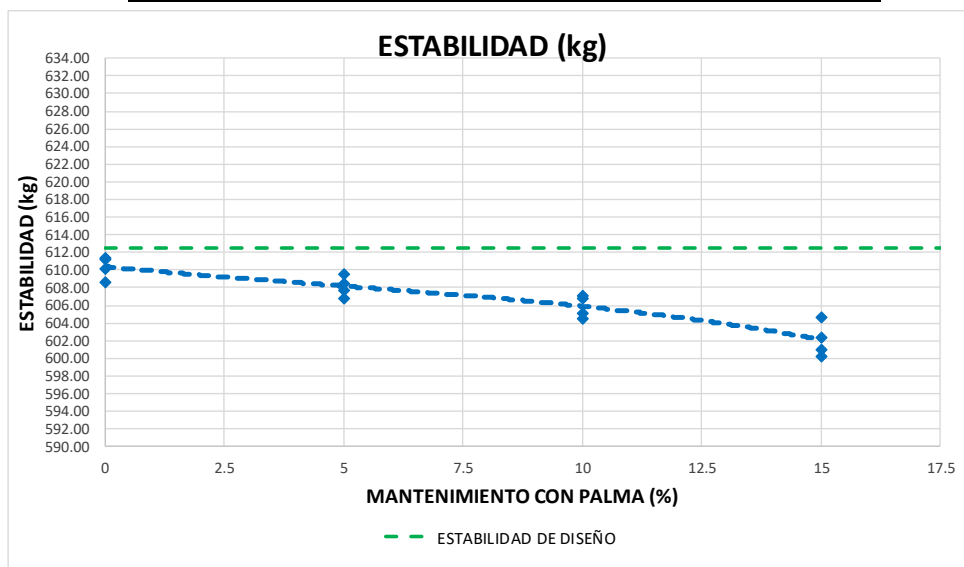
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-546

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **FECHA:** 03/09/2022

**RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL**

ESTABILIDAD DEL ASFALTO					
# DE BRIQUETAS	MANTE. CON PALMA	MANTE. CON	ESTABILIDAD SIN	FV	ESTABILIDAD CORREGIDA(kg)
1	0.00	0%	617.5	0.99	611.3
2		0%	614.8	0.99	608.7
3		0%	610.2	1.00	610.2
4		0%	611.4	1.00	611.4
5	0.05	5%	614.6	0.99	608.5
6		5%	606.9	1.00	606.9
7		5%	615.8	0.99	609.6
8		5%	607.7	1.00	607.7
9	0.10	10%	610.6	0.99	604.5
10		10%	605.2	1.00	605.2
11		10%	612.9	0.99	606.8
12		10%	607.7	1.00	607.1
13	0.15	15%	608.5	0.99	602.4
14		15%	600.3	1.00	600.3
15		15%	601.0	1.00	601.0
16		15%	610.8	0.99	604.7



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Porra*  
 Julio Adrian Rojas Porra  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

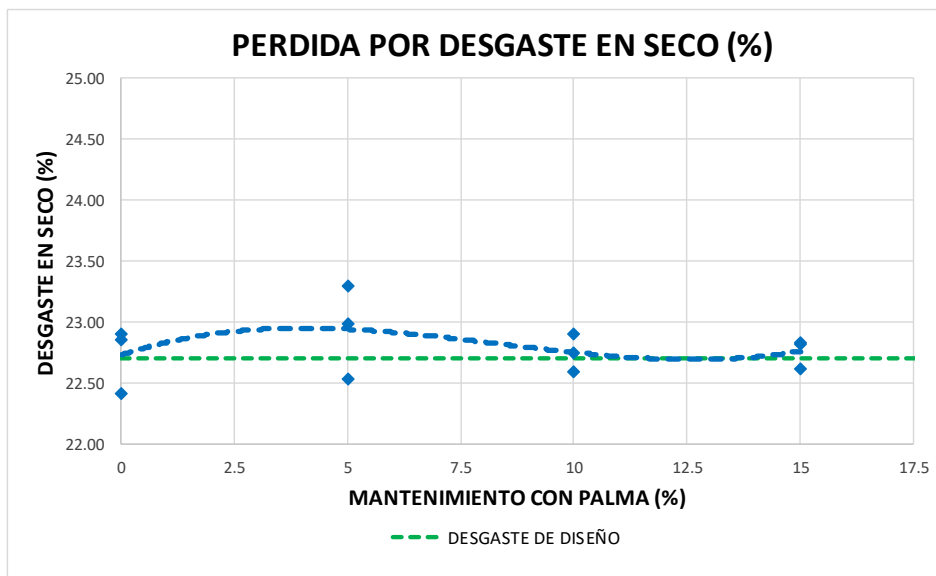
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-547

