

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades
mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes**

Yuri Kevin Carhuas Tapia

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

ASESOR

Ing. Rando Porras Olarte

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa Universidad y haberme brindado su gran apoyo durante todo este tiempo.

DEDICATORIA

A mi madre Claudia, quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcarme ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo.

ÍNDICE

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	16
1.1. Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1. Problema General	16
1.1.2. Problema Específicos.....	16
1.2. Objetivos.....	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivo ESPECÍFICO.....	17
1.3. Justificación de la Investigación	17
1.3.1. Justificación PRÁCTICA.....	17
1.3.2. Justificación Metodológica	17
1.3.3. Justificación Económica	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes del problema.....	18
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes Internacionales	19
2.2. Bases Teóricas	20
2.2.1. Fibra de polipropileno	20
2.2.2. Mezclas Asfálticas Drenantes o Porosas	21
CAPÍTULO III HIPÓTESIS Y VARIABLES	27
3.1. Hipótesis.....	27
3.1.1. Hipótesis general.....	27
3.1.2. Hipótesis ESPECÍFICA	27
3.2. Variables.....	27
3.2.1. Variable Independiente.....	27
3.2.2. Variable Dependiente	28
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA	29
4.1. Método de Investigación	29
4.2. Diseño de la Investigación	29
4.3. Población y Muestra	29
4.3.1. Población.....	29
4.3.2. Muestra.....	30
4.4. Método para la obtención de datos	30
4.4.1. Obtención y caracterización del material	30
4.4.2. Material a compactar	33
4.4.3. Ensayo de Marshall	36
4.4.4. Ensayo de infiltración	38
4.4.5. ÓPTIMO % de asfalto e inclusión de fibra	39

CAPÍTULO V RESULTADOS.....	40
5.1. Curva ideal	40
5.1.1. Mezcla Asfáltica Convencional.....	40
5.1.2. Mezcla Asfáltica Modificada	48
5.2. Curva Máxima	57
5.2.1. Mezcla Asfáltica Convencional.....	57
5.2.2. Mezcla Asfáltica Modificada	65
5.3. Curva Mínima	74
5.3.1. Mezcla Asfáltica Convencional.....	74
5.3.2. Mezcla Asfáltica Modificada	82
5.4. Resumen de datos	93
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXOS	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Características de la fibra de polipropileno	20
Tabla 2: Huso granulométrico para mezcla asfáltica drenante	22
Tabla 3: Parámetros de Diseño de Mezcla Asfáltica	26
Tabla 4: Porcentajes pasantes de las curvas ensayadas	31
Tabla 5: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica ideal	40
Tabla 6: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	41
Tabla 7: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	41
Tabla 8: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	42
Tabla 9: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	42
Tabla 10: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	43
Tabla 11: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal	43
Tabla 12: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica ideal	46
Tabla 13: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	46
Tabla 14: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	46
Tabla 15: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	46
Tabla 16: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica ideal	47
Tabla 17: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	47
Tabla 18: Comparativo Resumen experimental vs Norma en la curva granulométrica ideal	48
Tabla 19: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica ideal	48
Tabla 20: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	49
Tabla 21: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica ideal	49
Tabla 22: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	49
Tabla 23: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica ideal	50
Tabla 24: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	50
Tabla 25: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica ideal	50
Tabla 26: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	50
Tabla 27: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica ideal	51
Tabla 28: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	51
Tabla 29: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica ideal	52
Tabla 30: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal	52

Tabla 31: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	54
Tabla 32: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	55
Tabla 33: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	55
Tabla 34: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	55
Tabla 35: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	55
Tabla 36: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	55
Tabla 37: Datos de infiltración para 1.20% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	56
Tabla 38: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.85% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal	57
Tabla 39: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica ideal	57
Tabla 40: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	58
Tabla 41: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	58
Tabla 42: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	59
Tabla 43: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	59
Tabla 44: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	59
Tabla 45: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima	60
Tabla 46: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica ideal	63
Tabla 47: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	63
Tabla 48: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	63
Tabla 49: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	63
Tabla 50: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica ideal	64
Tabla 51: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal	64
Tabla 52: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 5.3% de C.A. en la curva granulométrica máxima	65
Tabla 53: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica máxima	65
Tabla 54: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	66
Tabla 55: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica máxima	66
Tabla 56: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	66
Tabla 57: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica máxima	67
Tabla 58: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	67
Tabla 59: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica máxima	67

Tabla 60: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	68
Tabla 61: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica máxima	68
Tabla 62: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	68
Tabla 63: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica máxima	69
Tabla 64: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima	69
Tabla 65: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	71
Tabla 66: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	72
Tabla 67: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	72
Tabla 68: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	72
Tabla 69: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	72
Tabla 70: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	72
Tabla 71: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.40% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima	73
Tabla 72: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica mínima	74
Tabla 73: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	74
Tabla 74: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	75
Tabla 75: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	75
Tabla 76: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	76
Tabla 77: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	76
Tabla 78: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima	77
Tabla 79: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	79
Tabla 80: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	80
Tabla 81: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	80
Tabla 82: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	80
Tabla 83: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	80
Tabla 84: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima.....	80
Tabla 85: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 4.55% de C.A. en la curva granulométrica mínima	82
Tabla 86: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica mínima	82
Tabla 87: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	83

Tabla 88: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica mínima	83
Tabla 89: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	83
Tabla 90: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica mínima	84
Tabla 91: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	84
Tabla 92: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica mínima	84
Tabla 93: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	85
Tabla 94: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica mínima	85
Tabla 95: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	85
Tabla 96: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica mínima	86
Tabla 97: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	86
Tabla 98: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.4% en la curva granulométrica mínima	86
Tabla 99: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	87
Tabla 100: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.6% en la curva granulométrica mínima	87
Tabla 101: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima	87
Tabla 102: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	90
Tabla 103: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	90
Tabla 104: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	90
Tabla 105: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	90
Tabla 106: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	91
Tabla 107: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	91
Tabla 108: Datos de infiltración para 1.20% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	91
Tabla 109: Datos de infiltración para 1.40% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	91
Tabla 110: Datos de infiltración para 1.60% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima	92
Tabla 111: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.95% de fibra en la curva granulométrica mínima	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mezcla drenante en campo y espécimen Marshall.....	24
Figura 2: Tamizaje del material a emplear	30
Figura 3: Curvas granulométricas en ensayadas en la investigación.....	32
Figura 4: Tamizado de material.....	32
Figura 5: Pesaje del material a emplear	33
Figura 6: Colocado de material a 160°C	34
Figura 7: Combinación asfalto y agregado	35
Figura 8: Compactación del espécimen Marshall	36
Figura 9: Baño maría a 60°C.....	37
Figura 10: Mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica drenante.....	38
Figura 11: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica ideal	44
Figura 12: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica ideal ..	45
Figura 13: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica ideal	45
Figura 14: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica ideal	47
Figura 15: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica ideal	53
Figura 16: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica ideal	53
Figura 17: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica ideal	54
Figura 18: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica ideal	56
Figura 19: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica máxima	61
Figura 20: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica máxima	62
Figura 21: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica máxima	62
Figura 22: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica máxima	64
Figura 23: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica máxima	70
Figura 24: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica máxima	70
Figura 25: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica máxima	71
Figura 26: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica máxima	73
Figura 27: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica mínima.....	78
Figura 28: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica mínima	78
Figura 29: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica mínima.....	79

Figura 30: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica mínima.....	81
Figura 31: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica mínima.....	88
Figura 32: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica mínima.....	89
Figura 33: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica mínima.....	89
Figura 34: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica mínima.....	92
Figura 35: Resumen de curvas en Estabilidad con mezcla asfáltica convencional.....	93
Figura 36: Resumen de curvas en Flujo con mezcla asfáltica convencional	94
Figura 37: Resumen de curvas en Vacíos de aire con mezcla asfáltica convencional	94
Figura 38: Resumen de curvas en Infiltración con mezcla asfáltica convencional.....	95
Figura 39: Resumen de curvas en Estabilidad con mezcla asfáltica modificada	96
Figura 40: Resumen de curvas en Flujo con mezcla asfáltica modificada	96
Figura 41: Resumen de curvas en Vacíos de aire con mezcla asfáltica modificada.....	97
Figura 42: Resumen de curvas en Tiempo de infiltración con mezcla asfáltica modificada.....	97

RESUMEN

La presencia de agua en el pavimento es perjudicial y más aún cuando estas están expuestas a la carga ocasionadas por los vehículos que circulan, estas deterioran las propiedades mecánicas y físicas, lo que conlleva a que el pavimento asfáltico sea poco duradero. Además, en lugares donde emplean pavimentos porosos, los cuales ayudan a evacuar el de agua de manera más eficiente, estos no tienen un buen desempeño de sus propiedades mecánicas, para que sean duraderas.

La presente investigación titulada: "FIBRA SINTÉTICA DE ALTA TENACIDAD EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES", se enfoca en analizar el porcentaje de infiltración del agua y las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica al añadir e ir incrementando el % de fibra sintética de alta tenacidad en la mezcla asfáltica drenante.

Para poder alcanzar el objetivo de la presente investigación se tuvo en cuenta tres curvas granulométricas, se tomó la curva granulométrica máxima, mínima e ideal, la última fue tomada a partir de promedios por la máxima y mínima. Se analizaron un total de 108 briquetas para que se obtenga una nube de puntos y estas se puedan analizar gráficamente y se puedan tener en cuenta para obras a emplear mezcla asfáltica drenante con adición de fibra sintética de alta tenacidad.

ABSTRACT

The presence of water in the pavement is detrimental and even more when these are exposed to the load caused by the vehicles that circulate, they deteriorate the mechanical and physical properties, which leads to the asphalt pavement being of little durability. In addition, in places where they use porous pavements, which help evacuate the water more efficiently, they do not perform well in their mechanical properties, so that they are durable.

The present investigation entitled: "HIGH TENACITY SYNTHETIC FIBER IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF DRAINING ASPHALT MIXTURES", focuses on analyzing the percentage of water infiltration and the mechanical properties of the asphalt mixture by adding and increasing the% of synthetic fiber high tenacity in the draining asphalt mix.

In order to achieve the objective of the present investigation, 3 particle size curves were taken into account, the maximum, minimum and ideal particle size curve was taken, the last one was taken from averages by the maximum and minimum. A total of 108 briquettes were analyzed to obtain a point cloud and these can be analyzed graphically and can be taken into account for works to use draining asphalt mix with the addition of high-tenacity synthetic fiber.

INTRODUCCIÓN

La investigación que a continuación se presenta, tiene por objetivo determinar la influencia de la fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes.

Se tiene conocimiento que un agente muy perjudicial para el pavimento es el agua, y como solución se propone distintos tipos de pavimentos, una de las cuales llega a ser el pavimento drenante.

El pavimento drenante tiene propiedades muy bajas como para ser empleadas en lugares de alto tránsito, es por ello que la presente investigación busca mejorar con la adición de fibra sintética de alta tenacidad para así poder ser eficaz en un pavimento.

El presente trabajo de investigación consta de los siguientes capítulos:

Capítulo I, da a conocer los problemas que se tienen acerca del pavimento drenante, de esta manera se presenta los objetivos que deben de alcanzar la investigación.

Capítulo II, se enfoca en la parte teórica básica sobre los pavimentos drenantes y la fibra sintética empleada en la investigación.

Capítulo III, plantea las hipótesis y la descripción de las variables.

Capítulo IV, da a conocer el método y diseño de la investigación, asimismo los ensayos a realizar para la obtención de datos.

Capítulo V, presenta los resultados obtenidos, donde se analizan 3 curvas granulométricas.

Finalizando con las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cómo afecta la fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo?

1.1.2. PROBLEMA ESPECÍFICOS

- ¿En qué medida la fibra sintética de alta tenacidad varía la estabilidad de mezclas asfálticas drenantes en la provincia Huancayo en el 2019?
- ¿Hasta qué medida la fibra sintética de alta tenacidad varía el flujo de mezclas asfálticas drenantes en la provincia Huancayo en el 2019?
- ¿Cuál es la dosificación de asfalto y fibra sintética de alta tenacidad, que nos brinde las mejores características de drenaje y propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica drenante en la provincia Huancayo en el 2019?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

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.

1.2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Medir la estabilidad de las mezclas asfálticas drenantes al emplear fibra sintética de alta tenacidad en la provincia de Huancayo en el 2019.
- Analizar la variación del flujo en las mezclas asfálticas drenantes al emplear fibra sintética de alta tenacidad en la provincia de Huancayo en el 2019.
- Precisar el % de asfalto y la cantidad de fibra sintética de alta tenacidad que nos den las mejores propiedades de drenaje y propiedades mecánicas, en las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo en el 2019.

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

En la presente investigación se busca debatir sobre el empleo de las mezclas asfálticas drenantes en el distrito de Huancayo, cual al tener % de vacíos altos, la estabilidad es menor y se adiciona fibra de polipropileno para mejorar la estabilidad.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La presente investigación propone el método Marshall para poder determinar las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes y además de analizar el diseño.

1.3.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La adición de fibra de polipropileno en las mezclas asfálticas drenantes mejora las propiedades mecánicas de esta, así alargar el tiempo vida útil del pavimento para reducir el costo del mantenimiento del pavimento.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

(Navarro Jimenez, 2017) “Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET”, tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. La investigación el presente Proyecto se analizará la elaboración de la mezcla asfáltica con adiciones en PET (polyethylene terephthalate es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles), analizando la factibilidad, comportamiento y reacción del PET con el material de muestreo, dicho estudio tiene como finalidad proponer “el uso de una mejor alternativa que permita ampliar su vida útil y el comportamiento frente al agua.

(BALLENA TAPIA, 2016) “Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío”, tesis para optar título profesional de licenciado en Ingeniería Civil. Tiene como objetivo analizar el efecto que acusa la fibra de polietileno añadido a una mezcla asfáltica en frío en las propiedades físico-mecánicas del asfalto y a su vez cumpla con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles presentes en la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

(De La Cruz Bazan, y otros, 2015) “Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la Metodología Marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de Rehabilitación de la carretera DV Imperial – Pampas”, tesis para optar el título de Ingeniero Civil. La presente tesis tiene como objetivo de evaluar la calidad de la carpeta asfáltica mediante el análisis de la rueda cargada de Hamburgo, usando el Método Marshall en la rehabilitación

de la carretera de Imperial Pampas. El proyecto analiza la influencia del agua en la carpeta asfáltica a una temperatura crítica de 60°C y el deterioro que causa en ella.

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

(Lopes Moreno, 2013) “Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas drenante” Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de Magister en Geotecnia. La presente tesis tiene como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas drenantes, analiza la capacidad de infiltración y de almacenamiento de estos sistemas contribuyen al control hidrológico y ambiental de las aguas lluvias. Propone realizar ensayos convencionales tales como: estabilidad, flujo o deformabilidad, tracción indirecta, cántabro, conductividad hidráulica, escurrimiento y módulo dinámico, para establecer la viabilidad de su uso en vías rurales y urbanas en Colombia.

(Ayala Loza, y otros, 2010) “Diseño de mezcla drenante con asfalto modificado disponible en el Salvador”, tesis para optar al título de Ingeniero Civil. La presente investigación tiene como objetivo establecer el diseño de una mezcla asfáltica drenante con materiales que se encuentren a disposición en el país de El Salvador.

(Meneses Roca, y otros, 2017) “Mezcla asfáltica permeable como parte de la estructura de pavimento a partir del uso y modificación de una mezcla drenante aplicado a vías rurales”, tesis o trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil. La presente investigación tiene como finalidad de evaluar la posibilidad de adaptar una mezcla asfáltica permeable como parte de la estructura del pavimento flexible, mediante ensayos experimentales, para mejorar su resistencia, sin afectar sus propiedades de permeabilidad de acuerdo con el capítulo 4 de la norma INV- 453–13 y la norma INV. E450- 13, dando factibilidad que la mezcla asfáltica permeable tiene buen comportamiento en la estructura del pavimento flexible.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FIBRA DE POLIPROPILENO

Es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de polipropileno ensambladas en una matriz plástica, cual puede ser empleado como refuerzo.

2.2.1.1. Funciones

La fibra de polipropileno tiene como función:

- Disminuir el agrietamiento del concreto.
- Mejorar la resistencia a la tracción y compresión.
- Reduce la fisuraciones por retracción.
- Aumento del índice de tenacidad.
- Mejora resistencia al impacto.
- Es permeable y de esta manera mejora el comportamiento de las mezclas asfáltica y estas no sean perjudicadas por el agua.

2.2.1.2. Especificaciones Técnica

En la tabla 1 se muestra las características de la fibra de polipropileno viendo así el punto de fusión, módulo de elasticidad, alargamiento y entre otros.

Tabla 1: Características de la fibra de polipropileno

Material	Fibra de polipropileno
Punto de fusión	170°C
Módulo de elasticidad	15,000 kg/cm ²
Resistencia a la Tensión	468 kg/cm ²
Elongación de Rotura	26%
Resistencia a la Alcalinidad	Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias.

Fuente: Ficha Técnica SikaFiber®

2.2.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS DRENANTES O POROSAS

Con una proporción de vacíos superior al 20 %. La principal característica de los pavimentos porosos es su capacidad drenante, que facilita la evacuación del agua a comparación de los pavimentos convencionales.

La mezcla está integrada por un cementante bituminoso, agregados gruesos uniformemente graduados y un bajo porcentaje de material fino (arena), obteniendo un porcentaje de vacíos que varía del 15 al 20% del volumen total de la mezcla (Trujillo López, y otros, 2013)

Los materiales empleados son:

Asfalto: Para mezclas asfálticas porosas el contenido de asfalto debe estar presente en un mínimo del 4.5% del volumen total de la mezcla. Al momento de seleccionar el tipo de asfalto se recomienda un cemento asfáltico con una penetración 85-100 o un cemento asfáltico modificado con polímero tipo I y II. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

Agregados: Los agregados que se usan en mezclas asfálticas porosas son los mismos que se usan en las mezclas tradicionales éstos deben cumplir las normas de:

- **Granulometría:** A continuación, en la Tabla 2 se presenta la banda granulométrica que se usa en el diseño de mezclas porosas.

Tabla 2: Huso granulométrico para mezcla asfáltica drenante

Malla		CURVAS GRANULOMÉTRICAS		
Tamiz	mm.	Curva Máxima	-	Curva Mínima
		% pasante	-	% pasante
3/4"	19.050	100	-	100
1/2"	12.700	100	-	70
3/8"	9.525	75	-	50
Nº 4	4.760	32	-	15
Nº 10	2.000	20	-	9
Nº 40	0.420	12	-	5
Nº 200	0.074	7	-	3
pasa			-	

Fuente: (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

- Dureza (Norma ASTM C 535): El agregado debe ser capaz de soportar la abrasión durante la elaboración, colocación y compactación de la mezcla. (ASTM, 2003)
- Forma de la partícula (Norma ASTM D 1557): Factor que afecta la trabajabilidad e influye en la cantidad de vacíos en la mezcla, se recomiendan agregados angulares e irregulares que permiten que exista un mejor adherencia y resistencia. (ASTM, 2007)
- Textura de la superficie (Norma ASTM D 3398): Influye principalmente en la adherencia y la resistencia del pavimento, es por ello que un agregado rugoso es el más idóneo. (ASTM, 2007)
- Limpieza (Norma AASHTO T112): Un agregado con impurezas, materiales finos (arcillas) afecta de manera negativa el comportamiento del pavimento. (AASHTO, 1993)
- Afinidad con el cemento asfáltico (Norma ASTM D4126): Capacidad del agregado de recibir y conservar una capa de cemento asfáltico. (ASTM, 2013)

- Absorción (Norma ASTM D1557): Calidad de captar agua o asfalto, es necesaria esta información debido a que dependiendo del tipo de agregado se puede requerir de una mayor o menor cantidad de asfalto según sea el caso. (ASTM, 2007)

2.2.2.1. Ventajas

Las ventajas más importantes de los pavimentos porosos son:

- Eficiente remoción de partículas contaminantes resultado de la escorrentía superficial (aceites y sedimentos).
- Disminución del volumen y velocidad de la escorrentía superficial, mitigando el hidroneo.
- No se requiere cunetas y pozos de revisión tradicionales.
- Incrementa la seguridad, pues favorece la adherencia entre pavimento –neumático.
- La deflexión de los pavimentos porosos es más tardía que los pavimentos convencionales.
- Su puesta en obra es más sencilla.
- Si un pavimento poroso sea ha diseñado adecuadamente retiene el 80% de sedimentos, 60% fósforo, 70% metales y 98 % de aceites de las aguas pluviales.
- Es fuente enriquecedora de los acuíferos.
- Facilita la vida vegetal de su entorno, maximizando el período de vida.

2.2.2.2. Desventajas

Según (CIRIA C523, 2001) las desventajas más notorias en los pavimentos porosos son:

- El mayor inconveniente es la colmatación de sus poros ocasionada por presencia de sólidos en la escorrentía superficial.

