



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES: CURCO ARRIETA, CARLOS ISAAC

LEÓN LINCANGO, BYRON SALVADOR

**TEMA: INFLUENCIA DE ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA
EN LA RESISTENCIA DE HORMIGONES ASFÁLTICOS DISEÑADOS
CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LAS CANTERAS DE PINTAG Y
GUAYLLABAMBA.**

DIRECTOR: MSC. ROJAS, FRANCO

CODIRECTOR: ING. BONIFAZ, HUGO

SANGOLQUÍ, DICIEMBRE 2013

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. CARLOS ISAAC CURCO ARRIETA y por el Sr. BYRON SALVADOR LEÓN LINCANGO como requerimiento parcial a la obtención del título de INGENIERO CIVIL.

12 Diciembre de 2013

ING.FRANCO ROJAS RÚALES, MSC.

ING.HUGO BONIFAZ GARCÍA.

REVISADO POR

ING. PATRICIO ROMERO FLORES, MSC.

AUTORÍA

Nosotros, Carlos Isaac Curco Arrieta y Byron Salvador León Lincango certificamos que la presente publicación de tesis **“INFLUENCIA DE ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA EN LA RESISTENCIA DE HORMIGONES ASFÁLTICOS DISEÑADOS CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LAS CANTERAS DE PINTAG Y GUAYLLABAMBA”**, fué elaborado y redactado en su totalidad por nosotros, sin constituir en ningún caso copia o plagio de alguna otra ya existente, por lo que este es un Trabajo de Investigación Inédito y Exclusivo de nuestra autoría.

12 Diciembre de 2013

CARLOS I. CURCO ARRIETA.

BYRON S. LEÓN LINCANGO.

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Carlos Isaac Curco Arrieta y Byron Salvador León Lincango autorizamos la publicación de la tesis **“INFLUENCIA DE ADITIVOS MEJORADORES DE ADHERENCIA EN LA RESISTENCIA DE HORMIGONES ASFÁLTICOS DISEÑADOS CON AGREGADOS PROVENIENTES DE LAS CANTERAS DE PINTAG Y GUAYLLABAMBA”**, la cual es de nuestra propia autoría y responsabilidad.

12 Diciembre de 2013

CARLOS I. CURCO ARRIETA.

BYRON S. LEÓN LINCANGO.

DEDICATORIA

A Dios que ha guiado mis pasos iluminándome el camino con amor y fe, para seguir adelante en los tiempos más difíciles.

A mi madre Yolanda Arrieta que ha sido una persona muy importante en mi vida la cual me ha llenado de cariño en los momentos más difíciles.

A mi padre Isaac Curco que con sus ejemplos ha sabido guiarme por el camino del bien.

CARLOS ISAAC CURCO ARRIETA.

DEDICATORIA

A:

Edelina, por todo su amor, su cariño, su comprensión, su incondicional apoyo en cada momento de mi vida, Gracias Madre por estar siempre a mi lado y forjarme como un hombre de bien, eres el más grande regalo que la vida me ha dado.

Tamarita, Gracias por siempre creer en mí, por estar conmigo a cada instante de mi existencia, compartiendo mis triunfos y apoyándome en los momentos difíciles.

Yadi, la tranquilidad y sensatez que me transmites son un faro de luz en medio de las peores tormentas.

Leonelita, tu alegría, tu mirada y tu razón me demuestran el verdadero significado de la vida.

Byron Salvador

AGRADECIMIENTOS

A Dios y al Patrón Santiago Felipe por darme la oportunidad de culminar una etapa muy importante de mi vida iluminándome en los tiempos más difíciles y dándome la fe necesaria para seguir adelante.

A mis padres Yolanda Arrieta e Isaac Curco por el apoyo incondicional en las buenas y en las malas, y por ser un ejemplo a seguir en el futuro, gracias por estar a mi lado y guiarme por el camino del bien.

A mi familia por estar presente cuando más los necesito y darme sus consejos en el momento oportuno estando pendientes y presentes en mi vida.

A mi director de tesis Ing. Franco Rojas y codirector Ing. Hugo Bonifaz, por la colaboración y los conocimientos impartidos durante la elaboración del proyecto.

CARLOS ISAAC CURCO ARRIETA

AGRADECIMIENTOS

A mi Madre y mis hermanas, por su apoyo incondicional en todas mis Metas y Proyectos, a mi Padre por corregir mis errores y enseñarme el camino del Bien.

A mi Director de Tesis Ing., Msc. Franco Rojas, Gracias por enseñarme el valor del Esfuerzo y la Dedicación, a superar mis expectativas y capacidades, Ingeniero su Enseñanza es una Flama que brillará más y más intensamente con el pasar del tiempo.

A mi Codirector de Tesis Ing. Hugo Bonifaz, Gracias por su gran aporte y paciencia en la consecución de este Proyecto.

Al Ing. Juan Haro, Amigo y Tutor Ad Honorem, gracias por su invaluable ayuda en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos.

A mis Maestros que desinteresadamente me brindaron sus conocimientos los cuales cimentaron sólidamente mi espíritu y amor hacia esta Carrera.

A todos mis Amigas y Amigos que en toda mi carrera universitaria me acompañaron, compartiendo momentos de tristeza y alegría, ayudándome desinteresadamente a superar los obstáculos que la vida nos puso.

Byron Salvador

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
AGRADECIMIENTOS	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XVIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXII
RESUMEN.....	XXXIII
ABSTRACT	XXXIV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	1

1.2. Área de Influencia	2
1.3. Objetivos del Proyecto.....	3
1.3.1. Objetivos Específicos del Proyecto.....	3
1.3.2. Justificación e Importancia.....	4
CAPÍTULO II.....	6
GENERALIDADES.....	6
2.1. El Asfalto.....	6
2.1.1. Clasificación.....	6
2.1.1.1. Asfaltos Naturales.	6
2.1.1.1.1. Manantiales.	7
2.1.1.1.2. Lagos.....	7
2.1.1.1.3. Exudaciones.....	7
2.1.1.1.4. Impregnación en Rocas.	7
2.1.1.1.5. Filones.....	8
2.1.1.1.6. Asfalto Derivado del Petróleo.....	8
2.1.1.1.7. Destilación primaria.....	8
2.1.1.1.8. Destilación al Vacío.....	9
2.1.1.1.9. Desasfaltización con Propano o Butano.....	9
2.1. Composición Química del Asfalto.....	10
2.2. Clasificación de los Asfaltos.....	11

2.2.1. Cementos Asfálticos Sólidos	11
2.2.2. Asfaltos Líquidos.....	12
2.2.3. Emulsiones Asfálticas	12
2.3. Caracterización Física del Cemento Asfáltico.	12
2.3.1. Viscosidad.....	13
2.3.2. Penetración.....	14
2.3.3. Punto de Reblandecimiento	14
2.3.4. Ductilidad.....	15
2.3.5. Punto de Inflamación.....	15
2.4. Asfaltos Modificados.....	16
2.4.1. Aditivos Mejoradores de Adherencia.....	16
2.4.1.1. Descripción de Aditivos.....	18
2.4.1.1.1. Aditivos A y B.	18
2.4.1.1.2. Aditivo C.....	19
2.4.1.1.3. Dosificaciones Adoptadas.....	20
2.5. Materiales Granulares.	20
CAPÍTULO III:	23
ENSAYOS EN LOS AGREGADOS.....	23
3.1. Obtención de Agregados en Cantera. (ASTM D75).	23
3.2. Granulometría.	26

3.2.1.	Análisis Granulométrico de Agregado fino. (ASTM C117).....	26
3.2.2.	Análisis Granulométrico de Agregado Grueso. (ASTM C136).	32
3.3.	Equivalente de Arena. (ASTM D2419).	39
3.4.	Ensayo para hallar el Índice de Plasticidad.	47
3.4.1.	Determinación del Limite Plástico (ASTM D4313)	47
3.4.2.	Determinación del Límite líquido (AASHTO T89).....	52
3.4.3.	Abrasión. (ASTM C131).....	56
3.5.	Peso Específico.....	63
3.5.1.	Peso Específico y Absorción Agregado Fino (ASTM D-128)	63
3.5.2.	Peso Específico y Absorción Agregado Grueso (ASTM D-127).	70
CAPITULO IV		76
ENSAYOS EN EL LIGANTE		76
4.1.	Ensayo de Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92).....	76
4.2.	Ensayo de Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36).....	83
4.3.	Ensayo de Penetración (ASTM D-5).....	92
4.4.	Índice de Penetración en Cementos Asfálticos.....	108
CAPITULO V		112
DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON CEMENTO		
ASFALTICO ADITIVADO.....		112
5.1.	Prerrequisitos.....	112

5.1.1.	Diseño de Mezclas Asfálticas.....	112
5.1.2.	Método de diseño Marshall	113
5.1.3.	Requerimientos	114
5.1.4.	Análisis Granulométrico.....	115
5.1.5.	Especificaciones del Método Marshall.	116
5.1.6.	Prueba de Estabilidad y Flujo.....	118
5.1.7.	Análisis de Densidad y Vacíos	119
5.1.8.	Parámetros Volumétricos.	120
5.1.8.1.	Definiciones.	121
5.1.8.2.	Gravedad Específica neta del Agregado.	124
5.1.8.3.	Gravedad específica efectiva del Agregado.....	125
5.1.8.4.	Gravedad específica máxima de la mezcla Asfáltica.	126
5.1.8.5.	Absorción de Asfalto.	127
5.1.8.6.	Contenido de Asfalto Efectivo.....	128
5.1.8.7.	Porcentaje de vacíos en el agregado mineral.....	128
5.1.8.8.	Porcentaje de vacíos de aire.	130
5.1.8.9.	Porcentaje de vacíos llenos de asfalto.....	130
5.1.8.10.	Dosificación de los agregados pétreos.	131
5.2.	Determinación del Contenido Óptimo de asfalto para el Hormigón Asfáltico.....	132

5.2.1.	Diseño de la mezcla Asfáltica con agregado de Pintag.	132
5.2.1.1.	Combinación de los Agregados de la mina de Pintag.....	132
5.2.1.2.	Dosificación de Asfalto	136
5.2.1.3.	Preparación de las Probetas de Ensayo.	138
5.2.1.4.	Ensayo de las Briquetas.....	142
5.2.1.5.	Resultados:.....	145
5.2.2.	Diseño de la Mezcla Asfáltica con agregado de Guayllabamba.....	150
5.2.2.1.	Combinación de los Agregados de la mina de Guayllabamba	150
5.2.2.2.	Dosificación de Asfalto.	154
5.2.2.3.	Resultados:.....	156
5.3.	Diseño del Hormigón Asfáltico con Aditivo.	161
5.3.1.	Aditivación del Cemento Asfáltico.....	161
5.3.2.	Influencia de los Aditivos en la Mezcla Asfáltica con el Agregado de Pintag.	164
5.3.3.	Influencia de los Aditivos en la Mezcla Asfáltica con el Agregado de Guayllabamba.....	171
5.4.	Ensayo de Recubrimiento y Peladura de Asfalto en Agregados (ASTM D-3625).....	177
5.5.	Ensayo Modificado de Recubrimiento y Peladura de Asfalto en Agregados (método ROLEC) Rojas-León-Curco.....	179
CAPITULO VI	195

ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS	195
6.1. Norma de Ministerio de Transporte y Obras Públicas para el Cemento Asfáltico.	195
6.2. Punto de Inflamación y Combustión.	196
6.2.1. Tabla Comparativa de Resultados.....	196
6.2.2. Gráficos Comparativos Totales de Inflamación y Combustión.....	196
6.2.3. Comportamiento del Asfalto Aditivado en el ensayo de Punto de Inflamación y Combustión.....	197
6.3. Punto de Reblandecimiento.	200
6.3.1. Tabla comparativa de Resultados de Ensayo de Reblandecimiento. .	200
6.3.2. Gráfico comparativo Total de Ensayo de Reblandecimiento	201
6.3.3. Comportamiento del Asfalto Aditivado En el Ensayo de Reblandecimiento.....	202
6.4. Penetración.	203
6.7.1. Penetración en el asfalto a una temperatura de 25°C.....	203
6.7.1.1. Tabla comparativa de Resultados.....	203
6.7.1.2. Gráfico comparativo Total.....	204
6.7.1.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en el Ensayo de Penetración a 25°C.....	204
6.7.2. Penetración en el asfalto a una temperatura de 30°C	206
6.7.2.1. Tabla comparativa de Resultados de penetración a 30°C.....	206

6.7.2.2. Gráfico comparativo Total de penetración a 30°C.....	207
6.7.2.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en el Ensayo de Penetración a 30°C.....	207
6.7.3. Penetración en el asfalto a una temperatura de 35°C Tabla comparativa de resultados.....	209
6.7.3.1. Tabla comparativa de Resultados de Penetración a 35°C.	209
6.7.3.2. Gráfico comparativo Total de Penetración a 35°C.	210
6.7.3.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en ensayo de Penetración a 35°C.....	210
6.5. Índice de penetración.	212
6.5.1. Tabla comparativa de Resultados de Índice de Penetración.	212
6.5.2. Gráfico comparativo Total del Índice de penetración IP.....	212
6.5.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en Índice de penetración IP.	214
6.6. Norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para ensayos Marshall.	215
6.7. Ensayos del método Marshall.....	216
6.7.1. Ensayos con Agregado de Pintag.....	216
6.7.1.1. Tabla comparativa de Resultados de Ensayo Marshall con agregado de Pintag.....	216
6.7.1.2. Gráficos Comparativos Totales Método Marshall con Agregado de Pintag.	217

6.7.1.3. Comportamiento del Concreto Asfáltico Con Agregado de Pintag....	218
6.7.2. Ensayos con el agregado de Guayllabamba.	221
6.7.2.1. Gráficos Comparativos Totales de Ensayo Marshall con agregado de Guayllabamba.....	221
6.7.2.2. Comportamiento del Concreto Asfáltico de Ensayo Marshall con agregado de Guayllabamba.	223
6.8. Ensayos de Adherencia (Peladura).....	226
6.6.1. Ensayos de Adherencia (Peladura) modificado para mezcla con agregado de Pintag.....	226
6.6.1. Ensayos de Adherencia (Peladura) modificado para mezcla con agregado de Pintag.....	226
CAPITULO VII	228
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	228
7.1. Conclusiones:.....	228
7.2. Recomendaciones:	232
7.3. Bibliografía.....	234

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Dosificaciones de los Aditivos	20
Tabla 2: Análisis Granulométrico Arena Guayllabamba	30
Tabla 3: Análisis Granulométrico Arena Pintag	31
Tabla 4: Análisis Granulométrico Grava de 1/2" Guayllabamba.....	36
Tabla 5: Análisis Granulométrico Grava de 3/8" Guayllabamba.....	37
Tabla 6: Análisis Granulométrico Grava de 1/2" Pintag.....	38
Tabla 7: Equivalente de Arena Pintag	45
Tabla 8: Equivalente de Arena Guayllabamba	46
Tabla 9: Desgaste por Abrasión Guayllabamba	61
Tabla 10: Desgaste por Abrasión Pintag	62
Tabla 11: Peso Específico Arena Guayllabamba	68
Tabla 12: Peso Específico Arena Pintag	69
Tabla 13: Peso Específico Grava Guayllabamba	74
Tabla 14: Peso Específico Grava Pintag	75
Tabla 15: Resultados de Inflamación y Combustión	79
Tabla 16: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "A"	80
Tabla 17: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "B"	81
Tabla 18: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "C"	82
Tabla 19: Resultados de Reblandecimiento Asfalto Virgen.....	88

Tabla 20: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "A"	89
Tabla 21: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "B"	90
Tabla 22: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "C"	91
Tabla 23: Penetración Asfalto Inalterado a 25°C	96
Tabla 24: Penetración Asfalto con Aditivo "A" a 25°C	97
Tabla 25: Penetración Asfalto con Aditivo "B" a 25°C	98
Tabla 26: Penetración Asfalto con Aditivo "C" a 25°C	99
Tabla 27: Penetración Asfalto Inalterado a 30°C	100
Tabla 28: Penetración Asfalto con Aditivo "A" a 30°C	101
Tabla 29: Penetración Asfalto con Aditivo "B" a 30°C	102
Tabla 30: Penetración Asfalto con Aditivo "C" a 30°C	103
Tabla 31: Penetración Asfalto Inalterado a 35°C	104
Tabla 32: Penetración Asfalto con Aditivo "A" a 35°C	105
Tabla 33: Penetración Asfalto con Aditivo "B" a 35°C	106
Tabla 34: Penetración Asfalto con Aditivo "C" a 35°C	107
Tabla 35: Resultados de Índice de Penetración IP	110
Tabla 36: Tamaños Máximos Nominales ASTM D315	116
Tabla 37: Criterio de Diseño Marshall	117
Tabla 38: Porcentajes Mínimos de VMA	117
Tabla 39: Porcentajes para la Mezcla Pintag	132
Tabla 40: Análisis Granulométrico Para la mezcla Pintag	133
Tabla 41: Proporciones de Material para cada Briqueta	135
Tabla 42: Datos para la Formula de Porcentaje Optimo de Asfalto	137
Tabla 43: Porcentajes de Asfaltos y Equivalentes en Peso	138

Tabla 44: Resultados del Cálculo de Gravedades	146
Tabla 45: Comprobación del Cálculo de Gravedades	146
Tabla 46: Cálculos del Ensayo Marshall	146
Tabla 47: Resumen del Ensayo Marshall	150
Tabla 48: Proporciones Para la combinación Guayllabamba	151
Tabla 49: Análisis de la Granulometría de la Combinación Guayllabamba	151
Tabla 50: Proporciones Para la curva Ideal de Diseño	153
Tabla 51: Datos para Calcular el Porcentaje Óptimo de Asfalto Guayllabamba	155
Tabla 52: Porcentajes de asfalto y sus Equivalentes en Peso Guayllabamba	156
Tabla 53: Resultados de los Cálculos de Gravedades Específicas Guayllabamba	157
Tabla 54: Comprobación de Gravedades Guayllabamba	157
Tabla 55: Cálculos de Ensayo Marshall Guayllabamba	157
Tabla 56: Resumen de Resultados Ensayo Marshall Guayllabamba	161
Tabla 57: Dosificaciones en Porcentaje de los Aditivos	164
Tabla 58: Resultados del Ensayo Marshall con Aditivos Pintag	166
Tabla 59: Dosificación de los Aditivos	171
Tabla 60: Resultados del Ensayo Marshall con Aditivos Guayllabamba	172
Tabla 61: Resultado de Desempeño del Ensayo de peladura modificado	186
Tabla 62: Calificación de La Peladura	186
Tabla 63: Tabla para cementos Asfálticos MOP -001-F-2002	195
Tabla 64: Tabla Comparativa de Resultados Inflamación y Combustión	196

Tabla 65: Tabla comparativa de Resultados Reblandecimiento	200
Tabla 66: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 25°C	203
Tabla 67: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 30°C	206
Tabla 68: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 35°C	209
Tabla 69: Tabla comparativa de Resultados IP.....	212
Tabla 70: Tabla para Ensayo Marshall MOP-001-F-2002	215
Tabla 71: Tabla comparativa de Resultados Ensayo Marshall Pintag.....	216
Tabla 72: Tabla comparativa de Resultados Ensayo Marshall Guayllabamba.....	221

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema coloidal de Pfeiffer (Arenas, 2000).....	11
Figura 2: Viscosímetro de Saybolt Furol (Arenas, 2000)	13
Figura 3: Esquema de Ensayo de Penetración (Arenas, 2000)	14
Figura 4: Esquema de Ensayo de Ductilidad (Pipan, 2012).....	15
Figura 5: Muestras de Asfaltos Aditivados	18
Figura 6: Ubicación Geográfica de las carteras utilizadas en el Proyecto	21
Figura 7: Agregado de Guayllabamba	21
Figura 8: Agregado de Pintag	22
Figura 9: Muestreo de Agregado Grueso.....	25
Figura 10: Muestreo de Agregado Fino	25
Figura 11: Proceso de lavado del Agregado	28
Figura 12: Agregado limpio	28
Figura 13: Serie de Tamices	29
Figura 14: Curva Granulométrica arena de Guayllabamba.....	30
Figura 15: Curva Granulométrica arena Pintag.....	31
Figura 16: Procesa de lavado de la Grava.....	33
Figura 17: Agregado Grueso limpio	34
Figura 18: Pesaje del material para el análisis Granulométrico	35

Figura 19: Curva Granulométrica Agregado de ½" Guayllabamba	36
Figura 20: Curva Granulométrica Agregado 3/8" Guayllabamba	37
Figura 21: Curva Granulométrica Grava de Pintag	38
Figura 22: Proceso de vertido del Arena para el Equivalente de Arena.....	41
Figura 23: Lectura de Arcilla	42
Figura 24: Toma de la Lectura del Equivalente de Arena	43
Figura 25: Pasta con arena de Pintag.....	49
Figura 26: Arena de Pintag para Límite Líquido.....	50
Figura 27: Pasta con arena de Guayllabamba.....	50
Figura 28: Arena de Guayllabamba para Límite Líquido.....	51
Figura 29: Ensayo en la copa de Casa Grande con material de Pintag.....	54
Figura 30: Ensayo en la copa de Casa Grande con material de Guayllabamba.....	54
Figura 31: Agregado limpio para Ensayo de Abrasión.....	57
Figura 32: Máquina de los Ángeles.....	58
Figura 33: Material retenido en el Tamiz N°12.....	59
Figura 34: Material pasante del Tamiz N°12	59
Figura 35: Arena lista para Peso Específico	65
Figura 36: Picnómetro lleno para ensayo de peso específico con arena de Pintag.....	65
Figura 37: Agregado Grueso para ensayo de Peso Específico	72
Figura 38: Agregado Grueso sumergido Para Peso Específico.....	72
Figura 39: Asfalto vertido en la copa de Cleveland.....	77
Figura 40: Ensayo de Punto de Inflamación y Combustión	78

Figura 41: Inflamación en el Asfalto Virgen	79
Figura 42: Combustión en el Asfalto Virgen.....	79
Figura 43: Inflamación con el Aditivo A.....	80
Figura 44: Combustión con el aditivo A	80
Figura 45: Inflamación con el aditivo B	81
Figura 46: Combustión con el aditivo B	81
Figura 47: Inflamación con el aditivo C	82
Figura 48: Combustión con el aditivo C	82
Figura 49: Anillos de Bronce para ensayo de Reblandecimiento.....	84
Figura 50: Equipo Armado para ensayo de Reblandecimiento.....	85
Figura 51: Proceso del ensayo de Reblandecimiento.....	85
Figura 52: Fin del Ensayo de Reblandecimiento.....	86
Figura 53: Reblandecimiento en Asfalto Virgen.....	88
Figura 54: Reblandecimiento con el Aditivo A.....	89
Figura 55: Reblandecimiento con el Aditivo B.....	90
Figura 56: Reblandecimiento con el Aditivo C	91
Figura 57: Penetración Asfalto Virgen a 25°C	96
Figura 58: Penetración Aditivo “A” a 25°C	97
Figura 59: Penetración Aditivo “B” a 25°C	98
Figura 60: Penetración Aditivo “C” a 25°C.....	99
Figura 61: Penetración Asfalto Virgen a 30°C	100
Figura 62: Penetración Aditivo “A” a 30°C	101
Figura 63: Penetración Asfalto con Aditivo “B” a 30°C.....	102
Figura 64: Penetración Asfalto con Aditivo “C” a 30°C	103

Figura 65: Penetración Asfalto Virgen a 35°C	104
Figura 66: Penetración Aditivo “A” a 35°C	105
Figura 67: Penetración Aditivo “B” a 35°C	106
Figura 68: Penetración Aditivo “C” a 35°C	107
Figura 69: Índice de Penetración Aditivo “A” a 25°C.....	110
Figura 70: Índice de Penetración Aditivo “A” a 25°C.....	111
Figura 71: Índice de Penetración Aditivo “B” a 25°C.....	111
Figura 72: Índice de Penetración Aditivo “C” a 25°C.....	111
Figura 73: Prensa de Ensayo Marshall	119
Figura 74: Vacíos de Agregado	122
Figura 75: Vacios de mezcla Asfáltica	123
Figura 76: Mix de Diseño para Pintag.....	133
Figura 77: Agregados de Pintag Clasificados	134
Figura 78: Preparación de la Briquetas.....	136
Figura 79: Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad Pintag.....	147
Figura 80: Porcentaje de Asfalto vs Peso Especifico Bulk Pintag.....	147
Figura 81: Porcentaje de Asfalto vs Flujo Pintag	148
Figura 82: Porcentaje de Asfalto vs Volumen de Vacios Pintag	148
Figura 83: Porcentaje de Asfalto vs VAF Pintag	149
Figura 84: Porcentaje de Asfalto vs VAM Pintag	149
Figura 85: Mix de Agregados para Guayllabamba.....	152
Figura 86: Curva de Diseño Ideal para Guayllabamba	153
Figura 87: Porcentaje de Asfalto vs Bulk Guayllabamba	158
Figura 88: Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad Guayllabamba.....	158

Figura 89: Porcentaje de Asfalto vs Flujo Guayllabamba	159
Figura 90: Porcentaje de Asfalto vs Vacios de Aire Guayllabamba	159
Figura 91: Porcentaje de Asfalto vs VAM Guayllabamba	160
Figura 92: Porcentaje de Asfalto vs VAF Guayllabamba	160
Figura 93: Muestras de Asfalto Aditivado	164
Figura 94: Estabilidad mezcla con Asfalto Virgen Pintag	167
Figura 95: Flujo mezcla con Asfalto Virgen Pintag.....	167
Figura 96: Estabilidad mezcla con Aditivo "A" Pintag	168
Figura 97: Flujo mezcla con Aditivo "A" Pintag	168
Figura 98: Estabilidad mezcla con Aditivo "B" Pintag	169
Figura 99: Flujo mezcla con Aditivo "B" Pintag	169
Figura 100: Estabilidad mezcla con Aditivo "C" Pintag	170
Figura 101: Flujo mezcla con Aditivo "C" Pintag	170
Figura 102: Estabilidad mezcla con Asfalto Virgen Guayllabamba	173
Figura 103: Flujo mezcla con Asfalto Virgen Guayllabamba.....	173
Figura 104: Estabilidad mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba.....	174
Figura 105: Flujo mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba	174
Figura 106: Estabilidad mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba.....	175
Figura 107: Flujo mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba	175
Figura 108: Estabilidad mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba	176
Figura 109: Flujo mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba	176
Figura 110: Medición del peso para Peladuras.....	182
Figura 111: Muestras de mezcla listas para el Ensayo de Peladuras.....	182
Figura 112: Proceso de Enfriado de la Mezcla	183

Figura 113: Control de Temperatura.....	184
Figura 114: Proceso de Hervido	184
Figura 115: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "A" Pintag.....	187
Figura 116: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "B" Pintag.....	187
Figura 117: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "C" Pintag.....	187
Figura 118: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba.....	188
Figura 119: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba.....	188
Figura 120: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba.....	188
Figura 121: Peladura Pintag 0.5% Aditivo A	189
Figura 122: Peladura Pintag 0%	189
Figura 123: Peladura Pintag 1.0% Aditivo A	189
Figura 124: Peladura Pintag 0.5% Aditivo A	189
Figura 125: Peladura Pintag 0.5% Aditivo B	190
Figura 126: Peladura Pintag 0.0%	190
Figura 127: Peladura Pintag 1.0% Aditivo B	190
Figura 128: Peladura Pintag 0.75% Aditivo B	190
Figura 129: Peladura Pintag 0.0%	191
Figura 130: Peladura Pintag 0.05% Aditivo C	191

Figura 131: Peladura Pintag 0.1% Aditivo C	191
Figura 132: Peladura Pintag 0.075% Aditivo C	191
Figura 133: Peladura Guayllabamba 0.5% Aditivo A	192
Figura 134: Peladura Guayllabamba 0.0%	192
Figura 135: Peladura Guayllabamba 1.0% Aditivo A	192
Figura 136: Peladura Guayllabamba 0.75% Aditivo A	192
Figura 137: Peladura Guayllabamba 0.5% Aditivo B	193
Figura 138: Peladura Guayllabamba 0.0%	193
Figura 139: Peladura Guayllabamba 1.0% Aditivo B	193
Figura 140: Peladura Guayllabamba 0.75% Aditivo B	193
Figura 141: Peladura Guayllabamba 0.05% Aditivo C	194
Figura 142: Peladura Guayllabamba 0.0%	194
Figura 143: Peladura Guayllabamba 0.1% Aditivo C	194
Figura 144: Peladura Guayllabamba 0.075% Aditivo C	194
Figura 145: Grafico comparativo % Aditivo vs Inflamación	196
Figura 146: Grafico comparativo % Aditivo vs Combustión	197
Figura 147: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "A"	197
Figura 148: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "B"	198
Figura 149: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "C"	198
Figura 150: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "A"	199

Figura 151: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "B"	199
Figura 152: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "C"	200
Figura 153: Grafico Comparativo de % de Asfalto vs. Punto de Reblandecimiento	201
Figura 154: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "A"	202
Figura 155: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "B"	202
Figura 156: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "C"	203
Figura 157: Grafico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 25°C.....	204
Figura 158: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "A"	205
Figura 159: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "B"	205
Figura 160: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "C"	206
Figura 161: Gráfico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 30°C.....	207
Figura 162: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "A"	208

Figura 163: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "B"	208
Figura 164: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "C"	209
Figura 165: Gráfico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 35°C.....	210
Figura 166: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "A"	210
Figura 167: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "B"	211
Figura 168: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "C"	211
Figura 169: Gráfico Comparativo de Índice de Penetración IP vs. % de Concentración de Aditivo A 25°C.....	213
Figura 170: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "A"	214
Figura 171: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "B"	214
Figura 172: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "C"	215
Figura 173: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Estabilidad de Mezcla con Agregado de Pintag	217
Figura 174: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Flujo de Mezcla con Agregado de Pintag	217

Figura 175: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"	218
Figura 176: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"	218
Figura 177: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"	219
Figura 178: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"	219
Figura 179: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"	220
Figura 180: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"	220
Figura 181: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Estabilidad de Mezcla con Agregado de Guayllabamba	222
Figura 182: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Flujo de Mezcla con Agregado de Pintag	222
Figura 183: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"	223
Figura 184: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"	223
Figura 185: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"	224
Figura 186: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"	224

Figura 187: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"	225
Figura 188: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"	225
Figura 189: Gráfico Comparativo de Desempeño al Ensayo a la Peladura Modificado Con Agregado de Pintag	226
Figura 190: Gráfico Comparativo de Desempeño al Ensayo a la Peladura Modificado Con Agregado de Guayllabamba	227

RESUMEN

El proyecto de tesis **“Influencia De Aditivos Mejoradores De Adherencia En La Resistencia De Hormigones Asfálticos Diseñados Con Agregados Provenientes De Las Canteras De Pintag Y Guayllabamba”**, tiene como finalidad brindar al lector una guía técnica acerca del uso de los aditivos promotores de adherencia, su uso, dosificación, principales beneficios y ventajas de su incorporación en mezclas asfálticas en caliente, para el efecto se han obtenido áridos provenientes de las canteras de las parroquias de Pintag y Guayllabamba, que por su ubicación geográfica son de vital importancia en el desarrollo de la ciudad de Quito.