**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **FECHA:** 04/09/2022

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL

PERDIDA POR DESGASTE EN SECO (%)					
# DE BRIQUETAS	MANTE. CON PALMA	MANTE. CON	P. INICIAL	P. FINAL	% PERDIDA
1	0.00	0%	1250.3	964.48	22.9
2		0%	1250.1	963.70	22.9
3		0%	1250.5	970.10	22.4
4	0.05	5%	1249.9	968.20	22.5
5		5%	1249.8	962.50	23.0
6		5%	1250.0	958.70	23.3
7	0.10	10%	1249.8	965.50	22.7
8		10%	1249.7	963.40	22.9
9		10%	1249.5	967.10	22.6
10	0.15	15%	1249.7	964.40	22.8
11		15%	1249.5	966.80	22.6
12		15%	1249.4	964.10	22.8



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Poma*  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE TENSOACTIVOS EXTRAÍDOS DE LA PALMA EN LA DESCOLMATACIÓN DE CARPETAS DE ASFALTO DRENANTE – HUANCAYO 2022

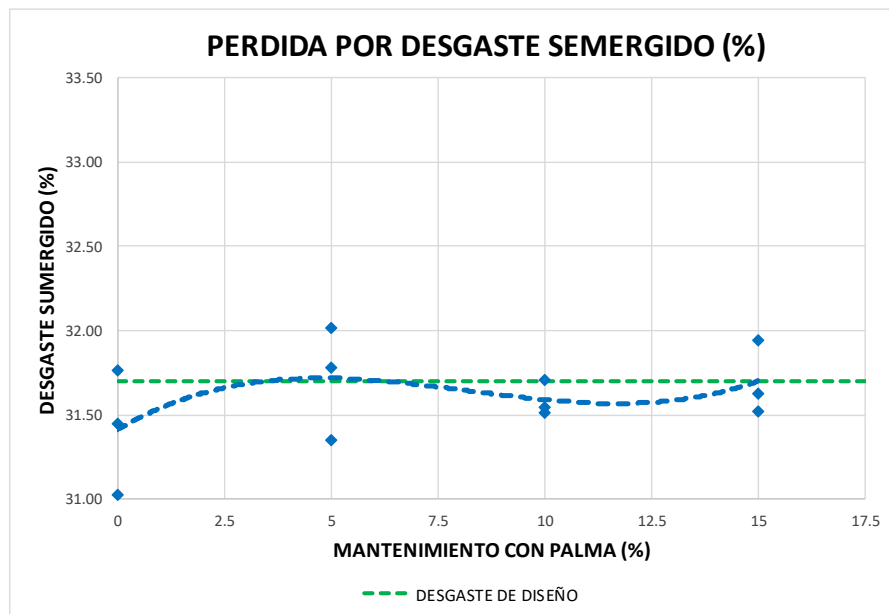
**CLIENTE:** AYSANA UCHARIMA, AARON RENY **CERTIFICADO:** 2022-548

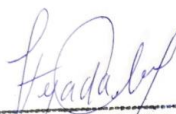
**MATERIAL:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **TEMPERATURA AMBIENTE:** 18°C

**MUESTRA:** CEMENTO ASFALTICO 85-100 CON POLIMEROS **FECHA:** 05/09/2022

### RESISTENCIA DE MEZCLA BITUMINOSAS EMPLEANDO MARSHALL

PERDIDA POR DESGASTE SUMERGIDO (%)					
# DE BRIQUETAS	MANTE. CON PALMA	MANTE. CON	P. INICIAL	P. FINAL	% PERDIDA
1	0.00	0%	1254.1	855.70	31.8
2		0%	1251.5	863.20	31.0
3		0%	1253.2	859.10	31.4
4	0.05	5%	1251.3	859.00	31.4
5		5%	1253.6	855.20	31.8
6		5%	1252.7	851.60	32.0
7	0.10	10%	1252.5	857.40	31.5
8		10%	1251.1	856.80	31.5
9		10%	1253.3	855.90	31.7
10	0.15	15%	1252.4	852.30	31.9
11		15%	1253.3	856.90	31.6
12		15%	1250.8	856.50	31.5



  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 COLDFIX E.I.R.L.