- Crecimiento de vegetación indeseada.
- No se recomienda en zonas que presentan una gran cantidad de sedimentos, terrenos con grandes pendientes y zonas donde se produzca hielo-deshielo por degradación de la estructura.
- La falta de capacitación de los técnicos genera desconfianza al tratarse de una nueva mezcla asfáltica.
- La adherencia es muy baja en los primeros meses, debido a la cantidad de ligante presente.
- La retención prolongada del agua puede ocasionar incremento de la temperatura, que una vez evacuada al cuerpo receptor afecta negativamente al hábitat acuático.

2.2.2.3. Caracterización de las mezclas drenantes.

Con la finalidad de evaluar el comportamiento de la mezcla asfáltica es recomendable realizar una caracterización mecánica a partir de ciertos números de ensayos que se muestran a continuación:

Figura 1: Mezcla drenante en campo y espécimen Marshall.



Fuente: Publimotos.com

a. Caracterización mecánica

La caracterización mecánica se realizó con la evaluación de los siguientes parámetros:

- Estabilidad y flujo
- Vacíos de Aire
- Infiltración

Como complemento a esta caracterización se estudia el comportamiento dinámico de las mezclas asfálticas generadas en laboratorio obteniendo así más información para su propia evaluación.

b. Relación estabilidad y flujo empleando el equipo Marshall

Una de las características buscadas en el diseño de la mezcla asfáltica es obtener una mezcla de buena estabilidad a la deformación plástica, siendo consecuente con la cohesión obtenida entre agregado-asfalto vinculo proporcionado por el ligante asfáltico y la fracción de agregado fino utilizado. Este ensayo permite evaluar la estabilidad de las mezclas asfálticas obtenidas para los diferentes porcentajes de asfalto usando la prensa Marshall, este parámetro indica la resistencia a la deformación para una carga aplicada.

Teniendo en cuenta que en Perú que no existe una normativa establecida para pavimentos drenantes se tuvieron en cuenta las condiciones tradicionales para una mezcla asfáltica convencional esto se muestra en la tabla 3:

Tabla 3: Parámetros de Diseño de Mezcla Asfáltica

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

Fuente: Manual de carreteras - Manual de especificaciones técnicas generales para construcción – EG 2013

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPÓTESIS

3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

La fibra sintética de alta tenacidad afecta positivamente las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo.

3.1.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- La fibra sintética de alta tenacidad si afecta positivamente en la estabilidad de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo en el 2019.
- La fibra sintética de alta tenacidad si afecta en el flujo de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo en el 2019.
- Existe una combinación óptima entre el % de asfalto y la fibra sintética de alta tenacidad que nos da las mejores propiedades de la mezcla asfáltica drenantes.

3.2. VARIABLES

3.2.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

La variable independiente es la fibra sintética de alta tenacidad, que viene hacer un material a emplear en la mezcla asfáltica drenante el cual tiene bajos resultados en sus propiedades mecánicas en condición normal.

3.2.2. VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente es las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica drenante, se analiza la estabilidad, flujo y vacíos de aire al ser afectada por la fibra sintética de alta tenacidad.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método a emplear es científico, con un enfoque de tipo aplicada y nivel explicativo debido a que se emplea el método Marshall para determinar las propiedades de influencia de parte de la fibra de polipropileno, se explica el análisis de la estabilidad, flujo y % de vacíos de la mezcla asfáltica porosa.

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es cuasi-experimental, debido a que no se modifica en su totalidad las variables, solo se observa el efecto de la fibra de polipropileno en las mezclas asfálticas porosas.

4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

4.3.1. POBLACIÓN

Se toma como población de las mezclas asfálticas empleadas en la provincia de Huancayo, y al ver la problemática de la lluvia en ellas se propone como solución las mezclas asfálticas drenantes mejoradas con fibra de polipropileno.

4.3.2. MUESTRA

Para la presente investigación se evalúa 108 briquetas Marshall con una variación de porcentaje de fibra desde 0% hasta 2% cada 0.2% de intervalo.

4.4. MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

4.4.1. OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL

El material empleado para la presente investigación fue obtenido de la cantera Matahuasi, ubicada en la provincia de Concepción, departamento de Junín; este material fue caracterizado por el ensayo de granulometría para observar que el material sea el adecuado para la mezcla asfáltica. (ver Anexo 4 para certificados del material e imagen 2 tamizaje).

Figura 2: Tamizaje del material a emplear



Fuente: Propia

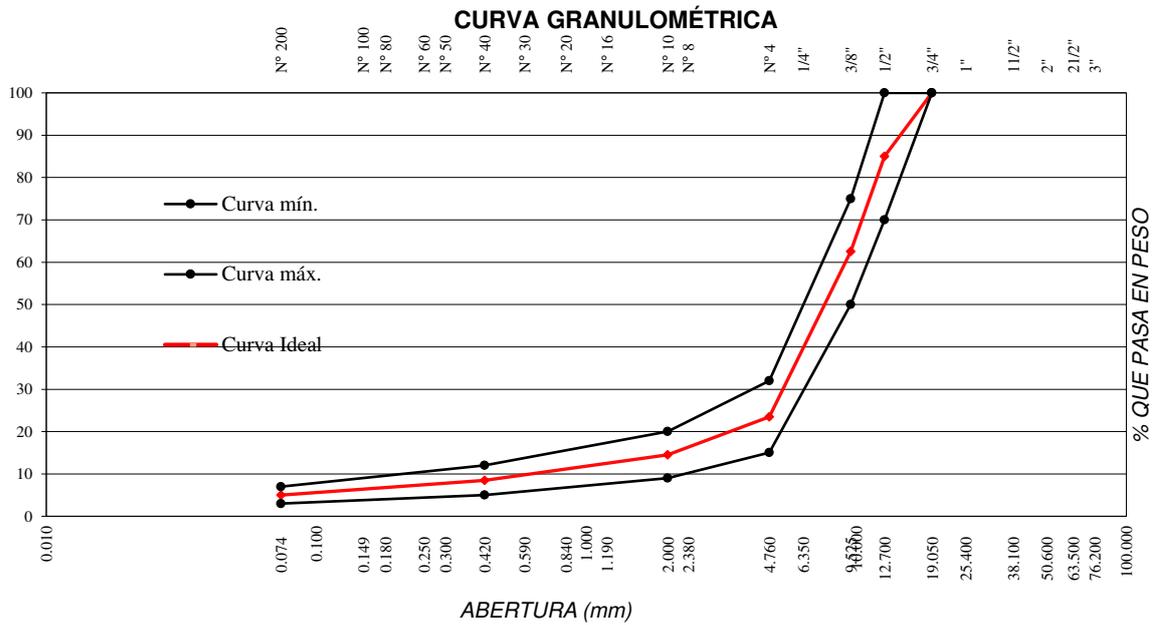
Después de realizar el ensayo granulométrico del material se realiza el tamizaje del material de acuerdo a las curvas que se emplearon en la presente investigación (ver Tabla 2), se cuenta con 3 curvas granulométricas (curva máxima, curva mínima y curva ideal), las curvas granulométricas se muestran en la figura 3.

Tabla 4: Porcentajes pasantes de las curvas ensayadas

Malla		CURVAS GRANULOMÉTRICAS		
Tamiz	mm.	Curva Máxima	Curva Ideal	Curva Mínima
		% pasante	% pasante	% pasante
3/4"	19.050	100	100	100
1/2"	12.700	100	85	70
3/8"	9.525	75	63	50
Nº 4	4.760	32	24	15
Nº 10	2.000	20	15	9
Nº 40	0.420	12	9	5
Nº 200	0.074	7	5	3
pasa				

Fuente: Propia

Figura 3: Curvas granulométricas en ensayadas en la investigación



Fuente: Propia

Figura 4: Tamizado de material



Fuente: Propia

Con las curvas descritas en la tabla 2 y figura 5 se procede al pesaje del material a emplear, cuales fueron diseñadas a un peso de 1250 gramos (agregado y asfalto).

Figura 5: Pesaje del material a emplear



Fuente: Propia

4.4.2. MATERIAL A COMPACTAR

Después de tener el peso del agregado, se procede a calentar a asfalto y agregado a 160°C, al instante de unir ambos materiales, estas deben de tener una diferencia de temperatura entre ellas de +/- 5°C.

Figura 6: Colocado de material a 160°C



Fuente: Propia

Realizado la unión de los materiales estas se combinan a una temperatura entre 150°C a 160°C hasta que estén unificadas en su totalidad.

Figura 7: Combinación asfalto y agregado



Fuente: Propia

Luego de realizar la combinación se procede a compactar la mezcla asfáltica como se observa en la figura 8, se compacta a 75 golpes por ambas caras de la briqueta Marshall a obtener.

Figura 8: Compactación del espécimen Marshall



Fuente: Propia

4.4.3. ENSAYO DE MARSHALL

Se procede de desmoldar el material para realizar el ensayo de Marshall y el ensayo de gravedad específica, realizando el pesado en seco, pesado sumergido y pesado superficialmente seco, se pesa de manera respectiva para luego llevar a sumergirla en baño maría a una temperatura crítica de 60°C para así realizar el ensayo Marshall empleando la prensa Marshall y determinar la estabilidad y flujo de las briquetas ensayadas.

Figura 9: Baño maría a 60°C



Fuente: Propia

Figura 10: Mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica drenante



Fuente: Propia

4.4.4. ENSAYO DE INFILTRACIÓN

El ensayo de infiltración consiste en penetrar agua 100cm^3 sobre la briqueta Marshall durante 15 segundos para ser considerada como mezcla asfáltica drenante. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013)

4.4.5. ÓPTIMO % DE ASFALTO E INCLUSIÓN DE FIBRA

Para determinar el óptimo % de asfalto se tiene en cuenta el punto máximo en estabilidad y que esté dentro del rango del flujo y los vacíos sean mayores a 20%.

Luego de establecer el óptimo % de asfalto sin fibra se evalúa el óptimo % de fibra de polipropileno y esta será afectada desde un 0% a 2% variando cada 0.2%, se busca determinar de qué manera afecta en las propiedades la fibra de polipropileno y asimismo analizar si cumple con la infiltración adecuada para ser considerada como una mezcla asfáltica drenante.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. CURVA IDEAL

5.1.1. MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

Para el caso de la curva ideal se muestra en la tabla 5 una dosificación para la fabricación de la mezcla asfáltica.

Tabla 5: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de 1/2"	37.5%
Arena chancada	62.5%

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la dosificación de la mezcla asfáltica con la curva granulométrica ideal, se tiene en la tabla 6, donde se muestra el diseño de mezcla asfáltica con 4% de cemento asfáltico.

Tabla 6: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	36.00		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	60.00		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	634.3	635.0	635.5
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	1.973	1.965	1.966
6	Vacíos	%	25.8	26.1	26.1
7	Flujo	mm	2.70	2.50	2.70
8	Estabilidad sin corregir	kg	947	957	955
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	767	775	774
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 7 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.

Tabla 7: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	35.81		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	59.69		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	621.0	622.6	624.7
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.019	2.007	2.004
6	Vacíos	%	24.7	25.1	25.3
7	Flujo	mm	3.00	2.90	2.80
8	Estabilidad sin corregir	kg	1001	1014	1018
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	811	821	825
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 8 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de cemento asfáltico.

Tabla 8: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	35.63		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	59.38		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	618.1	616.1	617.0
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.022	2.027	2.028
6	Vacios	%	24.0	23.8	23.8
7	Flujo	mm	3.10	3.00	3.10
8	Estabilidad sin corregir	kg	1053	1067	1065
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	853	864	863
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 9 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico.

Tabla 9: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	35.44		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	59.06		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	609.2	610.4	605.7
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.058	2.050	2.068
6	Vacios	%	22.1	22.4	21.7
7	Flujo	mm	3.20	3.30	3.40
8	Estabilidad sin corregir	kg	1005	1002	997
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	814	812	808
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 10 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de cemento asfáltico.

Tabla 10: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	35.25		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	58.75		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	592.4	594.0	596.4
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.113	2.101	2.101
6	Vacíos	%	19.2	19.7	19.7
7	Flujo	mm	3.50	3.60	3.70
8	Estabilidad sin corregir	kg	987	941	967
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	799	762	783
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 11 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico.

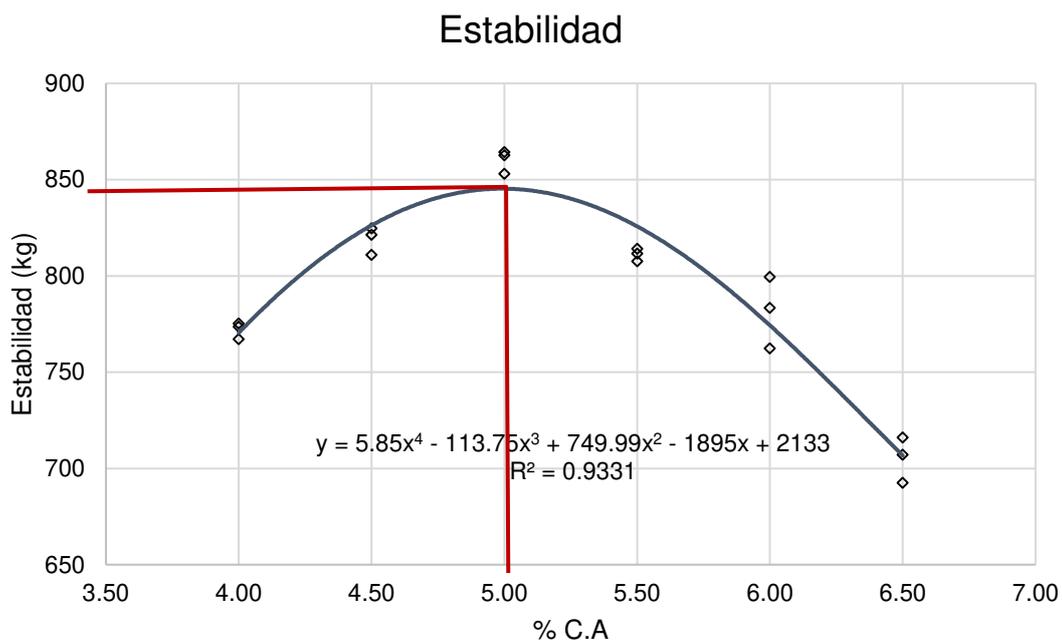
Tabla 11: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico en la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	35.06		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	58.44		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	589.4	586.9	589.5
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.121	2.136	2.122
6	Vacíos	%	17.8	17.2	17.7
7	Flujo	mm	3.90	4.10	3.80
8	Estabilidad sin corregir	kg	873	884	855
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	707	716	693
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen, se observa en la figura 11 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, cual esta varía en el % de cemento asfáltico.

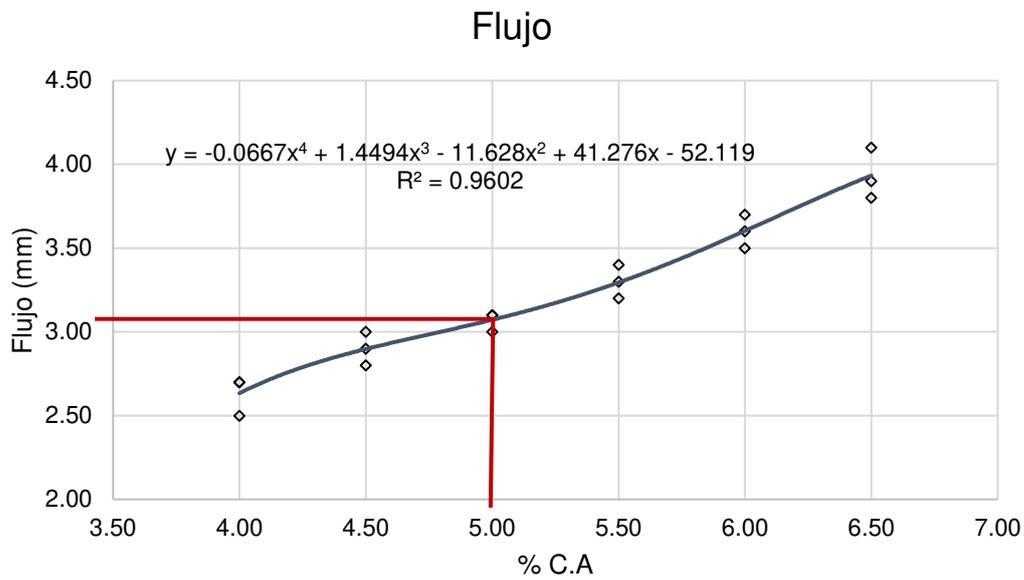
Figura 11: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % de C.A.

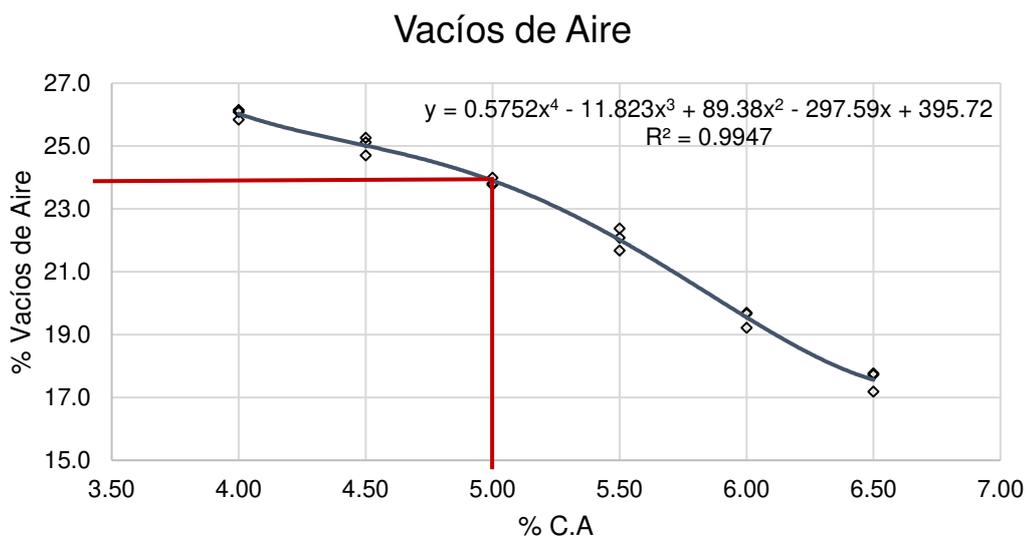
Figura 12: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de C.A.

Figura 13: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

Se evalúa la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall cual según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verificada para cada tipo de % de cemento asfáltico.

Tabla 12: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	4.00	4.00	4.00
Tiempo de infiltración	seg.	11.8	12	11.8
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 13: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	4.5	4.5	4.5
Tiempo de infiltración	seg.	13.1	13.2	13.4
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 14: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	5	5	5
Tiempo de infiltración	seg.	13.8	13.7	14.2
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 15: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	5.5	5.5	5.5
Tiempo de infiltración	seg.	14.7	14.5	14.8
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 16: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	6	6	6
Tiempo de infiltración	seg.	16.8	16.1	16.3
Infiltración	%	88.0%	92.7%	91.3%

Fuente: Propia

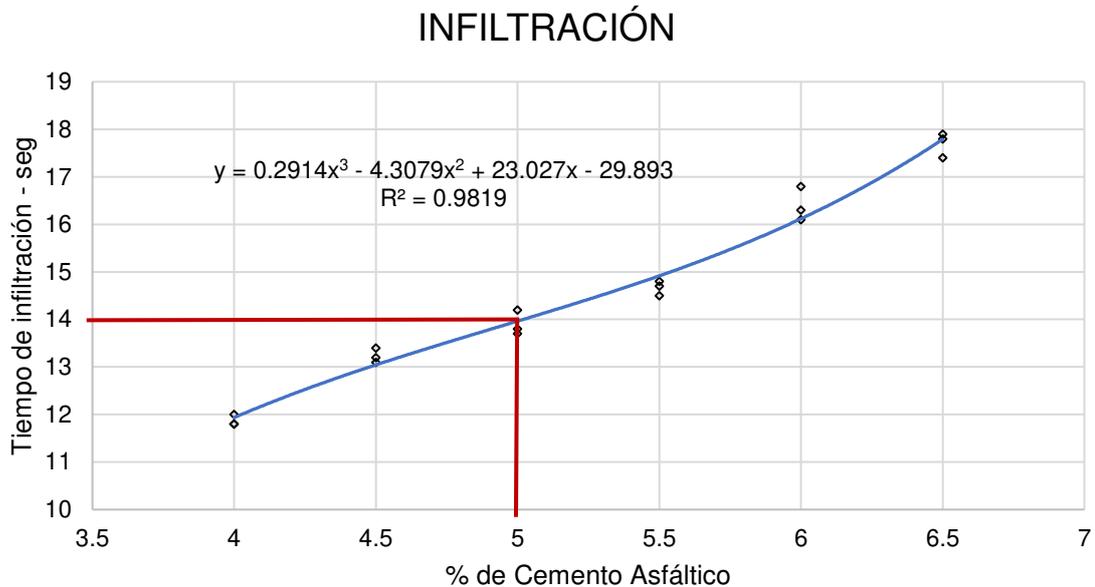
Tabla 17: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento asfáltico	%	6.5	6.5	6.5
Tiempo de infiltración	seg.	17.4	17.8	17.9
Infiltración	%	84.0%	81.3%	80.7%

Fuente: Propia

En la figura 14 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica ideal, donde se observa que el 5% de C.A. cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 14: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de asfalto se elige a 5% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el ministerio de transporte y comunicaciones como se muestra en la tabla 18.