PALABRAS CLAVES:

- Hormigones Asfálticos.
- Influencia.
- Aditivos.
- Adherencia.
- Mezclas.
- Efectos.

ABSTRACT

The current research “ **Adherence Enhancing Additives Influence For Asphalt Concrete Resistance Together With Additives From Pintag And Guayllabamba Quarries** ”, pretends to provide a technical guide to the use of adhesion promoter additives, their uses, dosages, main benefits and main advantages at being incorporated in hot asphalt mixtures. For this we have obtained Pintag and Guayllabamba arids, which due to their geographic location are vital for the city of Quito development.

KEY WORDS:

- Asphalt Concrete.
- Influence.
- Additives.
- Adherence.
- Mixtures.
- Advantages.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes.

Las vías son un factor clave en el desarrollo económico de los países, a más que se deben considerar los efectos locales positivos que conllevan la implementación o mejoramiento de la Red Vial Nacional como son el crecimiento y reordenamiento demográfico, dinamización del comercio, disminución del tiempo de recorrido entre dos puntos geográficos, entre otros; en este sentido el mejoramiento de las carreteras afecta positivamente al crecimiento social y económico de la zona afectada.

Lamentablemente en su conjunto, el funcionamiento de muchas de las obras viales existentes no es óptimo, particularmente las capas de rodadura presentan problemas recurrentes de calidad y durabilidad, presentándose daños prematuros en las calzadas, aparición de “baches” producto de la disgregación de los componentes del hormigón asfáltico, lo cual se traduce en congestión vehicular excesiva, accidentes de tránsito, aumento en gastos de

reparaciones y mantenimientos vehiculares, disminución en la calidad de vida de los usuarios de las carreteras, para lo cual, las entidades gubernamentales incurren en el uso de altos presupuestos para la realización de frecuentes reparaciones de las capas de rodadura.

Por la coyuntura política que vive el Ecuador, actualmente se ha dado una gran importancia al mejoramiento de la Red Vial Nacional, por una parte con la construcción y ampliación de carreteras y por otra con los trabajos de mantenimiento vial que necesariamente se deben dar a la infraestructura ya existente, esto implica una gran inversión económica estatal; por lo que mediante la implementación de nuevos diseños de mezclas asfálticas mejoradas con aditivos promotores de adherencia se esperan obtener mezclas asfálticas más estables y duraderas, en consecuencia de lo cual los costos de operación y mantenimiento se verían reducidos.

1.2. Área de Influencia

Los principales beneficiarios de la investigación de este Proyecto de Grado serán los alumnos que se proyecten en el campo de la ingeniería vial, Docentes y Profesionales que tengan una relación directa con el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, e Instituciones Públicas y Privadas que realicen labores de mantenimiento vial. Los cuales, mediante el presente proyecto tendrán una base teórico-práctica en cuanto al uso de aditivos mejoradores de adherencia en el diseño de hormigones asfálticos.

1.3. Objetivos del Proyecto

Realizar un análisis comparativo de la influencia de aditivos mejoradores de adherencia en la resistencia de hormigones asfálticos.

1.3.1. Objetivos Específicos del Proyecto

- Diseñar las mezclas asfálticas en caliente utilizando agregados de las canteras de Pintag y Guayllabamba
- Determinar el porcentaje de aditivo óptimo para los diseños de las mezclas asfálticas.
- Análisis comparativo de la resistencia entre mezclas asfálticas de las canteras de Pintag y Guayllabamba dosificadas con diferentes porcentajes de aditivos.
- Determinar la influencia resultante de la incorporación de aditivos mejoradores de adherencia en la cohesión del cemento asfáltico y los agregados.

1.3.2. Justificación e Importancia

Considerando la problemática presente en la mayor parte de la red vial nacional y específicamente en los problemas que se presentan en la capa de rodadura del pavimento, los cuales, principalmente son la falta de cohesión o adherencia de los agregados con el cemento asfáltico, envejecimiento prematuro, entre otros, proponemos realizar una investigación orientada hacia el diseño de mezclas asfálticas en caliente incorporen una cierta cantidad de aditivo mejorador de adherencia, las mismas esperamos produzcan mejoras significativas tanto a nivel estructural como económico.

En el Ecuador como en gran parte de los países del mundo se estima que el 96% de las vías se construyen con hormigón asfáltico, siendo éstas un tema de gran importancia nacional; lamentablemente el funcionamiento de las obras viales en su conjunto, y particularmente las capas de rodadura, presentan problemas recurrentes y críticas generalizadas de los usuarios por las dificultades que ocasionan al tráfico vehicular, desembocando en frecuentes reparaciones, daños prematuros de las calzadas y el uso de altos presupuestos para el mantenimiento y conservación vial, razón por la cual se justifica la búsqueda de nuevas tecnologías modificando la mezcla asfáltica, como una posible solución para incrementar los períodos de duración vial.

Para tal objetivo se trabajará con diferentes dosificaciones del aditivo mejorador de adherencia, para reportar posteriormente recomendaciones que permitan mejorar su elaboración y procedimientos constructivos que amplíen los períodos de duración y servicio.

Son muchos los factores y causas que intervienen en los problemas de los hormigones asfálticos y su buen funcionamiento, pero no se puede desconocer los daños más frecuentes que están relacionados con la calidad de los materiales utilizados, la preparación de los mismos y los procedimientos constructivos, contrariamente a esta realidad en el Ecuador no se registran estudios serios relacionados con algunas de estas causas, razón por la cual se quiere aportar con nuevas y mejores maneras de conformar un hormigón asfáltico que en un futuro permita mejorar las vías y prolongar los tiempos de uso y duración.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1. El Asfalto.

Los asfaltos son sustancias obtenidas de yacimientos naturales o producto del tratamiento y destilación de determinados crudos de petróleo, son de color oscuro, pudiendo estar en estado líquido, sólido o semisólido. Por sus características físicas y químicas son ideales para un sinnúmero de aplicaciones, especialmente en la industria de la construcción y conservación vial.

2.1.1. Clasificación.

2.1.1.1. Asfaltos Naturales.

Estos depósitos naturales de asfalto han sido formados por procesos análogos ocurrentes en la naturaleza, muchos de los cuales se presentan prácticamente libres de contaminantes, en otros casos los asfaltos se encuentran mezclados con minerales, materia orgánica, agua, etc.

Entre los depósitos más representativos de asfalto natural tenemos:

2.1.1.1.1. Manantiales.

Son fuentes generalmente producto de grietas en rocas circundantes a grandes depósitos de crudo, y afloran a la superficie en peñas cantidades de asfalto y petróleo.

2.1.1.1.2. Lagos.

Son grandes depósitos producto de la acumulación de material proveniente de manantiales de gran caudal, los cuales se han acumulado en el fondo de depresiones profundas. En su estado natural el asfalto se encuentra combinado con gases, arena, arcilla y agua, y para su utilización son sometidos a sencillos procesos de destilación.

2.1.1.1.3. Exudaciones.

Se encuentran en rocas porosas saturadas de asfalto, éste aflora debido a la presencia de fuerzas físicas como son la presión, temperatura, etc.

2.1.1.1.4. Impregnación en Rocas.

Se halla en grandes yacimientos de rocas semiporosas, en las cuales el asfalto llena total o parcialmente dichos poros, sin llegar a exudar.

2.1.1.1.5. Filones.

Son intrusiones de asfalto ubicadas en el interior de masas rocosas, a través de grietas o producto de la sedimentación alternada de asfalto y otros materiales.

Por la poca cantidad de asfalto tienen estos yacimientos no se explota industrialmente.

2.1.1.1.6. Asfalto Derivado del Petróleo.

También llamada asfalto residual es obtenido por la refinación o destilación del crudo de petróleo en un proceso mediante el cual los diferentes productos son separados fuera del componente inicial, debido a cambios de temperatura suministrada por etapas.

2.1.1.1.7. Destilación primaria.

Es el primer proceso por el cual el crudo debe pasar, se calienta hasta aproximadamente 375°C, allí los componentes livianos como son las naftas, kerosene, gas oil, llegan a su punto de ebullición y se evaporan.

El líquido residual de esta destilación primaria se junta en el fondo de la columna y pasa a la siguiente etapa de producción.

2.1.1.1.8. Destilación al Vacío.

Se diferencia de la destilación primaria ya que mediante equipos especiales se baja la presión circundante, es decir se crea un vacío logrando así que las fracciones pesadas de la columna de fraccionamiento de asfaltenos hiervan a menor temperatura la presión atmosférica. El producto del fondo de la columna de destilación es un material más o menos sólido a temperatura ambiente el cual puede ser utilizado ya como cemento asfáltico.

2.1.1.1.9. Desasfaltización con Propano o Butano.

El producto residual obtenido de la anterior fase contiene asfaltenos dispersos en un aceite muy pesado a la baja presión y alta temperatura no alcanza su punto de ebullición, para separarlos es necesario extraer este aceite con gas licuado de petróleo mediante un proceso denominada “desasfaltización” en el cual se obtiene el aceite pesado utilizando como

solventes propano o butano a presión alta y temperaturas que fluctúan entre 70°C y 120°C, y el residuo semisólido restante se denomina bitumen.

2.1. Composición Química del Asfalto

La composición química de los asfaltos es muy compleja básicamente éstos se hallan constituidos por cadenas moleculares compuestas principalmente por carbono, azufre, nitrógeno, oxígeno, complejos de hierro, vanadio, magnesio y calcio, dependiendo principalmente del tipo de crudo del cual sea obtenido.

La estructura del asfalto se puede representar mediante un modelo denominado micelar en el cual existen dos fases, una discontinua o aromática conformada por dos asfaltenos y una que rodea los mismos y se denomina maltenos. Las resinas contenidas en los maltenos solubilizan y homogenizan el entorno con los asfaltenos. El tercer componente, los aceites dan albergue a los citados anteriormente.

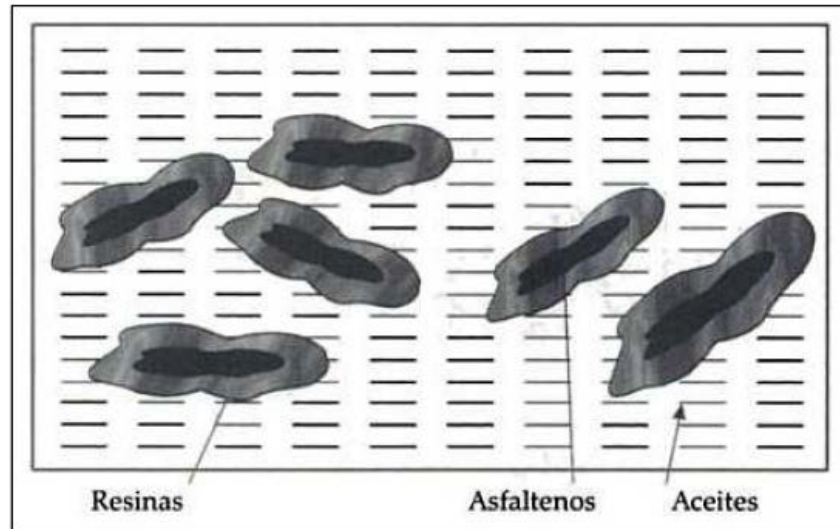


Figura 1: Esquema coloidal de Pfeiffer (Arenas, 2000)

2.2. Clasificación de los Asfaltos

La gran mayoría de asfaltos producidos se destinan para la industria vial, siendo así, éste es utilizado en muchas aplicaciones como fabricación de bases asfálticas, capas de rodadura, sellante de fisuras en carreteras, entre otras, y una pequeña parte se destina para uso industrial como impermeabilizante, aislante, etc. De acuerdo a esto la clasificación del asfalto es la siguiente:

2.2.1. Cementos Asfálticos Sólidos

“Son asfaltos refinados o una combinación de asfalto refinado y un aceite fluidificante (gasóleo), de una viscosidad apropiada para los trabajos de pavimentación. Se designan generalmente con las letras AC.”

(Reyes, 2003)

En virtud que presenta notables características de flexibilidad, durabilidad y resistencia a la presencia de sustancias químicas como ácidos, sales, alcoholes, a mas de que por sí es un material aglutinante e impermeabilizante es muy utilizado en la pavimentación de carreteras.

2.2.2. Asfaltos Líquidos

Son también conocidos como asfaltos diluidos, o con el término inglés “cut backs”, se encuentran compuestos por una base de cemento asfáltico y un fluidificante que generalmente es un derivado de la destilación del petróleo, pudiendo ser gasolina, bencina, keroseno o aceite.

2.2.3. Emulsiones Asfálticas

“Es un sistema heterogéneo de dos fases normalmente inmiscibles, como el asfalto (60-70%) y el agua, al se le incorpora una peña cantidad de un agente activador de superficies (0,2-1%), tensoactivo o emulsificante, básico o ácido, el cual mantiene en dispersión el sistema; la fase continua es el agua y la discontinua los glóbulos de asfalto...”

(Arenas, 2000)

2.3. Caracterización Física del Cemento Asfáltico.

2.3.1. Viscosidad.

Este ensayo tiene como finalidad medir la viscosidad del cemento asfáltico a la temperatura que normalmente se lo utiliza, es decir aproximadamente a unos 135°C. La viscosidad se define como **“la resistencia que ofrece un fluido a la deformación, debida básicamente al rozamiento interno de las partículas. Cuanto más elevada sea su viscosidad, mucho más lento será su movimiento.”** (Arenas, 2000)

Actualmente existen varios equipos para la medición de la viscosidad del cemento asfáltico, siendo el más utilizado en el viscosímetro de Saybolt Furol, que consiste en colocar una determinada fracción de la muestra de asfalto en un tubo normalizado para el efecto, éste a su vez es calentado mediante un mecanismo interno de baño de aceite, al llegar el asfalto a su punto de ensayo se lo hace pasar a través de un orificio y se mide el tiempo tarda en fluir 60 ml de asfalto.

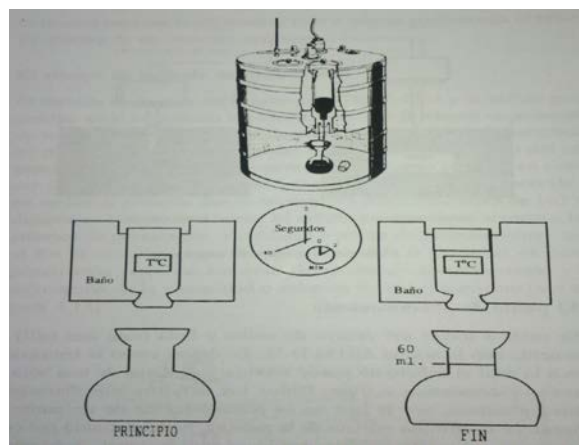


Figura 2: Viscosímetro de Saybolt Furol (Arenas, 2000)

2.3.2. Penetración

Este ensayo sirve para medir la consistencia del asfalto a las temperaturas medias de servicio, normalmente este ensayo es realizado a 25°C la muestra es calentada mediante un equipo de baño maría a la temperatura deseada. La penetración se mide con una aguja normalizada durante cinco segundos y el peso del aparato de ensamble es de 100 gramos.

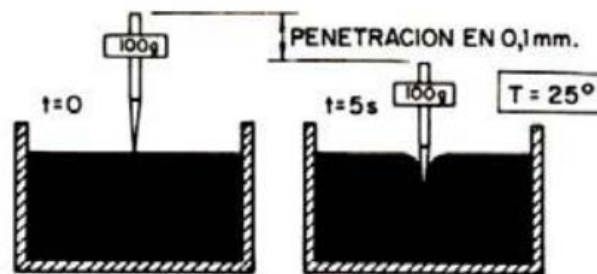


Figura 3: Esquema de Ensayo de Penetración (Arenas, 2000)

2.3.3. Punto de Reblandecimiento

Se lo realiza mediante el ensayo del anillo y bola y por definición es **“la temperatura a la cual el asfalto no puede soportar una bola de acero y comienza a fluir”** (Arenas, 2000)

2.3.4. Ductilidad

Ésta se mide con un equipo denominado ductilímetro, colocando una muestra de cemento asfáltico normalmente a 25°C, se le aplica una carga de alargamiento constante de 5 cm. por minuto.

Se puede realizar el mismo ensayo con variaciones tanto en temperatura como en velocidad de aplicación de la carga.

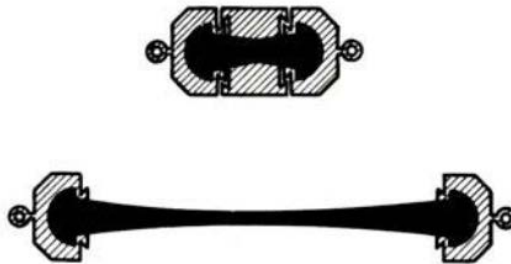


Figura 4: Esquema de Ensayo de Ductilidad (Pipan, 2012)

2.3.5. Punto de Inflamación

Es la temperatura más baja a la cual se separan los materiales volátiles de la muestra y crean un destello en presencia de una llama abierta. Es importante hacer notar que el punto de inflamación no es lo mismo que el punto de combustión (temperatura más baja a la cual el cemento asfáltico se inflama y se consume en el fuego). Se determina para identificar la temperatura máxima a la cual este puede ser manejado y almacenado sin peligro de que se

inflame. El aparato utilizado con este fin es llamado Copa Abierta de Cleveland.

Es importante conocer esta información, ya el cemento asfáltico es calentado durante su almacenaje con el fin de mantener una viscosidad lo suficientemente baja para el material pueda ser bombeado.

2.4. Asfaltos Modificados.

En algunos casos las mezclas en caliente fabricadas con cemento asfáltico convencional no son capaces de resistir la acción de la aplicación de cargas de tránsito y los efectos adversos del clima combinados.

Razón por la cual para mejorar las características físico-mecánicas de los cementos asfálticos en la actualidad se utilizan productos químicos al ser incluidos en el cemento asfáltico de la mezcla mejoran notablemente las características de adherencia entre el asfalto y los agregados, brindándole una mayor durabilidad a la carpeta asfáltica.

2.4.1. Aditivos Mejoradores de Adherencia.

“Los mejoradores de adherencia, son productos que mejoran la afinidad química entre el asfalto y el agregado así como el desempeño de la mezcla asfáltica. Este tipo de aditivos son productos tensoactivos que

tienen la propiedad de modificar las propiedades superficiales del sistema. Este tipo de moléculas se caracterizan por tener dos partes bien definidas: una parte afín al asfalto, formada por la cadena hidrocarbonatada y una parte afín al agua formada por grupos funcionales polares.” (TDM, 1999)

“En las mezclas asfálticas, los aditivos mejoradores de adherencia se concentran en la interfase agregado-asfalto y se orientan con la parte lipofílica al asfalto, mientras los grupos polares de la parte hidrofílica generan uniones con los grupos silicatos y carbonatos de la superficie del agregado, en otras palabras el mejorador de adherencia crea un enlace químico entre el agregado y el asfalto aumentando su resistencia a la acción del agua.” (TDM, 1999)

Actualmente se han desarrollado aditivos de última tecnología mediante avanzadas técnicas de fabricación a nivel del campo de la nanotecnología, presentando visibles mejoras técnicas y económicas en comparación de los aditivos de una producción más “tradicional”, en virtud de lo cual, se seleccionaron tres tipos de aditivos uno de los cuales es considerado de última generación.



Figura 5: Muestras de Asfaltos Aditivados

2.4.1.1. Descripción de Aditivos.

2.4.1.1.1. Aditivos A y B.

Son aminas de alta performance y de temperatura estable mejoran la adherencia y evitan el «stripping» entre el asfalto y los agregados, brindándole mayor durabilidad a la carpeta asfáltica. Estos aditivos se aplican en los sistemas de mezclado del asfalto en «caliente»

Deben aditivarse del 0.25, 0.30 al 1.00 % del peso del asfalto.

Estos aditivos pueden ser incorporados al asfalto por medios mecánicos de agitación, por circulación o por medios neumáticos del tanque de almacenaje, o por inyección efectuada a la línea de carga del asfalto seguida de una

recirculación a través del sistema de by-pass del camión para permitir un mezclado correcto. Se recomienda de preferencia emplear este último sistema de inyección diseñado y localizado en la planta de mezclado en caliente. (CHEM, 2008)

2.4.1.1.2. Aditivo C

Este es un reactivo de órgano-silicón soluble en agua. Forma grupos de Si-OH silanol a través de hidrólisis. Estos silanoles son reactivos y pueden formar enlaces siloxanos Si-O-Si con los grupos silanoles de la superficie de los sustratos inorgánicos.

Se recomienda en proporción de 0.04 % a 0.1% del peso total del asfalto. Se debe usar una dosis más alta de 0.2 a 0.4% para agregados susceptibles a desprendimiento.

Proceso de Aplicación:

- 1 Kg de Aditivo C es mezclado con 1MT de Asfalto (0.1%)
- El Asfalto Caliente es mezclado con una bomba circulante durante 20-30 min.
- El asfalto caliente modificado es mezclado con los agregados con una técnica de aspersion. (TURBOROOF)

2.4.1.1.3. Dosificaciones Adoptadas

Con la finalidad de homogeneizar las dosificaciones, y para poder realizar una adecuada comparación de los efectos ocasionados por el uso de cada uno de los aditivos se procedió a seleccionar las siguientes dosificaciones.

Tabla 1: Dosificaciones de los Aditivos

DOSIFICACIONES			
ADITIVO	% PESO DEL ASFALTO		
A	0.500	0.750	1.000
B	0.500	0.750	1.000
C	0.050	0.075	0.100

2.5. Materiales Granulares.

Los materiales granulares utilizados en la elaboración del presente estudio corresponden a las canteras de Pintag y Guayllabamba, siendo esta última muy utilizada en la elaboración y venta de hormigón asfáltico, a más que ambas constituyen una importante fuente de provisión de agregados para la construcción de importantes obras de diverso tipo dentro de la ciudad de Quito y sus alrededores.



Figura 6: Ubicación Geográfica de las carteras utilizadas en el Proyecto

El material obtenido es de dos tipos:

- Material fino, o comúnmente denominado arena con un tamaño nominal máximo de $3/8$ de pulgada



Figura 7: Agregado de Guayllabamba



Figura 8: Agregado de Pintag

Material grueso, constituido por grava o gravilla triturada con un tamaño nominal máximo de $\frac{1}{2}$ pulgada.

De acuerdo a las especificaciones, estos deben ser obtenidos del producto final, es decir del material del cual se están fabricando los hormigones asfálticos en este caso.

Se debe tener especial cuidado de elegir el método de muestreo puesto que al depositarse el material en pilas o montículos éste se dispersa y se acumula de acuerdo a la fuerza de gravedad actuante, idealmente el muestreo se lo debe realizar obteniendo el material de la banda transportadora y en último de los casos siguiendo un proceso meticuloso por el cual se podría obtener de un montículo.

CAPÍTULO III:

ENSAYOS EN LOS AGREGADOS

3.1. Obtención de Agregados en Cantera. (ASTM D75).

Para el muestreo de los agregados se emplean las diferentes métodos detallados en la norma, para el caso de las canteras de Pintag y Guayllabamba se procedió de dos distintas maneras, esto, por las características de almacenamiento del material en las canteras.

Para la mina de Pintag debido a que los agregados tanto fino como grueso se encuentran apilados en diferentes montículos de material, se debe tener especial cuidado al seleccionar el material ya que este podría ser obtenido de una manera no muy representativa.

Mientras que, para la mina de Guayllabamba con la finalidad de tener una mayor exactitud en la recolección de la muestra y para que este procedimiento sea más fiel a la norma, se puede tomar directamente de las bandas

transportadoras y teniendo así una muestra inalterada tanto en sus propiedades físicas como en su granulometría.

EQUIPO UTILIZADO

- Pala metálica.
- Carretilla.
- Sacos.
- Cascos.
- Guantes.
- Gafas de seguridad.

PROCEDIMIENTO

Para el caso de la cantera ubicada en Pintag se procede a excavar con la pala metálica a un costado de la pila de agregado ya sea este grueso o fino para que el material de la periferia se desprece ya que este puede tener una alteración en su granulometría por agentes climáticos como el viento y la lluvia, este procedimiento se lo realiza en diferentes partes de la pila de material, adicionalmente se recomienda recoger material de varias pilas de las mismas características para tener una muestra más homogénea del producto de la mina utilizada.



Figura 9: Muestreo de Agregado Grueso



Figura 10: Muestreo de Agregado Fino

Para el caso de la cantera de Guayllbamba debido a que existen muchas pilas y a la presencia de las bandas transportadoras es recomendable tomar directamente el agregado mineral tanto grueso como la arena directamente de ellas. Se lo puede realizar de dos formas, la primera es deteniendo la banda y recolectando una fracción de la banda ayudados de una brocha se toma hasta el materia más, para la segunda forma, debido a las bandas se hallan en

funcionamiento, solo se procede a colocar los sacos al extremo y con mucho cuidado se toma la muestra directamente.

3.2. Granulometría.

➤ Tamaño Máximo de la Partícula

Dentro de lo que contempla el análisis granulométrico, está la determinación del tamaño máximo de la partícula, para lo cual se utilizan dos criterios los cuales son:

➤ Tamaño máximo nominal.

Este tamaño es designado por el tamiz más grande de acuerdo a la norma, si el primer tamiz retiene más del 10 por ciento éste denomina el tamaño máximo nominal.

➤ Tamaño Máximo.

Este tamaño es designado por el tamiz más grande el cual retiene cualquier peso del material analizado. Usualmente es el tamaño del tamiz más pequeño por el cual pasa el 100 por ciento del agregado.

3.2.1. Análisis Granulométrico de Agregado fino. (ASTM C117).

Dentro del proyecto está contemplada la utilización de dos tipos de materiales, uno es la arena de la cantera de Pintag con un tamaño máximo

nominal de 3/8" y esta es producto de la trituración de las rocas del lugar, la principal característica de este material es la presencia de un gran porcentaje de agregado fino pasante del tamiz numero 200, así mismo por tener una alta retención en toda la serie tamizadora es un material bien graduado.

También se utilizará la arena de Guayllabamba proveniente del río del mismo nombre, la característica de esta arena es principalmente una escasés de material fino pasante del tamiz numero 200 lo cual influirá de una manera muy importante en los ensayos de diseño, se puede decir que no es un material bien graduado además se encontró la presencia de piedra pómez la cual perjudica su calidad.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado fino de la mina de Pintag.
- Agregado fino de la mina de Guayllabamba.
- Balanza A \pm 0.01 gr.
- Tamices de malla cuadrada (1/2",3/8", N°4, N°8, N°30, N°50, N°100, N°200.)
- Bandejas metálicas.
- Cepillo de acero.
- Brocha.
- Baldes de plástico.

PROCEDIMIENTO

Primero se procede a lavar el material, para lo cual se utilizan los baldes de plástico, ayudados del tamiz 200 se lo hace hasta que la arena no presente suciedad en el agua



Figura 11: Proceso de lavado del Agregado



Figura 12: Agregado limpio

A continuación se debe secar la muestra en el horno hasta que el peso sea constante, luego se coloca el material en la serie de tamices en orden desde el de mayor abertura hasta el más pequeño el cual es el número 200.

Después de agitar manual o mecánicamente se recoge el material retenido en cada uno de los tamices y se los pesa, es importante notar que si más del 1% del material se desperdicia se debe repetir el ensayo.

Con los diferentes pesos obtenidos se sacan los porcentajes y se procede a graficar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, para de esta forma poder interpretar los resultados de este análisis.

Para el diseño de esta investigación se debe tomar en cuenta el material pasante del tamiz número 200 para la elaboración de las curvas granulométricas.





UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Arena
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : GRANULOMETRIS (ASTM D75).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 2: Análisis Granulométrico Arena Guayllabamba

Peso inicial : 1304.8 gr.

TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
plg.	mm.	gr.	gr.			
N° 1/2"	12.7	14.6	14.6	1.17	1.17	98.83
N° 3/8"	9.5	17.7	32.3	1.42	2.59	97.41
N° 4	4.76	127.4	159.7	10.22	12.81	87.19
N° 8	2.36	172.6	332.3	13.85	26.67	73.33
N° 16	1.18	252.8	585.1	20.29	46.95	53.05
N° 30	0.6	250.7	835.8	20.12	67.07	32.93
N° 50	0.3	241.8	1077.6	19.40	86.47	13.53
N° 100	0.15	95.3	1172.9	7.65	94.12	5.88
N° 200	0.075	26.1	1199	2.09	96.21	3.79
Pasante N °200	< 0,075	47.2	1246.2	3.79	100.00	0.00
		1246.2		100	534.064	

Modulo de Finura= 5.34

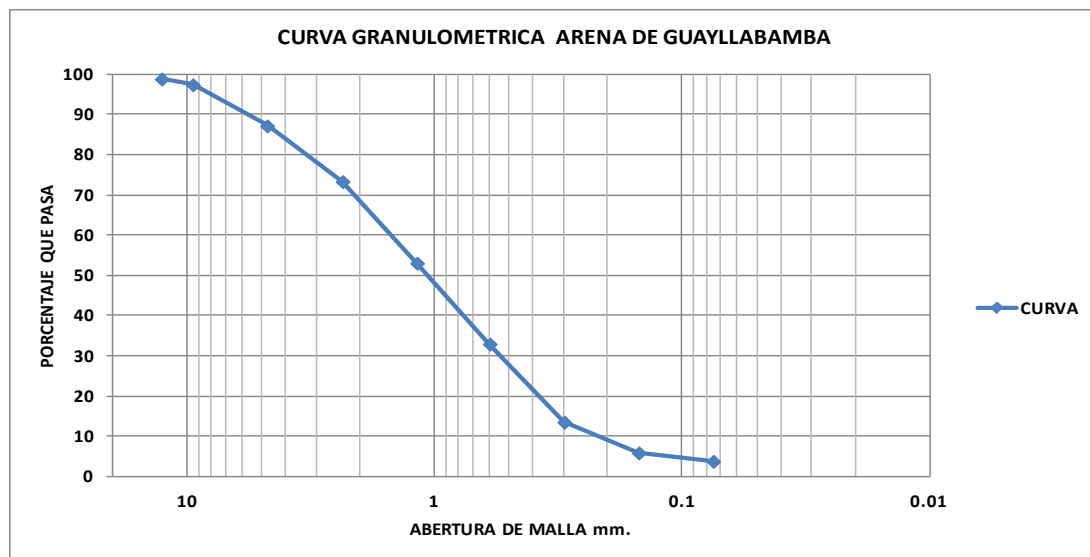


Figura 14: Curva Granulométrica arena de Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Arena
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : GRANULOMETRIS (ASTM D75).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 3: Análisis Granulométrico Arena Pintag

Peso inicial : 1304.8 gr.

TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
plg.	mm.	gr.	gr.			
N° 1/2"	12.7	0	0	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.5	5.39	5.39	0.41	0.41	99.59
N° 4	4.76	238.1	243.49	18.28	18.70	81.30
N° 8	2.36	318.6	562.09	24.46	43.16	56.84
N° 16	1.18	225.3	787.39	17.30	60.46	39.54
N° 30	0.6	125.8	913.19	9.66	70.12	29.88
N° 50	0.3	115.8	1028.99	8.89	79.01	20.99
N° 100	0.15	94.9	1123.89	7.29	86.30	13.70
N° 200	0.075	73.6	1197.49	5.65	91.95	8.05
Pasante N °200	< 0,075	104.8	1302.29	8.05	100.00	0.00
		1302.29		100	550.124	

Modulo de Finura= 5.50

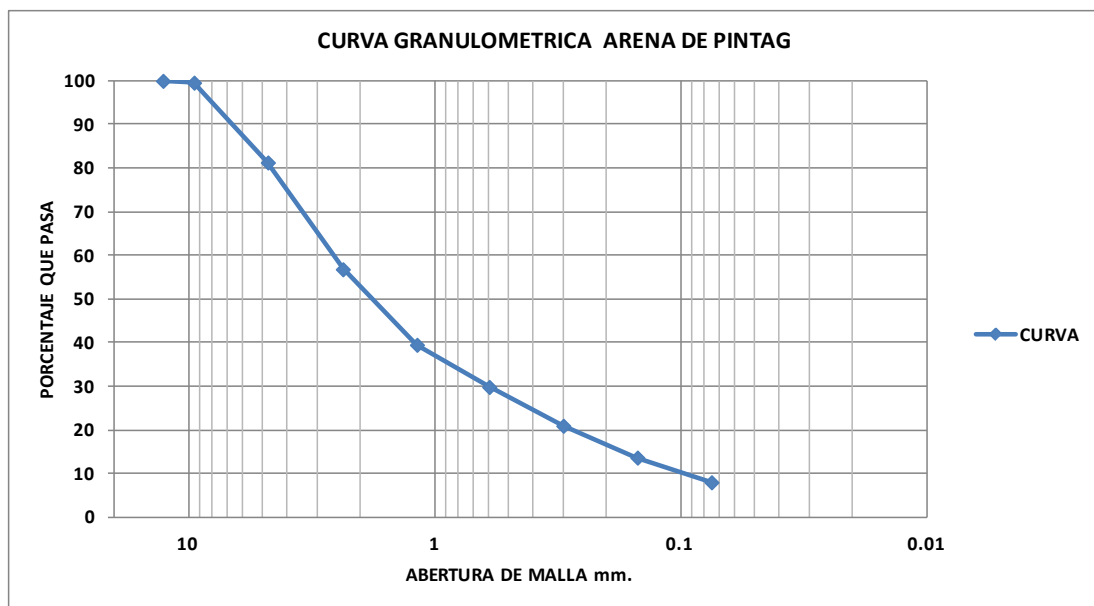


Figura 15: Curva Granulométrica arena Pintag

3.2.2. Análisis Granulométrico de Agregado Grueso. (ASTM C136).

En este proyecto se caracterizó el agregado grueso de Guayllabamba el cual se lo muestreó en dos partes, así el primero presenta un tamaño máximo nominal de 1/2", el segundo es de la misma roca pero presenta un tamaño máximo nominal de 3/8", esta cantera presenta un material triturado de roca, el mismo que es clasificado con un sistema de tamices y arandas en el interior de la mina.

Adicionalmente para el agregado de Pintag se obtuvo un material con tamaños nominales muy grandes, por lo que para este proyecto se procedió tamizar y seleccionar un tamaño máximo nominal de 1/2", la principal característica de este material es que es bien graduado, de esta manera se facilita el diseño granulométrico de la mezcla, este material tiene una presencia considerable de material fino pasante del tamiz numero 200.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado Grueso de la mina de Pintag.
- Agregado Grueso de la mina de Guayllabamba.
- Balanza A \pm 0.01 gr.
- Tamices de malla cuadrada (1/2", 3/8", N°4, N°8, N°30, N°50, N°100, N°200.)
- Bandejas metálicas.

- Cepillo de acero.
- Brocha.
- Baldes de plástico.

PROCEDIMIENTO

Primero para realizar este ensayo se procede a lavar el material, para lo cual se utilizan los baldes de plástico y los tamices hasta que el material este sin la presencia de componente fino.



Figura 16: Procesa de lavado de la Grava



Figura 17: Agregado Grueso limpio

A continuación se debe secar la muestra en el horno hasta que el peso sea constante, luego se coloca en la serie de tamices en orden descendente hasta el más pequeño que es el número 200.

Después de agitar manual o mecánicamente se recoge el material retenido en cada uno de los tamices y se los pesa, es importante notar que si más del 1% del material se desperdicia se debe repetir el ensayo.

Con todos los pesos se sacan los porcentajes retenidos y se grafica la curva granulométrica en escala semilogarítmica para analizar los resultados.

Se debe tomar en cuenta el material pasante del tamiz número 200 para la elaboración de las curvas granulométricas.



Figura 18: Pesaje del material para el análisis Granulométrico



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava 1/2"
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : GRANULOMETRIS (ASTM D75).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 4: Análisis Granulométrico Grava de 1/2" Guayllabamba

Peso inicial : 5024.2 gr.

TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
plg.	mm.	gr.	gr.			
N° 3/4"	19.05	0	0	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.7	3681	3681	73.27	73.27	26.73
N° 3/8"	9.5	1236	4917	24.60	97.87	2.13
N° 4	4.76	62	4979	1.23	99.10	0.90
N° 8	2.36	3	4982	0.06	99.16	0.84
N° 16	1.18	3	4985	0.06	99.22	0.78
N° 30	0.6	2	4987	0.04	99.26	0.74
N° 50	0.3	2.5	4989.5	0.05	99.31	0.69
N° 100	0.15	4.5	4994	0.09	99.40	0.60
N° 200	0.075	6	5000	0.12	99.52	0.48
Pasante N°200	< 0,075	24.17	5024.17	0.48	100.00	0.00
		5024.17		100	966.103	

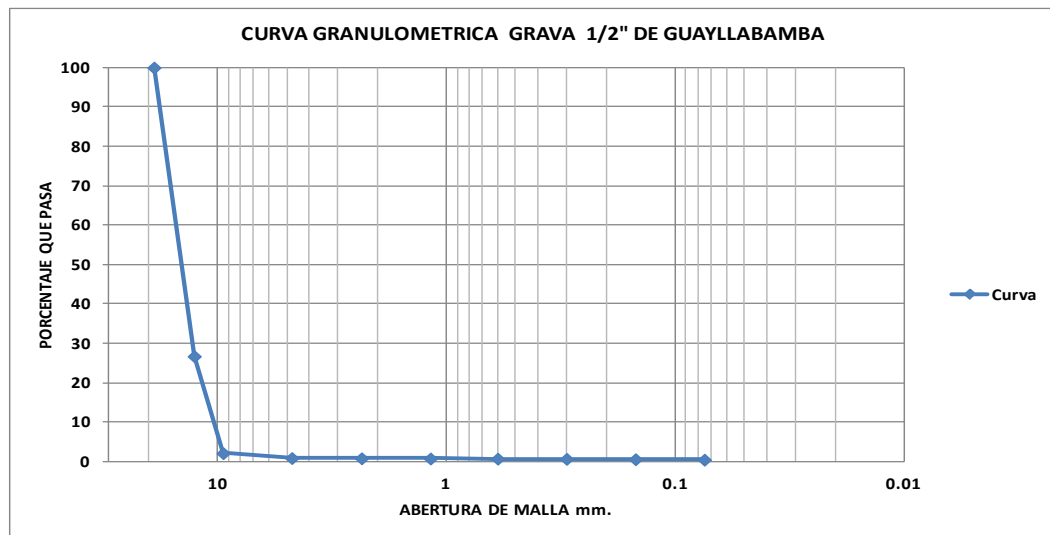


Figura 19: Curva Granulométrica Agregado de 1/2" Guayllabamba


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

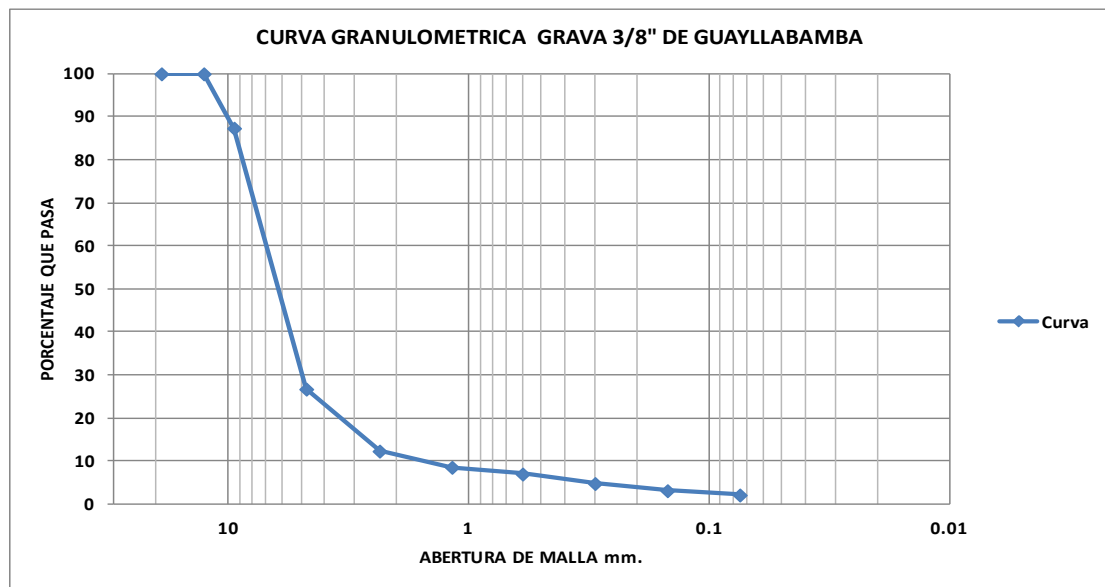
PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava 3/8"
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : GRANULOMETRIS (ASTM D75).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 5: Análisis Granulométrico Grava de 3/8" Guayllabamba

Peso inicial :	1500 gr.
----------------	----------

TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
plg.	mm.	gr.	gr.			
N° 3/4"	19.05	0	0	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.7	0	0	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.5	189.5	189.5	12.64	12.64	87.36
N° 4	4.76	909	1098.5	60.64	73.28	26.72
N° 8	2.36	216	1314.5	14.41	87.69	12.31
N° 16	1.18	56.5	1371	3.77	91.46	8.54
N° 30	0.6	23.5	1394.5	1.57	93.03	6.97
N° 50	0.3	33	1427.5	2.20	95.23	4.77
N° 100	0.15	25	1452.5	1.67	96.90	3.10
N° 200	0.075	15	1467.5	1.00	97.90	2.10
Pasante N °200	< 0,075	31.5	1499	2.10	100.00	0.00
		1499		100	748.132	


Figura 20: Curva Granulométrica Agregado 3/8" Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava ½"
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : GRANULOMETRIS (ASTM D75).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 6: Análisis Granulométrico Grava de 1/2" Pintag

Peso inicial : 5115.7 gr.

TAMICES		PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO PASA TOTAL
plg.	mm.	gr.	gr.			
N° 3/4"	19.05	0	0	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.7	1651.5	1651.5	32.28	32.28	67.72
N° 3/8"	9.5	1155	2806.5	22.58	54.86	45.14
N° 4	4.76	1605	4411.5	31.37	86.24	13.76
N° 8	2.36	318.5	4730	6.23	92.46	7.54
N° 16	1.18	112	4842	2.19	94.65	5.35
N° 30	0.6	42	4884	0.82	95.47	4.53
N° 50	0.3	41.5	4925.5	0.81	96.28	3.72
N° 100	0.15	40.5	4966	0.79	97.07	2.93
N° 200	0.075	33	4999	0.65	97.72	2.28
Pasante N °200	< 0,075	116.67	5115.67	2.28	100.00	0.00
		5115.67		100	847.038	

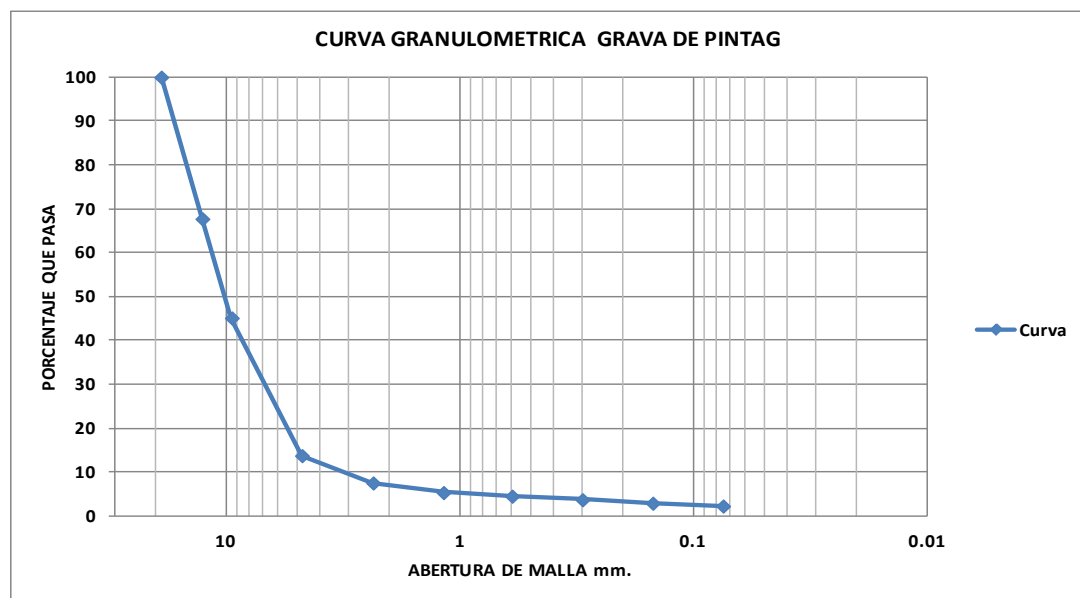


Figura 21: Curva Granulométrica Grava de Pintag

3.3. Equivalente de Arena. (ASTM D2419).

Este es un ensayo muy sencillo el cual se lo puede realizar en agregados finos como arenas así como en suelos, la finalidad de este ensayo es tener un valor relativo de la cantidad de material fino presente en la muestra, se lo puede realizar de manera muy rápida en campo para tener un resultado inmediato.

Se recomienda realizar al menos dos veces el ensayo y se presenta un valor promedio de los resultados.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado Fino de la mina de Pintag.
- Agregado Fino de la mina de Guayllabamba.
- Cilindro graduado de plástico, con diámetro interior de 31.75 ± 0.381 mm ($1\frac{1}{4} \pm 0.015$ ") y altura de 431.8 mm (17") aproximadamente, graduado en espacios de 2.54 mm (0.1"), desde el fondo hasta una altura de 381 mm (15").
- Tapón macizo de caucho.
- Tuvo irrigador. 61
- Tubo flexible de plástico.
- Un botellón de 3.785 litros.
- Dispositivo para tomar lecturas.
- Recipiente metálico.

- Embudo de boca ancha.
- Cronómetro.
- Tamiz N° 4.
- Solución (Cloruro de Calcio).

PROCEDIMIENTO

Se debe seleccionar la muestra a ensayar tratando de tomar lo más representativa posible, si existiesen terrones hay que desmenuzarlos y mezclar muy bien para no afectar los resultados.

Posteriormente tamizar la muestra en el tamiz de 4.75 mm (No.4), verter la solución de trabajo de cloruro de calcio en el cilindro graduado, hasta una altura de 101.6 con un margen de error de ± 2.54 mm (4 ± 0.1 ").

Con ayuda del embudo, se vierte la muestra de 50 gr aproximadamente de arena en el cilindro graduado. Golpear el fondo del cilindro con la palma de la mano para liberar las el aire y dejar en reposo durante 10 ± 1 minuto.



Figura 22: Proceso de vertido del Arena para el Equivalente de Arena

Después de diez minutos, tapar el cilindro con el tapón y dejar el material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo a la vez.

Después de soltar el material del fondo, agitar el cilindro, hasta completar 100 ciclos en un minuto. Inmediatamente después de la agitación se coloca verticalmente el cilindro en la mesa y se retira el tapón.

A continuación realizamos un proceso de irrigación el mismo que consiste en llenar el tubo graduado de tal manera que las partículas del agregado que están en las paredes del tubo bajen a la parte inferior y se produzca una decantación del material, así las partículas más gruesas se quedan en la parte inferior y lo más fino se queda en la parte superior.

Se debe llenar el tubo hasta una marca está ubicada a 15” desde la base del tubo graduado.

Dejar reposar el cilindro inmediatamente después de la irrigación por 20 minutos \pm 15s.

Al finalizar los 20 minutos tomar la medida de la parte superior de la suspensión arcillosa. Esto se denomina “Lectura de Arcilla”.



Figura 23: Lectura de Arcilla

Después de tomar esta lectura, introducir dentro del tubo graduado la varilla con el disco y el sobrepeso con mucho cuidado de tal manera que

lleguen sobre la arena, Cuando el conjunto toca la arena, leer y anotar el valor de la ranura del tornillo, la cual se denominará “Lectura de Arena”.



Figura 24: Toma de la Lectura del Equivalente de Arena

FORMULAS Y CALCULOS TÍPICOS

A: Lectura de arena

B: Lectura de arcilla

C: Nivel de arcilla

D: Equivalente de arena

$$C=A-B$$

D: Desgaste del material.

$$D=(C/A)*100$$

Donde:

A= 13,4”

$$B = 4''$$

$$C = 13,4'' - 4'' = 9,4''$$

$$D = (9,4/13,4) * 100 = 70,14\%$$


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Arena triturada.
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA. (ASTM D2419).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 7: Equivalente de Arena Pintag

EQUIVALENTE DE ARENA			
A	Lectura de arena	13.4	15.142
B	lectura de arcilla	4	4,2
C=A-10	Nivel de arcilla	9.4	10.34
D=(C/A)*100	Equivalente de arena (%)	70.1492537	68.2868842
	Equivalente de arena (%)	70	68
	Equivalente de arena promedio (%)	69	


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Arena de Río.
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : EQUIVALENTE DE ARENA. (ASTM D2419).
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 8: Equivalente de Arena Guayllabamba

EQUIVALENTE DE ARENA			
A	Lectura de arena	13.3	13.2
B	lectura de arcilla	3.8	3.6
C=A-10	Nivel de arcilla	9.5	9.6
D=(C/A)*100	Equivalente de arena (%)	71.4285714	72.7272727
	Equivalente de arena (%)	72	73
	Equivalente de arena promedio (%)	72.5	

3.4. Ensayo para hallar el Índice de Plasticidad.

3.4.1. Determinación del Limite Plástico (ASTM D4313)

El ensayo consiste en hallar el límite plástico (LP) de un material fino, en este caso arena de las diferentes canteras de Pintag y Guayllabamba.

Se define el límite plástico como un porcentaje de humedad de la muestra que ha producido un cuerpo cilíndrico de aproximadamente 3,2 mm (3/8") de diámetro, al ser rodado sobre una superficie plana y lisa (vidrio), con la palma de la mano sin que se rompa o desmorone. Es decir, un porcentaje de humedad que límite el estado plástico del estado resistente semisólido.

En resumen el índice de plasticidad de la muestra es la diferencia numérica que existe entre límite líquido y el límite plástico del suelo.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado fino (arena) de la mina de Pintag.
- Agregado fino (arena) de la mina de Guayllabamba.
- Balanza A \pm 0.1gr.
- Horno.
- Tamices (Nº4).
- Capsulas de metal.

- Un vidrio.
- Un vidrio.
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO

- Se deben tomar 30 gr de muestra sea pasante del tamiz de 4,25 mm (No. 40), se deja secar la muestra, a continuación debe ser mezclada con agua destilada de tal manera que se forme una masa que nos permita hacer los cuerpos cilíndricos sobre la superficie plana y lisa, lo más recomendable es sobre un vidrio.
- Se toma la parte de la masa que hemos formado, sobre la palma formamos un elipsoide el cual colocaremos sobre el vidrio y formaremos los cilindros.
- Las barras de agregado cilíndricas deben ser lo más uniformes posible en toda su longitud.
- Si el diámetro de los cilindros mide menos de 3mm y no se presentan fisuras se unen los pedazos y se amasa nuevamente y se repite el proceso las veces que sean necesarias.

- El ensayo concluye cuando las barras cilíndricas se comienzan a fisurar y agrietar al alcanzar los 3 mm.
- A continuación se recogen todas la barras que hemos fabricado y se las coloca en un recipiente previamente medido para pesarse con una balanza de de precisión de 0,01gr se toma el peso de las barras y se coloca en el horno a secar hasta obtener un peso constante, una vez estén secas se pesa nuevamente y se saca el porcentaje de humedad.

Arena de Pintag.



Figura 25: Pasta con arena de Pintag



Figura 26: Arena de Pintag para Límite Líquido

Arena de Guayllabamba



Figura 27: Pasta con arena de Guayllabamba



Figura 28: Arena de Guayllabamba para Límite Líquido

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

El límite plástico se calcula como un porcentaje de humedad de la muestra cuya expresión es:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} * 100$$

RESULTADOS

Tras varios intentos y con diferentes porcentajes de humedad se concluye que el agregado fino de Guayllabamba y así como el de Pintag son materiales no plásticos.

3.4.2. Determinación del Límite líquido (AASHTO T89)

El límite líquido de un material (LL) es el contenido de agua presenta la muestra cuando esta pasa de un estado líquido a un estado plástico.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado fino (arena) de la mina de Pintag.
- Agregado fino (arena) de la mina de Guayllabamba.
- Balanza A ± 0.1 gr.
- Horno.
- Tamices (Nº4).
- Capsulas de metal.
- Copa de Casagrande.
- Agua destilada.

PROCEDIMIENTO

Para este ensayo de debe tomar de 50 60 gramos de material sea pasante del tamiz de 4,25 mm (NO. 40) y se lo coloca en una capsula.

A continuación debe ser humedecido un agua destilada con una cantidad suficiente que permita amasar y formar una sustancia uniforme y homogénea.

Cuando se logra una pasta homogénea se coloca con una espátula en la copa de bronce del aparato, se debe colocar un espesor aproximado de 10mm.

Se toma el acanalador y se forma un canal longitudinal de tal manera se vea una muesca de 2mm al fondo de la copa. Accionamos la manivela a una velocidad de 2 vueltas por segundo, de esta manera se cierra la muesca del fondo de la copa, se debe contar el número de golpes que da la copa en contra de la base del aparato.

Se retira la muestra de la copa y se repite este proceso al menos una vez más. Se recoge la muestra de la copa y se la pone en una capsula previamente tarada y se toma el peso, a continuación metemos la capsula al horno hasta obtener un peso constante.

Una vez que el material este seco se toma el peso nuevamente y se saca el porcentaje de humedad tenia la muestra.

Se debe repetir el proceso procurando la muesca se cierre con 25 golpes.



Figura 29: Ensayo en la copa de Casa Grande con material de Pintag



Figura 30: Ensayo en la copa de Casa Grande con material de Guayllabamba

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

El contenido de agua de la muestra deberá ser expresada como el contenido de humedad y este se lee en porcentaje del peso del suelo secado al horno, para lo cual se utiliza la siguiente expresión:

$$\text{Límite Líquido} = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} * 100$$

RESULTADOS

Tras varios intentos y con diferentes porcentajes de humedad se concluye el agregado fino de Guayllabamba y así como el e Pintag presentan con Limite Líquido equivalente a cero.

3.4.3. Abrasión. (ASTM C131).

Este ensayo se lo realiza para saber la resistencia que tiene el material al desgaste, se trata de simular una carga abrasiva la cual al estar en contacto directo con el agregado mineral fractura las superficies del agregado de tal manera que al final se obtiene un porcentaje de desgaste.

Este ensayo solo se lo realiza en los agregados gruesos ya que no tendría caso hacerlos en arenas en las cuales tenemos material muy fino aun más pequeño que el tamiz numero 200, de este ensayo podemos tener una referencia de la dureza del agregado con el vamos a trabajar.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado de 1/2", 3/8" de la mina de Pintag.
- Agregado de 1/2", 3/8" de la mina de Guayllabamba.
- Balanza A \pm 0.1gr.
- Horno.
- Tamices (1/2", 3/8" y N°12).
- Máquina de los Ángeles.
- Esferas de acero de diámetro 46.38mm y peso 390gr.

PROCEDIMIENTO

Para realizar este ensayo se debe tomar en cuenta que los agregados deben estar previamente lavados para que no exista la presencia de material fino el cual puede alterar los resultados del ensayo, además de debe secar en el horno hasta que el peso sea constante.

La norma nos indica que en total se debe ensayar 5 kilos de agregado grueso para lo cual se debe tomar previamente 2,5 kilos de agregado de 1/2" y 2,5 kilos de agregado de 3/8" con el fin de mezclarlos y obtener los 5 kilos.



Figura 31: Agregado limpio para Ensayo de Abrasión

Una vez obtenida la muestra a ensayar, se coloca en la Máquina de los ángeles, se introducen las esferas de acero y se procede a accionar el mecanismo para un total de 500 revoluciones en un tiempo aproximado de 15 minutos.

Posteriormente se saca la muestra de la máquina con mucho cuidado y se procede a tamizar utilizando el tamiz número 12 de esta manera el material pasante es rechazado y el retenido se lava para eliminar todo el agregado fino pegado en las superficies de los agregados.

Se seca el material en el horno hasta obtener un peso constante y se pesa, con los resultados se procede a calcular el porcentaje de desgaste del material y con este se puede estimar una dureza aproximada.



Figura 32: Máquina de los Ángeles



Figura 33: Material retenido en el Tamiz N°12



Figura 34: Material pasante del Tamiz N°12

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

A: peso del material antes del ensayo.

B: peso del material no desgastado después del ensayo.

C: perdida del desgaste.

D: desgaste del material.

$$C=A-B$$

$$A = 5000 \text{ gr}$$

$$B = 3501.15 \text{ gr}$$

$$C = 5000 \text{ gr} - 3501.15 \text{ gr} = 1499.35 \text{ gr}$$

$$D = (1499.35 / 5000) * 100 = 29.98\%$$

RESULTADOS


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava 1/2" 3/8"
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : ABRACIÓN (ASTM C131)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 9: Desgaste por Abrasión Guayllabamba

DESGASTE POR ABRACIÓN AASHTO T 96		
A	Peso del material antes del ensayo (g)	5000.5
B	Peso del material no desgastado despues del ensayo (g)	3501.15
C=A-B	Pérdida por desgaste (g)	1499.35
$D=(C/A)*100$	Desgaste del material (%)	29.9840016


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava 1/2" 3/8"
UBICACIÓN : Pintag
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

ENSAYO : ABRACIÓN (ASTM C131)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León

Tabla 10: Desgaste por Abrasión Pintag

DESGASTE POR ABRACIÓN AASHTO T 96		
A	Peso del material antes del ensayo (g)	5000
B	Peso del material no desgastado despues del ensayo (g)	3669.5
C=A-B	Pérdida por desgaste (g)	1330.5
$D=(C/A)*100$	Desgaste del material (%)	26.61

3.5. Peso Específico.

3.5.1. Peso Específico y Absorción Agregado Fino (ASTM D-128)

El objetivo principal de este ensayo es determinar el peso específico aparente, así como la cantidad de agua que puede absorber el agregado fino cuando es sumergido por un periodo de 24 horas la misma que se expresa como un porcentaje en peso.

El peso específico aparente es la relación entre el peso al aire que tiene el agregado sólido y el peso del agua correspondiente a su volumen aparente del mismo.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado fino de la mina de Guayllabamba.
- Agregado fino de la mina de Pintag.
- Balanza A ± 0.01 gr.
- Tamiz N° 4.
- Matraz aforado.
- Bandeja de metal.
- Bomba de vacíos.

PROCEDIMIENTO:

Se procede a homogenizar la muestra eliminando el material de tamaño superior a los 4.75 mm (tamiz No.4), se selecciona una cantidad aproximada de 1000gr, a continuación se sumerge la muestra en agua durante 24 ± 4 horas.