ANEXO 5. Panel fotográfico



Fotografía 1: Agregados para la elaboración de briquetas: piedra chancada de 1/2", arena triturada y arena zarandeada.



Fotografía 2: Tamizado de 3kg de agregado de piedra chancada de 1/2".





Fotografía 3: Tamizado de 1.5kg de agregado de arena triturada.



Fotografía 4: Tamizado de 1.5kg de agregado de arena zarandeada.





Fotografía 5: Tamizado de filler (cal).



Fotografía 6: Pesado del material pétreo retenido en cada tamiz.



Fotografía 7: Extracción de cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros para elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 8: Horneado de cemento asfáltico PEN 85-100 con polímeros para elaboración de briquetas.





Fotografía 9: Pesado de agregado para elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 10: Pesado de filler para elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 11: Preparado de agregado a temperatura de mezcla para la elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 12: Mezcla de agregado, filler y ligante asfáltico modificado a temperatura de mezcla para elaboración de briquetas de mezcla asfáltica drenante de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).





Fotografía 13: Toma de temperatura de mezcla asfáltica de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 14: Acondicionamiento de los materiales del pedestal (molde de material, placa base y collarín) para la elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 15: Colocado de los materiales del pedestal para a elaboración de briquetas de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 16: Colocado de papel filtro dentro del molde del pedestal de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 17: Colocado de la mezcla asfáltica de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 18: Colocado de papel filtro sobre la mezcla de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).





Fotografía 19: Compactación de la mezcla asfáltica de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%) con 50 golpes.



Fotografía 20: Obtención de la briqueta de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).





Fotografía 21: Enfriamiento de la briqueta con el molde a temperatura ambiente de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 22: Desencofrado de la briqueta de acuerdo al porcentaje de contenido de ligante asfáltico (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%).



Fotografía 23: Para la obtención del porcentaje de vacíos se pesa la muestra en seco.



Fotografía 24: Pesado de muestra sumergido.





Fotografía 25: Pesado de muestra parcialmente seco.



Fotografía 26: Acondicionamiento de muestra en baño maría a 60°C por 30 minutos para ensayo con la prensa de Marshall.



Fotografía 27: Extracción de la muestra de baño maría y sacado parcialmente



Fotografía 28: Colocado de la muestra en la prensa de Marshall.





Fotografía 29: Toma de datos de la estabilidad y flujo de la muestra.



Fotografía 30: Para el ensayo de cántabro en seco se pesa la muestra a temperatura ambiente.



Fotografía 31: Colocado la muestra en la maquinaria de abrasión los ángeles sin la carga de abrasiva de las bolas.



Fotografía 32: Después de 300 vueltas en la máquina de los ángeles se extrae la muestra y se limpia con una brocha para quitar las partículas desprendidas



Fotografía 33: Pesado de la muestra después del ensayo en la maquina los ángeles.



Fotografía 34: Para el ensayo de cántabro tras inmersión se coloca la muestra por 24h a 60°C.





Fotografía 35: Extracción de la briqueta y limpiado para quitar el material excedente.



Fotografía 36: Vertimiento de 100ml de agua sobre la muestra.





Fotografía 37: Toma del tiempo de evacuación del agua por las partes abiertas de la briqueta



Fotografía 38: Elaboración de briquetas con el óptimo contenido de asfalto.





Fotografía 39: Mezcla de agua con el 20% de sedimentos con respecto del peso del agua.



Fotografía 40: Para la sedimentación de briquetas se vierte la mezcla con sedimentos sobre las muestras cada 24h o menos de acuerdo que la muestra se seque hasta taponear las partes abiertas de la briqueta casi en su totalidad.





Fotografía 41: Briqueta colmatada



Fotografía 42: Tensoactivo de la palma.





Fotografía 43: Mezclado del agua con tensoactivo de la palma en distintos porcentajes (0%, 10%, 15% y 20%)



Fotografía 44: Mantenimiento de agua a presión de briquetas de acuerdo al porcentaje de tensoactivo de la palma (0%, 10%, 15% y 20%).



Fotografía 45: Ensayo de Marshall para briquetas con mantenimiento.



Fotografía 46: Ensayo de desgaste al cántabro con briquetas con mantenimiento.