Tabla 18: Comparativo Resumen experimental vs Norma en la curva granulométrica ideal

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿ Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	850 kgf	Mínimo 831.07 kgf	SI CUMPLE
Flujo o Deformación	3.10 mm	2 mm a 3.6 mm	SI CUMPLE
Vacíos de Aire	24 %	Mínimo 20%	SI CUMPLE
Infiltración	14 seg.	Máximo 15seg.	SI CUMPLE

Fuente: Propia

5.1.2. MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA

La mezcla asfáltica modificada se realiza por tres componentes: piedra chancada, arena chancada y fibra de polipropileno. La fibra se trabajará desde un 0% hasta un 2%.

En la siguiente tabla 19 y 20, se observa la dosificación que tendrá la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 19: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.55%
Arena chancada	59.25%
Fibra de polipropileno	0.20%

Fuente: Propia

Tabla 20: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	24.0	23.4	23.5
3	Flujo	mm	3.05	3.04	2.70
4	Estabilidad Corregida	kg	866	869	867
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 21 y 22, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 21: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.48%
Arena chancada	59.13%
Fibra de polipropileno	0.40%

Fuente: Propia

Tabla 22: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	23.9	22.8	23.7
3	Flujo	mm	3.00	2.80	2.90
4	Estabilidad Corregida	kg	870	874	873
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 23 y 24, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 23: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.40%
Arena chancada	59.00%
Fibra de polipropileno	0.60%

Fuente: Propia

Tabla 24: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	21.6	22.0	22.5
3	Flujo	mm	2.60	2.70	2.80
4	Estabilidad Corregida	kg	875	881	879
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 24 y 25, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 25: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.33%
Arena chancada	58.88%
Fibra de polipropileno	0.80%

Fuente: Propia

Tabla 26: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
2	Vacíos	%	20.0	22.4	21.7
3	Flujo	mm	2.40	2.50	2.70
4	Estabilidad Corregida	kg	883	891	886
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 27 y 28, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.00% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 27: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.25%
Arena chancada	58.75%
Fibra de polipropileno	1.00%

Fuente: Propia

Tabla 28: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	19.7	19.4	19.6
3	Flujo	mm	2.20	2.40	2.30
4	Estabilidad Corregida	kg	883	880	885
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 29 y 30, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.20% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 29: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.18%
Arena chancada	58.63%
Fibra de polipropileno	1.20%

Fuente: Propia

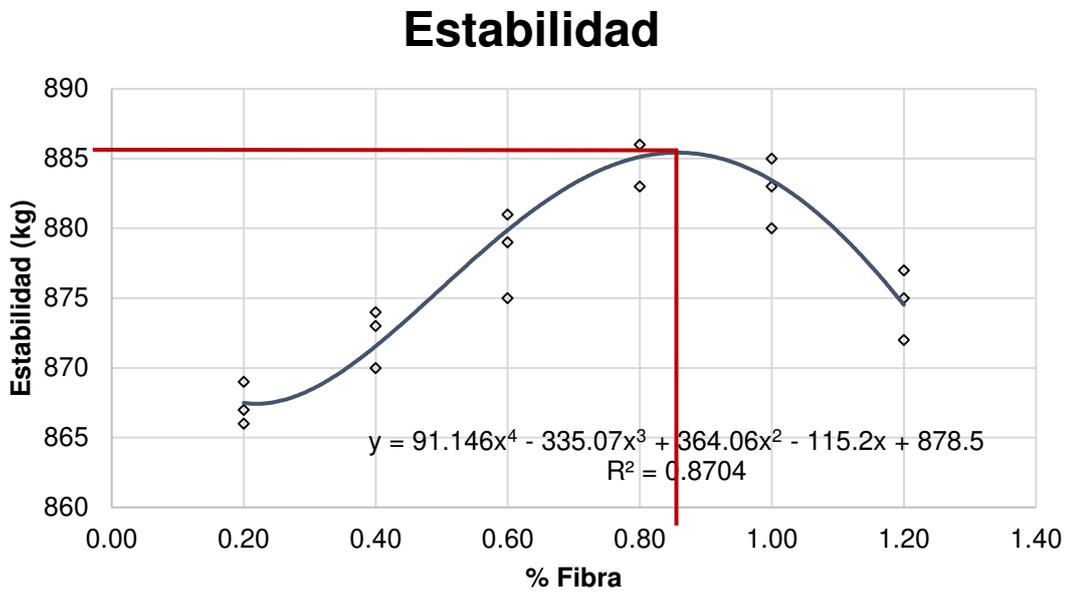
Tabla 30: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica ideal

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	19.1	19.3	18.8
3	Flujo	mm	2.20	1.90	2.10
4	Estabilidad Corregida	kg	875	872	877
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen se observa en la figura 15 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, cual esta varia en el % fibra.

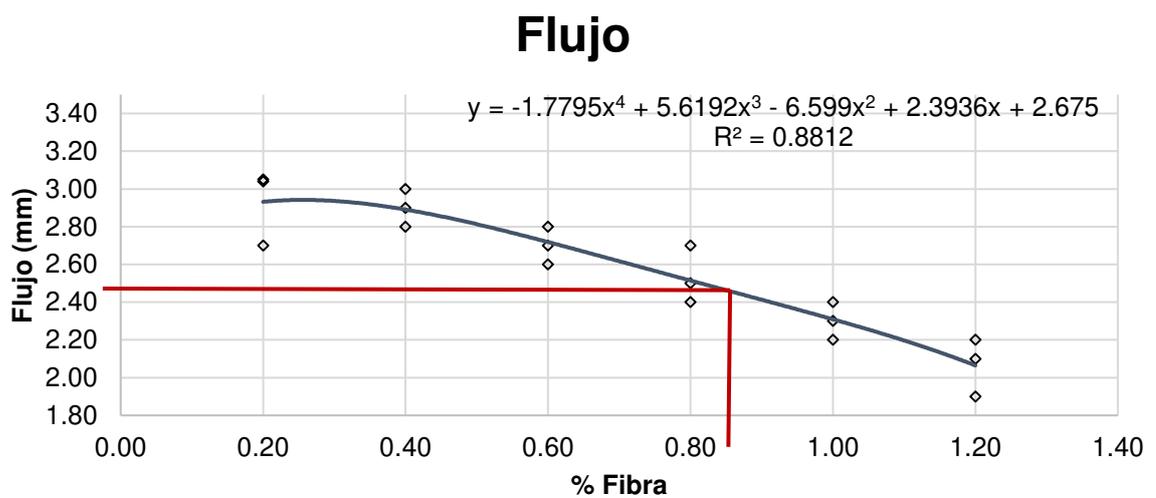
Figura 15: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % fibra.

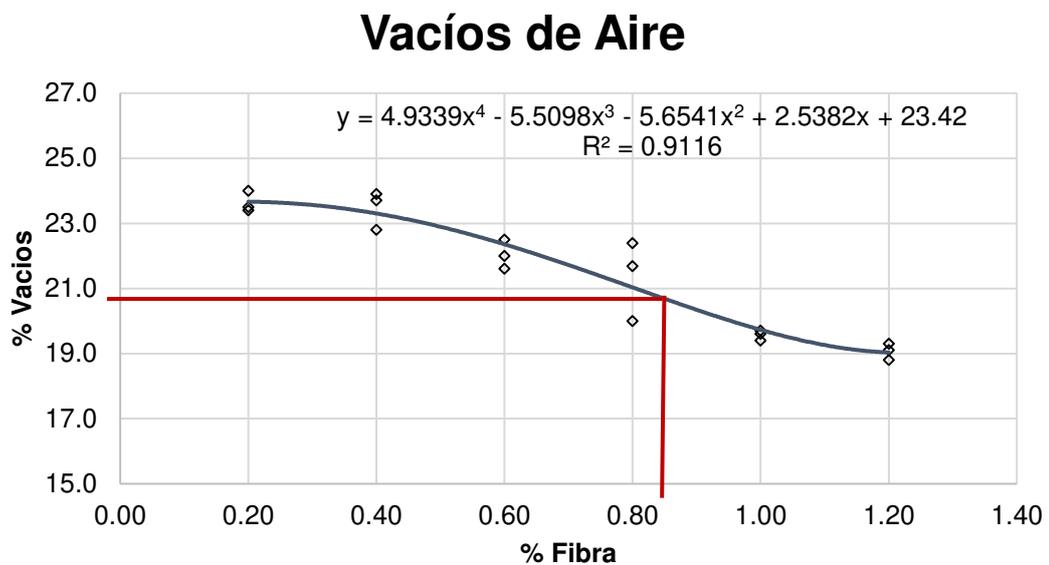
Figura 16: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de fibra.

Figura 17: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

Se evaluó la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall cual según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verifica para cada tipo de % de fibra de polipropileno.

Tabla 31: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	0.00
Tiempo de infiltración	seg.	14.0
Infiltración	%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 32: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	0.2	0.2	0.2
Tiempo de infiltración	seg.	14.1	14.05	14.2
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 33: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	0.4	0.4	0.4
Tiempo de infiltración	seg.	14.4	14.3	14.25
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 34: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	0.6	0.6	0.6
Tiempo de infiltración	seg.	14.55	14.4	14.6
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 35: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	0.8	0.8	0.8
Tiempo de infiltración	seg.	14.8	14.8	15
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 36: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	1	1	1
Tiempo de infiltración	seg.	15.4	15.6	15.7
Infiltración	%	97.3%	96.0%	95.3%

Fuente: Propia

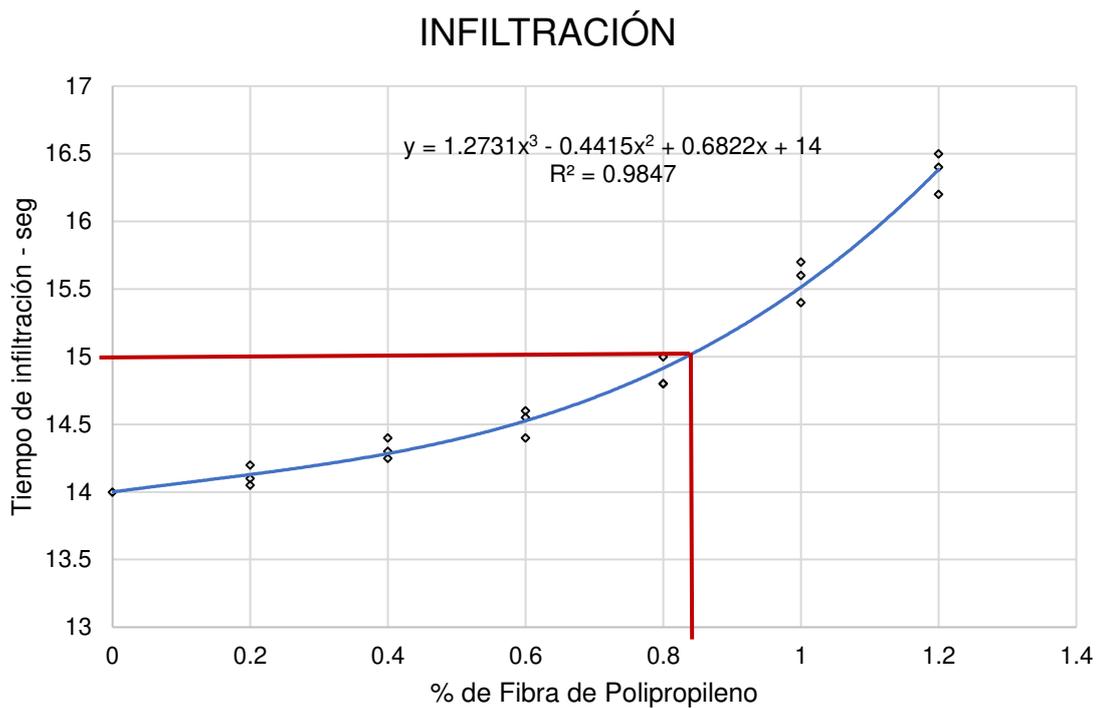
Tabla 37: Datos de infiltración para 1.20% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Fibra de polipropileno	%	1.2	1.2	1.2
Tiempo de infiltración	seg.	16.2	16.5	16.4
Infiltración	%	92.0%	90.0%	90.7%

Fuente: Propia

En la figura 18 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica ideal, donde se observa que el 0.85% de fibra de polipropileno cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 18: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica ideal



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de fibra se elige a 0.85% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el ministerio de transporte y comunicaciones y tiene el máximo punto de estabilidad como se muestra en la tabla 38.

Tabla 38: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.85% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica ideal

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	885 kgf	Mínimo 831.07 kgf	SI CUMPLE
Flujo o Deformación	2.45 mm	2 mm a 3.6 mm	SI CUMPLE
Vacíos de aire	20.9 %	Mínimo 20%	SI CUMPLE
Infiltración	15 seg.	Máximo 15seg.	SI CUMPLE

Fuente: Propia

5.2. CURVA MÁXIMA

5.2.1. MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

Para el caso de la curva máxima se muestra en la tabla 39 una dosificación para la fabricación de la mezcla asfáltica.

Tabla 39: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica ideal

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	25%
Arena chancada	75%

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la dosificación de la mezcla asfáltica con la curva granulométrica máxima se tiene en la siguiente tabla 40, donde se muestra el diseño de mezcla asfáltica con 4% de cemento asfáltico.

Tabla 40: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	24.00		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	72.00		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	615.1	614.8	614.4
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.039	2.037	2.033
6	Vacíos	%	23.4	23.4	23.6
7	Flujo	mm	3.10	3.00	2.90
8	Estabilidad sin corregir	kg	947	957	955
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	816	813	799
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 41 se observa los datos de del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.

Tabla 41: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	23.88		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	71.63		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	603.2	603.8	602.6
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.075	2.074	2.077
6	Vacíos	%	22.6	22.7	22.5
7	Flujo	mm	3.40	3.50	3.40
8	Estabilidad sin corregir	kg	1034	1041	1037
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	838	843	840
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 42 se observa los datos de del diseño de mezcla asfáltica con 5% de cemento asfáltico.

Tabla 42: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	23.75		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	71.25		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	588.5	590.1	587.5
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.120	2.122	2.129
6	Vacíos	%	20.3	20.2	19.9
7	Flujo	mm	3.50	3.60	3.60
8	Estabilidad sin corregir	kg	1055	1064	1077
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	855	862	872
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 43 se observa los datos de del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico.

Tabla 43: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	23.63		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	70.88		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	583.2	581.3	583.6
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.139	2.146	2.147
6	Vacíos	%	19.0	18.7	18.7
7	Flujo	mm	3.80	3.70	3.80
8	Estabilidad sin corregir	kg	1085	1095	1087
9	Factor de estabilidad		0.83	0.83	0.83
10	Estabilidad Corregida	kg	901	909	902
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 44 se observa los datos de del diseño de mezcla asfáltica con 6% de cemento asfáltico.

Tabla 44: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	23.50		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	70.50		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	579.7	579.9	577.3
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.155	2.157	2.165
6	Vacíos	%	17.6	17.5	17.3
7	Flujo	mm	4.00	4.10	3.90
8	Estabilidad sin corregir	kg	993	971	987
9	Factor de estabilidad		0.83	0.83	0.83
10	Estabilidad Corregida	kg	824	806	819
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 45 se observa los datos de del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico.

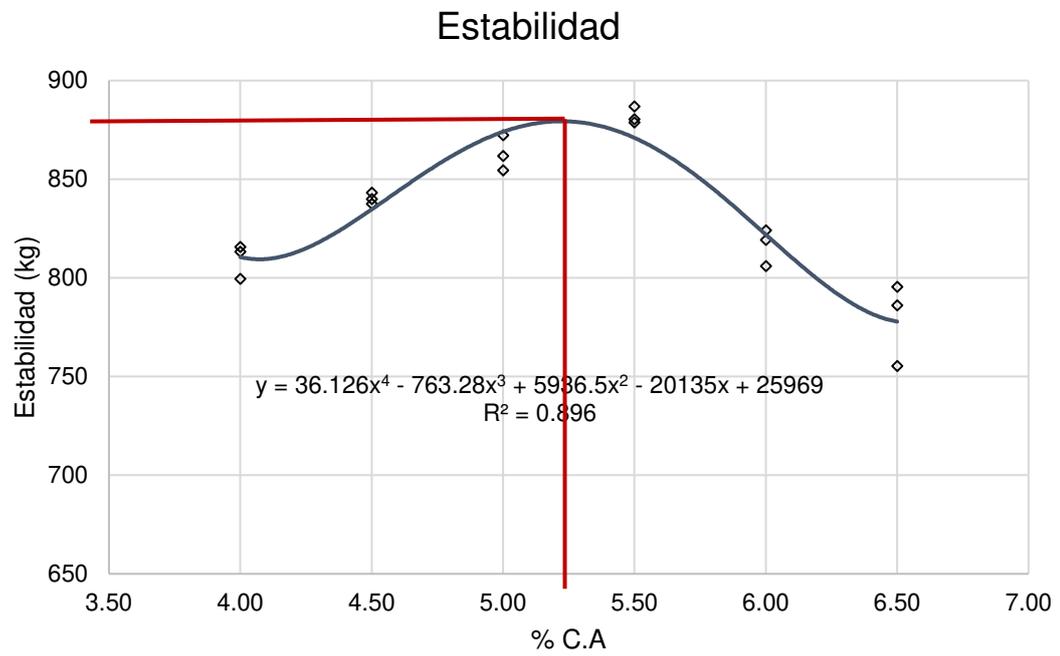
Tabla 45: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	23.38		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	70.13		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	572.3	572.1	574.4
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.188	2.180	2.173
6	Vacíos	%	15.2	15.5	15.8
7	Flujo	mm	4.30	4.40	4.30
8	Estabilidad sin corregir	kg	925	914	910
9	Factor de estabilidad		0.86	0.86	0.83
10	Estabilidad Corregida	kg	796	786	755
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen se observa en la figura 19 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, cual esta varia en el % de cemento asfáltico.

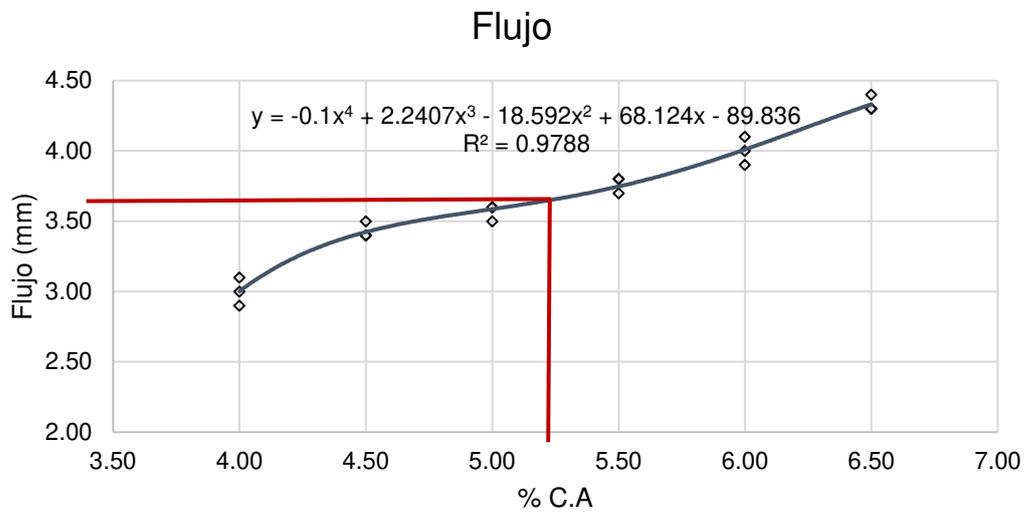
Figura 19: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % de C.A.