Después de este periodo se pone la muestra cuidadosamente sobre la bandeja metálica con mucho cuidado para lo finos presenta el agregado no se pierdan.

A continuación se dirige la bandeja para que se seque al ambiente, se recomienda secar en un lugar donde le llegue el sol, se debe controlar todo el tiempo este proceso de secado para que no exceda y agitar continuamente para sea uniforme.

Cuando se logra el estado óptimo del material se introduce en el picnómetro previamente tarado, 500.0 g del agregado fino, y se le añade agua hasta aproximadamente un 90 por ciento de su capacidad, para la eliminación de burbujas de aire se somete el picnómetro a la bomba de vacío por 10 minutos hasta observar ya no existan burbujas, si aun existieran, prolongar este proceso hasta no se visualicen.

Por último se saca todo el material del picnómetro con el mayor cuidado posible sin desperdiciar nada para secarlo en el horno hasta obtener un peso constante, el cual luego se debe tomar para realizar los cálculos respectivos.



Figura 35: Arena lista para Peso Específico



Figura 36: Picnómetro lleno para ensayo de peso específico con arena de Pintag

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

A: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

C: Peso de la muestra seca.

D: Peso de frasco lleno de agua.

E: Peso del frasco lleno con la muestra saturada.

γ : Peso Específico del agua a la temperatura se realizo el ensayo.

Peso específico del material impermeable de las partículas:

$$(C/C+D-E) * \gamma$$

Peso específico de partículas saturadas con superficie seca:

$$(A/A+D-E) * \gamma$$

Peso específico de las partículas secas: $(C/A+D-E) * \gamma$

Absorción de agua: $(A-C/C) * 100$

Donde:

A: 500 [gr].

C: 475.64 [gr].

D: 663.67 [gr].

E: 965.38 [gr].

γ : 0.998

Peso específico del material impermeable de las partículas.

$$\left(\frac{475,64}{475,64+663,67-965,38} \right) * 0,998 = 2,73 [g/cm^3]$$

Peso específico de las partículas saturadas con superficie seca.

$$\left(\frac{500}{500+663,67-965,38} \right) * 0,998 = 2,52 [g/cm^3]$$

Peso específico de las partículas secas.

$$\left(\frac{475,64}{500+663,67-965,38}\right) * 0,998 = 2,39[g/cm^3]$$

Absorción de agua.

$$\left(\frac{500-475,64}{475,64}\right) * 100 = 5,12\%$$


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado **ENSAYO** : Peso específico de agregado Fino (ASTM D-128)
MATERIAL : Arena de Río. **RESPONSABLES** : Carlos Curco, Byron León
UBICACIÓN : Guayllabamba. **RECEPCIÓN** : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 11: Peso Específico Arena Guayllabamba

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO

ARENA DE GUAYLLABAMBA

A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	(g)	500.00
C	PESO DE LA MUESTRA SECA	(g)	475.64
D	PESO DEL FRASCO LLENO DE AGUA	(g)	663.67
E	PESO DEL FRASCO LLENO CON LA MUESTRA SATURADA	(g/cm ³)	965.38
γ	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.998
$(C/C+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL IMPERMEABLE DE LAS PARTÍCULAS	(g/cm ³)	2.73
$(A/A+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SATURADAS CON SUPERFICIE SECA	(g/cm ³)	2.52
$(C/A+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	(g/cm ³)	2.39
$(A-C/C)*100$	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	5.12

 OBSERVACIONES _____


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado **ENSAYO** : Peso específico de agregado Fino (ASTM D-128)
MATERIAL : Arena triturada. **RESPONSABLES** : Carlos Curco, Byron León
UBICACIÓN : Pintag. **RECEPCIÓN** : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 12: Peso Específico Arena Pintag

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO FINO

ARENA DE PINTAG

A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	(g)	500.00
C	PESO DE LA MUESTRA SECA	(g)	474.50
D	PESO DEL FRASCO LLENO DE AGUA	(g)	663.78
E	PESO DEL FRASCO LLENO CON LA MUESTRA SATURADA	(g/cm ³)	957.16
γ	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.998
$(C/C+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL IMPERMEABLE DE LAS PARTÍCULAS	(g/cm ³)	2.61
$(A/A+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SATURADAS CON SUPERFICIE SECA	(g/cm ³)	2.42
$(C/A+D-E)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	(g/cm ³)	2.29
$(A-C/C)*100$	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	5.37

 OBSERVACIONES _____

3.5.2. Peso Específico y Absorción Agregado Grueso (ASTM D-127).

Este ensayo se utiliza para determinar los pesos específicos de los agregados aparente y nominal, además podemos tener un valor de la absorción de los agregados después de ser sumergidos durante 24 horas. Se debe tomar en cuenta el material que pase por el tamiz 4.75 mm (Tamiz No.4) debe ser rechazado.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Agregado grueso de 1/2" y 3/8" la mina de Guayllabamba.
- Agregado grueso de 1/2" de la mina de Pintag.
- Balanza A ± 0.01 gr.
- Tamiz No.4.
- Dispositivo de suspensión.
- Bandejas metálicas.
- Canastilla metálica.
- Franela.

PROCEDIMIENTO

Se comienza por cuartear la muestra para al iniciar el ensayo al tener un tamaño máximo nominal de 1/2" se trabaja con un cantidad de 2 Kg y para el agregado de 3/8" aproximadamente 1Kg.

Adicionalmente a eso se debe tamizar en con el tamiz de 4.75 mm. (No. 4), el pasante es desechado. A continuación se procede a secar el material en el horno hasta mantener un peso constante en el horno a una temperatura de 100°C a 110°C.

Una vez que se tiene un peso constante se sumerge la muestra por 24 ± 4 horas, para el agregado absorba todo el líquido que pueda.

Al día siguiente después del tiempo de sumergido se vierte el material sobre la bandeja metálica y con un paño se seca las superficies de los agregados de una manera muy rápida para evitar la evaporación del agua, A continuación, se determina el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca (S.S.S.).

Para finalizar el ensayo se realiza el peso sumergido de la muestra para lo cual se requiere una canastilla metálica la cual va pendiente de la balanza, se debe dejar estabilizar por 15 minutos aproximadamente.



Figura 37: Agregado Grueso para ensayo de Peso Específico



Figura 38: Agregado Grueso sumergido Para Peso Específico

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

A: Peso de la muestra saturada con superficie seca.

B: Peso en el agua de la muestra saturada.

C: Peso de la muestra seca.

γ : Peso Específico del agua a la temperatura se realizo el ensayo.

Peso específico del material impermeable de las partículas: $(C/C-B) * \gamma$

Peso específico de partículas saturadas con superficie seca: $(A/A-B) * \gamma$

Peso específico de las partículas secas: $(C/A-B) * \gamma$

Absorción de agua: $(A-C/C) * 100$

Donde:

A: 2000 [gr].

B: 1155,78 [gr].

C: 1921,30 [gr].

γ : 0.998

Peso específico del material impermeable de las partículas.

$$\left(\frac{1921,30}{1921,30 - 1155,78} \right) * 0,998 = 2,507 [g/cm^3]$$

Peso específico de las partículas saturadas con superficie seca.

$$\left(\frac{2000}{2000 - 1155,78} \right) * 0,998 = 2,366 [g/cm^3]$$

Peso específico de las partículas secas.

$$\left(\frac{1921,30}{2000 - 1155,78} \right) * 0,998 = 2,27 [g/cm^3]$$

Absorción de agua.

$$\left(\frac{2000 - 1921,30}{1921,30} \right) * 100 = 4,10\%$$



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava.
UBICACIÓN : Guayllabamba.

ENSAYO : Peso específico de agregado Grueso (ASTM D-127)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 13: Peso Específico Grava Guayllabamba

<p>DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO</p>

GRAVA DE GUAYLLABAMBA

A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	(g)	1196.61
B	PESO EN EL AGUS DE LA MUESTRA SATURADA	(g)	732.20
C	PESO DE LA MUESTRA SECA	(g)	1165.61
γ	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.9988
$(C/C-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL IMPERMEABLE DE LAS PARTÍCULAS	(g/cm ³)	2.686
$(A/A-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SATURADAS CON SUPERFICIE SECA	(g/cm ³)	2.574
$(C/A-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	(g/cm ³)	2.51
$(A-C)/C*100$	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	2.66



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Grava.
UBICACIÓN : Pintag.

ENSAYO : Peso específico de agregado Grueso (ASTM D-127)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 14: Peso Específico Grava Pintag

DETERMINACIÓN DE PESOS ESPECÍFICOS Y ABSORCIÓN DE AGUA DEL AGREGADO GRUESO			
---	--	--	--

GRAVA DE PINTAG

A	PESO DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	(g)	2000.00
B	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	(g)	1155.78
C	PESO DE LA MUESTRA SECA	(g)	1921.30
γ	PESO ESPECÍFICO DEL AGUA A LA TEMPERATURA QUE SE REALIZÓ EL ENSAYO	(g/cm ³)	0.9988
$(C/C-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL IMPERMEABLE DE LAS PARTÍCULAS	(g/cm ³)	2.507
$(A/A-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SATURADAS CON SUPERFICIE SECA	(g/cm ³)	2.366
$(C/A-B)*\gamma$	PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS SECAS	(g/cm ³)	2.27
$(A-C/C)*100$	ABSORCIÓN DE AGUA	(%)	4.10

OBSERVACIONES _____

CAPITULO IV

ENSAYOS EN EL LIGANTE

4.1. Ensayo de Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92).

Este ensayo sirve para determinar el punto de inflamación del cemento asfáltico el cual se define como la temperatura más baja en la cual se separan las partículas volátiles del asfalto evidenciándose un destello de flama, en cambio el punto de combustión se presenta posterior al punto de inflamación y se debe registrar al producirse una flama con una duración no menor a 5 segundos

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Cemento Asfáltico AC-20
- Copa abierta de Cleveland.
- Termómetro digital.
- Cronómetro.
- Mechero de gas y soporte
- Guantes de cuero
- Gafas protectoras

PROCEDIMIENTO

Se llena la copa de Cleveland con asfalto hasta el límite marcado en el aparato, se coloca en la base del mechero y se procede a aplicar calor.



Figura 39: Asfalto vertido en la copa de Cleveland

Previamente se debe haber calibrado el mechero para el incremento de temperatura sea entre 14°C y 17°C por minuto hasta una temperatura aproximadamente 56°C menor al Punto de inflamación, aproximadamente unos 230°C , a continuación se reduce el flujo calórico hasta una razón de incremento de 5°C a 6°C por minuto, momento en el cual con ayuda del mechero auxiliar se procede a pasar lentamente por encima de la superficie de la copa de Cleveland cada vez la temperatura se incrementa 2°C .



Figura 40: Ensayo de Punto de Inflamación y Combustión

El punto de Inflamación es la lectura del termómetro al presentarse una llama en cualquier punto de la superficie de la muestra. Se debe tener precaución de no confundir la llama verdadera con el halo azulado que rodea la llama de ensayo.

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 15: Resultados de Inflamación y Combustión

INALTERADO		
CONCENTRACION	INFLAMACION	COMBUSTION
-	270	274

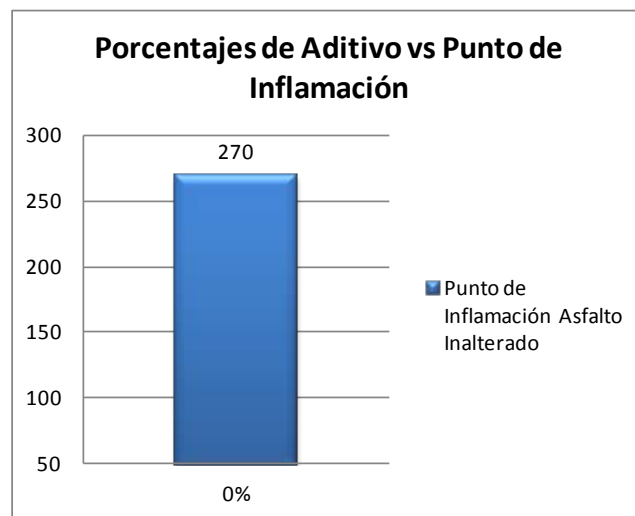


Figura 41: Inflamación en el Asfalto Virgen

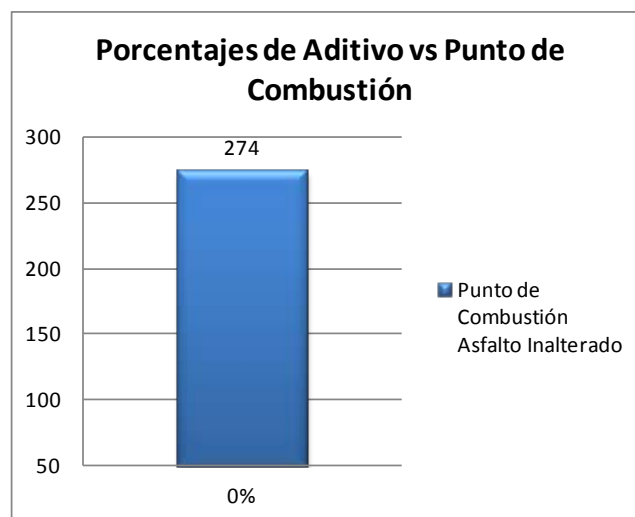


Figura 42: Combustión en el Asfalto Virgen



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 16: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "A"

ADITIVO A		
CONCENTRACION	INFLAMACION	COMBUSTION
0.50%	284	290
0.75%	282	286
1.00%	284	288

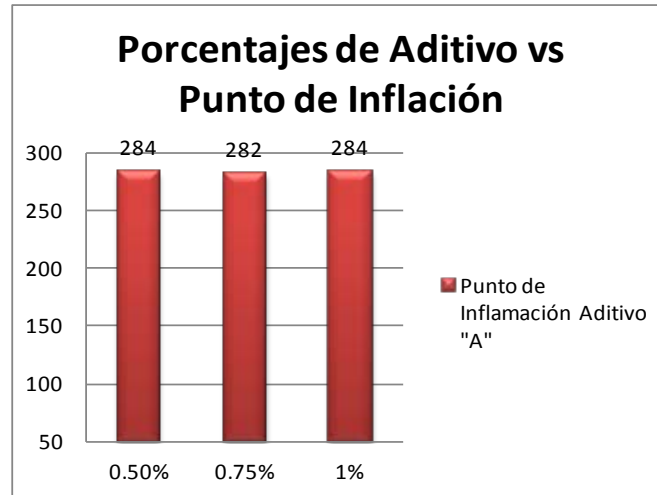


Figura 43: Inflamación con el Aditivo A

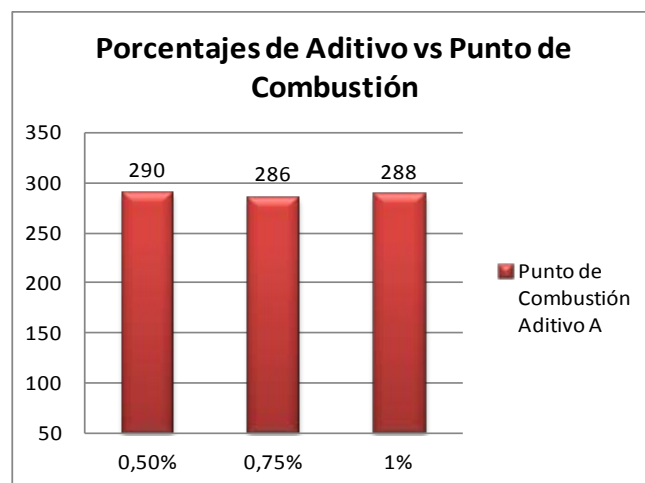


Figura 44: Combustión con el aditivo A



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 17: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "B"

ADITIVO B		
CONCENTRACION	INFLAMACION	COMBUSTION
0.50%	285	290
0.75%	282	290
1.00%	280	282

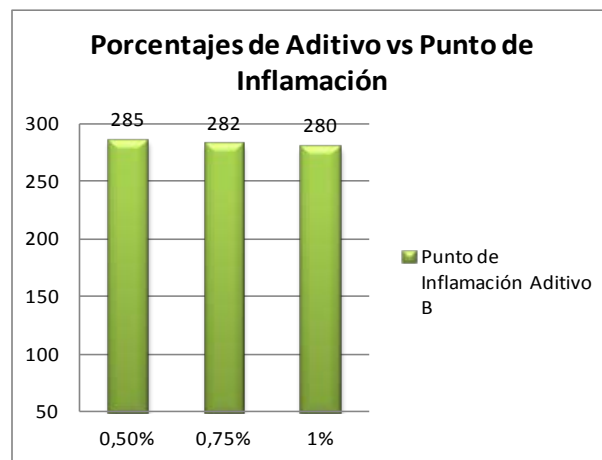


Figura 45: Inflamación con el aditivo B

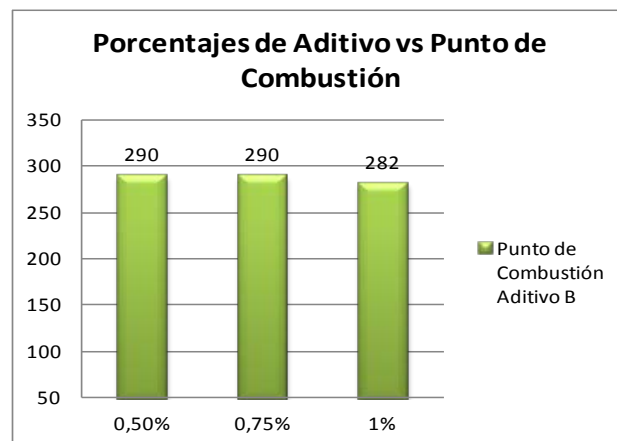


Figura 46: Combustión con el aditivo B



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Inflamación y Combustión (ASTM D-92)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 18: Resultados de Inflamación y Combustión Aditivo "C"

ADITIVO C		
CONCENTRACION	INFLAMACION	COMBUSTION
0.050%	275	281
0.075%	272	278
0.100%	270	276

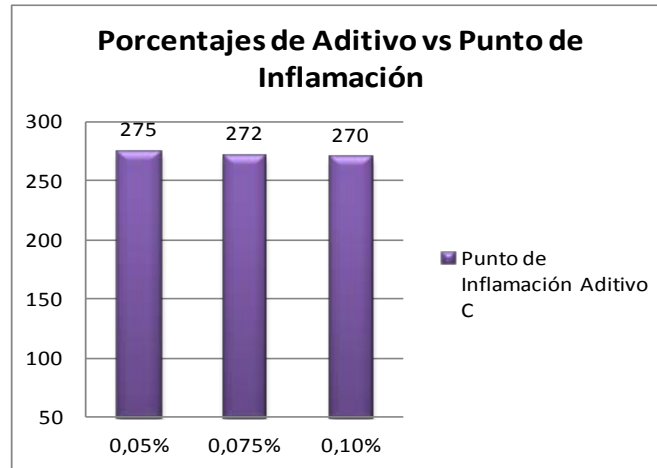


Figura 47: Inflamación con el aditivo C

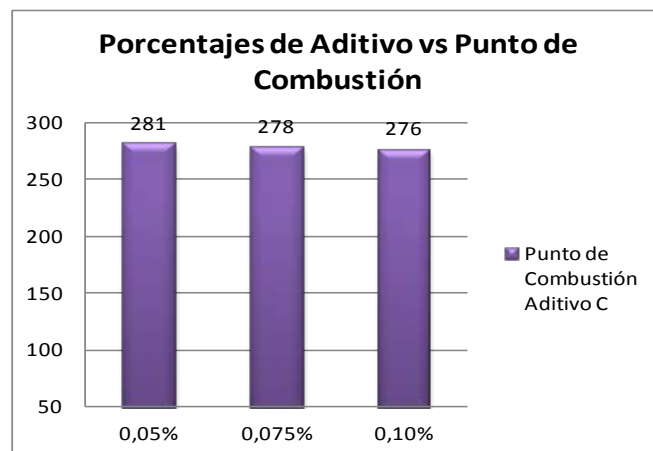


Figura 48: Combustión con el aditivo C

4.2. Ensayo de Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36)

Este procedimiento sirve para determinar el punto de reblandecimiento de un material bituminoso el mismo que por definición es la temperatura a la cual la muestra de cemento asfáltico se deforma producto de la aplicación del peso de una esfera metálica sobre ella y por el incremento de temperatura en un medio acuoso que cae hasta tocar el fondo del aparato de ensayo, situado a 2,54 cm. de altura

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Cemento Asfáltico AC-20.
- Agua destilada.
- Dos anillos de bronce.
- Esferas metálicas, Peso: 3,45 a 3,55 gr. Diámetro: 9,53 mm.
- Guías de centrado.
- Placa de bronce.
- Base de montaje para anillos de bronce.
- Recipiente de vidrio capacidad 1,0 lit.
- Mechero de gas y soporte.
- Termómetro digital.
- Cronómetro.
- Guantes de cuero.

PROCEDIMIENTO:

Figura 49: Anillos de Bronce para ensayo de Reblandecimiento

Se calientan en el horno tanto los anillos y placa de bronce como el cemento asfáltico con la finalidad éste adquiera una consistencia fluida para su uso.

Para evitar la adherencia del asfalto con la placa de bronce se coloca una pequeña cantidad de aceite, seguidamente se colocan los anillos sobre la placa y se procede a verter el asfalto líquido en el interior de ellos, teniendo cuidado de no sobrepasar la capacidad de los mismos, se pueden engrasar los anillos con la ayuda de un estilete o espátula caliente, se dejan enfriar las muestras por un lapso de treinta minutos, previo al ensayo.



Figura 50: Equipo Armado para ensayo de Reblandecimiento



Figura 51: Proceso del ensayo de Reblandecimiento

A continuación se arma el soporte de bronce, colocando las guías de centrado sobre los anillos con la muestra, y las esferas de metal, se proceden a llenar el vaso de vidrio con agua destilada y se introduce el soporte de bronce para la realización del ensayo.

Con la ayuda del mechero incrementamos la temperatura en un rango de $5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por minuto hasta que la esfera de metal toque la base del soporte de bronce, momento en el cual se registra la temperatura.

La diferencia de la simultaneidad de la caída de las esferas en el ensayo no puede variar en más de 1°C , caso contrario se vuelve a repetir el ensayo.



Figura 52: Fin del Ensayo de Reblandecimiento

FÓRMULAS Y CALCULOS TÍPICOS

Las fórmulas utilizadas son para obtener el promedio de los valores registrados en el ensayo

$$Pto. Rebl. = \frac{M1 + M2}{2}$$

Donde:

Pto. Rebl. = Promedio de las medidas del ensayo en [°C]

M1 = Medida esfera izquierda en [°C.]

M2 = Medida esfera derecha en [°C.]

CÁLCULO DEL PUNTO DE REBLANDECIMIENTO

$$Pto. Rebl. = \frac{56,3 + 56,5}{2}$$

$$Pto. Rebl. = \frac{112,8}{2}$$

$$Pto. Rebl. = 56,4^{\circ}C$$

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 19: Resultados de Reblandecimiento Asfalto Virgen

INALTERADO			
CONCENTRACION	MEDIDA	MEDIDA	PROMEDIO
-	53.4	54.1	53.75

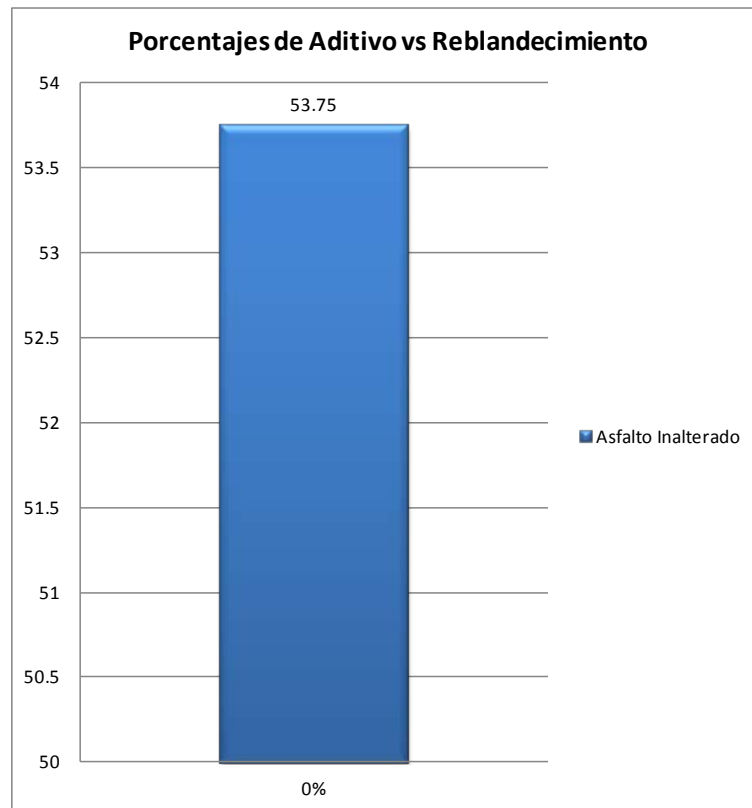


Figura 53: Reblandecimiento en Asfalto Virgen



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 20: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "A"

ADITIVO A			
CONCENTRACION	MEDIDA	MEDIDA	PROMEDIO
0.50%	56.3	56.5	56.4
0.75%	54.6	54.7	54.65
1.00%	55.6	55.8	55.7

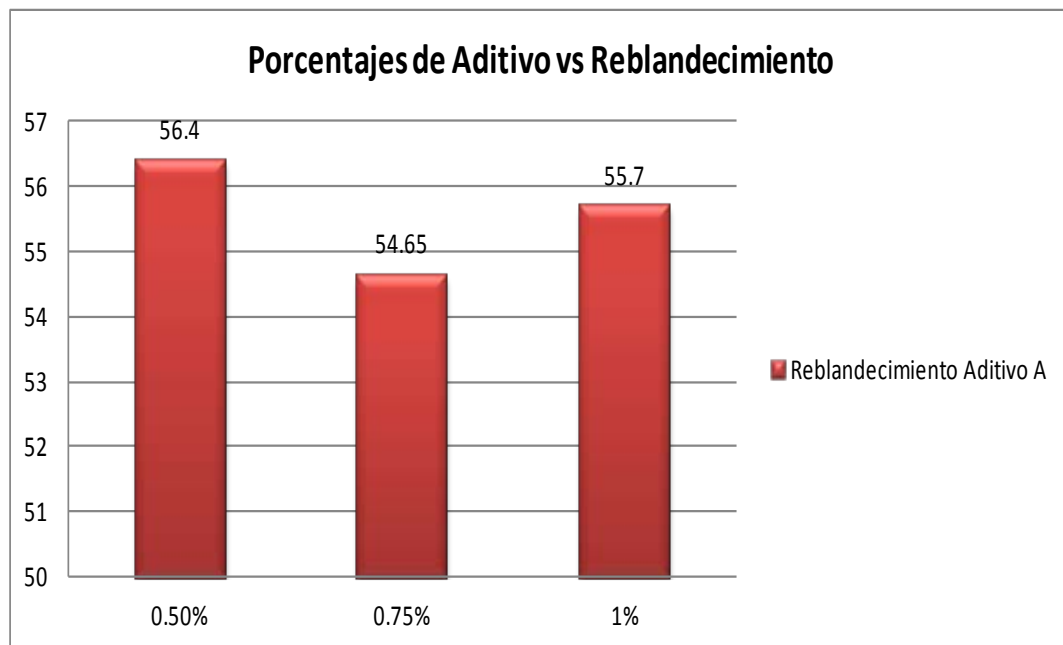


Figura 54: Reblandecimiento con el Aditivo A



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 21: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "B"

ADITIVO B			
CONCENTRACION	MEDIDA	MEDIDA	PROMEDIO
0.50%	54.9	55	54.95
0.75%	55.9	56.1	56
1.00%	53.1	53.3	53.2

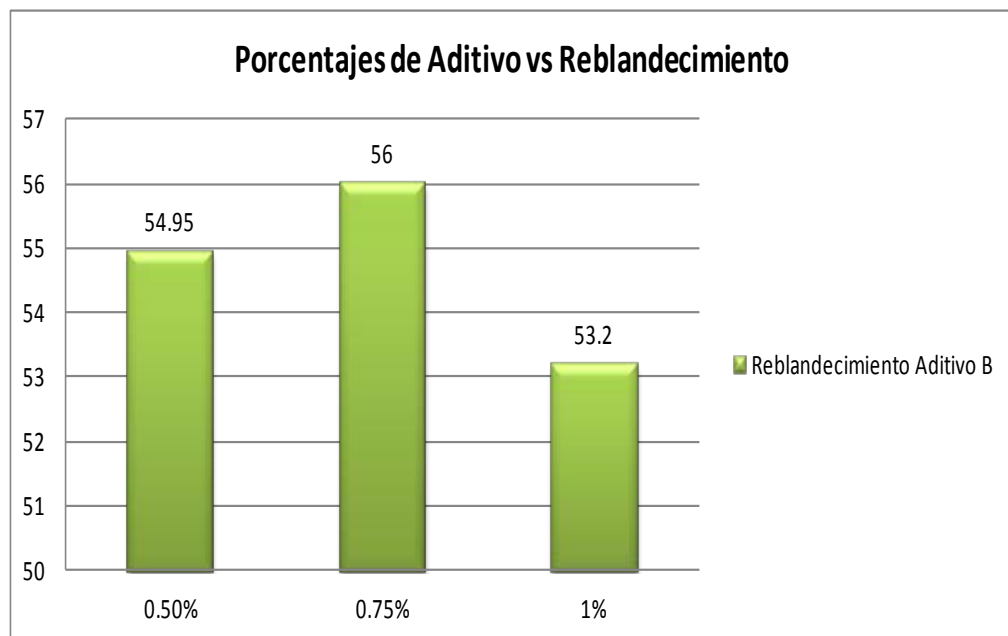


Figura 55: Reblandecimiento con el Aditivo B



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Punto de Reblandecimiento (ASTM D-36)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 22: Resultados de Reblandecimiento Aditivo "C"

ADITIVO C			
CONCENTRACION	MEDIDA	MEDIDA	PROMEDIO
0.050%	54.1	54.2	54.15
0.075%	54.4	54.6	54.5
0.100%	53	53.2	53.1

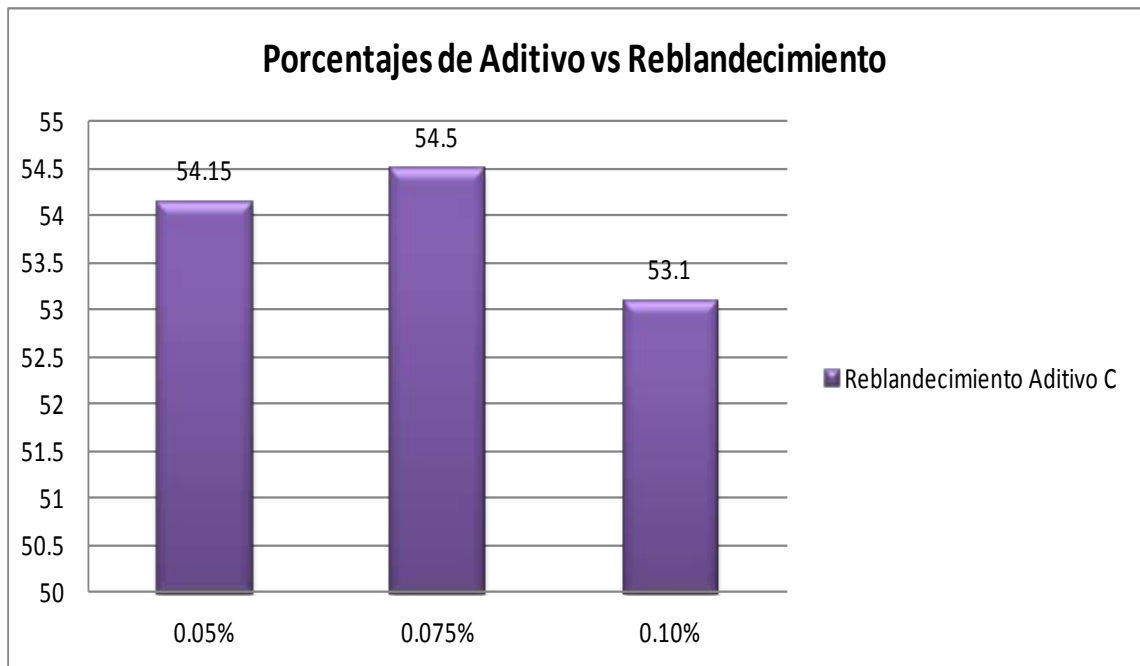


Figura 56: Reblandecimiento con el Aditivo C

4.3. Ensayo de Penetración (ASTM D-5)

La medida de la penetración es la cuantificación de la consistencia del asfalto, esta se expresa mediante la medida de la distancia vertical que atraviesa la aguja normada del aparato de ensayo sobre la muestra previamente calentada en baño maría a una temperatura determinada.