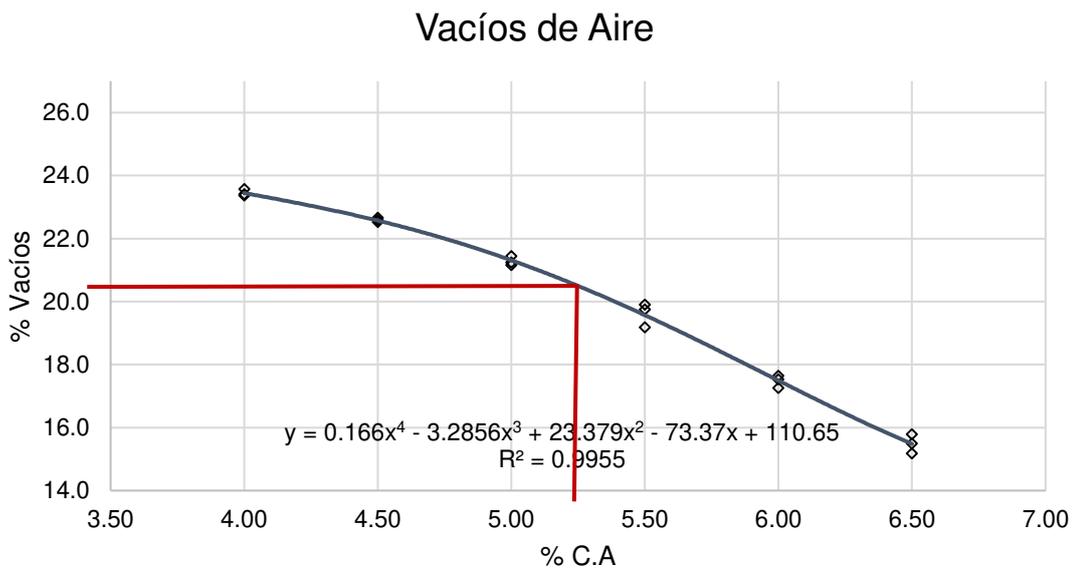
Figura 20: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de C.A.

Figura 21: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

Se evalúa la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall cual según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verificada para cada tipo de % de cemento asfáltico.

Tabla 46: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	4	4	4
Tiempo de infiltración	seg.	12.6	12.4	12.2
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 47: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	4.5	4.5	4.5
Tiempo de infiltración	seg.	13.9	13.8	14
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 48: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	5	5	5
Tiempo de infiltración	seg.	14.3	14.4	14.6
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 49: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	5.5	5.5	5.5
Tiempo de infiltración	seg.	15	15.4	15.3
Infiltración	%	100.0%	97.3%	98.0%

Fuente: Propia

Tabla 50: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	6	6	6
Tiempo de infiltración	seg.	17	17.1	17.3
Infiltración	%	86.7%	86.0%	84.7%

Fuente: Propia

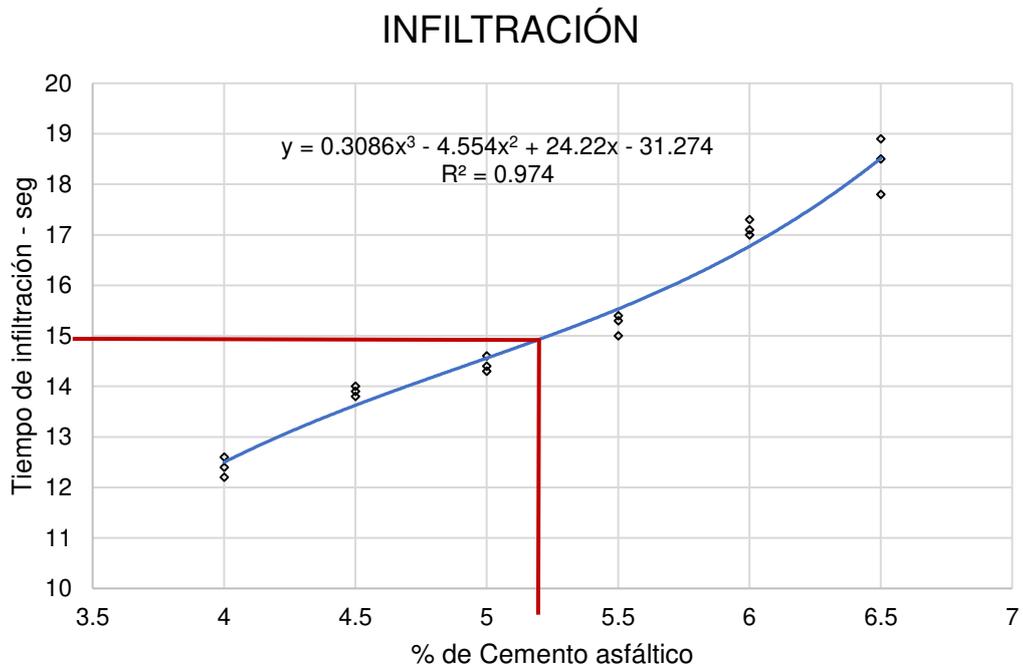
Tabla 51: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica ideal

Cemento Asfáltico	%	6.5	6.5	6.5
Tiempo de infiltración	seg.	18.5	18.9	17.8
Infiltración	%	76.7%	74.0%	81.3%

Fuente: Propia

En la figura 22 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica máxima, donde se observa que el 5.3% de C.A. cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 22: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de asfalto se elige a 5.3% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el ministerio de transporte y comunicaciones como se muestra en la tabla 52.

Tabla 52: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 5.3% de C.A. en la curva granulométrica máxima

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿ Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	880 kgf	Mínimo 831.07 kgf	SÍ CUMPLE
Flujo o Deformación	3.60 mm	2 mm a 3.6 mm	SÍ CUMPLE
Vacíos de Aire	20.2 %	Mínimo 20%	SÍ CUMPLE
Infiltración	14.9 seg.	Máximo 15seg.	SÍ CUMPLE

Fuente: Propia

5.2.2. MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA

La mezcla asfáltica modificada se realiza por tres componentes: piedra chancada, arena chancada y fibra de polipropileno. La fibra se trabajará desde un 0% hasta un 2%.

En la siguiente tabla 53 y 54, se observa la dosificación que tendrá la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 53: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	23.63%
Arena chancada	70.88%
Fibra de polipropileno	0.20%

Fuente: Propia

Tabla 54: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30		
2	Vacíos	%	23.4	23.4	23.8
3	Flujo	mm	3.72	3.70	3.69
4	Estabilidad Corregida	kg	869	875	872
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En las siguientes tablas 55 y 56, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 55: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	23.58%
Arena chancada	70.73%
Fibra de polipropileno	0.40%

Fuente: Propia

Tabla 56: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30		
2	Vacíos	%	22.6	21.4	22.5
3	Flujo	mm	3.50	3.67	3.62
4	Estabilidad Corregida	kg	885	882	887
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En las siguientes tablas 57 y 58, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 57: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	23.53%
Arena chancada	70.58%
Fibra de polipropileno	0.60%

Fuente: Propia

Tabla 58: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30		
2	Vacíos	%	20.8	20.2	19.9
3	Flujo	mm	3.65	3.42	3.49
4	Estabilidad Corregida	kg	880	875	876
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 59 y 60, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 59: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	23.48%
Arena chancada	70.43%
Fibra de polipropileno	0.80%

Fuente: Propia

Tabla 60: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30		
2	Vacíos	%	19.0	18.7	18.7
3	Flujo	mm	3.48	3.35	3.29
4	Estabilidad Corregida	kg	867	863	864
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 61 y 62, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.00% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 61: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	23.43%
Arena chancada	70.28%
Fibra de polipropileno	1.00%

Fuente: Propia

Tabla 62: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.30		
2	Vacíos	%	17.6	17.5	17.3
3	Flujo	mm	3.28	3.18	3.05
4	Estabilidad Corregida	kg	850	852	858
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 63 y 64, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.20% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 63: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica máxima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	35.18%
Arena chancada	58.63%
Fibra de polipropileno	1.20%

Fuente: Propia

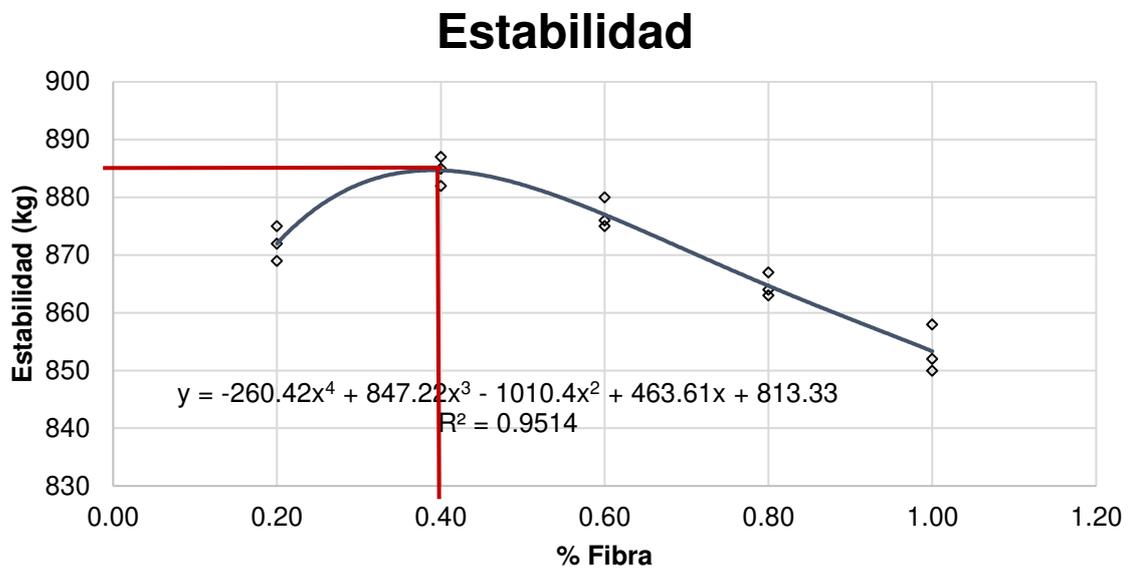
Tabla 64: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica máxima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Vacíos	%	19.1	19.3	18.8
3	Flujo	mm	2.20	1.90	2.10
4	Estabilidad Corregida	kg	875	872	877
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen se observa en la figura 23 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, cual esta varía en el % fibra.

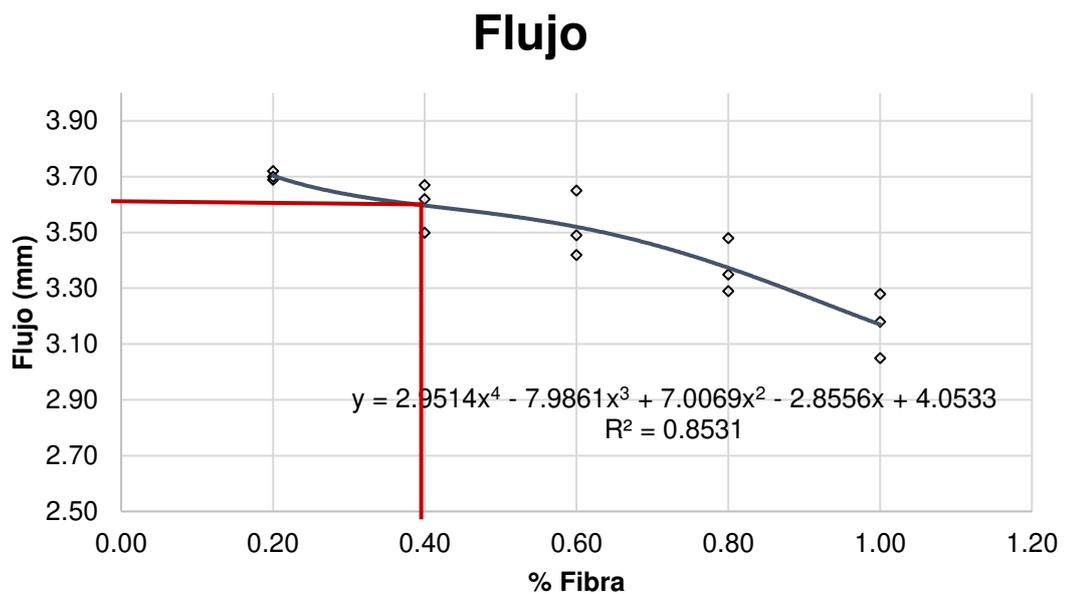
Figura 23: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % fibra.

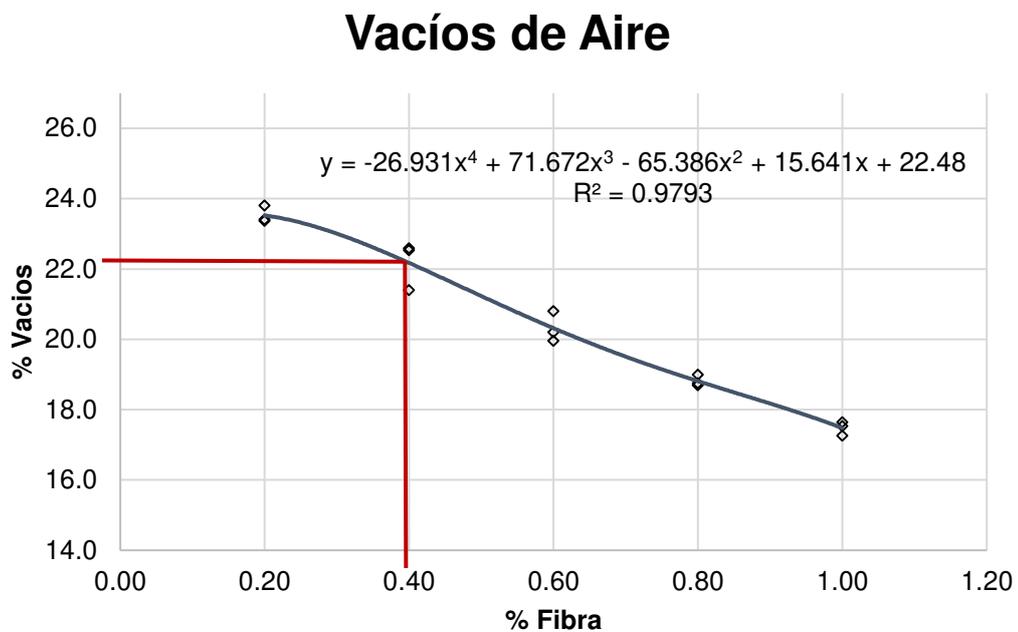
Figura 24: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de fibra.

Figura 25: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

Se evaluó la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall cual según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verifica para cada % de fibra de polipropileno.

Tabla 65: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	0.00
Tiempo de infiltración	seg.	14.9
Infiltración	%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 66: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	0.2	0.2	0.2
Tiempo de infiltración	seg.	14.8	14.9	14.9
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 67: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	0.4	0.4	0.4
Tiempo de infiltración	seg.	15.1	14.7	14.9
Infiltración	%	99.3%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 68: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	0.6	0.6	0.6
Tiempo de infiltración	seg.	15.1	15.3	15.2
Infiltración	%	99.3%	98.0%	98.7%

Fuente: Propia

Tabla 69: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	0.8	0.8	0.8
Tiempo de infiltración	seg.	15.8	15.9	16
Infiltración	%	94.7%	94.0%	93.3%

Fuente: Propia

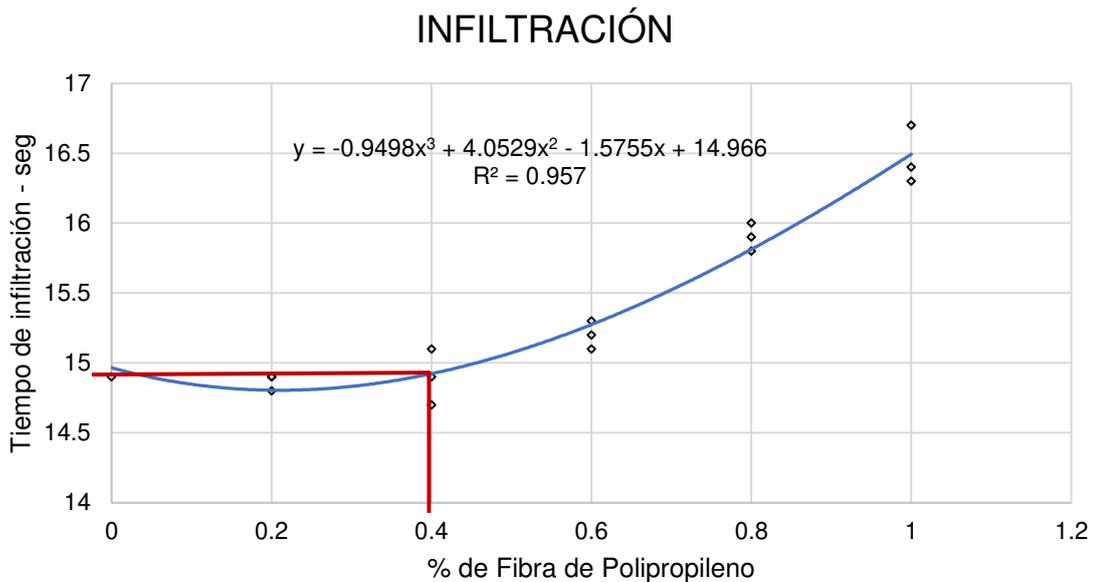
Tabla 70: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Fibra de polipropileno	%	1.0	1.00	1.00
Tiempo de infiltración	seg.	16.3	16.4	16.7
Infiltración	%	91.3%	90.7%	88.7%

Fuente: Propia

En la figura 26 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica máxima, donde se observa que el 0.40% de fibra de polipropileno cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 26: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica máxima



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de fibra se elige a 0.40% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el ministerio de transporte y comunicaciones y tiene el máximo punto de estabilidad como se muestra en la tabla 71.

Tabla 71: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.40% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica máxima

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿ Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	885 kgf	Mínimo 831.07 kgf	SI CUMPLE
Flujo o Deformación	3.6 mm	2 mm a 3.6 mm	SI CUMPLE
Vacíos de Aire	22.5 %	Mínimo 20%	SI CUMPLE
Infiltración	14.9 seg.	Máximo 15seg.	SI CUMPLE

Fuente: Propia

5.3. CURVA MÍNIMA

5.3.1. MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

Para el caso de la curva máxima se muestra en la tabla 72 una dosificación para la fabricación de la mezcla asfáltica.

Tabla 72: Dosificación para mezcla asfáltica convencional en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	50.0%
Arena chancada	50.0%

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la dosificación de la mezcla asfáltica con la curva granulométrica mínima se tiene en la siguiente tabla 73, donde se muestra el diseño de mezcla asfáltica con 4% de cemento asfáltico.

Tabla 73: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	48.00		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	48.00		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	645.7	646.6	648.7
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	1.940	1.934	1.926
6	Vacíos	%	27.1	27.3	27.6
7	Flujo	mm	2.20	2.30	2.40
8	Estabilidad sin corregir	kg	821	817	838
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	665	662	679
11	Compactación, número de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 74 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de cemento asfáltico.

Tabla 74: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 4.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	47.75		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	47.75		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	634.3	632.4	633.9
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	1.974	1.980	1.970
6	Vacios	%	26.4	26.2	26.5
7	Flujo	mm	2.60	2.50	2.50
8	Estabilidad sin corregir	kg	1034	1041	1037
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	741	759	765
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 75 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de cemento asfáltico.

Tabla 75: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	47.50		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	47.50		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	629.0	625.9	627.2
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	1.990	1.994	1.997
6	Vacios	%	25.2	25.0	24.9
7	Flujo	mm	2.80	2.80	2.90
8	Estabilidad sin corregir	kg	893	887	879
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	723	718	712
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 76 se observa los datos de diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de cemento asfáltico.

Tabla 76: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 5.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	47.25		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	47.25		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	625.6	625.0	626.5
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	1.998	2.004	1.999
6	Vacíos	%	24.3	24.1	24.3
7	Flujo	mm	3.00	3.10	3.40
8	Estabilidad sin corregir	kg	825	841	817
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	668	681	662
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 77 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de cemento asfáltico.

Tabla 77: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.00		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	47.00		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	47.00		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	620.3	621.5	620.5
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.015	2.009	2.011
6	Vacíos	%	23.0	23.2	23.1
7	Flujo	mm	3.30	3.40	3.20
8	Estabilidad sin corregir	kg	787	781	792
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	637	633	642
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la tabla 78 se observa los datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de cemento asfáltico.

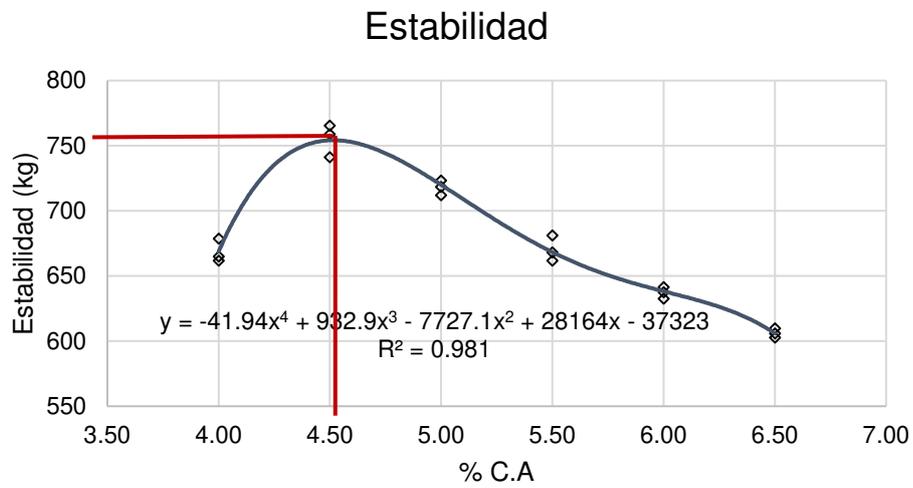
Tabla 78: Datos del diseño de mezcla asfáltica con 6.5% de Cemento Asfáltico y curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6.50		
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	46.75		
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	46.75		
4	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	613.1	612.3	615.9
5	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.042	2.042	2.032
6	Vacios	%	20.8	20.9	21.2
7	Flujo	mm	3.50	3.50	3.70
8	Estabilidad sin corregir	kg	753	744	748
9	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81
10	Estabilidad Corregida	kg	610	603	606
11	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen se observa en la figura 27 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, cual esta varia en el % de cemento asfáltico.

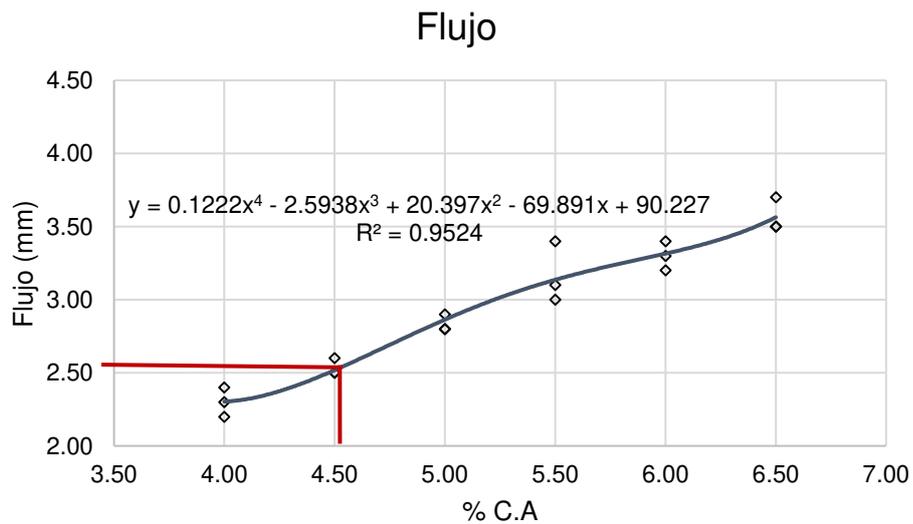
Figura 27: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Estabilidad con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % de C.A.

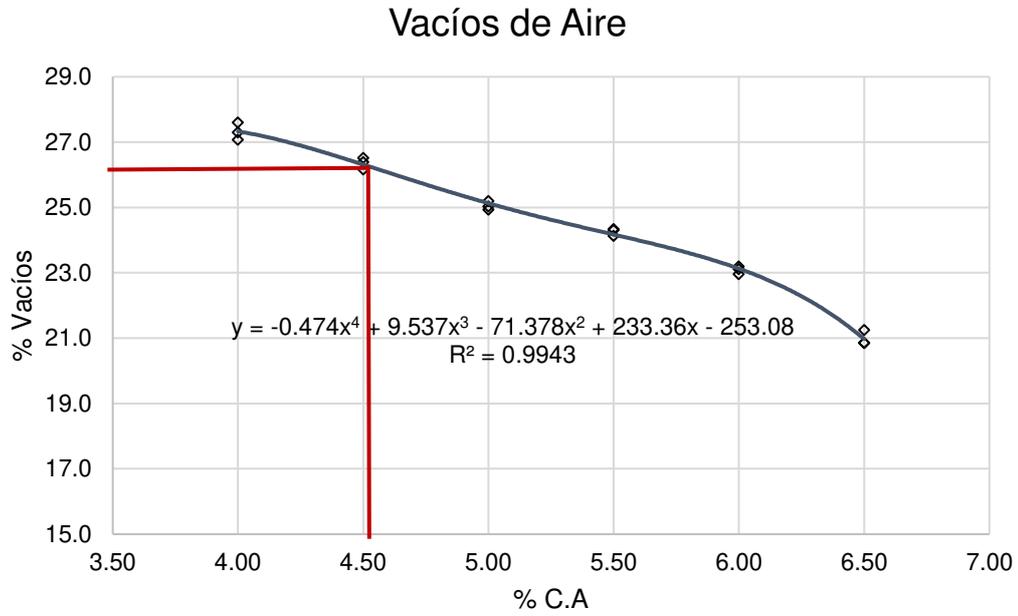
Figura 28: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Flujo con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de C.A.

Figura 29: Curva resumen del comportamiento C.A. vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

Se evaluó la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall cual según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verifica para cada tipo de % de cemento asfáltico.

Tabla 79: Datos de infiltración para 4% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	4	4	4
Tiempo de infiltración	seg.	10.8	11	11.7
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 80: Datos de infiltración para 4.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	4.5	4.5	4.5
Tiempo de infiltración	seg.	11.9	12.1	12.3
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 81: Datos de infiltración para 5% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	5	5	5
Tiempo de infiltración	seg.	12.8	12.7	13
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 82: Datos de infiltración para 5.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	5.5	5.5	5.5
Tiempo de infiltración	seg.	13.4	13.7	13.6
Infiltración	%	100.0%	95.3%	96.0%

Fuente: Propia

Tabla 83: Datos de infiltración para 6% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	6	6	6
Tiempo de infiltración	seg.	14.5	14.6	14.7
Infiltración	%	85.3%	82.7%	83.3%

Fuente: Propia

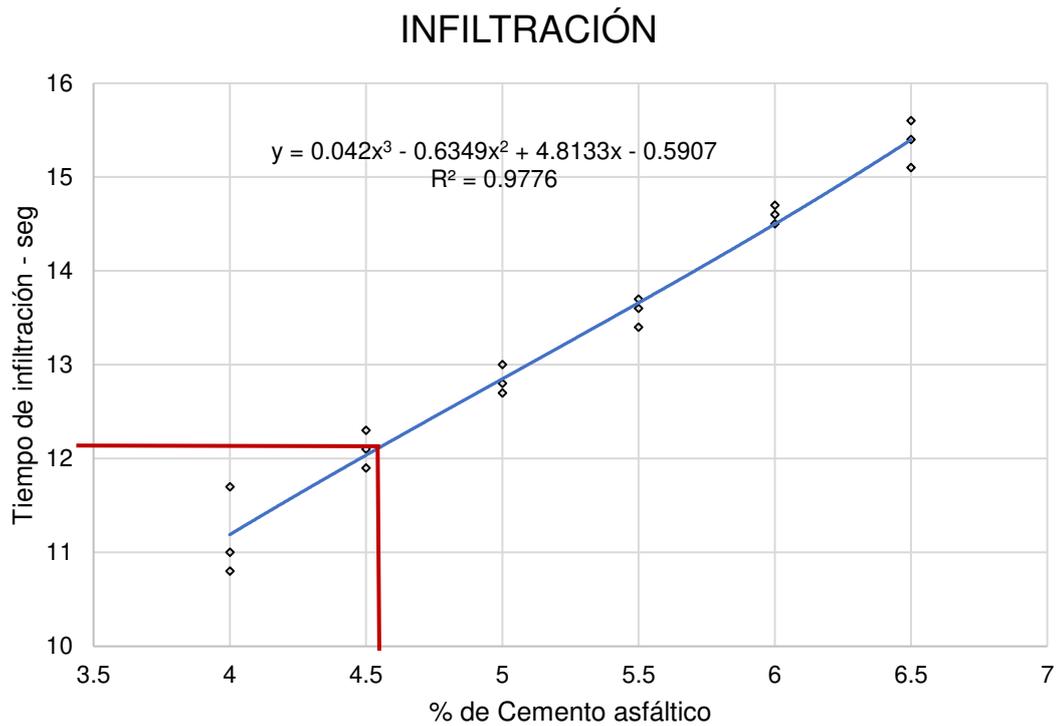
Tabla 84: Datos de infiltración para 6.5% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Cemento Asfáltico	%	6.5	6.5	6.5
Tiempo de infiltración	seg.	15.1	15.6	15.4
Infiltración	%	99.3%	96.0%	97.3%

Fuente: Propia

En la figura 30 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica mínima, donde se observa que el 5.3% de C.A. cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 30: Curva resumen del comportamiento C.A. vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de asfalto se elige a 4.55% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el ministerio de transporte y comunicaciones como se muestra en la tabla 85.

Tabla 85: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 4.55% de C.A. en la curva granulométrica mínima

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	750 kgf	Mínimo 831.07 kgf	NO CUMPLE
Flujo o Deformación	2.55 mm	2 mm a 3.6 mm	SI CUMPLE
Vacíos de Aire	26 %	Mínimo 20%	SI CUMPLE
Infiltración	12.1 seg.	Máximo 15seg.	SI CUMPLE

Fuente: Propia

5.3.2. MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA

La mezcla asfáltica modificada será realizada por tres componentes piedra chancada, arena chancada y fibra de polipropileno. La fibra se trabajará desde un 0% hasta un 2%.

En la siguiente tabla 86 y 87, se observa la dosificación que tendrá la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 86: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.2% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.63%
Arena chancada	47.63%
Fibra de polipropileno	0.20%

Fuente: Propia

Tabla 87: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	27.1	26.9	26.7
3	Flujo	mm	2.63	2.58	2.60
4	Estabilidad Corregida	kg	741	758	747
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 88 y 89, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 88: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.4% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.53%
Arena chancada	47.53%
Fibra de polipropileno	0.40%

Fuente: Propia

Tabla 89: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	26.4	26.2	26.5
3	Flujo	mm	2.58	2.51	2.54
4	Estabilidad Corregida	kg	759	764	767
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 90 y 91, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 90: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.6% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.53%
Arena chancada	47.53%
Fibra de polipropileno	0.60%

Fuente: Propia

Tabla 91: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	25.2	25.0	24.9
3	Flujo	mm	2.40	2.49	2.45
4	Estabilidad Corregida	kg	786	790	794
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 92 y 93, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 92: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 0.8% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.33%
Arena chancada	47.33%
Fibra de polipropileno	0.80%

Fuente: Propia

Tabla 93: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 0.8% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	24.3	24.1	24.3
3	Flujo	mm	2.33	2.24	2.38
4	Estabilidad Corregida	kg	813	820	823
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 94 y 95, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.00% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 94: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.0% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.23%
Arena chancada	47.23%
Fibra de polipropileno	1.00%

Fuente: Propia

Tabla 95: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.0% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	23.0	22.7	23.4
3	Flujo	mm	2.28	2.19	2.16
4	Estabilidad Corregida	kg	841	855	869
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 96 y 97, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.20% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 96: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.2% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.13%
Arena chancada	47.13%
Fibra de polipropileno	1.20%

Fuente: Propia

Tabla 97: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.2% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	21.2	20.7	20.5
3	Flujo	mm	2.05	2.10	2.08
4	Estabilidad Corregida	kg	805	810	818
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 98 y 99, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.40% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 98: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.4% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	47.03%
Arena chancada	47.03%
Fibra de polipropileno	1.40%

Fuente: Propia

Tabla 99: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.4% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	20.1	19.6	19.1
3	Flujo	mm	1.98	1.91	1.96
4	Estabilidad Corregida	kg	785	772	778
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

En la siguiente tabla 100 y 101, se observa la dosificación que tiene la mezcla asfáltica modificada con 1.60% de fibra de polipropileno y los datos de estabilidad, flujo y vacíos de aire.

Tabla 100: Dosificación para mezcla asfáltica convencional con fibra de polipropileno de 1.6% en la curva granulométrica mínima

INSUMOS	PORCENTAJE EN MEZCLA DE AGREGADO
Piedra chancada de ½"	46.93%
Arena chancada	46.93%
Fibra de polipropileno	1.60%

Fuente: Propia

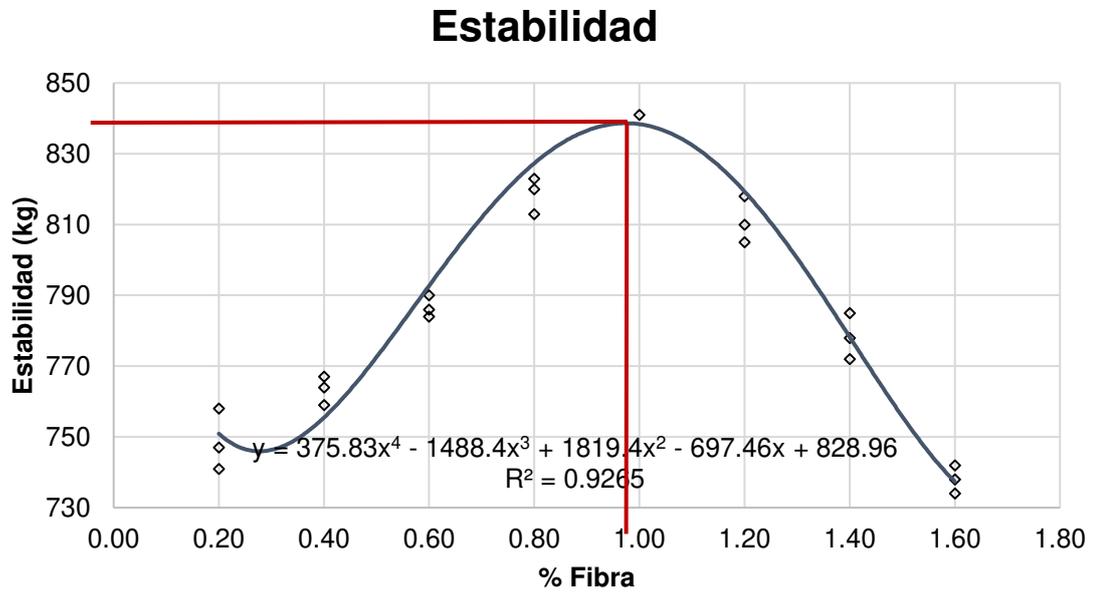
Tabla 101: Datos de la mezcla asfáltica modificada con 1.6% de fibra de polipropileno con la curva granulométrica mínima

ESPECÍMENES MARSHALL		Nº	E1	E2	E3
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.55		
2	Vacíos	%	19.0	18.7	18.5
3	Flujo	mm	1.90	1.82	1.74
4	Estabilidad Corregida	kg	742	738	734
5	Compactación, numero de golpes por cara		75		

Fuente: Propia

Como gráfico resumen se observa en la figura 31 la curva resumen del comportamiento de los especímenes Marshall frente a la estabilidad, la que varía en el % fibra.

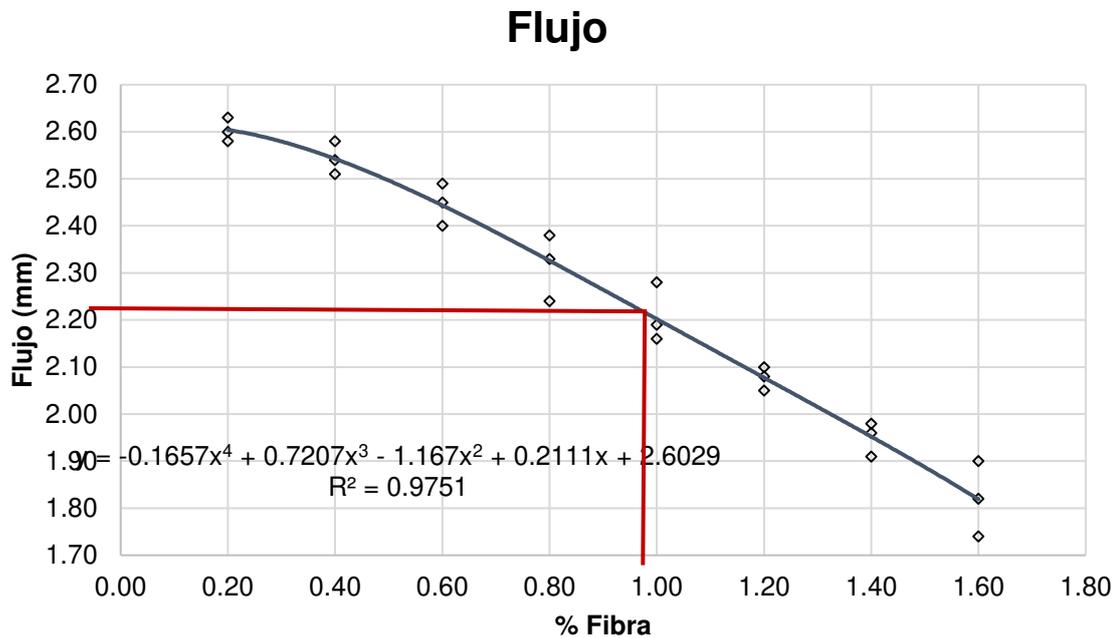
Figura 31: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Estabilidad con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de flujo vs % fibra.

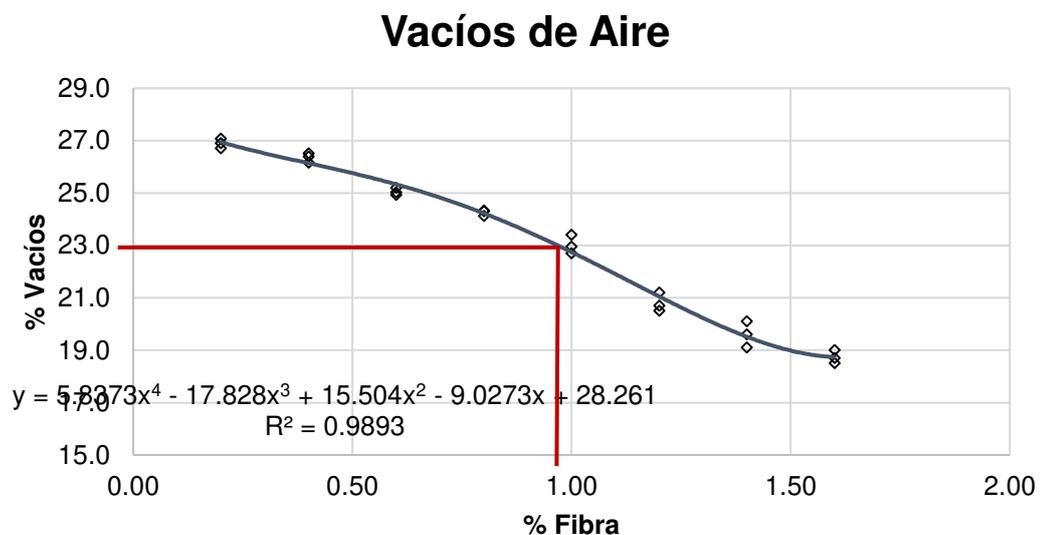
Figura 32: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Flujo con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico se muestra la curva resumen del comportamiento de Vacíos vs % de fibra.

Figura 33: Curva resumen del comportamiento % fibra vs Vacíos de Aire con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

Se evaluó la infiltración de agua sobre los especímenes Marshall que según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indica que debe de infiltrar 100 cm³ durante 15 segundos, esto se verifica para cada % de fibra de polipropileno.