Normalmente el ensayo se estandariza con un peso total del vástago mas aguja más peso de carga igual a 100 gramos, una temperatura de 25°C y el tiempo de duración de la penetración de la aguja 5 segundos.

Al tratarse de una investigación acerca de la influencia e impacto los aditivos mejoradores de adherencia que ocasionan en el cemento asfáltico se decidió replicar por dos veces más el ensayo, pero con la variante que se incrementó la temperatura para unos valores de 30°C y 35°C.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Cemento Asfáltico AC-20.
- Agua destilada.
- Diesel.
- Horno.
- Baño María con regulador de temperatura manual.
- Penetrómetro estándar equipado con contador de tiempo automático.
- Aguja normada, vástago y peso de ensayo.

- Recipiente para asfalto
- Termómetro digital.
- Cronómetro.
- Lámpara.
- Guantes de nitrilo.
- Franela.

PROCEDIMIENTO

- Se calienta el asfalto en el horno, teniendo precaución de no exceder los 140°C para conservar las características intactas del material.
- Se coloca el asfalto en estado líquido en el recipiente destinado para el efecto, previendo que no se generen burbujas ni tampoco se incluya polvo u otros contaminantes que alteren el normal desarrollo del ensayo, necesariamente hay esperar un lapso de aproximadamente una hora y treinta minutos para la muestra se enfríe a temperatura ambiente.
- El Equipo de baño maría debe haber sido previamente calibrado para que el agua se encuentre a una temperatura de 25°C \pm 0,5°C, con lo cual se procede a sumergir totalmente los recipientes con asfalto, para lograr una uniformidad en la temperatura de toda la muestra se espera una hora y treinta minutos; mientras tanto se debe ensamblar el

penetrómetro con la aguja y el peso de ensayo requerido para este ensayo en este caso es igual a cien gramos, así mismo ajustamos el contador automático en un valor igual a cinco segundos.

- Al concluir el tiempo de calentado se coloca la muestra en el penetrómetro, ayudados con la lámpara ubicamos la aguja en el límite del espejo de asfalto que contiene el recipiente, se encera el aparato y se efectúa el ensayo que previamente fue calibrado en un tiempo de cinco segundos, el contador se encarga de detener el avance de la aguja automáticamente, con lo cual se procede medir la lectura de penetración en el aparato. Se repiten rápidamente dos ensayos más en la misma muestra, teniendo precaución de limpiar bien la aguja con el diesel y la franela.
- Se repiten los procedimientos anteriormente descritos para todas las muestras a las temperaturas de 30°C y 35°C.

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

Las fórmulas utilizadas son para obtener el promedio de los valores registrados en el ensayo

$$\text{Penetración} = \frac{M1+M2+M3+M4+M5}{5}$$

Donde:

Penetración = Promedio de las medidas del ensayo [*0,1 mm.]

M1 = Lectura del primer ensayo [*0,1 mm.]

M2 = Lectura del segundo ensayo [*0,1 mm.]

M3 = Lectura del tercer ensayo [*0,1 mm.]

M4 = Lectura del cuarto ensayo [*0,1 mm.]

M5 = Lectura del quinto ensayo [*0,1 mm.]

CALCULO DE LA PENETRACIÓN

$$Penetración = \frac{M1 + M2 + M3 + M4 + M5}{5}$$

$$Penetración = \frac{47 + 47 + 48 + 47 + 47}{5}$$

$$Penetración = \frac{236}{5}$$

$$Penetración = 47,2 *0,1 \text{ mm.}$$

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 23: Penetración Asfalto Inalterado a 25°C

INALTERADO		
TEMPERATURA:		25°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
-	V 1	47
		47
		48
		47
		47
		47.2

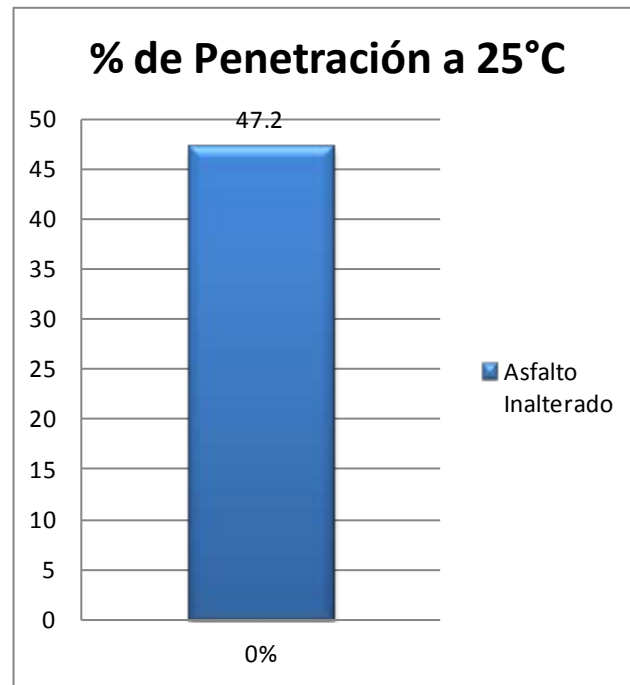


Figura 57: Penetración Asfalto Virgen a 25°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 24: Penetración Asfalto con Aditivo "A" a 25°C

ADITIVO A		
TEMPERATURA:		25°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	K 0,5	64
		64
		64
		62
		62
		63.2
0.750%	K 0,75	64
		63
		62
		64
		63
		63.2
1.000%	K 1	64
		64
		64
		63
		64
		63.8

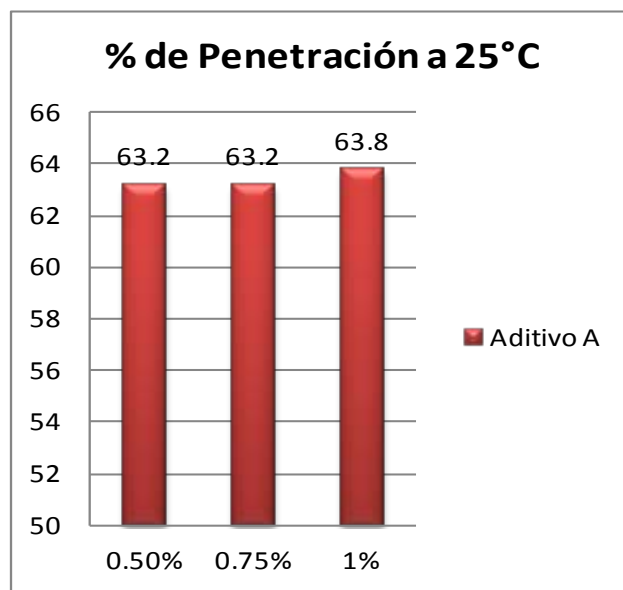


Figura 58: Penetración Aditivo "A" a 25°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 25: Penetración Asfalto con Aditivo "B" a 25°C

ADITIVO B		
TEMPERATURA:		25°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	ME 0,5	62
		63
		63
		62
		61
		62.2
0.750%	ME 0,75	64
		64
		63
		64
		64
		63.8
1.000%	ME 1	65
		65
		65
		65
		63
		64.6

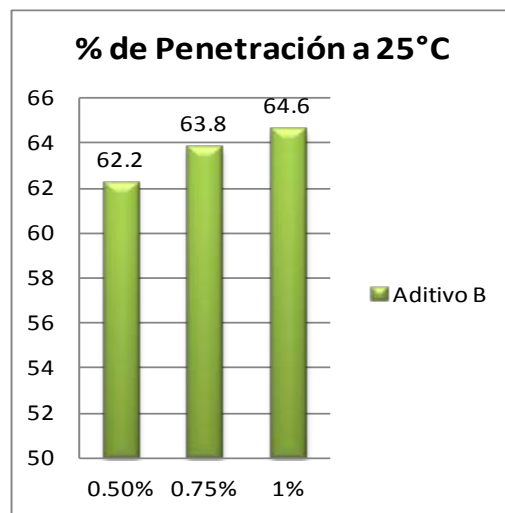


Figura 59: Penetración Aditivo "B" a 25°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 26: Penetración Asfalto con Aditivo "C" a 25°C

ADITIVO C		
TEMPERATURA:		25°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.050%	Z 0,05	53
		55
		54
		53
		53.8
0.075%	Z 0,075	55
		54
		55
		55
		54.8
0.100%	Z 0,1	55
		55
		54
		55
		54.4

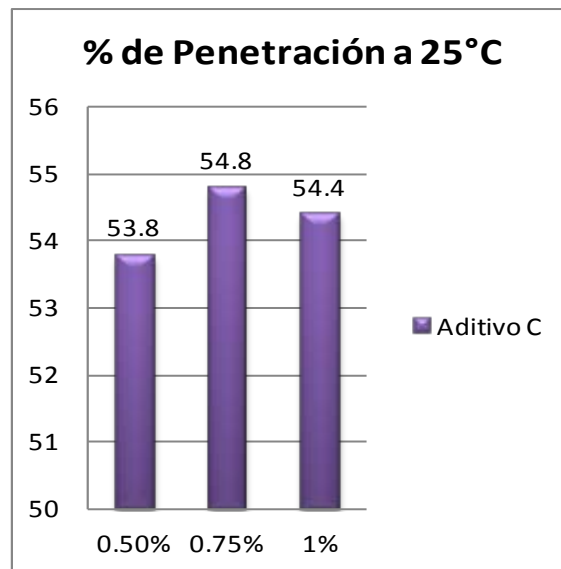


Figura 60: Penetración Aditivo "C" a 25°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 27: Penetración Asfalto Inalterado a 30°C

INALTERADO		
TEMPERATURA:		30°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
-	V 2	72
		74
		72
		74
		74
		73.2

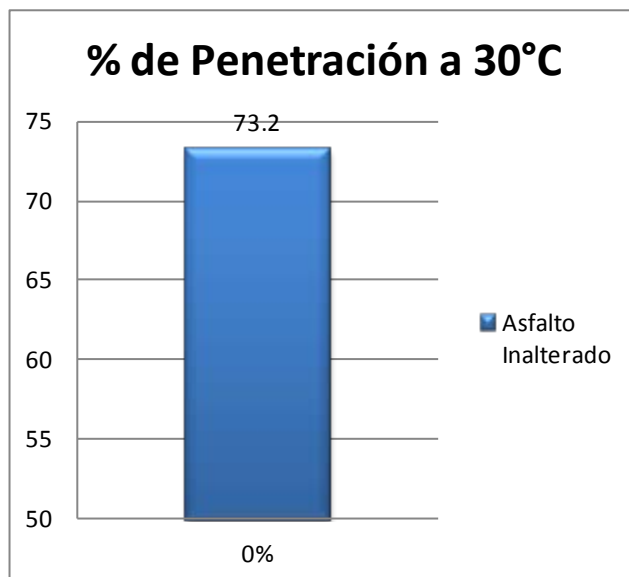


Figura 61: Penetración Asfalto Virgen a 30°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 28: Penetración Asfalto con Aditivo “A” a 30°C

ADITIVO A		
TEMPERATURA:		30°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	K 0,5	84
		84
		84
		85
		85
		84.4
0.750%	K 0,75	83
		83
		82
		83
		83
		82.8
1.000%	K 1	86
		88
		87
		88
		88
		87.4

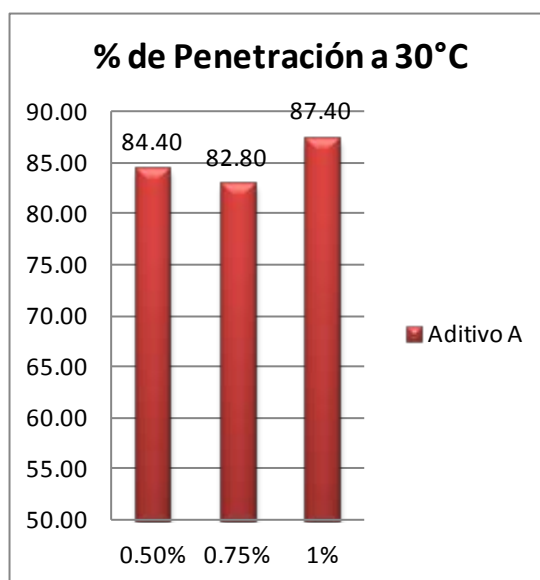


Figura 62: Penetración Aditivo “A” a 30°C


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

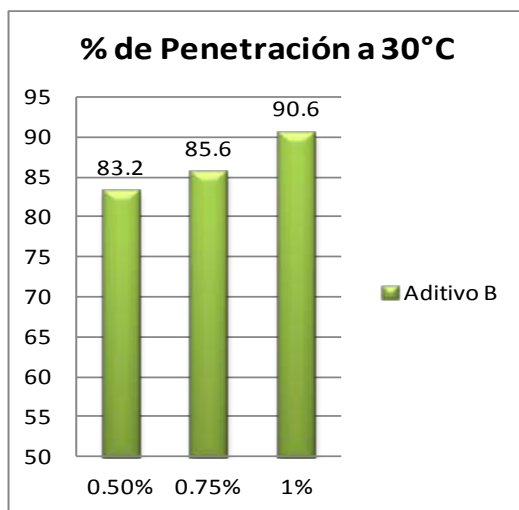
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 29: Penetración Asfalto con Aditivo “B” a 30°C

ADITIVO B		
TEMPERATURA:		30°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	ME 0,5	84
		83
		83
		83
		83
83.2		
0.750%	ME 0,75	85
		86
		86
		86
		85
85.6		
1.000%	ME 1	90
		91
		90
		90
		92
90.6		


Figura 63: Penetración Asfalto con Aditivo “B” a 30°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 30: Penetración Asfalto con Aditivo “C” a 30°C

ADITIVO C		
TEMPERATURA:		30°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.050%	Z 0,05	73
		75
		75
		73
		75
		74.2
0.075%	Z 0,075	80
		78
		80
		78
		80
		79.2
0.100%	Z 0,1	76
		78
		77
		76
		78
		77

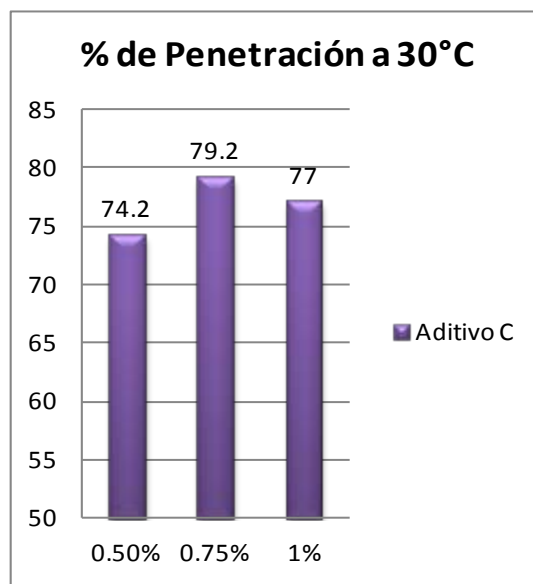


Figura 64: Penetración Asfalto con Aditivo “C” a 30°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 31: Penetración Asfalto Inalterado a 35°C

TEMPERATURA:			35°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA	
-	V 3		145
			144
			144
			145
			143
			144.2

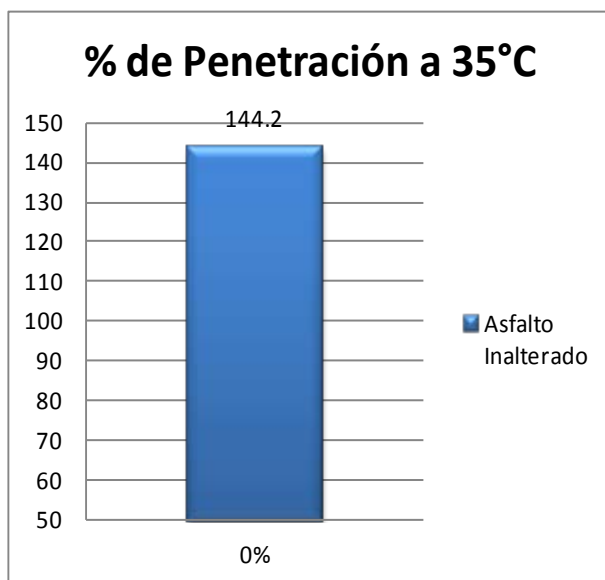


Figura 65: Penetración Asfalto Virgen a 35°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 32: Penetración Asfalto con Aditivo "A" a 35°C

ADITIVO A		
TEMPERATURA:		35°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	K 0,5	136
		134
		135
		136
		134
		135
0.750%	K 0,75	130
		130
		132
		130
		129
		130.2
1.000%	K 1	153
		150
		152
		150
		151
		151.2

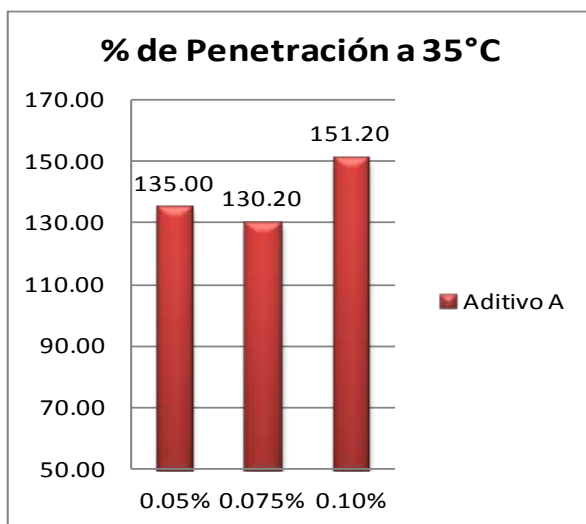


Figura 66: Penetración Aditivo "A" a 35°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 33: Penetración Asfalto con Aditivo "B" a 35°C

ADITIVO B		
TEMPERATURA:		35°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.500%	ME 0,5	143
		141
		142
		142
		141
		141.8
0.750%	ME 0,75	141
		139
		139
		140
		141
		140
1.000%	ME 1	150
		149
		152
		150
		151
		150.4

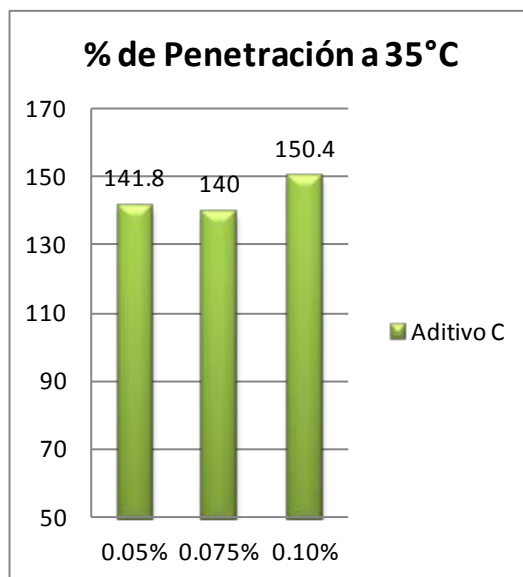


Figura 67: Penetración Aditivo "B" a 35°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Penetración (ASTM D-5)
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 34: Penetración Asfalto con Aditivo "C" a 35°C

ADITIVO C		
TEMPERATURA:		35°C
CONCENTRACION	TARA	MEDIDA
0.050%	Z 0,05	126
		127
		126
		127
		125
		126.2
0.075%	Z 0,075	126
		127
		128
		126
		126
		126.6
0.100%	Z 0,1	129
		129
		130
		129
		130
		129.4

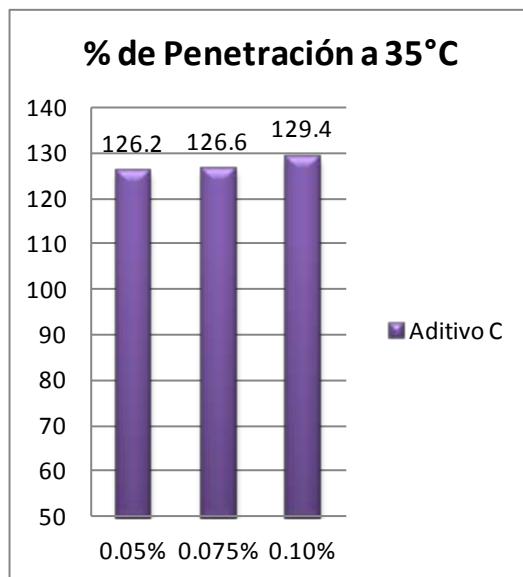


Figura 68: Penetración Aditivo "C" a 35°C

4.4. Índice de Penetración en Cementos Asfálticos

El reporte de este cálculo nos indica la susceptibilidad o grado de sensibilidad que presenta el asfalto a una variación de temperatura, y su comportamiento reológico. Se utilizan las medidas de los ensayos de penetración y de punto de reblandecimiento.

FORMULAS Y CALCULOS TIPICOS

$$A = 50 * \left(\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right)$$

$$IP = \frac{20 - 10A}{A + 1}$$

Donde:

Pen = Valor de la penetración en [0,1 mm.] a 25°C, con un peso d 100 gr. 5 seg. ensayo

Tab = Es el punto de reblandecimiento en °C, método de anillo y bola

IP= Índice de penetración

CALCULO DEL INDICE DE PENETRACION

$$A = 50 * \left(\frac{\log 800 - \log Pen}{Tab - 25} \right)$$

$$A = 50 * \left(\frac{\log 800 - \log 53,8}{54,15 - 25} \right)$$

$$A = 50 * \left(\frac{1,17}{29,15} \right)$$

$$A = 2,01$$

$$IP = \frac{20 - 10A}{A + 1}$$

$$IP = \frac{20 - 10 * 2,01}{2,01 + 1}$$

$$IP = -0,04$$

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Índice de Penetración
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 35: Resultados de Índice de Penetración IP

ASF.	CONCENTR. % PESO ASF.	PENETR. *0,1 mm.	P. REBL. °C	A	IP
INALT.	-	47,2	53,75	2,14	-0,44
ADIT. A	0,50%	63,2	56,4	1,76	0,89
	0,75%	63,2	54,65	1,86	0,49
	1,00%	63,8	55,7	1,79	0,76
ADIT. B	0,50%	62,2	54,95	1,85	0,52
	0,75%	63,8	56	1,77	0,82
	1,00%	64,6	53,2	1,94	0,21
ADIT. C	0,050%	53,8	54,15	2,01	-0,04
	0,075%	54,8	54,5	1,97	0,09
	0,100%	54,4	53,1	2,08	-0,25

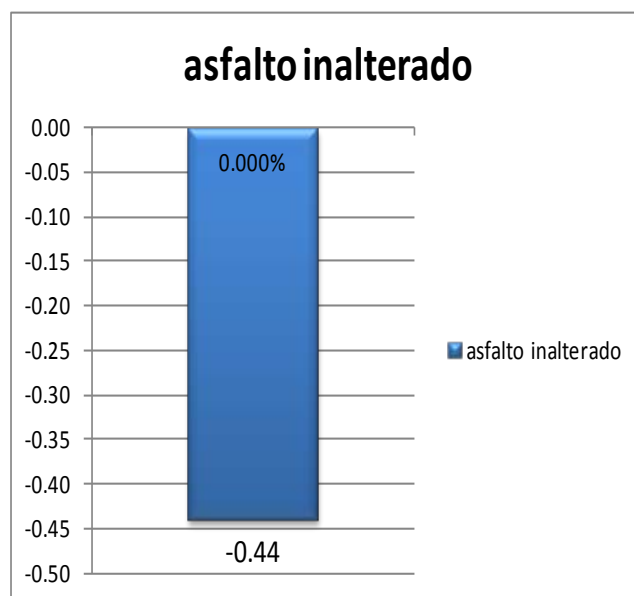


Figura 69: Índice de Penetración Aditivo “A” a 25°C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Asfalto AC-20
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Índice de Penetración
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

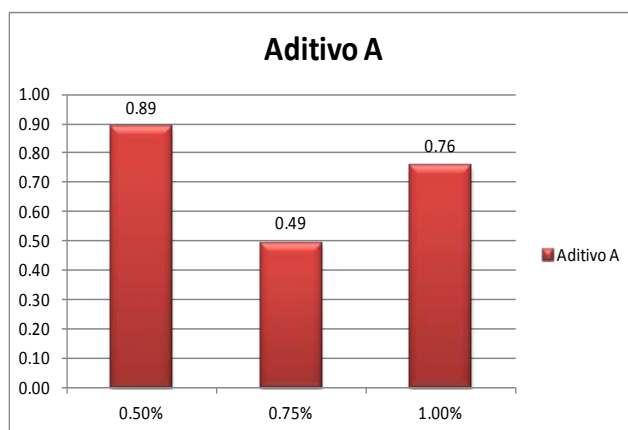


Figura 70: Índice de Penetración Aditivo “A” a 25°C

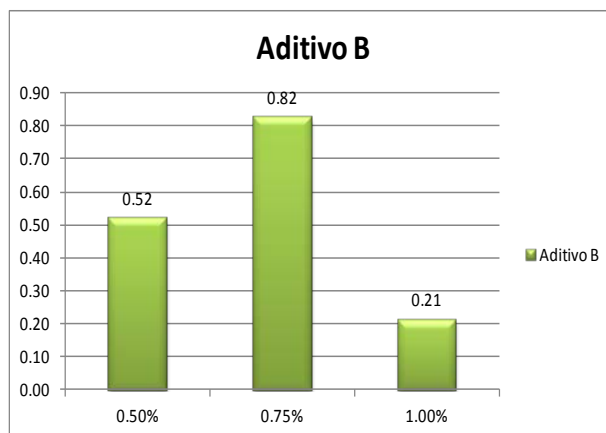


Figura 71: Índice de Penetración Aditivo “B” a 25°C

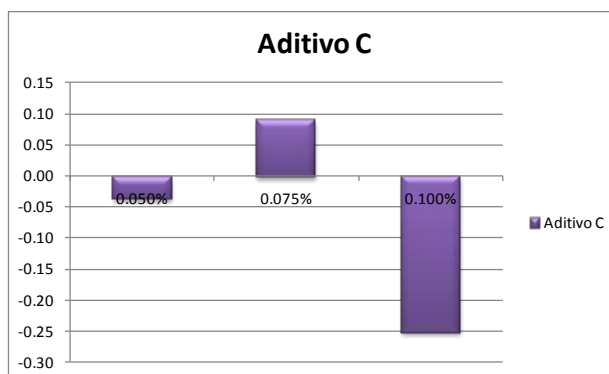


Figura 72: Índice de Penetración Aditivo “C” a 25°C

CAPITULO V

DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA CON CEMENTO ASFALTICO ADITIVADO.

5.1. Prerrequisitos.

5.1.1. Diseño de Mezclas Asfálticas.

El diseño de mezclas asfálticas consiste en determinar la combinación y graduación más eficiente que cumpla con los parámetros y especificaciones de determinado proyecto las cuales son:

- La cantidad suficiente de asfalto para el pavimento tenga buena durabilidad.

- Una estabilidad adecuada para que satisfaga las demandas del tráfico sin producir deformaciones o fracturas prematuras.

- Ser manejable en el momento de su instalación para agilizar la colocación y evitar la segregación del material.
- Un contenido de vacíos entre 3% a 5% el cual permitirá una compactación adicional por efecto del tránsito vehicular sin que se produzca exudación.