Tabla 102: Datos de infiltración para 0% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	0.00
Tiempo de infiltración	seg.	13.9
Infiltración	%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 103: Datos de infiltración para 0.2% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	0.2	0.2	0.2
Tiempo de infiltración	seg.	13.95	13.8	13.9
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 104: Datos de infiltración para 0.4% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	0.4	0.4	0.4
Tiempo de infiltración	seg.	14.1	14.2	14
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 105: Datos de infiltración para 0.6% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	0.6	0.6	0.6
Tiempo de infiltración	seg.	14.3	14.5	14.6
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 106: Datos de infiltración para 0.8% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	0.8	0.8	0.8
Tiempo de infiltración	seg.	14.6	14.7	14.7
Infiltración	%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Propia

Tabla 107: Datos de infiltración para 1.00% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	1.0	1.0	1.0
Tiempo de infiltración	seg.	14.9	14.9	15.2
Infiltración	%	100.0%	100.0%	98.7%

Fuente: Propia

Tabla 108: Datos de infiltración para 1.20% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	1.2	1.2	1.2
Tiempo de infiltración	seg.	15.5	15.8	15.8
Infiltración	%	96.7%	94.7%	94.7%

Fuente: Propia

Tabla 109: Datos de infiltración para 1.40% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	1.4	1.4	1.4
Tiempo de infiltración	seg.	16.1	16.4	16.3
Infiltración	%	92.7%	90.7%	91.3%

Fuente: Propia

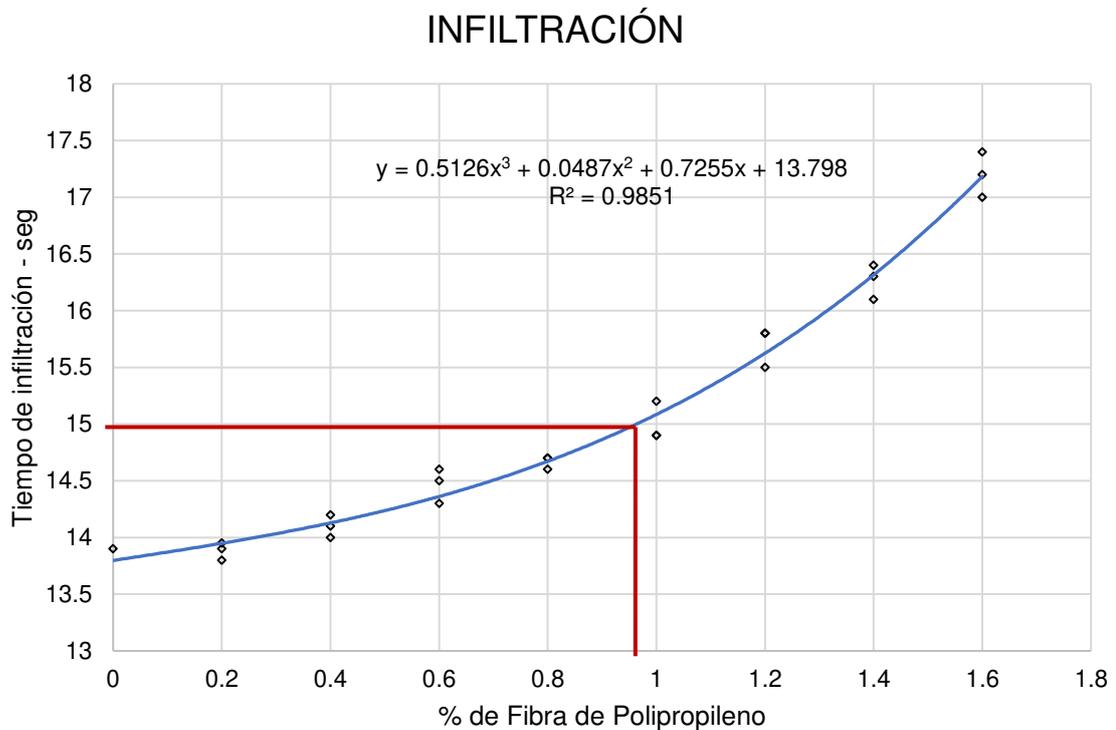
Tabla 110: Datos de infiltración para 1.60% de fibra de polipropileno en la curva granulométrica mínima

Fibra de polipropileno	%	1.6	1.6	1.6
Tiempo de infiltración	seg.	17	17.4	17.2
Infiltración	%	86.7%	84.0%	85.3%

Fuente: Propia

En la figura 34 se observa el resumen de infiltración para la curva granulométrica mínima, donde se observa que el 0.95% de fibra de polipropileno cumple con la condición de 15seg de infiltración sobre el espécimen Marshall.

Figura 34: Curva resumen del comportamiento fibra de polipropileno vs tiempo de infiltración con la curva granulométrica mínima



Fuente: Propia

Como óptimo porcentaje de fibra se elige a 0.95% debido a que cumple con las condiciones mínimas establecidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones y tiene el máximo punto de estabilidad como se muestra en la tabla 111.

Tabla 111: Comparativo Resumen experimental vs Norma con 0.95% de fibra en la curva granulométrica mínima

Descripción	Experimento	Ministerio de Transporte y Comunicaciones	¿Cumple la condición?
Estabilidad Marshall	840 kgf	Mínimo 831.07 kgf	SI CUMPLE
Flujo o Deformación	2.20 mm	2 mm a 3.6 mm	SI CUMPLE
Vacíos de Aire	23 %	Mínimo 20%	SI CUMPLE
Infiltración	14.95 seg.	Máximo 15seg.	SI CUMPLE

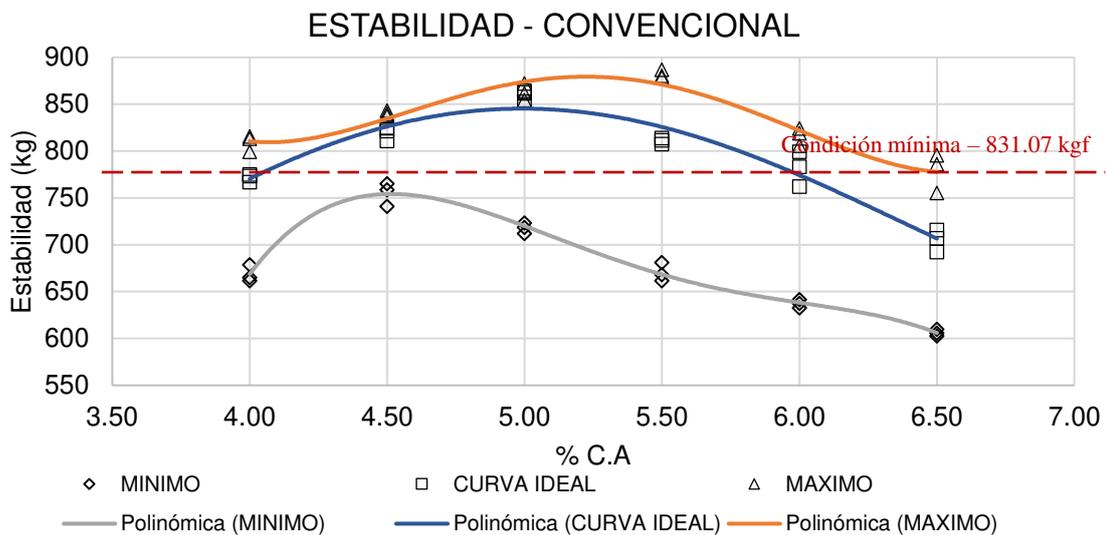
Fuente: Propia

5.4. RESUMEN DE DATOS

En las siguientes figuras se observan el resumen de datos para la mezcla asfáltica convencional, se muestra gráficos resumen del comportamiento de estabilidad, flujo, vacíos de aire e infiltración frente al % de cemento asfáltico.

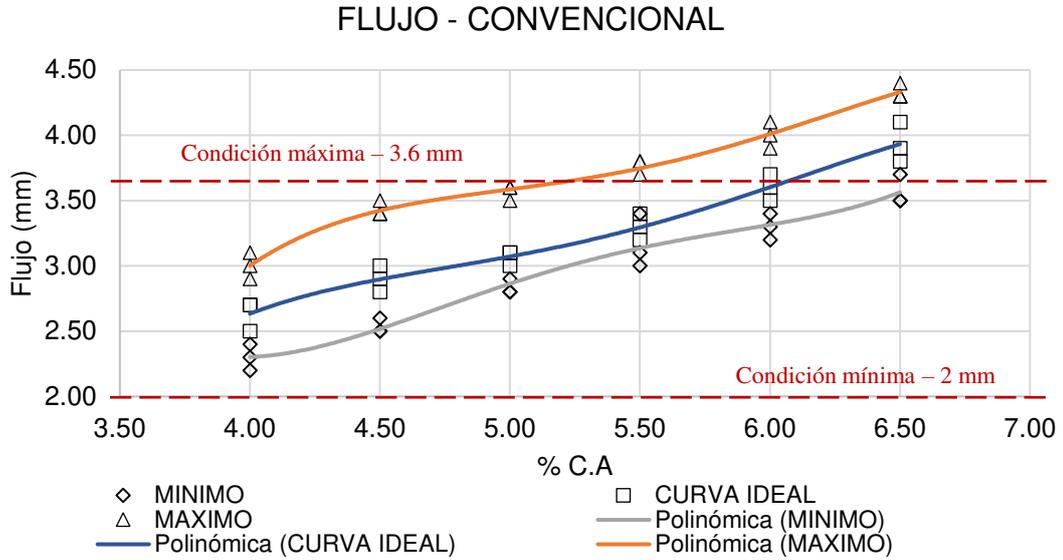
En la figura 35 y 36 se observa la curva resumen de los datos de estabilidad y flujo en la mezcla asfáltica convencional.

Figura 35: Resumen de curvas en Estabilidad con mezcla asfáltica convencional



Fuente: Propia

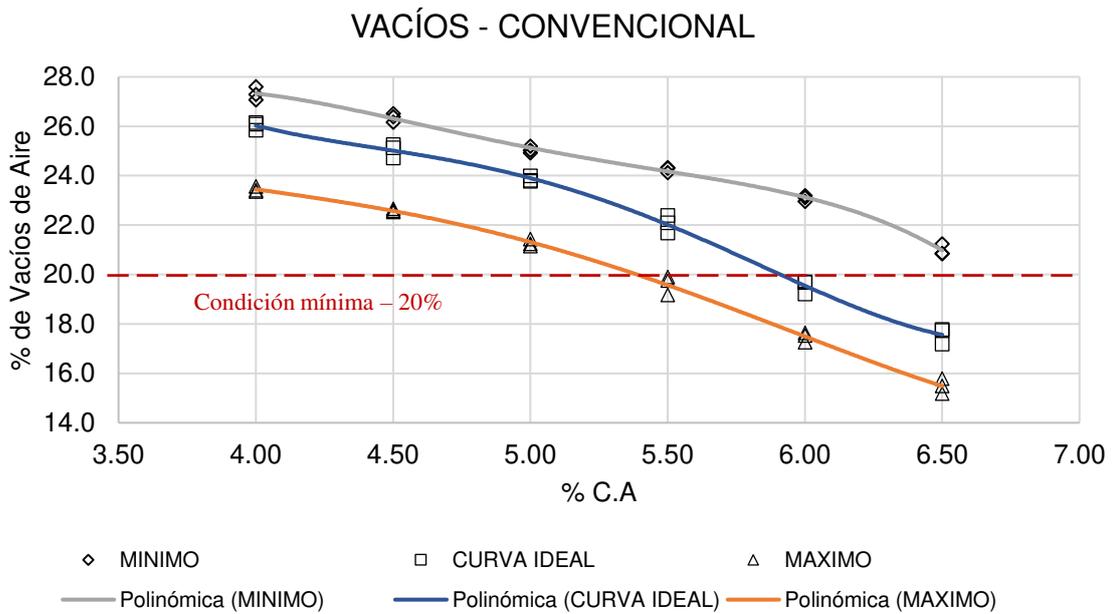
Figura 36: Resumen de curvas en Flujo con mezcla asfáltica convencional



Fuente: Propia

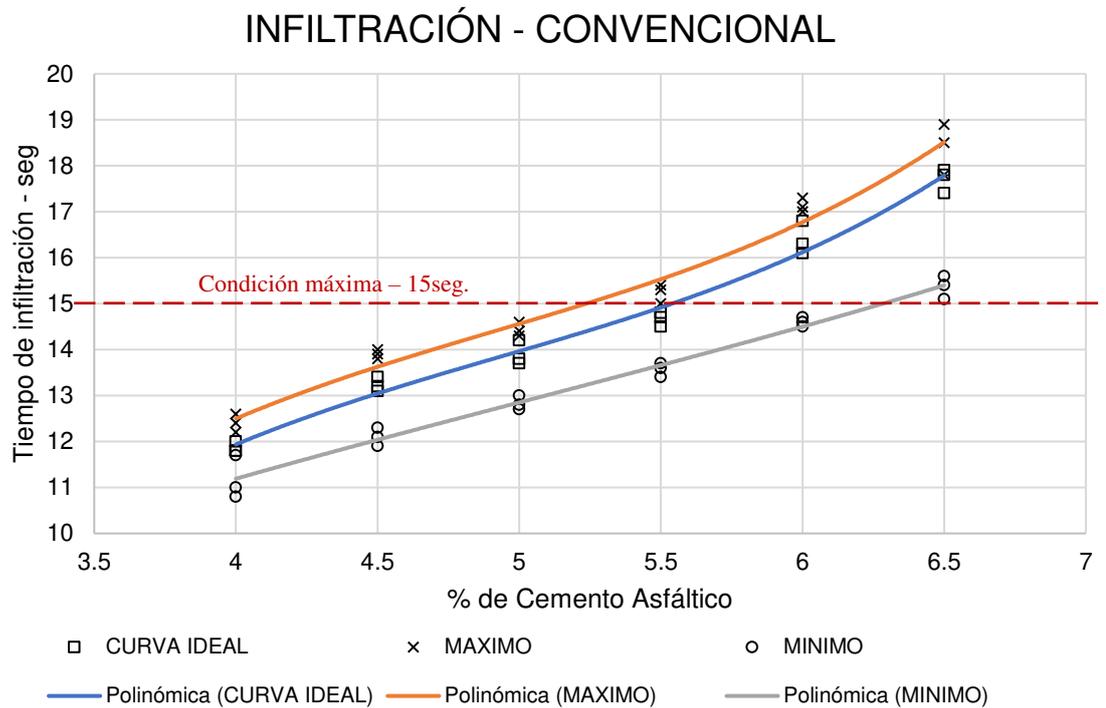
En la figura 37 y 38 se observa la curva resumen de los datos de vacíos e infiltración en la mezcla asfáltica convencional.

Figura 37: Resumen de curvas en Vacíos de aire con mezcla asfáltica convencional



Fuente: Propia

Figura 38: Resumen de curvas en Infiltración con mezcla asfáltica convencional

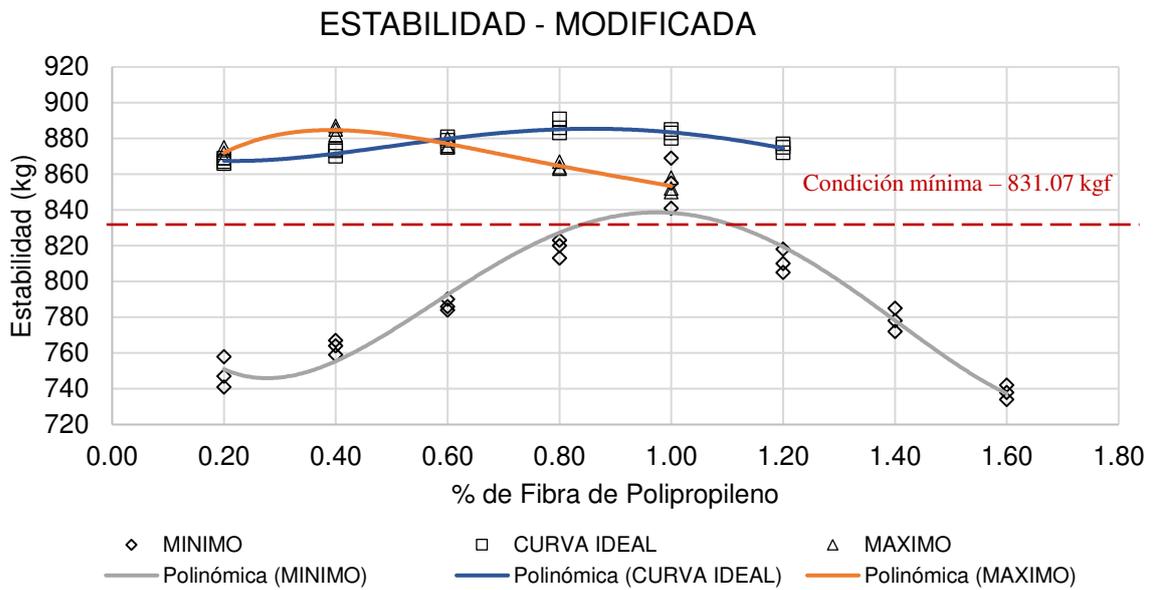


Fuente: Propia

En las siguientes figuras se observan el resumen de datos para la mezcla asfáltica modificada, se muestra gráficos resumen del comportamiento de estabilidad, flujo, vacíos de aire e infiltración frente al % de fibra de polipropileno.

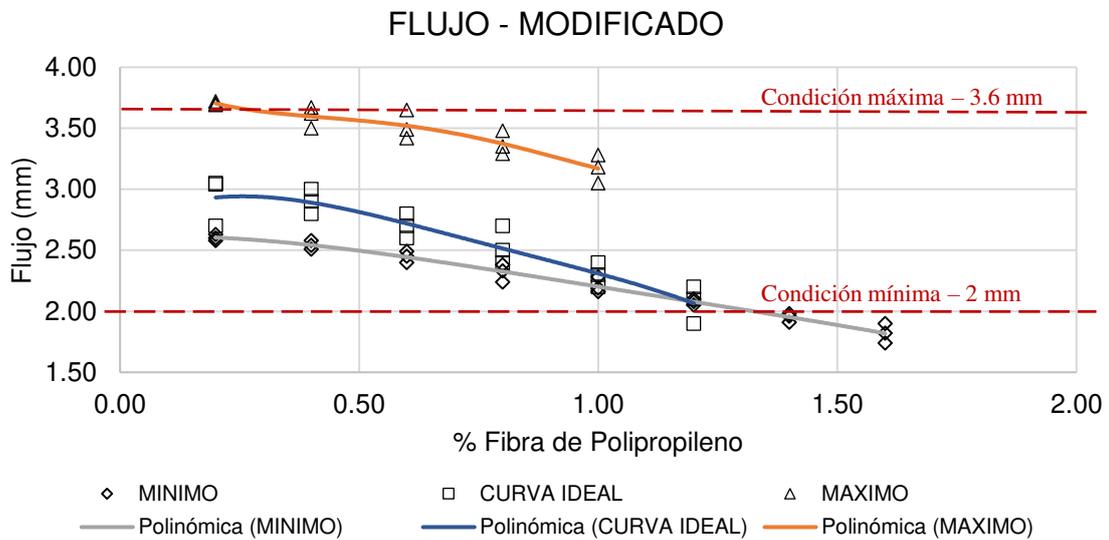
En la figura 39 y 40 se observa la curva resumen de los datos de estabilidad y flujo en la mezcla asfáltica modificada.

Figura 39: Resumen de curvas en Estabilidad con mezcla asfáltica modificada



Fuente: Propia

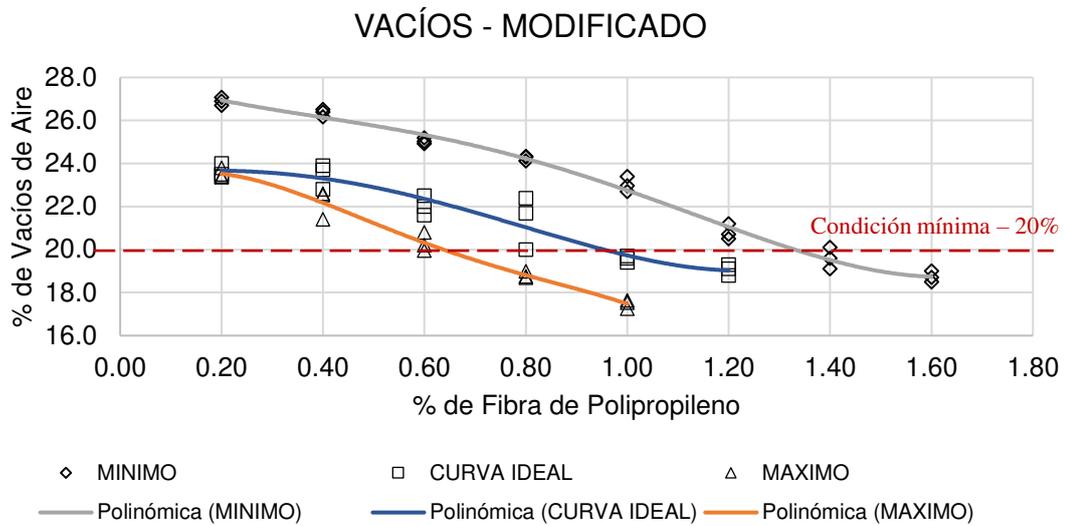
Figura 40: Resumen de curvas en Flujo con mezcla asfáltica modificada



Fuente: Propia

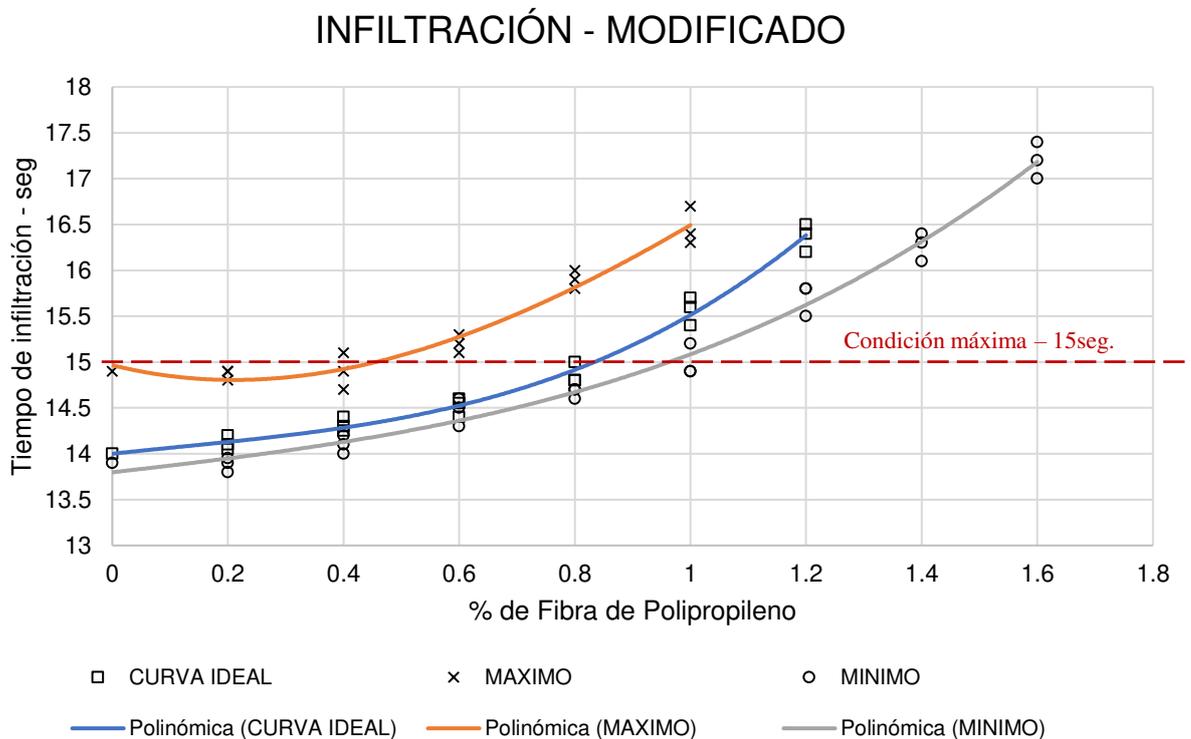
En la figura 41 y 42 se observa la curva resumen de los datos de vacíos e infiltración en la mezcla asfáltica convencional.

Figura 41: Resumen de curvas en Vacíos de aire con mezcla asfáltica modificada



Fuente: Propia

Figura 42: Resumen de curvas en Tiempo de infiltración con mezcla asfáltica modificada



Fuente: Propia

CONCLUSIONES

1. La fibra sintética afecta de manera positiva en la estabilidad, de manera negativa en el flujo y vacíos de aire, y de esta manera al reducir vacíos también reduce el % de infiltración, condición crítica para determinar la dosificación óptima de fibra, obteniendo como 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%,
2. La fibra sintética de polipropileno afecta de manera positiva, se observa en la figura 37 el incremento de la estabilidad en todas las curvas granulométricas. En la curva granulométrica mínima con un % de cemento asfáltico óptimo de 4.55% se presenció que la estabilidad incrementa desde 750kgf a 840kgf con un % de fibra de polipropileno de 0.95%, en la curva granulométrica ideal con un % de cemento asfáltico óptimo de 5.0% se presenció que la estabilidad incrementa desde 850kgf a 885kgf con un % de fibra de polipropileno de 0.85% y en la curva granulométrica máxima con un % de cemento asfáltico óptimo de 5.3% se presenció que la estabilidad incrementa desde 880kgf a 885kgf con un % de fibra de polipropileno de 0.4%.
3. La fibra sintética varió las curvas granulométricas de manera negativa como se observa en la figura 38. En el caso la curva granulométrica mínima con un % de cemento asfáltico óptimo de 4.55% varió desde 2.55 mm a 2.45mm con un % de fibra de polipropileno de 0.95%, el caso la curva granulométrica ideal con un % de cemento asfáltico óptimo de 4.55% varió desde 3.10 mm a 2.20mm con un % de fibra de polipropileno de 0.85% y el caso la curva granulométrica máxima con un % de cemento asfáltico óptimo de 5.3% no varió el flujo en la condición más favorable % de fibra de polipropileno de 0.95%
4. La infiltración se evaluó teniendo en cuenta que 100cm³ de agua, debe infiltrarse en un tiempo de 15seg por el espécimen Marshall, se observó que en las curvas granulométricas al incrementar el % de fibra de polipropileno la infiltración disminuyó así teniendo en cuenta la condición determinante para poder elegir el % de fibra óptimo. En la curva granulométrica mínima con un % de cemento asfáltico óptimo de 4.55% se tuvo un % de fibra de polipropileno de 0.95%, el caso la curva granulométrica ideal con un % de cemento asfáltico óptimo de 4.55% se tuvo un % de fibra de polipropileno de 0.85% y el caso la curva granulométrica máxima con un

% de cemento asfáltico óptimo de 5.3% se tuvo un % de fibra de polipropileno de 0.40%

RECOMENDACIONES

1. Tener en cuenta la presente investigación para el diseño de una mezcla asfáltica drenante, ya que se trabajó con las condiciones granulométricas mínimas a máximas y se mejoró con fibra sintética de polipropileno demostrando así parámetros de uso de % de fibra.
2. Emplear asfalto poroso en vías de bajo y medio tráfico ya que las propiedades fueron optimizadas.
3. Emplear la mezcla asfáltica drenante con adición de fibra sintética ya que cumple con condiciones mínimas establecidas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones y así evitar el efecto de hidroplaneo
4. Tener en cuenta que los vacíos de aire sean como mínimo 20% para así conseguir la infiltración necesaria y poder evacuar el agua.
5. Tener en cuenta que la presente investigación se empleó con asfalto CAP-PEN 85-100 y fibra sintética de polipropileno “SikaFiber”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. 1993.** *AASHTO Guide for Design of Paviment Structures Washington.* Whashington: AASHTO PUBLISHER, 1993.
- ASTM. 2003.** *ASTM C 535 - Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasiom and Impact in the Los Angeles Machine.* West Conshohocken: ASTM PUBLISHER, 2003.
- 2007.** *ASTM D 1557- Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort.* West Conshohocken: ASTM PUBLISHER, 2007.
- 2007.** *ASTM D 3398 - Standard Test Method for Index of Aggregate Particle Shape and Texture.* West Conshohocken : ASTM PUBLISHER, 2007.
- 2013.** *ASTM D 4126 - Standard Specification for Vapor - Degreasing Grade and General Solvent Grade 1, 1,1-Trichloroethane.* West Conshohocken : ASTM PUBLISHER, 2013.
- Ayala Loza, Marvin Emmanuel y Juarez Alarcon, Ivy Eneida. 2010.** Diseño de mezcla drenante con asfalto modificado disponible en el Salvador. El Salvador: Universidad de El Salvador, 2010.
- BALLENA TAPIA, Chrystian José. 2016.** Utilización de fibras de polietileno de botellas de plástico para su aplicación en el diseño de mezclas asfálticas ecológicas en frío. Chiclayo: Universidad Señor de Sipan, 2016.
- BRIGETH MENESES ROA, jessica y PÁEZ BOCANEGRA , diego. 2017.** Mezcla asfáltica permeable. Bogotá: s.n., 2017.
- CIRIA C523. 2001.** *THE SUDS Manual. Construccion Industry Research and Information Association.* Londres: s.n., 2001.
- Conroy, Jorgue Lazarte. 2015.** Importancia de las normas y su cumplimiento. Lima: s.n., 2015.
- De La Cruz Bazan, Paulino y Porras Zavala, Mario Jose. 2015.** Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la Metodología Marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera DV Imperial - Pampas. Lima: Universidad Ricardo Palma, 2015.
- Intituto de Asfalto. 1993.** Manual de asfalto. 1993.
- Lopes Moreno, Carol Patricia. 2013.** Comportamiento mecánico de mezclas asfálticas drenante. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2013.
- Meneses Roca, Jessica Brigeth y Páez Bocanegra, Diego Alberto. 2017.** Mezcla asfáltica permeable como parte de la estructura de pavimento a partir del uso y modificación de una mezcla drenante aplicado a vías rurales. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- Miniterio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción. Perú: Miniterio de Transporte y Comunicaciones, 2013.
- Navarro Jimenez, José Martin. 2017.** Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET. Perú: Universidad Señor de Sipán, 2017.
- Quintana, Eduardo de J. Vidaud. 2014.** Pavimentos porosos. Chile: s.n., 2014, Vol. parte II.
- Redondo, Vicente Domine. 2015.** Las carreteras del 2040. Lima: s.n., 2015.

Trujillo López, Alejandra y Quiroz Lasprilla, Diana Paola. 2013. Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2013.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
GENERAL			VARIABLES DE ESTUDIO	D1: Temperatura de cristalización D2: Módulo de elasticidad D3: Características de la fibra	I1: Temperatura de transición vítrea (Tv) I2: Temperatura de fusión cristalina (Tf) I3: Temperatura de reblandecimiento (Tr) I1: Límite de proporcionalidad I2: Límite plástico o punto de fluencia I3: Punto de rotura I1: Rigidez alta I2: Buen balance rigidez/impacto I3: Disminuye formación de grieta I1: Cantidad de fuerza resistida. I2: Temperatura I3: Elongación I1: Volumen de vacíos llenos de asfalto I2: Vacíos que no se llenaron de asfalto I3: Volumen del agregado. I1: Peso agregado I2: Peso asfalto I3: Volumen de agregado	Método: Científico Tipo: Aplicada. Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población y muestra Población: Las mezclas asfálticas porosas empleada en la provincia de Huancayo Muestra: Para la presente investigación se evaluará 108 briquetas Marshall con una variación de porcentaje de fibra desde 0% hasta 1.2% cada 0.2% de intervalo, y una variación de asfalto desde 4% hasta 6% cada 0.5 %.
¿Cómo influye la fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes, en la provincia de Huancayo?	Evaluar la influencia de la fibra sintética de alta tenacidad en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes en la provincia de Huancayo en el 2019.	La fibra sintética de alta tenacidad influye positivamente en las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas porosas, en la provincia de Huancayo.				
ESPECÍFICOS			V2: Propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas drenantes	D1: Estabilidad D2: Flujo D3: % de vacíos		
¿En qué medida la fibra sintética de alta tenacidad varía la estabilidad de mezclas asfálticas drenantes, en la provincia Huancayo en el 2019?	Determinar la estabilidad de las mezclas asfálticas drenantes al emplear fibra sintética de alta tenacidad, en la provincia de Huancayo en el 2019.	La fibra sintética de alta tenacidad sí influye positivamente en la estabilidad de las mezclas asfálticas porosas, en la provincia de Huancayo en el 2019.				
¿Hasta qué medida la fibra sintética de alta tenacidad varía el flujo de mezclas asfálticas drenantes, en la provincia Huancayo en el 2019?	Analizar la variación del flujo en las mezclas asfálticas drenantes al emplear fibra sintética de alta tenacidad, en la provincia de Huancayo en el 2019.	La fibra sintética de alta tenacidad sí influye en el flujo de las mezclas asfálticas porosas, en la provincia de Huancayo en el 2019.				
¿Cuál es la dosificación de asfalto y fibra sintética de alta tenacidad, que nos brinde las mejores características de drenaje y propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica drenante, en la provincia Huancayo en el 2019?	Precisar el % de asfalto y la cantidad de fibra sintética de alta tenacidad que nos de las mejores propiedades de drenaje y propiedades mecánicas, en las mezclas asfálticas drenantes, en la provincia de Huancayo en el 2019.	Existe una combinación optima entre el % de asfalto y la fibra sintética de alta tenacidad que nos de las mejores propiedades de la mezcla asfáltica drenante.				

ANEXO 2: PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo 2.1: Arena chancada de la cantera Matahuasi - Concepción



Anexo 2.2: Piedra chancada de 1/2" de la cantera Matahuasi - Concepcion



Anexo 2.3: Asfalto CAP-PEN 85-100



Anexo 2.4: Fibra de Polipropileno "Sikafiber"



Anexo 2.5: Ensayo granulométrico de los materiales



Anexo 2.6: Dosificación para la mezcla asfáltica



Anexo 2.7: Calentado del material a 160°C



Anexo 2.8: Pesaje del asfalto CAP-PEN 85-100



Anexo 2.9: Mezcla del agregado, asfalto y fibra de polipropileno



Anexo 2.10: Compactación de los especímenes Marshall

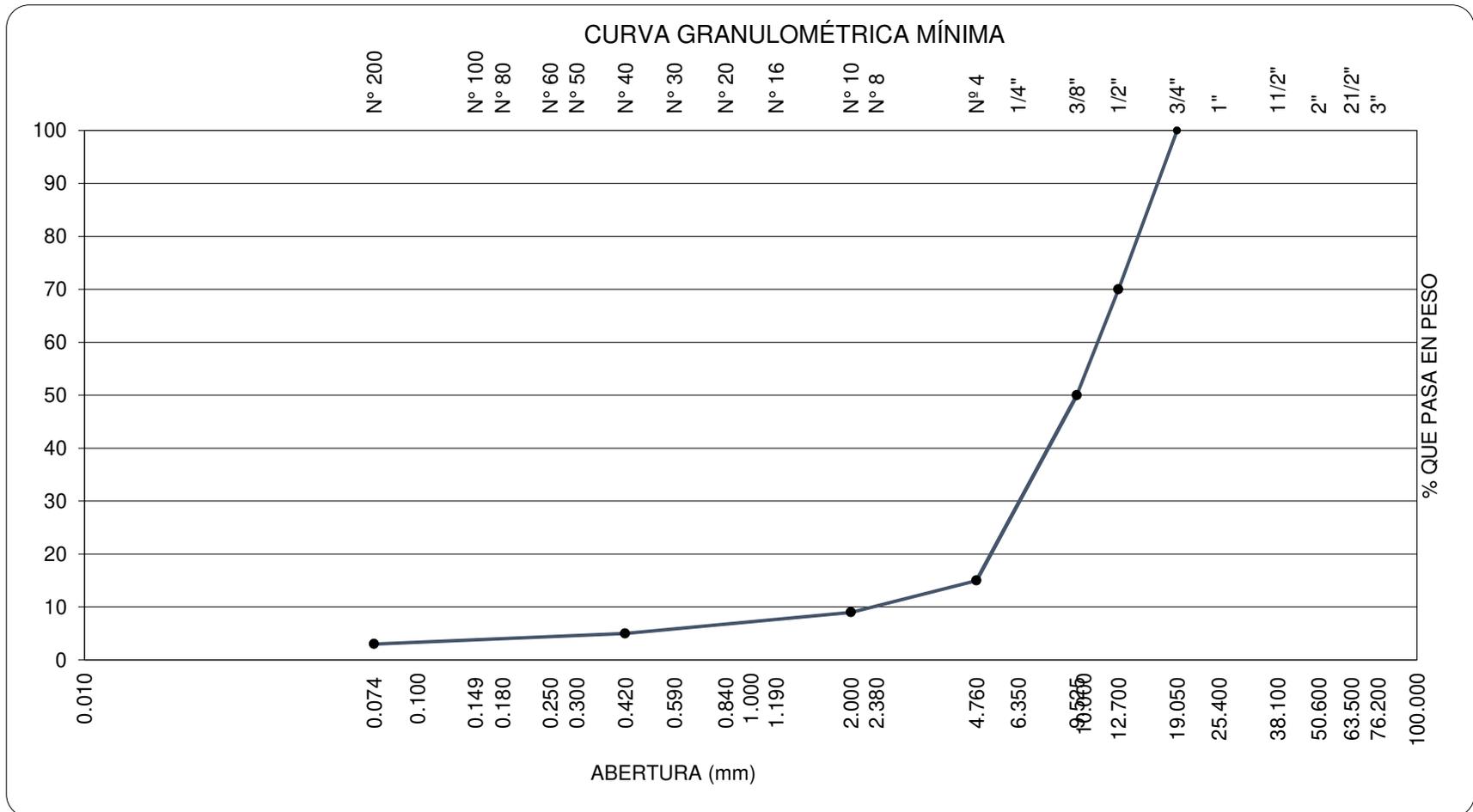


Anexo 2.15: Baño María de los especímenes Marshall



ANEXO 3: DOSIFICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA DRENANTE

Anexo 3.1: Curva Granulométrica Mínima



4.00% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		<i>50%</i>		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE						
<i>Arena Chancada</i>		<i>50%</i>		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	4.00%	Peso agregado	1200.00							
3/4"	--	--	--	100.00	100	-	100			
1/2"	360.0 gr.	30.00	30.00	70.00	70	-	100			
3/8"	240.0 gr.	20.00	50.00	50.00	50	-	75			
Nº 4	420.0 gr.	35.00	85.00	15.00	15	-	32			
Nº 10	72.0 gr.	6.00	91.00	9.00	9	-	20			
Nº 40	48.0 gr.	4.00	95.00	5.00	5	-	12			
Nº 200	24.0 gr.	2.00	97.00	3.00	3	-	7			
pasa	36.0 gr.	3.00	100.00	--						

4.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		<i>50%</i>		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE						
<i>Arena Chancada</i>		<i>50%</i>		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	4.50%	Peso agregado	1193.75							
3/4"	--	--	--	100.00	100	-	100			
1/2"	358.1 gr.	30.00	30.00	70.00	70	-	100			
3/8"	238.8 gr.	20.00	50.00	50.00	50	-	75			
Nº 4	417.8 gr.	35.00	85.00	15.00	15	-	32			
Nº 10	71.6 gr.	6.00	91.00	9.00	9	-	20			
Nº 40	47.8 gr.	4.00	95.00	5.00	5	-	12			
Nº 200	23.9 gr.	2.00	97.00	3.00	3	-	7			
pasa	35.8 gr.	3.00	100.00	--						

5.0% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		<i>50%</i>		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE						
<i>Arena Chancada</i>		<i>50%</i>		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	5.00%	Peso agregado	1187.50							
3/4"	--	--	--	100.00	100	-	100			
1/2"	356.3 gr.	30.00	30.00	70.00	70	-	100			
3/8"	237.5 gr.	20.00	50.00	50.00	50	-	75			
Nº 4	415.6 gr.	35.00	85.00	15.00	15	-	32			
Nº 10	71.3 gr.	6.00	91.00	9.00	9	-	20			
Nº 40	47.5 gr.	4.00	95.00	5.00	5	-	12			
Nº 200	23.8 gr.	2.00	97.00	3.00	3	-	7			
pasa	35.6 gr.	3.00	100.00	--						

5.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		<i>50%</i>		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE						
<i>Arena Chancada</i>		<i>50%</i>		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	5.50%	Peso agregado	1181.25							
3/4"	--	--	--	100.00	100	-	100			
1/2"	354.4 gr.	30.00	30.00	70.00	70	-	100			
3/8"	236.3 gr.	20.00	50.00	50.00	50	-	75			
Nº 4	413.4 gr.	35.00	85.00	15.00	15	-	32			
Nº 10	70.9 gr.	6.00	91.00	9.00	9	-	20			
Nº 40	47.3 gr.	4.00	95.00	5.00	5	-	12			
Nº 200	23.6 gr.	2.00	97.00	3.00	3	-	7			
pasa	35.4 gr.	3.00	100.00	--						

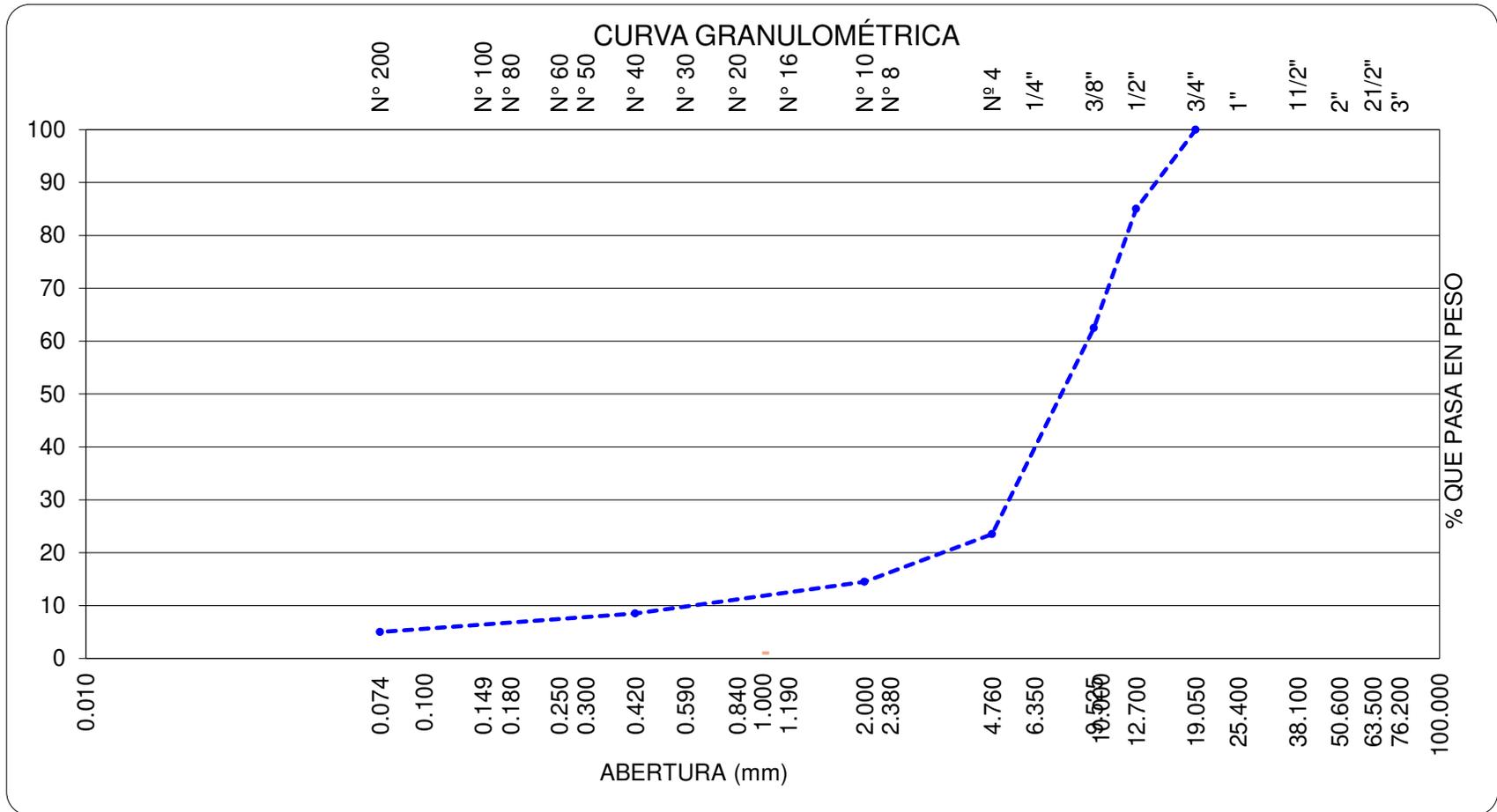
6.00% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		50%		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE				
<i>Arena Chancada</i>		50%						
		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	6.00%							
Peso agregado	1175.00				Min.		Max.	
3/4"	--	--	--	--	100.00	100	-	100
1/2"	352.5 gr.	30.00	30.00	30.00	70.00	70	-	100
3/8"	235.0 gr.	20.00	50.00	50.00	50.00	50	-	75
Nº 4	411.3 gr.	35.00	85.00	85.00	15.00	15	-	32
Nº 10	70.5 gr.	6.00	91.00	91.00	9.00	9	-	20
Nº 40	47.0 gr.	4.00	95.00	95.00	5.00	5	-	12
Nº 200	23.5 gr.	2.00	97.00	97.00	3.00	3	-	7
pasa	35.3 gr.	3.00	100.00	100.00	--			