El diseño de mezcla que es adecuado y económico, cumple satisfactoriamente los criterios mencionados anteriormente.

Se han desarrollado algunos métodos de proporcionamiento de asfalto y agregado para una mezcla asfáltica en caliente. Siendo los más conocidos los siguientes: Marshall, Hveem, Hubbard-Field y Triaxial de Smith.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó el método Marshall siendo este el más conocido y empleado para la determinación del contenido óptimo de asfalto.

5.1.2. Método de diseño Marshall

Este método surgió por el ingeniero de Mississippi Bruce Marshall como idea original, en el año de 1943 se modificó en su forma actual por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos y su propósito es determinar el contenido óptimo de asfalto de una mezcla para un tipo de agregados específicos.

El método también provee información de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente y establece densidades y contenidos óptimos de vacíos que deben ser cumplidos durante la colocación del pavimento.

Se deben utilizar probetas 64 x 102 mm de diámetro. Una serie de muestras, cada una con la misma combinación de agregados pero con diferente contenido de asfalto, son preparadas de acuerdo a procedimientos específicos.

Los resultados más importantes que se obtienen del método después de ser concluido son los siguientes:

- Análisis de la relación vacíos- densidad.
- Prueba de estabilidad- flujo de las muestras compactadas.
- Y se determina el porcentaje de asfalto se ajusta a las condiciones del agregado.

5.1.3. Requerimientos

Los agregados contemplados para esta investigación, como se mencionó anteriormente fueron obtenidos de las canteras de Pintag y Guayllabamba, con un tamaño máximo nominad de ½ plg. Para el caso de los agregados gruesos;

y para la arena un tamaño máximo nominal de 3/8 plg, los ensayos realizados en lo áridos fueron cumplidos de acuerdo a las normas de la Asociación Norteamericana ASTM, las mismas a continuación se describen:

- Muestreo de Agregado (ASTM D-75).
- Equivalente de arena (ASTM D-2419).
- Abrasión de agregado grueso máquina de los Ángeles (ASTM-131).
- Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM D-128).
- Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM D 127).
- Análisis granulométrico (ASTM D-422).

5.1.4. Análisis Granulométrico

La metodología Marshall utiliza una gráfica semilogarítmica para definir la granulometría permitida, en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de material pasa cierta malla, y en la abscisa las aberturas de las mallas en mm, graficadas en forma logarítmica.

La selección de una curva granulométrica para el diseño de una mezcla asfáltica cerrada o densa, está en función de dos parámetros: el tamaño máximo nominal del agregado y el de las líneas de control (superior e inferior),

Las líneas de control son puntos de paso obligado para la curva granulométrica.

Tabla 36: Tamaños Máximos Nominales ASTM D315

Sieve Size		Nominal Maximum Aggregate Size Control Points (Percent Passing)									
		37.5 mm (1.5 inch)		25.0 mm (1.0 inch)		19.0 mm (0.75 inch)		12.5 mm (0.5 inch)		9.5 mm (0.375 inch)	
Metric	U.S.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
50.0 mm	2.0 inch	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37.5 mm	1.5 inch	90	100	100	-	-	-	-	-	-	-
25.0 mm	1.0 inch	-	90	90	100	100	-	-	-	-	-
19.0 mm	0.75 inch	-	-	-	90	90	100	100	-	-	-
12.5 mm	0.5 inch	-	-	-	-	-	90	90	100	100	-
9.5 mm	0.375 inch	-	-	-	-	-	-	-	90	90	100
4.75 mm	No. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90
2.36 mm	No. 8	15	41	19	45	23	49	28	58	32	67
0.075 mm	No. 200	0	6	1	7	2	8	2	10	2	10

5.1.5. Especificaciones del Método Marshall.

La selección del contenido óptimo de asfalto depende de muchos criterios que se expondrán en este capítulo. Un punto inicial para el diseño es escoger el porcentaje de asfalto para el promedio de los límites de vacíos de aire, el cual es 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas bajo este contenido de asfalto deberán ser evaluadas comparándolas con los criterios para el diseño de mezclas (Tabla 5.2).

Si todos los criterios se cumplen, entonces se tendrá el diseño preliminar de la mezcla asfáltica, en caso de un criterio no se cumpla, se necesitará hacer ajustes, o rediseñar la mezcla.

Tabla 37: Criterio de Diseño Marshall

Método Marshall	Tráfico ligero		Tráfico medio		Tráfico pesado	
	Carpeta y base		carpeta y base		carpeta y base	
Criterio de mezcla	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Compactación, número de golpes en cada uno de los especímenes	35		50		75	
Estabilidad, (N) (lb)	3336		5338		8006	
	750	----	1200	----	1800	----
Flujo, (0.25 mm) (0.01 in)	8	18	8	16	8	14
Porcentaje de vacíos	3	5	3	5	3	5
Porcentaje de vacíos en los agregados minerales	Ver Tabla 2.2					
Porcentaje de vacíos rellenos de asfalto	70	80	65	78	65	75

Tabla 38: Porcentajes Mínimos de VMA

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No.16	21.5	22.5	23.5
2.36	No.8	19.0	20.0	21.0
4.75	No.6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8.	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2.	13.0	14.0	15.0
19	3/4.	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

5.1.6. Prueba de Estabilidad y Flujo.

La prueba de estabilidad y flujo consiste en sumergir la probeta de asfalto en este caso las briquetas que hemos elaborado para el diseño de tráfico pesado.

Se las sumerge en baño María a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) de 30 a 40 minutos antes de la prueba.

Con el Equipo listo se procede a sacar la muestra del baño maría cuidadosamente y con un paño secamos las superficies de la biqueta, de la manera más rápida colocamos en la mordaza y centramos en la prensa Marshall con el deformímetro encerado.

Posteriormente aplicamos la carga de prueba al la biqueta a una velocidad de deformación constante de 51mm (5") por minuto, hasta ocurra la falla. El punto de falla está definido por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newton (lb) requeridos para se produzca la falla del espécimen se registra como el valor de estabilidad Marshall.

En el caso de flujo es la deformación de la biqueta debemos esperar la carga empiece a disminuir y habrá tomar la lectura y registrarla como el valor

de flujo final. La diferencia entre el valor de flujo final e inicial expresado en unidades de 0.25 mm (1/100 ") será el valor del flujo Marshall.



Figura 73: Prensa de Ensayo Marshall

5.1.7. Análisis de Densidad y Vacíos

“Después de completar las pruebas de estabilidad y flujo, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada serie de especímenes de prueba.

Resulta conveniente determinar la gravedad específica teórica máxima (ASTM D2041) para al menos dos contenidos de asfalto, preferentemente a los estén cerca del contenido óptimo de asfalto. Un valor promedio de la gravedad específica efectiva del total del agregado se calculará de estos valores.

Utilizando la gravedad específica y la gravedad específica efectiva del total del agregado; el promedio de las gravedades específicas de las mezclas compactadas; la gravedad específica del asfalto y la gravedad específica teórica máxima de la mezcla asfáltica, se calcula el porcentaje de asfalto absorbido en peso del agregado seco, porcentaje de vacíos (Va); porcentaje de vacíos llenados con asfalto (VFA) y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral (VMA).” (Garnica, 2004)

5.1.8. Parámetros Volumétricos.

“Un factor debe ser tomado en cuenta al considerar el comportamiento de la mezcla asfáltica, es el de las *proporciones volumétricas* del asfalto y de los componentes del agregado; o más simplemente, *parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica*. Este capítulo describe el análisis volumétrico de HMA, el cual juega un rol significativo en muchos procedimientos de diseño de mezclas.

Las propiedades volumétricas de una mezcla de pavimento compactado (vacíos de aire (Va); vacíos en el agregado mineral (VMA); vacíos llenados con asfalto (VFA), y contenido de asfalto efectivo (Pbe) proporcionan una indicación del probable funcionamiento de la mezcla asfáltica. Es necesario entender las definiciones y los procedimientos analíticos descritos en este capítulo para poder tomar decisiones concernientes a la selección del diseño de mezclas asfálticas. La

información aplica tanto a mezclas elaboradas en laboratorio, como a probetas asfálticas extraídas en el campo.” (Garnica, 2004)

5.1.8.1. Definiciones.

El agregado mineral es un material poroso por lo tanto tiene la cualidad de absorber agua y asfalto de manera variable. Además, el cociente de absorción varía de un agregado a otro e incluso si provienen de la misma mina.

Existen tres métodos para medir la gravedad específica del agregado tomando en cuenta estas variaciones. Estos métodos son, la gravedad específica neta, la aparente y la efectiva:

Gravedad específica neta, Gob. – Proporción de la masa al aire de una unidad de volumen de un agregado mineral permeable (incluyendo vacíos permeables e impermeables del agregado mineral) a cierta temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de volumen de agua destilada a una temperatura indicada.

Gravedad específica aparente, Gsa. – Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un agregado mineral impermeable a cierta temperatura indicada, respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada.

Gravedad específica efectiva, G_{se} . – Proporción de la masa en aire de una unidad de volumen de un agregado mineral permeable (sin tomar en cuenta vacíos permeables de asfalto) a una cierta temperatura indicada, con respecto a una masa al aire de igual densidad de volumen igual al de agua destilada a una temperatura indicada.

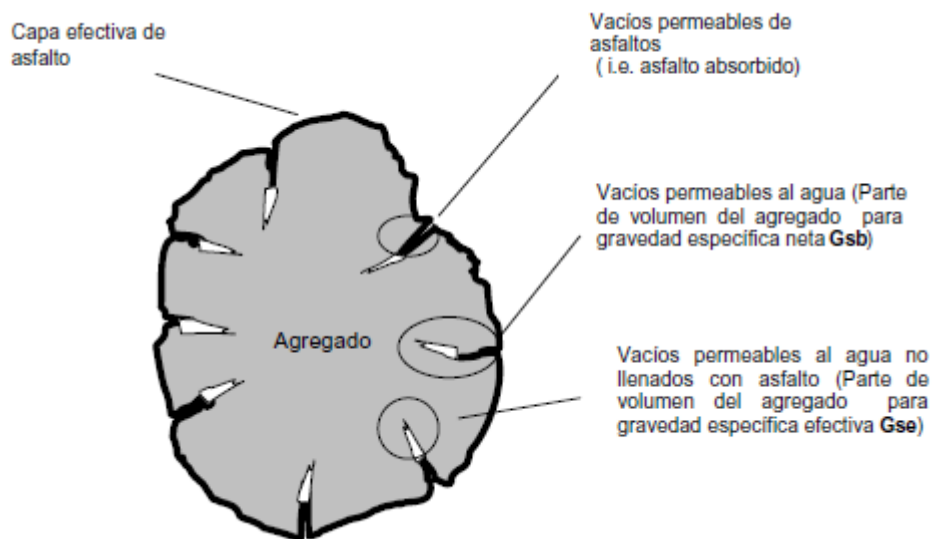


Figura 74: Vacíos de Agregado

Vacíos en el agregado mineral, VMA. – Volumen ocupa el espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado de una mezcla asfáltica ya compactada, incluyendo los vacíos de aire y el porcentaje de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total de la mezcla.

Contenido de asfalto efectivo, P_{be} . – Contenido de asfalto total que ocupa una mezcla asfáltica menos la proporción de asfalto absorbido en las partículas del agregado.

Vacíos de aire, V_a . – Volumen total que ocupan los espacios de aire en la mezcla, expresado como el porcentaje del volumen neto de la mezcla del pavimento compactado.

Vacíos llenados con asfalto, VFA. – Porción del porcentaje del volumen de espacio vacío intergranular entre las partículas del agregado, es ocupado por el asfalto en su contenido óptimo. Se expresa como la porción de $(VMA - V_a)$ entre VMA.

Para el diseño se debe calcular todos los valores de VMA para las mezclas de pavimento en términos de la gravedad específica neta de los agregados, G_{sb} .

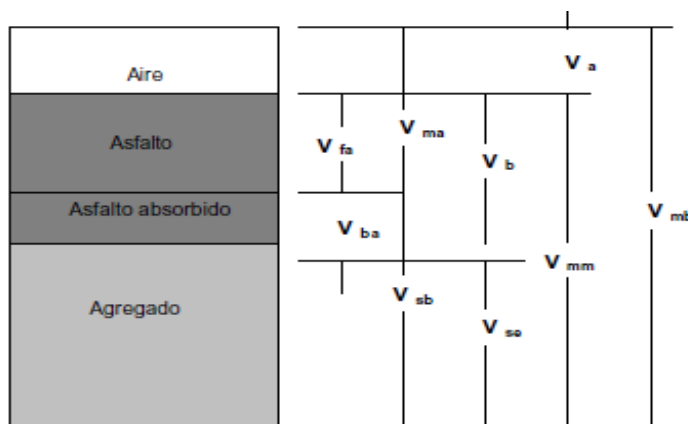


Figura 75: Vacíos de mezcla Asfáltica

Componente del diagrama de compactación de una HMA

V_{ma} = volumen de vacíos en agregado mineral.

V_{mb} = volumen total de la mezcla asfáltica.

V_{mm} = volumen de la mezcla asfáltica sin vacíos.

V_{fa} = volumen de vacíos llenados con asfalto.

V_a = volumen de vacíos de aire.

V_b = volumen de asfalto.

V_{ba} = volumen de asfalto absorbido.

V_{sb} = volumen de agregado mineral (gravedad específica de la masa).

V_{se} = volumen de agregado mineral (gravedad específica efectiva).

5.1.8.2. Gravedad Específica neta del Agregado.

“Cuando el agregado total consiste en fracciones separadas de agregado grueso, agregado fino, y filler, todos tienen diferentes gravedades específicas, la gravedad específica neta para el agregado total se calcula usando:” (Garnica, 2004)

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_N}{G_N}}$$

Donde:

G_{sb} = gravedad específica neta para el agregado total

P_1, P_2, P_n = porcentajes individuales por masa de agregado

G_1, G_2, G_n = gravedad específica neta individual del agregado

La gravedad específica neta del filler es difícil de determinar correctamente. De cualquier modo, si la gravedad específica aparente del filler es estimada, el error es usualmente insignificante.

5.1.8.3. Gravedad específica efectiva del Agregado.

“Cuando se basa en la gravedad específica máxima de una mezcla de pavimento, G_{mm} , la gravedad específica efectiva del agregado, G_{se} , incluye todos los espacios de vacíos en las partículas del agregado, excepto aquellos que absorben el asfalto. G_{se} se determina usando:”

(Garnica, 2004)

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

Donde:

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado

G_{mm} = gravedad específica máxima (ASTM D 2041/AASHTO T 209) de mezcla de pavimento (sin vacíos de aire)

P_{mm} = porcentaje de masa del total de la mezcla suelta = 100

P b = contenido de asfalto con el cual ASTM D 2041/AASHTO T 209 desarrolló el ensayo; el porcentaje por el total de la masa de la mezcla

G b = gravedad específica del asfalto

5.1.8.4. Gravedad específica máxima de la mezcla Asfáltica.

“En el diseño de una mezcla asfáltica para un agregado dado, se necesitará la gravedad específica máxima, Gmm, para cada contenido de asfalto con el fin de calcular el porcentaje de vacíos de aire para cada contenido de asfalto. Mientras la gravedad específica máxima puede determinarse para cada contenido de asfalto mediante ASTM D 2041/ASSHTO T 209, la precisión del ensayo es mejor cuando la mezcla está cerca del contenido de asfalto de diseño. Además, es preferible medir la gravedad específica máxima por duplicado o triplicado.”

(Garnica, 2004)

“Después de calcular la gravedad específica efectiva del agregado para cada gravedad específica máxima medida y promediando los resultados del Gse; la gravedad específica máxima para cualquier otro contenido de asfalto puede ser obtenida con la siguiente ecuación, la cual supone la gravedad específica efectiva del agregado es constante, y ésta es válida puesto la absorción del asfalto no varía apreciablemente con los cambios en el contenido de asfalto.” (Garnica, 2004)

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Donde:

G_{mm} = gravedad específica máxima de la mezcla del pavimento (sin vacíos de aire)

P_{mm} = porcentaje de la masa del total de la mezcla suelta = 100

P_s = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla

P_b = contenido de asfalto, porcentaje del total de la masa de la mezcla

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado

G_b = gravedad específica del asfalto

5.1.8.5. Absorción de Asfalto.

“La absorción se expresa como un porcentaje de la masa del agregado, más como un porcentaje del total de la masa de la mezcla.

La absorción del asfalto, P_{ba} , se determina mediante:” (Garnica, 2004)

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b$$

Donde:

P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado

G_{se} = gravedad específica efectiva del agregado

G_{sb} = gravedad específica neta del agregado

G_b = gravedad específica del asfalto

5.1.8.6. Contenido de Asfalto Efectivo.

“El contenido de asfalto efectivo, P_{be} , de una mezcla de pavimento es el volumen total de asfalto, menos la cantidad de asfalto perdido por absorción dentro de las partículas del agregado. Es la porción del contenido total de asfalto se da como una capa en el exterior de la partícula del agregado y es el contenido de asfalto que gobierna el desempeño de una mezcla asfáltica. La fórmula es:” (Garnica, 2004)

$$P_{be} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b$$

Donde:

P_{be} = contenido de asfalto efectivo, porcentaje de la masa total de la mezcla

P_b = contenido de asfalto, porcentaje de la masa total de la mezcla

P_{ba} = asfalto absorbido, porcentaje de la masa del agregado

P_s = contenido de agregado, porcentaje total de la masa de la mezcla

5.1.8.7. Porcentaje de vacíos en el agregado mineral.

Los vacíos en el agregado mineral, VMA, se definen como el vacío intergranular entre las partículas del agregado en una mezcla asfáltica

compactada, incluye los vacíos de aire y el contenido de asfalto efectivo, expresado como un porcentaje del volumen total. El VMA puede calcularse sobre la base de la gravedad específica neta del agregado y expresado como un porcentaje del volumen mezcla asfáltica compactada. Por lo tanto, el VMA puede estimarse restando el volumen del agregado determinado por su gravedad específica neta, del volumen neto de la mezcla asfáltica compactada.

Si la composición de la mezcla se determina como el porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica:

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

Donde:

VMA = vacíos en el agregado mineral (porcentaje del volumen neto)

G sb = gravedad específica neta del total de agregado

G mb = gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada (ASTM D 1188) O D 2726/AASHTO T 166)

P s = contenido de agregado, porcentaje del total de la masa de la mezcla asfáltica, si la composición de la mezcla es determinada como el porcentaje de la masa del agregado:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_b} \times 100$$

Donde:

P b = contenido de asfalto, porcentaje de la masa del agregado

5.1.8.8. Porcentaje de vacíos de aire.

“Los vacíos de aire, V_a , en la mezcla asfáltica compactada consiste en los peños espacios de aire entre las partículas de agregado. El porcentaje del volumen de vacíos de aire en una mezcla compactada, puede determinarse usando:” (Garnica, 2004)

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Donde:

V a = vacíos de aire en la mezcla compactada, porcentaje del volumen total

G mm = gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica

G mb =gravedad específica neta de la mezcla asfáltica compactada

5.1.8.9. Porcentaje de vacíos llenos de asfalto.

“El porcentaje de los vacíos en el agregado mineral son llenados por el asfalto, VFA, no incluyendo el asfalto absorbido, se determina usando:”

(Garnica, 2004)

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - V_a}{VMA}$$

Donde:

VFA = vacíos llenados con asfalto, porcentaje de VMA

VMA = vacíos en el agregado mineral, porcentaje del volumen total

V a = vacíos de aire en mezclas compactadas, porcentaje del volumen total

5.1.8.10. Dosificación de los agregados pétreos.

Independientemente del número de agregados o combinaciones por el cual se determinan las proporciones de cada agregado la formula expresa la combinación es:

$$P = Aa + Bb + Cc \dots$$

Donde:

P = porcentaje de los agregados que pasan por el tamiz dado.

A, B, C,...= Porcentaje de material que pasa a un tamiz dado por los agregados individuales.

a, b, c,...= Proporción de los agregados individuales que se utilizan en la combinación, en donde el total =100.

5.2. Determinación del Contenido Óptimo de asfalto para el Hormigón Asfáltico.

5.2.1. Diseño de la mezcla Asfáltica con agregado de Pintag.

5.2.1.1. Combinación de los Agregados de la mina de Pintag

Posterior a los ensayos, para la selección de la mezcla de áridos de Pintag se llegó a determinar una mezcla de 70% de arena y un 30% de grava, es lo más se ajusta a los parámetros de diseño de Las normas ASTM.

En base a las curvas granulométricas obtenidas en el laboratorio y que están detalladas en el CAPITULO III y aplicando la expresión básica para combinación de agregados:

$$P = Aa + Bb + Cc \dots$$

Se obtuvo la siguiente combinación.

Tabla 39: Porcentajes para la Mezcla Pintag

PORCENTAJE DE ARENA	70
PORCENTAJE DE GRAVA	30

Tabla 40: Análisis Granulométrico Para la mezcla Pintag

TAMICES		ARENA	GRAVA	ESPECIFICACION		MEZCLA
plg.	mm.	% ACUMULADO PASA TOTAL	% ACUMULADO PASA TOTAL	MAXIMO	MINIMO	
N° 3/4"	19.05	100	100.00	100	100	100.00
N° 1/2"	12.7	100.00	67.72	100	80	90.32
N° 3/8"	9.5	99.59	45.14	90	70	83.25
N° 4	4.76	81.30	13.76	70	50	61.04
N° 8	2.36	56.84	7.54	50	35	42.05
N° 16	1.18	39.54	5.35	41	28	29.28
N° 30	0.6	29.88	4.53	32	20	22.27
N° 50	0.3	20.99	3.72	23	13	15.81
N° 100	0.15	13.70	2.93	16	8	10.47
N° 200	0.075	8.05	2.28	10	4	6.32
Pasante N °200	< 0,075	0.00	0.00			

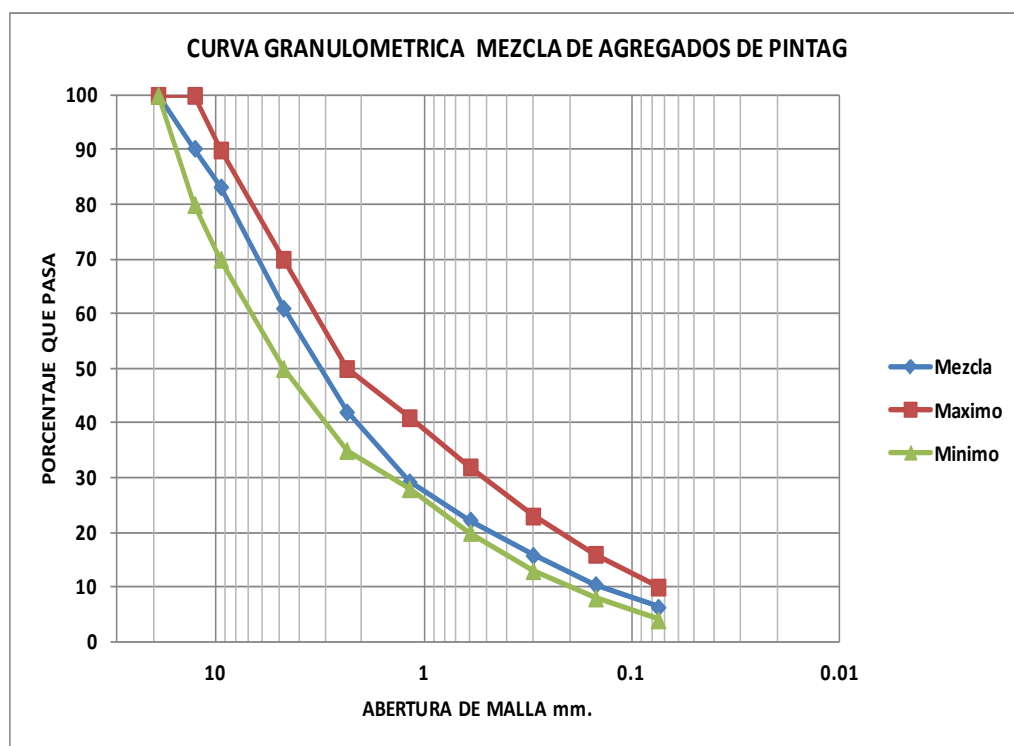


Figura 76: Mix de Diseño para Pintag

Esta curva de la mezcla se encuentra dentro de los parámetros establecidos de tal manera la elaboración de las briquetas se realiza en base a estos resultados.

Para obtener una granulometría por briqueta más uniforme se descompuso la muestra en cinco partes en distintas bandejas, se separo el material previamente lavado para obtener mantener un control de calidad más riguroso de la granulometría, así en una bandeja el material retenido en el tamiz de 3/8", en otra el material que se retiene en el tamiz N°4, en otra el del N°8, y por último el material pasante del tamiz N° 200, para obtener este pasante del N°200 se tuvo tamizar el arena se trajo de la cantera de Pintag y de esta manera completar la granulometría en cada una de la briquetas.



Figura 77: Agregados de Pintag Clasificados

Para la elaboración de las briquetas nos ayudamos del los siguientes resultados obtenidos en base a la combinación de los agregados.

Tabla 41: Proporciones de Material para cada Briqueta

BRIQUETA: 1200 gr.

TAMICES		PESO RETENIDO				PESO BRIQUETA			TAMICES
		ARENA	GRAVA	ARENA	GRAVA	MIX	MIX	MIX	
plg.	mm.	gr.	gr.	%	%	%	gr.	gr.	plg.
N° 3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	N° 3/4"
N° 1/2"	12.7	0.00	1651.50	0.00	32.28	9.68	116.22	200.98	N° 3/8"
N° 3/8"	9.5	5.39	1155.00	0.41	22.58	7.06	84.76		
N° 4	4.76	238.10	1605.00	18.28	31.37	22.21	266.53	266.53	N° 4
N° 8	2.36	318.60	318.50	24.46	6.23	18.99	227.92	227.92	N° 8
N° 16	1.18	225.30	112.00	17.30	2.19	12.77	153.20	428.77	N° 200
N° 30	0.6	125.80	42.00	9.66	0.82	7.01	84.10		
N° 50	0.3	115.80	41.50	8.89	0.81	6.47	77.61		
N° 100	0.15	94.90	40.50	7.29	0.79	5.34	64.06		
N° 200	0.075	73.60	33.00	5.65	0.65	4.15	49.80		
Pasante N °200	< 0,075	104.80	116.67	8.05	2.28	6.32	75.81	75.81	Pasan N °200

Para la elaboración de la briqueta se utiliza una balanza de apreciación \pm 0.1gr, se procede a poner los materiales que están en cada bandeja de acuerdo a los cálculos y se los conserva en un lugar seco hasta el momento del ensayo.



Figura 78: Preparación de la Briquetas

5.2.1.2. Dosificación de Asfalto

Para realizar la dosificación adecuada de asfalto debemos preparar una serie de muestras para ser ensayadas y encontrar el contenido más eficiente de asfalto en base a nuestros agregados.

Para tener un valor estimado de la proporción más acertada al diseño óptimo se puede utilizar la siguiente expresión:

Donde:

$$P = 0,035a + 0,045 b + Kc + F$$

P=contenido aproximado de asfalto

a=porcentaje de agregado mineral retenido en el tamiz #8

b=porcentaje de agregado mineral sobrepasado el tamiz #8 y retenido en el #200

c=porcentaje de agregado mineral que pasa el tamiz # 200

K= 0.15 por 11-15 por ciento pasando el tamiz de 75μ m(N° 200)

0.18 por 6-10 por ciento pasando el tamiz de 75μ m(N° 200)

0.20 por 5 por ciento o menos pasando el tamiz de 75μ m(N° 200)

F= 0 a 2 por ciento. Basado en la absorción de luz o agregados pesados. Si estos datos llegasen a faltar, se sugiere un valor de 0.7

Es importante señalar el porcentaje óptimo de asfalto es una proporción del peso total de la muestra, es decir de nuestra briqueta tiene 1200gr.

Datos:

Tabla 42: Datos para la Formula de Porcentaje Optimo de Asfalto

a=	18.99
b=	35.73
c=	6.32
K=	0.18
F=	0.7

Cálculos:

$$P = 0,035a + 0,045 b + Kc + F$$

$$P = 0,035(18,99) + 0,045 (35,73) + 0,18(6,32) + 0,7$$

$$P = 4,109\%$$

En este caso para el porcentaje óptimo de asfalto teórico se obtuvo un valor de 4,109% pero en base a la experiencia de campo sugerida por técnicos y Tutores se han tomado valores desde el 5% con incrementos de 0,5% hasta llegar al 7% nos servirá para encontrar la cantidad más adecuada de asfalto.

Tabla 43: Porcentajes de Asfaltos y Equivalentes en Peso

Briqueta de 1200 gr	
% de asfalto	Peso (gr)
5.00%	60
5.50%	66
6.00%	72
6.50%	78
7.00%	84

5.2.1.3. Preparación de las Probetas de Ensayo.

La preparación de las probetas de ensayo consiste en la fabricación de las briquetas, estas son cilindros de asfalto de 64mm de altura y 102 mm de diámetro aproximadamente, se deben fabricar tres briquetas por cada

porcentaje de asfalto, de esta manera teniendo en cuenta se tiene 5 porcentajes de asfalto partiendo desde el 5% hasta llegar al 7% y con incrementos de 0,5% tendremos un total de 15 briquetas 3 para cada porcentaje.

Se pueden tener más muestras por cada porcentaje pero como mínimo tres para tener datos confiables, además se recomienda que no se guarden mucho tiempo antes de ser ensayadas.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- 15 Bolsas que tienen el agregado de Pintag con el material lavado y con la granulometría adecuada para el diseño.
- Bandejas de aluminio pequeñas.
- Balanza A \pm 0.1gr.
- Horno.
- Martillo de compactación.
- Moldes para ensayo Marshall.
- Espátula de punta redondeada de 1"
- Cocina de Gas.
- Papel periódico.
- Tijeras para papel.

- Aceite.
- Guantes de cuero.
- Gafas industriales.