6.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		50%		CURVA GRANULOMÉTRICA MÍNIMA – M.A. DRENANTE				
<i>Arena Chancada</i>		50%						
		Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
% Asfalto	6.50%							
Peso agregado	1168.75				Min.		Max.	
3/4"	--	--	--	--	100.00	100	-	100
1/2"	350.6 gr.	30.00	30.00	30.00	70.00	70	-	100
3/8"	233.8 gr.	20.00	50.00	50.00	50.00	50	-	75
Nº 4	409.1 gr.	35.00	85.00	85.00	15.00	15	-	32
Nº 10	70.1 gr.	6.00	91.00	91.00	9.00	9	-	20
Nº 40	46.8 gr.	4.00	95.00	95.00	5.00	5	-	12
Nº 200	23.4 gr.	2.00	97.00	97.00	3.00	3	-	7
pasa	35.1 gr.	3.00	100.00	100.00	--			

Anexo 3.2: Curva Granulométrica Ideal



4.00% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

		CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL – M.A. DRENANTE					
<i>Piedra de ½"</i>		<i>37.5%</i>					
<i>Arena Chancada</i>		<i>62.5%</i>					
% Asfalto	4.00%	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC	
						Min.	Max.
Peso agregado	1200.00						
3/4"	--	--	--	100.0	100	-	100
1/2"	180.0 gr.	15.0	15.0	85.0	70	-	100
3/8"	270.0 gr.	22.5	37.5	62.5	50	-	75
Nº 4	468.0 gr.	39.0	76.5	23.5	15	-	32
Nº 10	108.0 gr.	9.0	85.5	14.5	9	-	20
Nº 40	72.0 gr.	6.0	91.5	8.5	5	-	12
Nº 200	42.0 gr.	3.5	95.0	5.0	3	-	7
pasa	60.0 gr.	5.0	100.0	--			

4.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

		CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL – M.A. DRENANTE					
<i>Piedra de ½"</i>		<i>37.5%</i>					
<i>Arena Chancada</i>		<i>62.5%</i>					
% Asfalto	4.50%	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC	
						Min.	Max.
Peso agregado	1193.75						
3/4"	--	--	--	100.0	100	-	100
1/2"	179.1 gr.	15.0	15.0	85.0	70	-	100
3/8"	268.6 gr.	22.5	37.5	62.5	50	-	75
Nº 4	465.6 gr.	39.0	76.5	23.5	15	-	32
Nº 10	107.4 gr.	9.0	85.5	14.5	9	-	20
Nº 40	71.6 gr.	6.0	91.5	8.5	5	-	12
Nº 200	41.8 gr.	3.5	95.0	5.0	3	-	7
pasa	59.7 gr.	5.0	100.0	--			

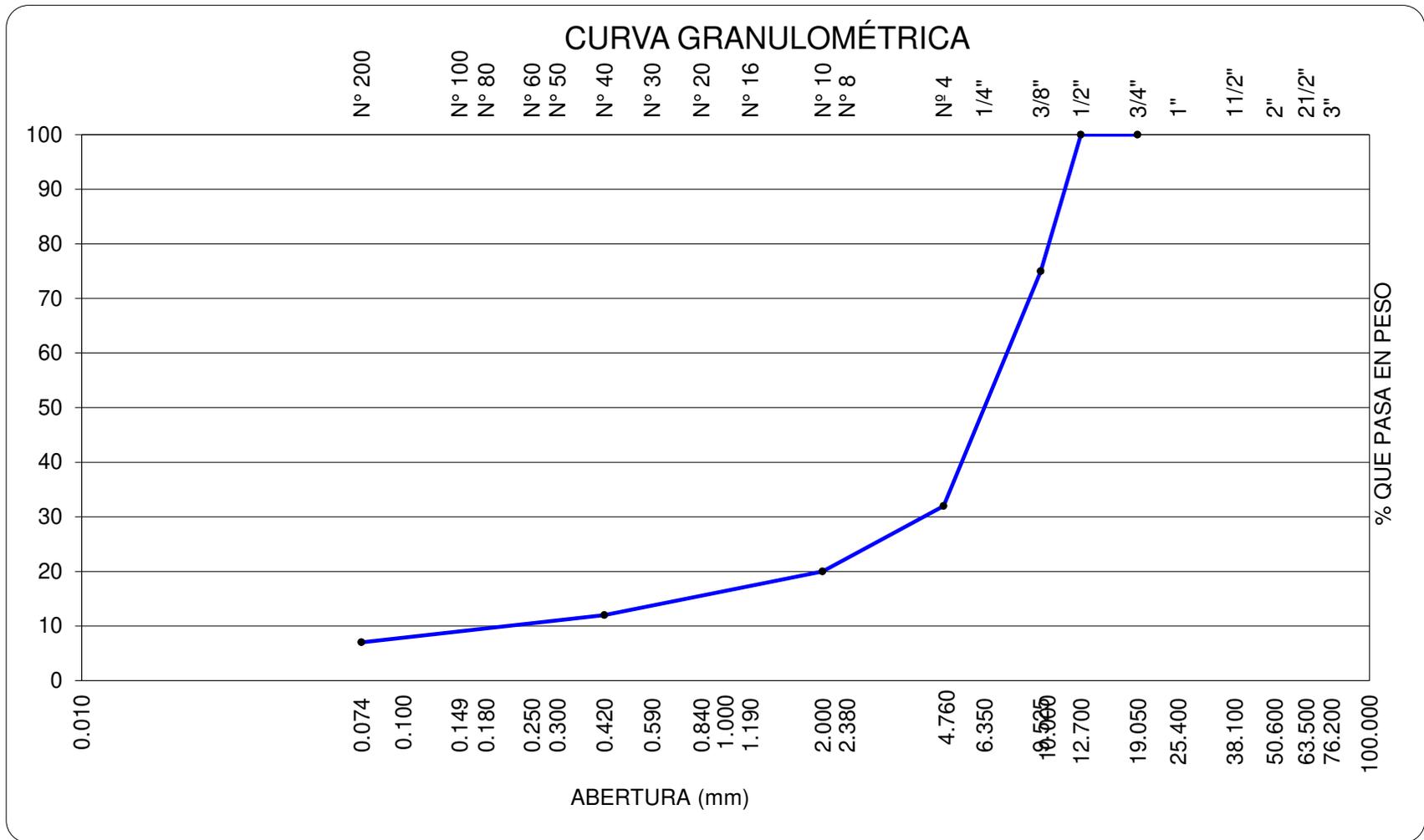
6.00% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

		CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL – M.A. DRENANTE					
<i>Piedra de ½"</i>		<i>37.5%</i>					
<i>Arena Chancada</i>		<i>62.5%</i>					
% Asfalto	Peso agregado	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC	
						Min.	Max.
6.00%	1175.00						
		3/4"	--	--	--	100.0	100 - 100
		1/2"	176.3 gr.	15.0	15.0	85.0	70 - 100
		3/8"	264.4 gr.	22.5	37.5	62.5	50 - 75
		Nº 4	458.3 gr.	39.0	76.5	23.5	15 - 32
		Nº 10	105.8 gr.	9.0	85.5	14.5	9 - 20
		Nº 40	70.5 gr.	6.0	91.5	8.5	5 - 12
		Nº 200	41.1 gr.	3.5	95.0	5.0	3 - 7
		pasa	58.8 gr.	5.0	100.0	--	

6.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

		CURVA GRANULOMÉTRICA IDEAL – M.A. DRENANTE					
<i>Piedra de ½"</i>		<i>37.5%</i>					
<i>Arena Chancada</i>		<i>62.5%</i>					
% Asfalto	Peso agregado	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC	
						Min.	Max.
6.50%	1168.75						
		3/4"	--	--	--	100.0	100 - 100
		1/2"	175.3 gr.	15.0	15.0	85.0	70 - 100
		3/8"	263.0 gr.	22.5	37.5	62.5	50 - 75
		Nº 4	455.8 gr.	39.0	76.5	23.5	15 - 32
		Nº 10	105.2 gr.	9.0	85.5	14.5	9 - 20
		Nº 40	70.1 gr.	6.0	91.5	8.5	5 - 12
		Nº 200	40.9 gr.	3.5	95.0	5.0	3 - 7
		pasa	58.4 gr.	5.0	100.0	--	

Anexo 3.2: Curva Granulométrica Máxima



6.00% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		25.0%		CURVA GRANULOMÉTRICA MÁXIMA – M.A. DRENANTE				
<i>Arena Chancada</i>		75.0%						
% Asfalto	5.00%	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
Peso agregado	1187.50							
						Min.		Max.
3/4"	--	--	--	--	100.0	100	-	100
1/2"	--	--	--	--	100.0	70	-	100
3/8"	296.9	25.0	25.0	75.0	50	-	75	
Nº 4	510.6	43.0	68.0	32.0	15	-	32	
Nº 10	142.5	12.0	80.0	20.0	9	-	20	
Nº 40	95.0	8.0	88.0	12.0	5	-	12	
Nº 200	59.4	5.0	93.0	7.0	3	-	7	
pasa	83.1	7.0	100.0	0.0				

5.50% de asfalto en la mezcla asfáltica drenante

<i>Piedra de ½"</i>		25.0%		CURVA GRANULOMÉTRICA MÁXIMA – M.A. DRENANTE				
<i>Arena Chancada</i>		75.0%						
% Asfalto	5.50%	Peso Retenido - gr	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Pasante	Especificaciones Técnicas - MTC		
Peso agregado	1181.25							
						Min.		Max.
3/4"	--	--	--	--	100.0	100	-	100
1/2"	--	--	--	--	100.0	70	-	100
3/8"	295.3	25.0	25.0	75.0	50	-	75	
Nº 4	507.9	43.0	68.0	32.0	15	-	32	
Nº 10	141.8	12.0	80.0	20.0	9	-	20	
Nº 40	94.5	8.0	88.0	12.0	5	-	12	
Nº 200	59.1	5.0	93.0	7.0	3	-	7	
pasa	82.7	7.0	100.0	0.0				

Anexo 4.3: Gravedad Específica y Absorción de la Arena Chancada

 <p>INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.</p>						
<p>TEMA : FIBRA SINTÉTICA DE ALTA TENACIDAD EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES</p>						
<p>PROVINCIA : HUANCAYO</p>			<p>DEPARTAMENTO : JUNIN</p>			
<p>CLIENTE : CARHUAS TAPIA YURI KEVIN</p>			<p>FECHA : 04/09/2019</p>			
<p>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS</p> <p>NORMA MTC E 205/206 (AASHTO T-84 / T-85)</p>						
<p>AGREGADO FINO</p>						
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	500.0	500.0			
B	Peso Frasco + agua	659.6	667.6			
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1159.6	1167.6			
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	980.2	988.0			
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	179.4	179.6			
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	497.4	497.6			
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	176.83	177.20			PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.772	2.771			2.771
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.787	2.784			2.785
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.813	2.808			2.810
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.52	0.48			0.50
<p>Observaciones: <u>Material Natural</u></p>						

Anexo 4.4: Gravedad Específica y Absorción de la Piedra Chancada

 <p>INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.</p>					
<p>TEMA : FIBRA SINTETICA DE ALTA TENACIDAD EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES</p>					
<p>PROVINCIA : HUANCAYO</p>			<p>DEPARTAMENTO : JUNIN</p>		
<p>CLIENTE : CARHUAS TAPIA YURI KEVIN</p>			<p>FECHA : 05/09/2019</p>		
<p>GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS</p> <p>NORMA MTC E 205/206 (AASHTO T-84 / T-85)</p>					
<p>AGREGADO GRUESO</p>					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	2453.9	2449.7		
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	1535.7	1539.8		
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	918.2	909.9		
D	Peso material seco en estufa (105 °C)(gr)	2415.7	2417.3		
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	880.0	877.5		PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.631	2.657		2.644
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.673	2.692		2.682
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.745	2.755		2.750
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.58	1.34		1.46
<p>Observaciones: _____</p> <p>_____</p>					

Anexo 4.5: Curva granulométrica Máxima

 INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.																				
TEMA : FIBRA SINTÉTICA DE ALTA TENACIDAD EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES																				
PROVINCIA : HUANCAYO										DEPARTAMENTO : JUNIN										
CLIENTE : CARHUAS TAPIA YURI KEVIN										FECHA : 05/09/2019										
ENSAYO MARSHALL																				
NORMA MTC E-504 (AASHTO T-245 / ASTM D-1559)																				
% agregado grueso: 25%.....																				
% agregado fino: 75%.....																				
BRIQUETAS	Nº	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > Nº 4	%	24.00	24.00	24.00	23.88	23.88	23.88	23.75	23.75	23.75	23.63	23.63	23.63	23.50	23.50	23.50	23.38	23.38	23.38
3	Agregado fino en peso de la mezcla < Nº 4	%	72.00	72.00	72.00	71.63	71.63	71.63	71.25	71.25	71.25	70.88	70.88	70.88	70.50	70.50	70.50	70.13	70.13	70.13
4	Fibra de polipropileno	%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1253.9	1252.6	1249.2	1251.9	1252.0	1251.6	1247.6	1251.9	1251.0	1247.7	1247.3	1253.2	1249.0	1251.1	1249.6	1252.4	1247.3	1248.0
10	Peso de la briqueta saturada	gr	1274.1	1273.5	1273.2	1271.0	1272.2	1270.6	1269.4	1268.7	1270.1	1265.7	1264.1	1265.3	1258.5	1259.8	1257.4	1252.7	1254.6	1257.8
11	Peso de la briqueta en agua	gr	659.0	658.7	658.8	667.8	668.4	668.0	672.4	671.8	673.0	677.0	674.5	678.2	678.8	679.9	680.1	680.4	682.5	683.4
12	Volumen de briqueta + parafina	c.c.	615.1	614.8	614.4	603.2	603.8	602.6	597.0	596.9	597.1	588.7	589.6	587.1	579.7	579.9	577.3	572.3	572.1	574.4
13	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2.039	2.037	2.033	2.075	2.074	2.077	2.090	2.097	2.095	2.119	2.116	2.135	2.155	2.157	2.165	2.188	2.180	2.173
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cc	2.660	2.660	2.660	2.681	2.681	2.681	2.660	2.660	2.660	2.641	2.641	2.641	2.616	2.616	2.616	2.580	2.580	2.580
15	Vacios (MTC E-505)	%	23.4	23.4	23.6	22.6	22.7	22.5	21.4	21.2	21.2	19.7	19.9	19.2	17.6	17.5	17.3	15.2	15.5	15.8
16	Flujo	mm	3.10	3.00	2.90	3.40	3.50	3.40	3.50	3.60	3.60	3.80	3.70	3.80	4.00	4.10	3.90	4.30	4.40	4.30
17	Estabilidad sin corregir	kg	1007	1004	987	1034	1041	1037	1055	1064	1077	1085	1095	1087	993	971	987	925	914	910
18	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.83	0.83	0.83	0.86	0.86	0.83
19	Estabilidad corregida	kg	816	813	799	838	843	840	855	862	872	879	887	880	824	806	819	796	786	755
20	Estabilidad - Flujo	kg/cm	2631	2711	2757	2463	2409	2471	2442	2394	2423	2313	2397	2317	2060	1966	2101	1850	1786	1757
21	Compactación, numero de golpes por cara		75			75			75			75			75			75		
Observaciones: <u>Material cumple con la curva granulometrica Maxima</u>																				

Anexo 4.7: Curva granulométrica Mínima

 INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.																				
TEMA : FIBRA SINTÉTICA DE ALTA TENACIDAD EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MEZCLAS ASFALTICAS DRENANTES																				
PROVINCIA : HUANCAYO CLIENTE : CARHUAS TAPIA YURI KEVIN										DEPARTAMENTO : JUNIN FECHA : 05/09/2019										
ENSAYO MARSHALL NORMA MTC E-504 (AASHTO T-245 / ASTM D-1559)																				
% agregado grueso: 50.0% % agregado fino: 50.0%																				
BRIQUETAS	Nº	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > Nº 4	%	48.00	48.00	48.00	47.75	47.75	47.75	47.50	47.50	47.50	47.25	47.25	47.25	47.00	47.00	47.00	46.75	46.75	46.75
3	Agregado fino en peso de la mezcla < Nº 4	%	48.00	48.00	48.00	47.75	47.75	47.75	47.50	47.50	47.50	47.25	47.25	47.25	47.00	47.00	47.00	46.75	46.75	46.75
4	Fibra de polipropileno	%	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cc	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018	1.018
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cc	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682	2.682
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cc	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785	2.785
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cc	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9	Peso de la briketa al aire	gr	1252.6	1250.6	1249.3	1251.8	1251.9	1248.9	1251.7	1248.3	1252.5	1250.2	1252.4	1252.5	1250.2	1248.8	1248.1	1252.1	1250.3	1251.4
10	Peso de la briketa saturada	gr	1287.2	1288.7	1289.4	1285.6	1282.5	1283.6	1282.4	1280.6	1281.1	1279.8	1278.7	1279.6	1277.1	1276.9	1277.6	1273.2	1274.0	1275.7
11	Peso de la briketa en agua	gr	641.5	642.1	640.7	651.3	650.1	649.7	653.4	654.7	653.9	654.2	653.7	653.1	656.8	655.4	657.1	660.1	661.7	659.8
12	Volumen de briketa + parafina	c.c.	645.7	646.6	648.7	634.3	632.4	633.9	629.0	625.9	627.2	625.6	625.0	626.5	620.3	621.5	620.5	613.1	612.3	615.9
13	Peso específico Bulk de la briketa	gr/cc	1.940	1.934	1.926	1.974	1.980	1.970	1.990	1.994	1.997	1.998	2.004	1.999	2.015	2.009	2.011	2.042	2.042	2.032
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cc	2.660	2.660	2.660	2.681	2.681	2.681	2.660	2.660	2.660	2.641	2.641	2.641	2.616	2.616	2.616	2.580	2.580	2.580
15	Vacios (MTC E-505)	%	27.1	27.3	27.6	26.4	26.2	26.5	25.2	25.0	24.9	24.3	24.1	24.3	23.0	23.2	23.1	20.8	20.9	21.2
16	Flujo	mm	2.20	2.30	2.40	2.60	2.50	2.50	2.80	2.80	2.90	3.00	3.10	3.40	3.30	3.40	3.20	3.50	3.50	3.70
17	Estabilidad sin corregir	kg	821	817	838	915	937	945	893	887	879	825	841	817	787	781	792	753	744	748
18	Factor de estabilidad		0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
19	Estabilidad corregida	kg	665	662	679	741	759	765	723	718	712	668	681	662	637	633	642	610	603	606
20	Estabilidad - Flujo	kg/cm	3023	2877	2828	2851	3036	3062	2583	2566	2455	2228	2197	1946	1932	1861	2005	1743	1722	1638
21	Compactación, numero de golpes por cara		75			75			75			75			75			75		
Observaciones: <u>Material cumple con la curva granulometrica Minima</u>																				