PROCEDIMIENTO

- La preparación de las muestras consiste en tomar las bolsas preparadas previamente y colocarlas en el horno en pequeñas bandejas de aluminio en el horno a 140°C durante una hora antes de ser mezcladas con el asfalto.
- Calentar el asfalto en la cocina de gas hasta que esté en estado líquido, se debe tener cuidado de no quemar el asfalto para lo cual se recomienda utilizar un termómetro para que el asfalto no exceda los 130°C.
- Tomar una bandeja de aluminio con los 1200 gr. de material previamente preparado con la granulometría que se estableció para el diseño de la mezcla, y calentado, se lo coloca en la cocina, para añadirle el porcentaje de asfalto estipulado el mismo que está en función del peso total de la mezcla.

- Con la espátula de punta redondeada se mezcla el material de agregado mineral con el asfalto cuidadosamente, se debe tener un control de calidad, para lo cual se recomienda tomar la temperatura con un termómetro para que no supere los 130°C. se debe continuar mezclando hasta que todas las superficies de los agregados queden totalmente cubiertas de asfalto.

- Cuando la mezcla ya está preparada se debe colocara rápidamente en el molde el cual debe estar precalentado en el horno y sus superficies internas cubiertas con aceite, además hay que colocar el papel en la base el cual debe tener la forma del molde y también cubierto de aceite.

- Cuando se coloca la mezcla en el molde se debe dar 10 golpes con la espátula en los bordes del molde y 5 golpes en el centro para que la briqueta que vamos a elaborar sea homogénea, se cloca otro papel aceitado en la parte superior del molde.

- Llevamos el molde al martillo de compactación y lo aseguramos con mucho cuidado para evitar el material se derrame, a continuación encendemos la máquina y contamos el martillo de 50 golpes es el diseño para tráfico mediano, una vez que se terminan de aplicar los 50 golpes se extrae el molde, se lo invierte y se aplican otros 50 golpes según indica las especificaciones.

- Después de concluir con la compactación, se debe sacar el molde y dejar se enfriar al aire libre, como se trata de mezcla en caliente se puede desmoldar el mismo. Es importante marcar las briquetas para tener un control ya que de esto depende el análisis de resultados.

- Continuar el proceso con todas las 15 briquetas tomando en cuenta cambiar los porcentajes de asfalto.

5.2.1.4. Ensayo de las Briquetas.

El ensayo de las briquetas consiste en someterlas a la prensa Marshall para aplicar una carga y medir la deformación, la carga se denomina estabilidad y la deformación flujo.

Previo al ensayo las briquetas deben ser sometidas a ciertas condiciones, tales como humedad y calor, así son sumergidas en agua a 60°C aproximadamente durante un tiempo establecido en las normas para obtener resultados aceptables.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- 15 Briquetas previamente fabricadas y con distintos porcentajes de asfalto
- Baño maría.
- Balanza A ± 0.1 gr.
- Prensa de ensayo Marshall.
- Termómetro.
- Medidor de flujos.
- Aceite.
- Guantes de cuero.
- Gafas industriales.

PROCEDIMIENTO

Para realizar el ensayo de las muestras primero debemos tomar tres pesos en las briquetas los cuales son:

- Peso en el aire: este valor debe ser tomado una vez se desmoldan las briquetas teniendo precaución en el momento de registrar los valores.

- **Peso Saturado Superficie Seca:** para tomar este valor se debe sumergir la briqueta en agua durante 15 minutos, a continuación con un paño se la seca y con cuidado se toma este valor para ser registrado.

- **Peso Sumergido:** para tomar este peso se debe sumergir la briqueta durante quince minutos para que se estabilice el valor y se toma la lectura de la balanza observando que el valor sea estable.

- Una vez registrados los pesos tomamos las briquetas y las sumergimos en el baño maría a una temperatura de $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo de 30 a 40 minutos antes del ensayo.

- Limpiar el cabezal y aceitarlo, ubicar la briqueta en el centro del cabezal y acoplar la parte superior, poner en la prensa y colocar el medidor de flujos encerado.

- Aplicar la carga en la prensa a una velocidad de 51 mm por minuto, hasta que la briqueta presente falla, este es el valor más alto de la estabilidad y se quedará registrado en la memoria de la Máquina para ser registrada posteriormente.

- Tomar firmemente el medidor de flujos mientras se aplica la carga y tomar en cuenta la medida del valor, apenas este empiece a disminuir se retira el medidor y se toma la lectura.

- El ensayo completo de estabilidad y flujo debe ser tomado en un tiempo máximo de 30 segundos para ser válido.
- Se reportan los datos de la estabilidad y flujo, los mismos que se tomaran en cuenta posteriormente para el diseño de la carpeta asfáltica y para obtener el porcentaje óptimo del asfalto.

5.2.1.5. Resultados:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 44: Resultados del Cálculo de Gravedades

GSb (Grav. esp. de agregados) =	2.290	gr/cm ³
Gmm (Grav. esp. Teórico máx. medido) =	2.142	gr/cm ³
Gb (Grav. esp. Asfalto) =	1.014	gr/cm ³

Tabla 45: Comprobación del Cálculo de Gravedades

Gsb	<	Gse	<	Gsa
2.2902	<	2.3061	<	2.5868

Tabla 46: Cálculos del Ensayo Marshall

Briqueta	%		Peso		Volumen Briqueta (cm ³)	Gmb g/cm ³	Gmm (calc) g/cm ³	V. a. %	VAM %	VAF %	Estabilidad (lb)			Flujo 0.01"
	Asfalto	Aire	Sup. Seca	en agua							Medida	Correc.	Corregida	
1	5.0	1213.66	1226.64	614.57	612.07	1.983	2.142	7.43	17.75	58.15	964.8	0.78	753	18
2	5.0	1215.14	1225.79	618.03	607.76	1.999	2.142	6.66	17.07	60.98	1597	0.78	1245	15
3	5.0	1216.85	1223.02	612.29	610.73	1.992	2.142	6.98	17.35	59.77	1465	0.81	1186	16
					Promedio	1.992	2.142	7.0	17.39	59.63			1061	16
4	5.5	1236.87	1244.96	630.21	614.75	2.012	2.142	6.07	16.98	64.26	1662	0.78	1297	19
5	5.5	1235.77	1250.71	628.31	622.40	1.985	2.142	7.31	18.07	59.58	1162	0.76	883	11
6	5.5	1236.52	1239.49	622.46	617.03	2.004	2.142	6.44	17.31	62.78	1596	0.76	1213	13
					Promedio	2.000	2.142	6.6	17.46	62.20			1131	16
7	6.0	1248.8	1260.44	638.22	622.22	2.007	2.142	6.30	17.63	64.24	1584	0.78	1236	14
8	6.0	1252.73	1267.9	648.29	619.61	2.022	2.142	5.61	17.02	67.03	1651	0.78	1288	10
9	6.0	1246.76	1260.31	640.17	620.14	2.010	2.142	6.14	17.48	64.87	1624	0.78	1267	14
					Promedio	2.013	2.142	6.0	17.38	65.38			1263	14
10	6.5	1254.47	1258.92	642.96	615.96	2.037	2.142	4.92	16.85	70.81	1435	0.78	1119	22
11	6.5	1256.98	1259.19	644.71	614.48	2.046	2.142	4.50	16.49	72.70	1948	0.78	1520	17
12	6.5	1259.53	1257.67	636.33	621.34	2.027	2.142	5.36	17.24	68.89	927.2	0.76	705	17
					Promedio	2.036	2.142	4.9	16.86	70.80			1114	17
13	7.0	1272.09	1277.61	653.2	624.41	2.037	2.142	4.89	17.27	71.69	1741	0.78	1358	14
14	7.0	1273.87	1277.19	654.49	622.70	2.046	2.142	4.49	16.93	73.45	1787	0.76	1358	20
15	7.0	1274.96	1279.96	652.11	627.85	2.031	2.142	5.20	17.54	70.37	1780	0.78	1389	17
					Promedio	2.038	2.142	4.9	17.25	71.84			1368	19



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

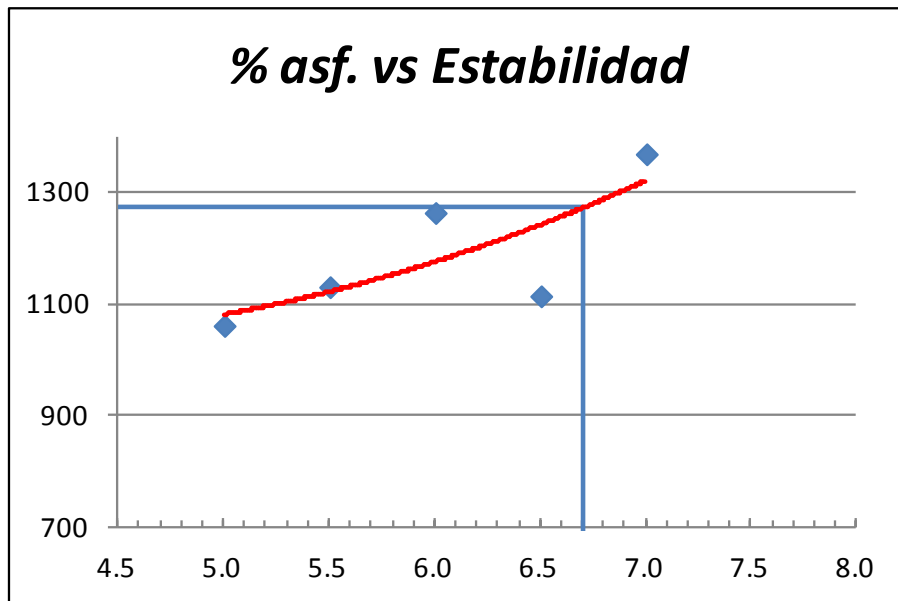


Figura 79: Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad Pintag

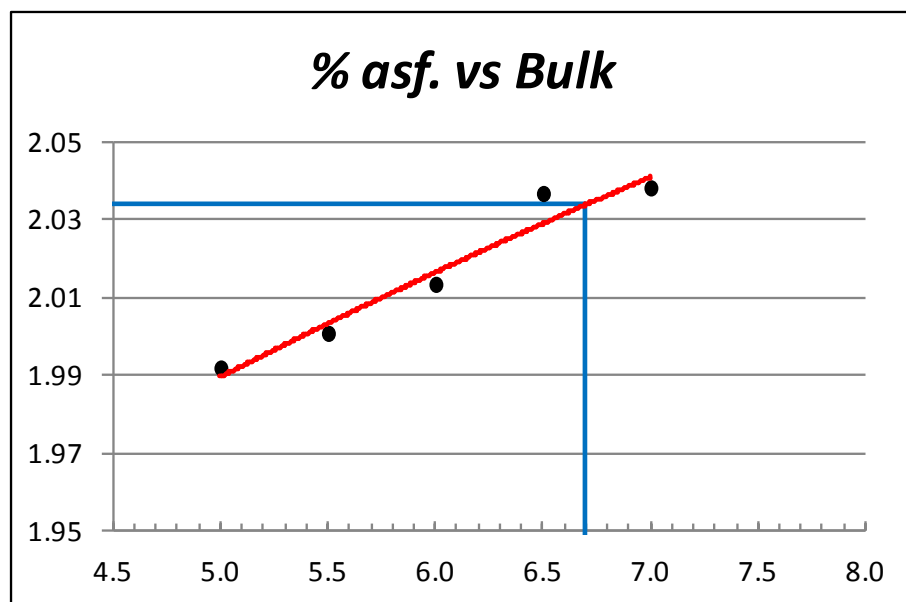


Figura 80: Porcentaje de Asfalto vs Peso Especifico Bulk Pintag



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

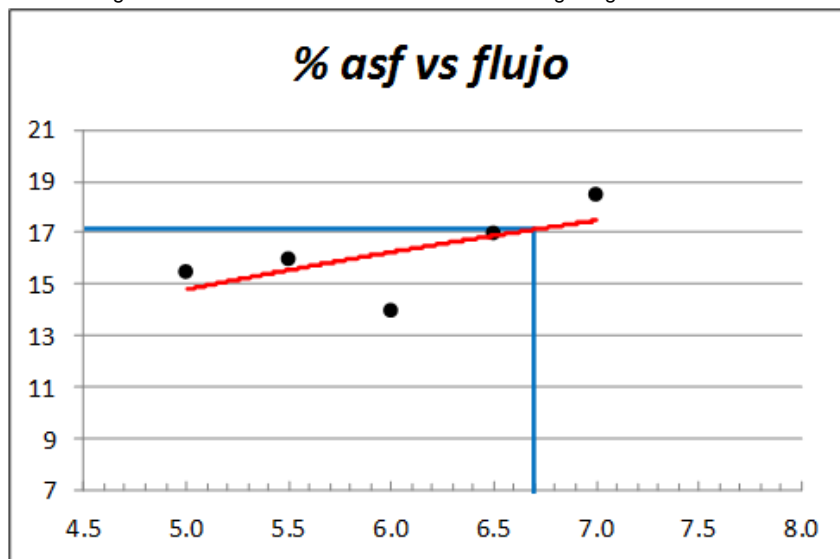


Figura 81: Porcentaje de Asfalto vs Flujo Pintag

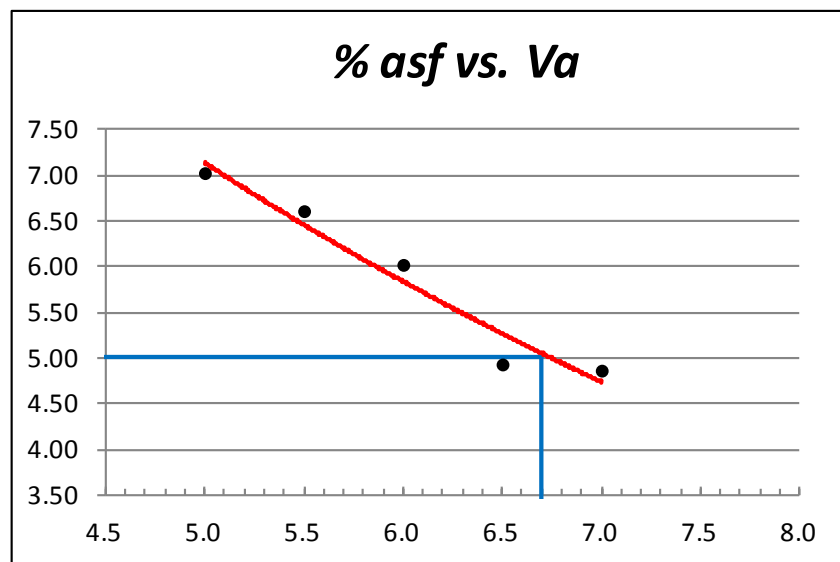


Figura 82: Porcentaje de Asfalto vs Volumen de Vacios Pintag



**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS –
ESPE**
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO	: Tesis de Grado	ENSAYO	: Método Marshall (ASTM D-1559)
MATERIAL	: Mezcla Asfáltica	RESPONSABLES	: Carlos Curco, Byron León
UBICACIÓN	: Pintag	RECEPCIÓN	: Ing. Hugo Bonifaz

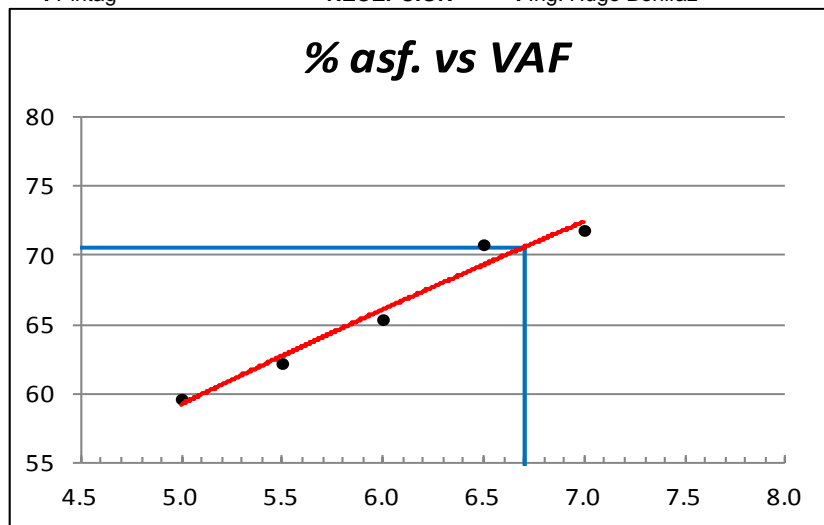


Figura 83: Porcentaje de Asfalto vs VAF Pintag

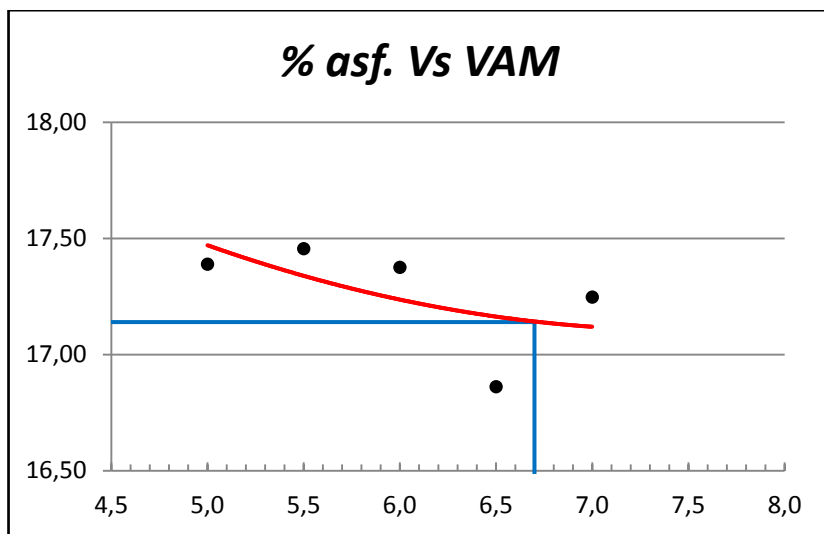


Figura 84: Porcentaje de Asfalto vs VAM Pintag

En el caso de Pintag por las propiedades del agregado seleccionamos un valor de 5% de contenido de vacíos lo cual nos reportó un valor de 6,7% de contenido óptimo de cemento asfáltico.

Tabla 47: Resumen del Ensayo Marshall

RESUMEN	
BULK	2.034
ESTABILIDAD	1275
FLUJO	17.15
Va	5
VAM	17.14
VAF	70.5

5.2.2. Diseño de la Mezcla Asfáltica con agregado de Guayllabamba.

5.2.2.1. Combinación de los Agregados de la mina de Guayllabamba

En el caso de Guayllabamba a pesar de tener una combinación de tres agregados no se llegó a cumplir con los requerimientos estipulados, por lo cual se procedió a abrir la muestra del material en cada uno de los tamices componentes y se construyó una curva granulométrica ideal tomando los valores medios de las especificaciones en base a las normas ASTM.

En base a las curvas granulométricas obtenidas en el laboratorio y que están detalladas en el CAPITULO III y aplicando la expresión básica para combinación de agregados:

$$P = Aa + Bb + Cc \dots$$

Se intento calcular con diferentes porcentajes de agregados pero no se consiguió que la curva de diseño este dentro de los límites que permiten las normas así tenemos que las proporciones en las que más se acerco el diseño se describen de la siguiente manera:

Tabla 48: Proporciones Para la combinación Guayllabamba

PORCENTAJE DE ARENA	60
PORCENTAJE DE GRAVA 3/8"	30
PORCENTAJE DE GRAVA 1/2"	10

Tabla 49: Análisis de la Granulometría de la Combinación Guayllabamba

TAMICES		ARENA	GRAVA 3/8"	GRAVA 1/2"	ESPECIFICACION		MEZCLA
plg.	mm.	% ACUMULADO PASA TOTAL	% ACUMULADO PASA TOTAL	% ACUMULADO PASA TOTAL	MAXIMO	MINIMO	
N° 3/4"	19.05	100	100.00	100.00	100	100	100.00
N° 1/2"	12.7	98.83	100.00	26.73	100	80	91.97
N° 3/8"	9.5	97.41	87.36	2.13	90	70	84.87
N° 4	4.76	87.19	26.72	0.90	70	50	60.42
N° 8	2.36	73.33	12.31	0.84	50	35	47.78
N° 16	1.18	53.05	8.54	0.78	41	28	34.47
N° 30	0.6	32.93	6.97	0.74	32	20	21.92
N° 50	0.3	13.53	4.77	0.69	23	13	9.62
N° 100	0.15	5.88	3.10	0.60	16	8	4.52
N° 200	0.075	3.79	2.10	0.48	10	4	2.95
Pasante N °200	< 0,075	0.00	0.00	0.00			

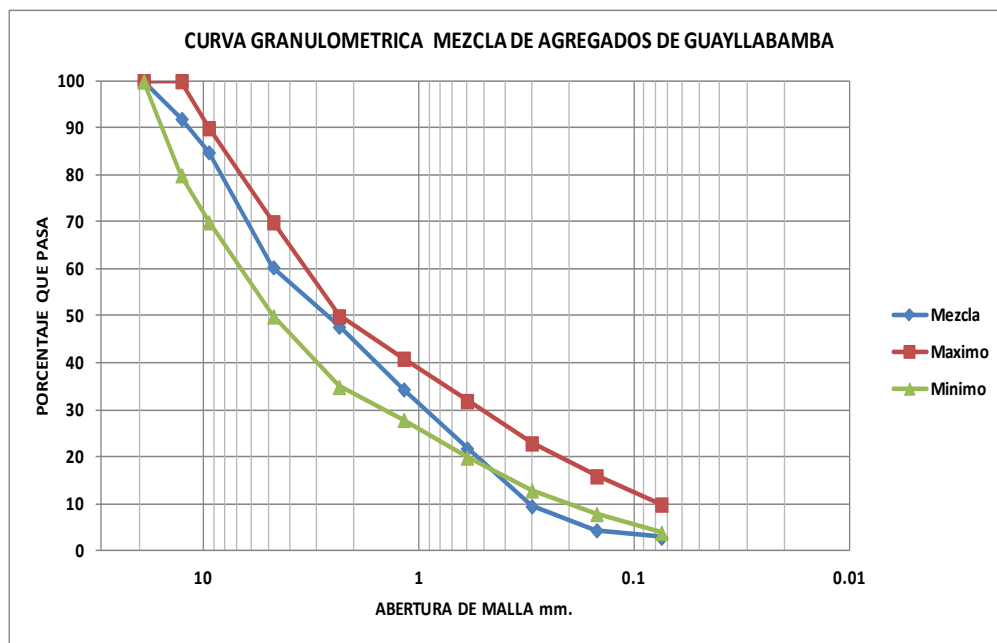


Figura 85: Mix de Agregados para Guayllabamba

Los agregados de Guayllabamba presentaron una deficiencia de agregado fino como se puede observar en la curva de diseño, razón por la cual se procedió a abrir la muestra en todos sus componentes granulométricos, es decir de acuerdo a los parámetros establecidos para el diseño de mezclas asfálticas en caliente sacamos un promedio entre los límites máximo y mínimo y obtuvimos así una curva granulométrica perfecta.

Tabla 50: Proporciones Para la curva Ideal de Diseño

TAMICES		ESPECIFICACION		PROMEDIO
plg.	mm.	MAXIMO	MINIMO	MEZCLA IDEAL
N° 3/4"	19.05	100	100	100.00
N° 1/2"	12.7	100	80	90.00
N° 3/8"	9.5	90	70	80.00
N° 4	4.76	70	50	60.00
N° 8	2.36	50	35	42.50
N° 16	1.18	41	28	34.50
N° 30	0.6	32	20	26.00
N° 50	0.3	23	13	18.00
N° 100	0.15	16	8	12.00
N° 200	0.075	10	4	7.00
Pasante N °200	<0,075			

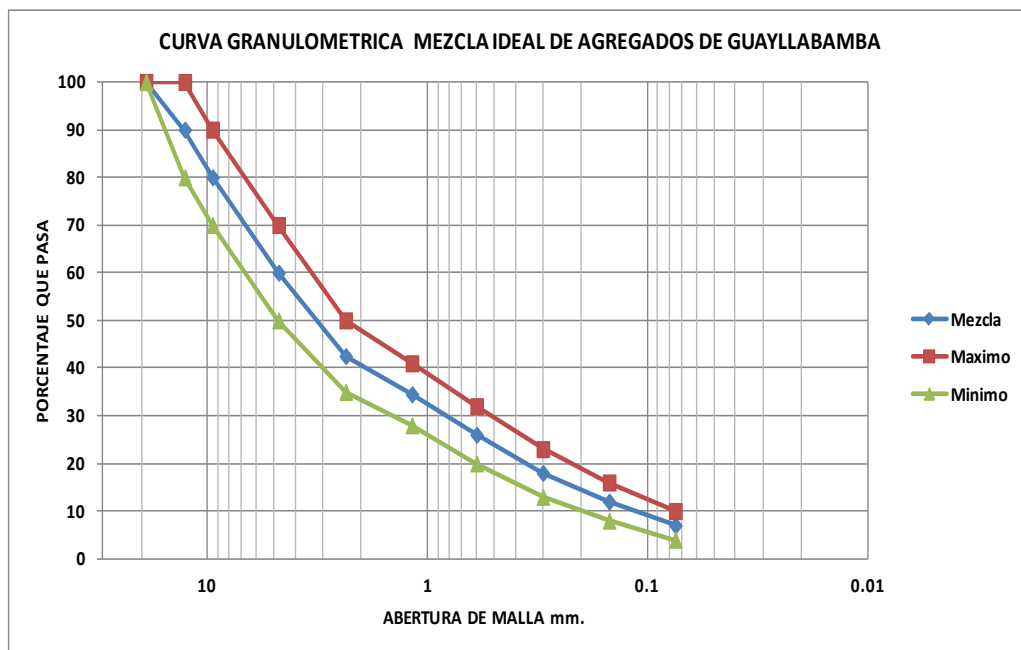


Figura 86: Curva de Diseño Ideal para Guayllabamba

5.2.2.2. Dosificación de Asfalto.

Para realizar la dosificación adecuada de asfalto se debe preparar una serie de muestras para ser ensayadas y encontrar el contenido más eficiente de asfalto en base a nuestros agregados.

Para tener un valor estimado de la proporción más acertada al diseño óptimo se puede utilizar la siguiente expresión:

Donde:

$$P = 0,035a + 0,045 b + Kc + F$$

P=contenido aproximado de asfalto

a=porcentaje de agregado mineral retenido en el tamiz #8

b=porcentaje de agregado mineral sobrepasado el tamiz #8 y retenido en el #200

c=porcentaje de agregado mineral que pasa el tamiz # 200

K= 0.15 por 11-15 por ciento pasando el tamiz de 75 μ m(N° 200)

0.18 por 6-10 por ciento pasando el tamiz de 75 μ m(N° 200)

0.20 por 5 por ciento o menos pasando el tamiz de 75 μ m(N° 200)

F= 0 a 2 por ciento. Basado en la absorción de luz o agregados pesados. Si estos datos llegasen a faltar, se sugiere un valor de 0.7

Es importante señalar el porcentaje óptimo de asfalto es una proporción del peso total de la muestra, es decir de nuestra briqueta tiene 1200gr.

Datos:

Tabla 51: Datos para Calcular el Porcentaje Óptimo de Asfalto Guayllabamba

a=	17.50
b=	35.50
c=	7.00
K=	0.18
F=	0.7

Cálculos:

$$P = 0,035a + 0,045 b + Kc + F$$

$$P = 0,035(17.50) + 0,045 (35,50) + 0,18(7,0) + 0,7$$

$$P = 4,17\%$$

En este caso para el agregado de Guayllabamba en porcentaje óptimo de asfalto teórico se obtuvo un valor de 4,17% pero en base a la experiencia de campo se han tomado valores desde el 5% con incrementos de 0,5% hasta llegar al 7% lo cual nos servirá para encontrar la cantidad más adecuada de asfalto.

Tabla 52: Porcentajes de asfalto y sus Equivalentes en Peso Guayllabamba

Briqueta de 1200 gr	
% de asfalto	Peso (gr)
5.00%	60
5.50%	66
6.00%	72
6.50%	78
7.00%	84

5.2.2.3. Resultados:

La preparación de las probetas para el ensayo de las briquetas se las realizó de la misma manera para el diseño con el agregado de Pintag lo cual esta detallado en este mismo capítulo en los numerales 5.2.1.3. Y 5.2.1.4.



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 53: Resultados de los Cálculos de Gravedades Específicas Guayllabamba

Gsb (Grav. esp. de agregados) =	2.442	gr/cm ³
Gmm (Grav. esp. Teórico máx. medido) =	2.340	gr/cm ³
Gb (Grav. esp. Asfalto) =	1.014	gr/cm ³

Tabla 54: Comprobación de Gravedades Guayllabamba

Gsb	<	Gse	<	Gsa
2.4420	<	2.5537	<	2.7166

Tabla 55: Cálculos de Ensayo Marshall Guayllabamba

Briquetas	%	Peso	Peso Sat	Peso	Volumen	Gmb	Gmm (calc)	V. a.	VAM	VAF	Estabilidad (lb)			Flujo 0.01"
	Asfalto	Aire	Sup.	Seca	en agua	(cm ³)	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	Medida	Correc.	
1	5.0	1236.8	1241.94	677.38	564.56	2.191	2.340	6.38	14.78	56.83	1531	0.89	1362	14
2	5.0	1244.5	1251.37	682.84	568.53	2.189	2.340	6.46	14.85	56.51	1597	0.86	1373	15
3	5.0	1238.9	1241.88	677.05	564.83	2.193	2.340	6.26	14.67	57.31	1465	0.86	1260	14
					Promedio	2.191	2.340	6.4	14.77	56.88			1332	14
4	5.5	1247.9	1250.46	687.73	562.73	2.218	2.340	5.23	14.18	63.14	1662	0.86	1430	14
5	5.5	1236	1238.26	679.32	558.94	2.211	2.340	5.50	14.43	61.89	1162	0.89	1034	14
6	5.5	1242.3	1246.29	683.5	562.79	2.207	2.340	5.67	14.58	61.12	1596	0.89	1420	13
					Promedio	2.212	2.340	5.5	14.40	62.05			1295	14
7	6.0	1249.4	1253	694.25	558.75	2.236	2.340	4.44	13.93	68.12	1584	0.89	1410	14
8	6.0	1252.6	1254.44	701.37	553.07	2.265	2.340	3.21	12.82	74.95	1651	0.89	1469	15
9	6.0	1238.3	1241.18	692.86	548.32	2.258	2.340	3.49	13.07	73.32	1624	0.93	1510	14
					Promedio	2.253	2.340	3.7	13.27	72.13			1463	14
10	6.5	1260.4	1262.06	704.23	557.83	2.259	2.340	3.44	13.49	74.47	1435	0.89	1277	17
11	6.5	1253.2	1252.8	704.81	547.99	2.287	2.340	2.27	12.44	81.78	1948	0.89	1734	17
12	6.5	1256.8	1257.43	704.52	552.91	2.273	2.340	2.86	12.97	77.98	1691	0.89	1505	17
					Promedio	2.273	2.340	2.9	12.97	78.07			1505	17
13	7.0	1262.2	1263.26	714.69	548.57	2.301	2.340	1.67	12.38	86.50	1741	0.89	1550	18
14	7.0	1262.9	1266.23	710.71	555.52	2.273	2.340	2.85	13.42	78.80	1787	0.89	1591	20
15	7.0	1260	1260.98	711.78	549.20	2.294	2.340	1.96	12.63	84.50	1780	0.89	1584	17
					Promedio	2.289	2.340	2.2	12.81	83.26			1575	19



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

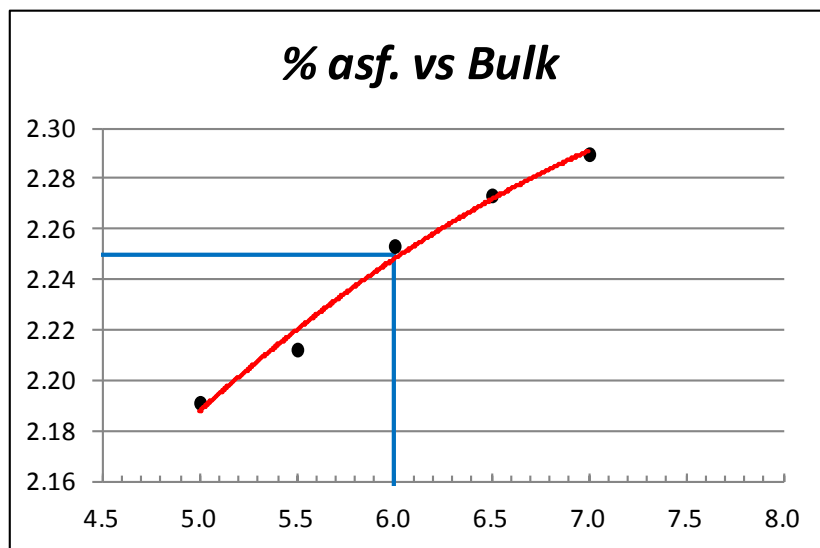


Figura 87: Porcentaje de Asfalto vs Bulk Guayllabamba

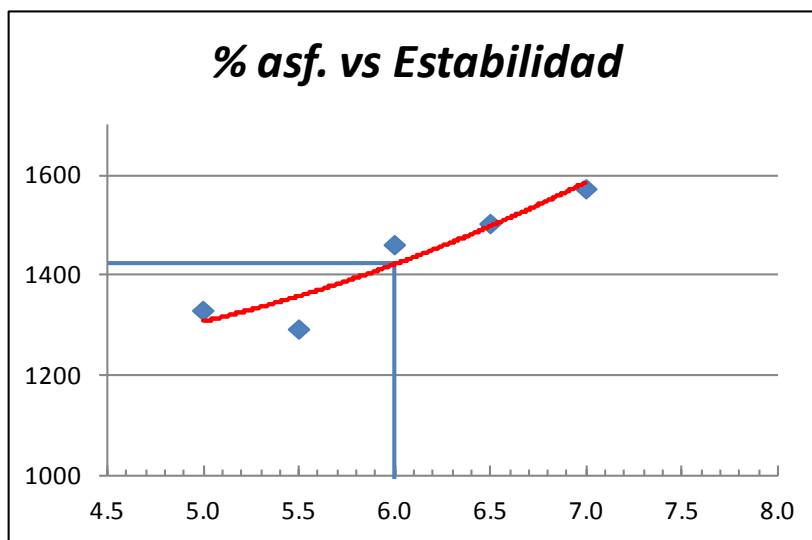


Figura 88: Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

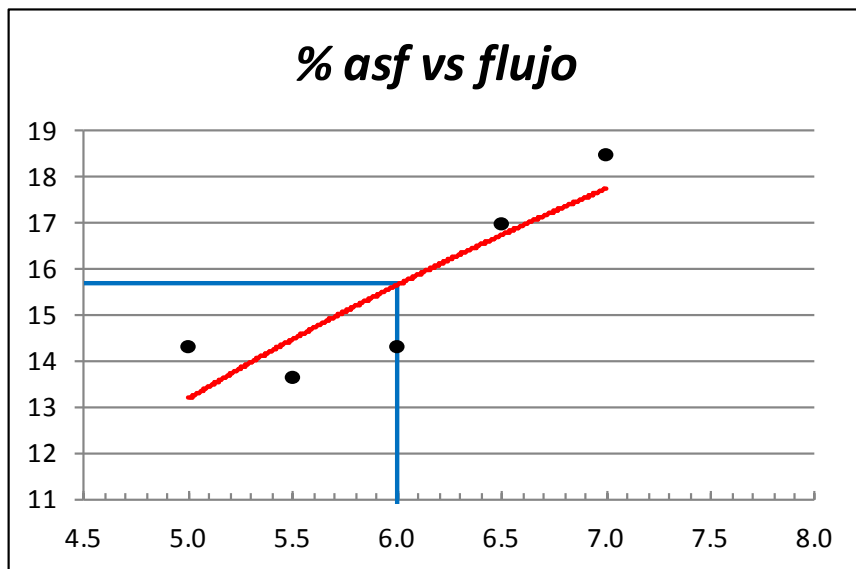


Figura 89: Porcentaje de Asfalto vs Flujo Guayllabamba

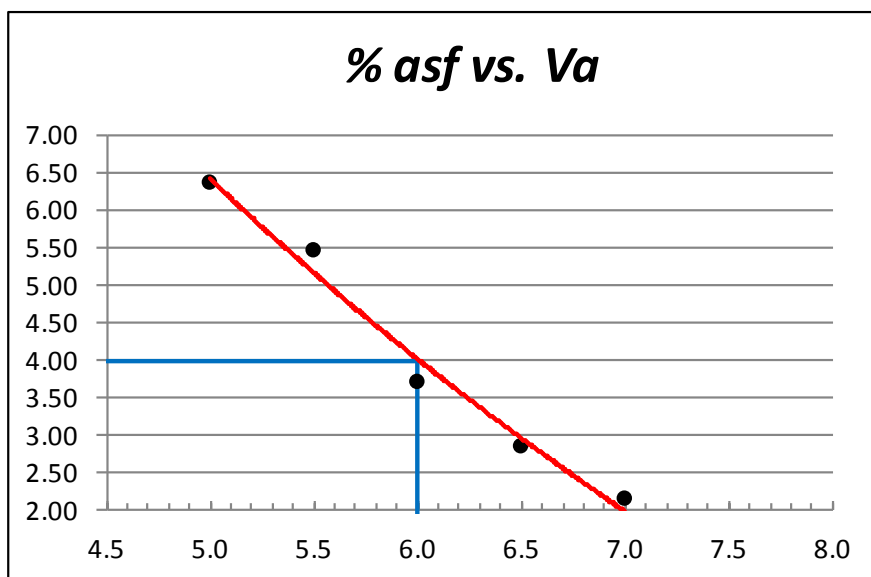


Figura 90: Porcentaje de Asfalto vs Vacios de Aire Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

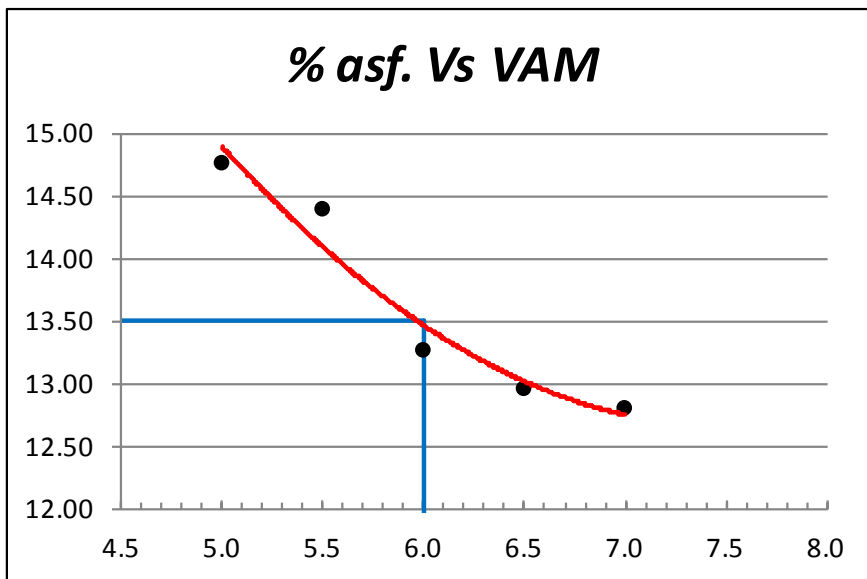


Figura 91: Porcentaje de Asfalto vs VAM Guayllabamba

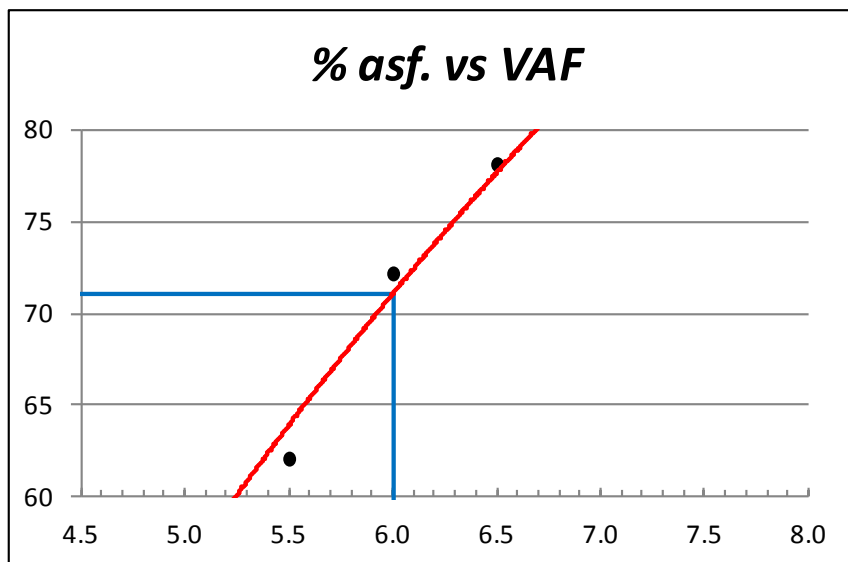


Figura 92: Porcentaje de Asfalto vs VAF Guayllabamba

En concordancia con las especificaciones ASTM, para seleccionar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico los vacíos de aire existentes en la mezcla deben estar entre el 3% y 5%, con lo, en el caso de la cantera de Guayllabamba se seleccionó un valor igual a 4% lo cual nos generó un valor de contenido de asfalto de 6%.

Tabla 56: Resumen de Resultados Ensayo Marshall Guayllabamba

RESUMEN	
BULK	2.25
ESTABILIDAD	1425
FLUJO	15.7
Va	4
VAM	13.5
VAF	71

5.3. Diseño del Hormigón Asfáltico con Aditivo.

5.3.1. Aditivación del Cemento Asfáltico.

Para la Aditivación del asfalto se tomó en cuenta tres aditivos mejoradores de adherencia y con diferentes concentraciones en base a las instrucciones de uso según el fabricante.

Para efectos de investigación a estos aditivos se los ha denominado como:

Aditivo "A"

Aditivo “B”

Aditivo “C”

Estos están detallados ampliamente en el capítulo dos.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Cemento Asfáltico AC-20.
- Tarros metálicos.
- Cocina de gas.
- Pipetas desechables para dosificación.
- Balanza A ± 0.01 gr.
- Agitador mecánico.
- Mechero a gas.
- Gafas industriales.
- Guantes de cuero.

PROCEDIMIENTO

- Una vez que se realizó el muestreo del asfalto inalterado se procede a calentarlo hasta alcanzar su estado líquido.

- Tomamos un tarro metálico y lo encerramos en la balanza para luego llenarlo hasta los $2/3$ aproximadamente del recipiente para luego tomar el peso y registrarlo.

- Después de obtener el peso debemos añadir los aditivos es importante tener mucho cuidado de no confundirlos ya que son de diversos porcentajes, la proporción de aditivo que se va a añadir al cemento asfáltico esta en base al peso del asfalto.

- Una vez que se añade el asfalto se coloca en el agitador mecánico, previamente se encendió el mechero y fue colocado debajo del recipiente para que el asfalto se conserve caliente. Se deja agitar por media hora.

- Una vez que se termino de mezclar se tapa el recipiente y se lo deja enfriar hasta el momento en que se vaya a utilizar el asfalto aditivado. Se continúa el proceso con los tres aditivos y con las concentraciones respectivas.



Figura 93: Muestras de Asfalto Aditivado

5.3.2. Influencia de los Aditivos en la Mezcla Asfáltica con el Agregado de Pintag.

- Se preparan tres probetas por cada concentración de aditivo que se van a utilizar, de esta manera se necesitan 27 bolsas de 1200 gr. de agregado mineral lavado y con la granulometría establecida en el literal 5.2.2.1.

Tabla 57: Dosificaciones en Porcentaje de los Aditivos

ADITIVO	DOSIFICACIONES		
	% PESO DEL ASFALTO		
A	0.50	0.75	1.00
B	0.50	0.75	1.00
C	0.05	0.08	0.10

- Se toman los pesos: al aire, saturada superficie seca y saturada sumergida en las briquetas.

- Se preparan y ensayan las muestras en la prensa de ensayos Marshall como se indico en el literal 5.2.1.3. y 5.2.1.2.

- Una vez concluido el ensayo se reportan los datos para los respectivos análisis de resultados.

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 58: Resultados del Ensayo Marshall con Aditivos Pintag

ADITIVO	ENSAYO "MARSHALL"												
	Briqueta	Porcentaje	Porcentaje	Peso	Peso Sat.	Peso	Volumen	Gmb	Emm	Estabilidad (lb)			Flujo
		Aditivo	Asfalto	Aire	Sup. Seca	en agua	n	g/cm3	g/cm3	Medida	Correc.	Corregida	
VIRGEN	VALORES OBTENIDOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO											1275,000	17
ADITIVO A	1	0,500	6,7	1233	1245	626,7	618,25	1,994	2,142	1974,8	0,76	1.540,34	15
	2	0,500	6,7	1236	1252,7	624,3	628,40	1,967	2,142	1971,5	0,76	1.498,34	16
	3	0,500	6,7	1230	1239,5	619,5	620,03	1,983	2,142	1941,3	0,76	1.515,10	16
							Promedio	1,981	2,142			1517,928	16
	1	0,750	6,7	1241	1254,4	636,2	618,22	2,007	2,142	1681,4	0,76	1.311,49	12
	2	0,750	6,7	1253	1270,9	645,3	625,61	2,002	2,142	1674,7	0,76	1.306,27	12
	3	0,750	6,7	1247	1262,3	638,2	624,14	1,998	2,142	2072,1	0,76	1.616,24	13
							Promedio	2,002	2,142			1411,332	12
	1	1,000	6,7	1248	1259,9	639	620,96	2,011	2,142	1758,3	0,76	1.371,47	14
	2	1,000	6,7	1249	1261,2	641,7	619,48	2,016	2,142	1976,6	0,76	1.541,75	12
	3	1,000	6,7	1248	1258,7	634,3	620,22	2,0134	2,142	1502,1	0,76	1.456,61	15
							Promedio	2,013	2,142			1456,611	14
ADITIVO B	1	0,500	6,7	1233	1245	626,7	618,25	1,994	2,142	1565,9	0,76	1.370,20	18
	2	0,500	6,7	1236	1252,7	624,3	628,40	1,967	2,142	1794	0,76	1.363,44	16
	3	0,500	6,7	1230	1239,5	619,5	620,03	1,983	2,142	1866,8	0,76	1.418,77	18
							Promedio	1,981	2,142			1384,136	17
	1	0,750	6,7	1241	1254,4	636,2	618,22	2,007	2,142	1654,8	0,76	1.290,74	16
	2	0,750	6,7	1253	1270,9	645,3	625,61	2,002	2,142	1843,8	0,76	1.438,16	13
	3	0,750	6,7	1247	1262,3	638,2	624,14	1,998	2,142	1547,7	0,76	1.207,21	15
							Promedio	2,002	2,142			1312,038	15
	1	1,000	6,7	1248	1259,9	639	620,96	2,011	2,142	1820,1	0,76	1.419,68	13
	2	1,000	6,7	1249	1261,2	641,7	619,48	2,016	2,142	2273,1	0,76	1.773,02	13
	3	1,000	6,7	1248	1258,7	634,3	620,22	2,0134	2,142	1802,1	0,76	1.592,10	14
							Promedio	2,013	2,142			1450,200	13
ADITIVO C	1	0,050	6,7	1233	1245	626,7	618,25	1,994	2,142	1920,7	0,76	1.498,15	15
	2	0,050	6,7	1236	1252,7	624,3	628,40	1,967	2,142	2044,7	0,76	1.553,97	14
	3	0,050	6,7	1230	1239,5	619,5	620,03	1,983	2,142	1901,3	0,76	1.444,99	14
							Promedio	1,981	2,142			1499,035	14
	1	0,075	6,7	1241	1254,4	636,2	618,22	2,007	2,142	2385,1	0,76	1.860,38	14
	2	0,075	6,7	1253	1270,9	645,3	625,61	2,002	2,142	2061,4	0,76	1.607,89	15
	3	0,075	6,7	1247	1262,3	638,2	624,14	1,998	2,142	2234,4	0,76	1.742,83	17
							Promedio	2,002	2,142	1949,5		1737,034	15
	1	0,100	6,7	1248	1259,9	639	620,96	2,011	2,142	2055,3	0,76	1.603,13	16
	2	0,100	6,7	1249	1261,2	641,7	619,48	2,016	2,142	2087,1	0,76	1.627,94	16
	3	0,100	6,7	1248	1258,7	634,3	620,22	2,0134	2,142	2280,4	0,76	1.620,10	15
							Promedio	2,013	2,142			1617,057	16



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

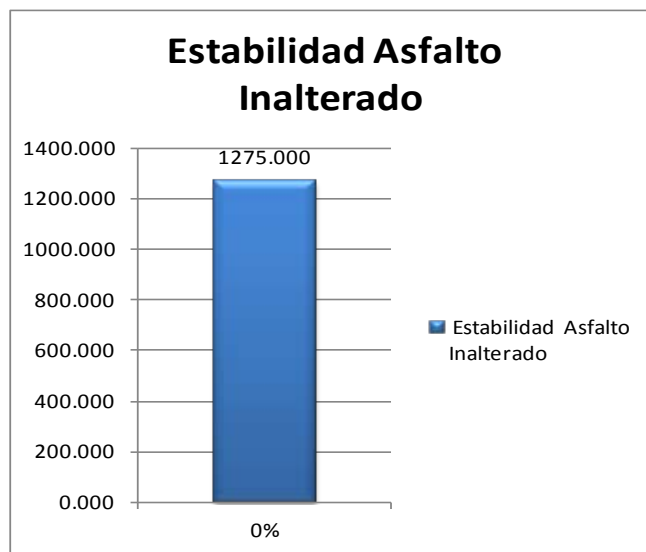


Figura 94: Estabilidad mezcla con Asfalto Virgen Pintag



Figura 95: Flujo mezcla con Asfalto Virgen Pintag



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

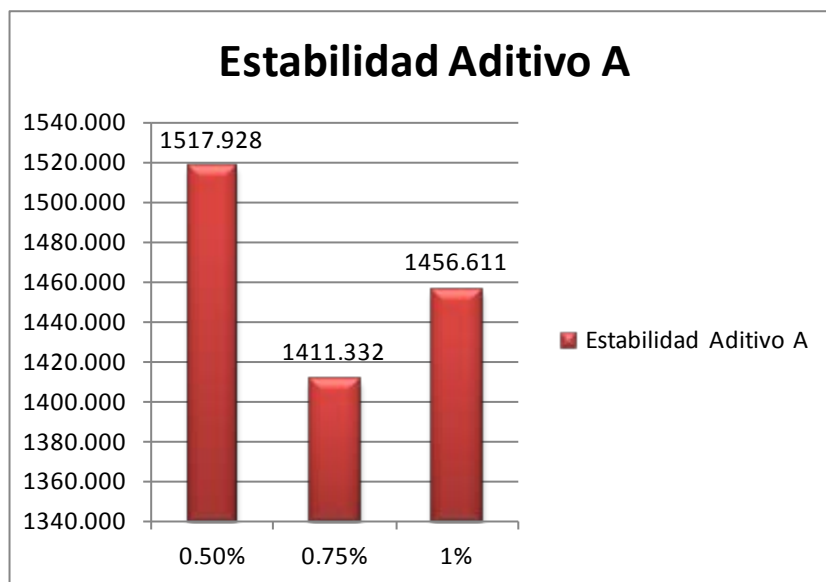


Figura 96: Estabilidad mezcla con Aditivo "A" Pintag

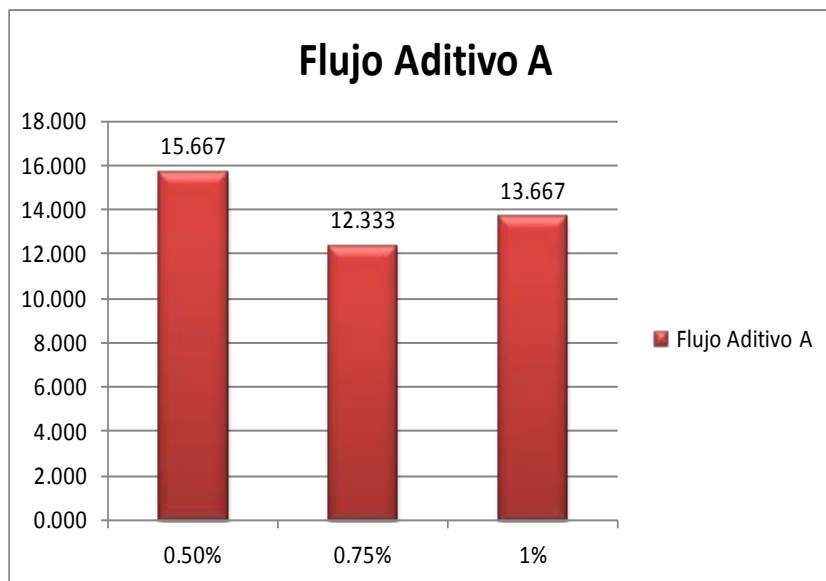


Figura 97: Flujo mezcla con Aditivo "A" Pintag



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

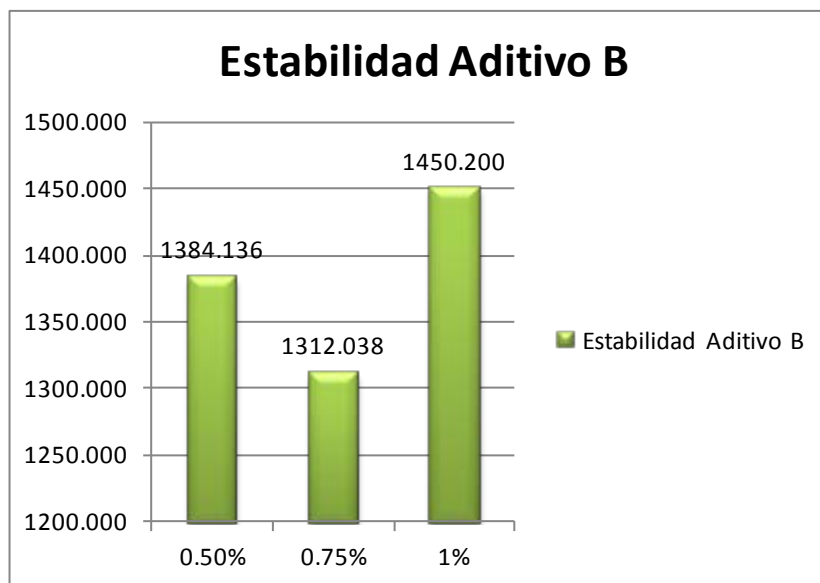


Figura 98: Estabilidad mezcla con Aditivo "B" Pintag

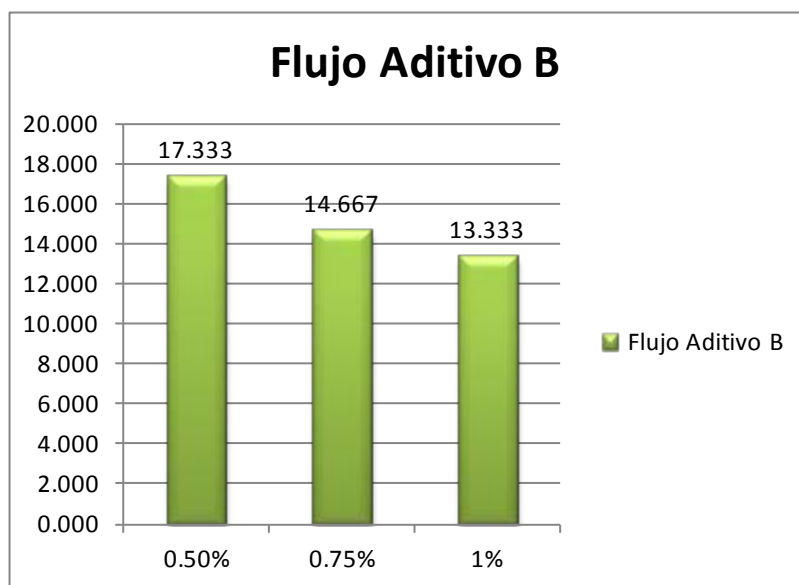


Figura 99: Flujo mezcla con Aditivo "B" Pintag



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Pintag

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

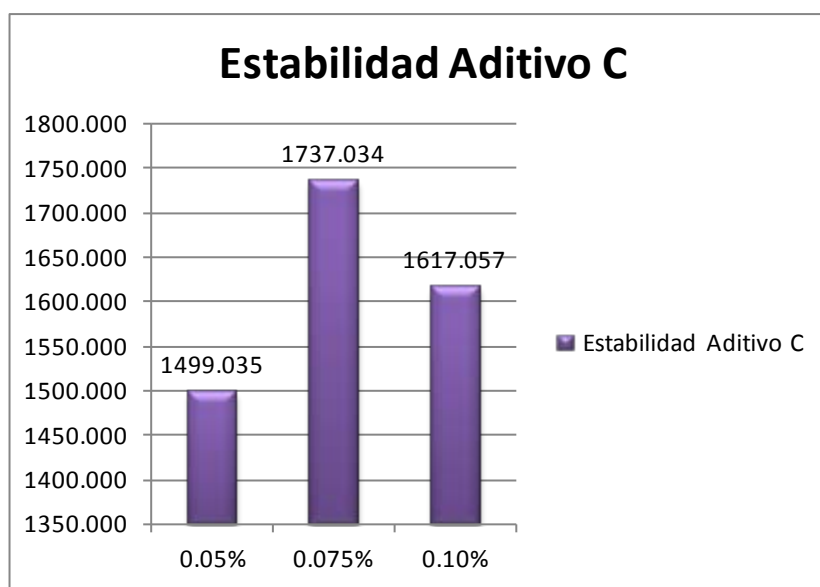


Figura 100: Estabilidad mezcla con Aditivo "C" Pintag

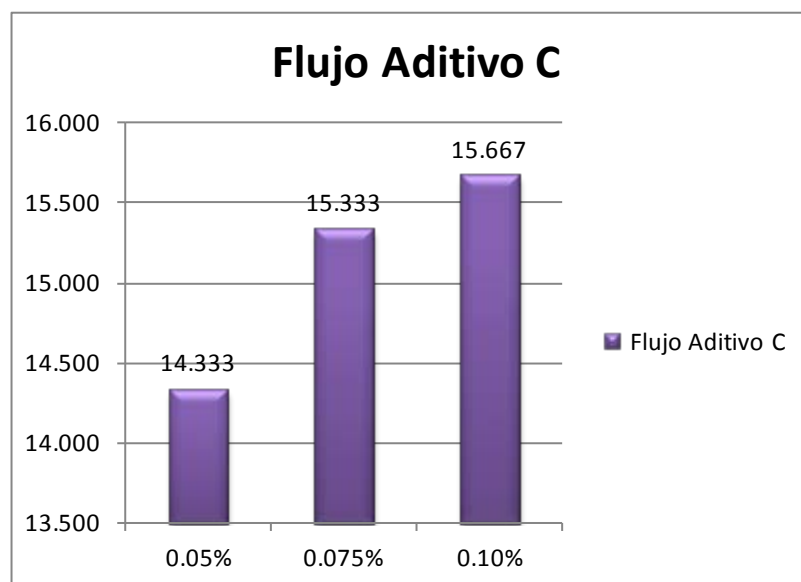


Figura 101: Flujo mezcla con Aditivo "C" Pintag

5.3.3. Influencia de los Aditivos en la Mezcla Asfáltica con el Agregado de Guayllabamba.

Se preparan tres probetas por cada concentración de aditivo que se va a utilizar, de esta manera se necesitan 27 bolsas de 1200 gr. de agregado mineral lavado y con la granulometría establecida en el literal 5.2.2.1.

Tabla 59: Dosificación de los Aditivos

ADITIVO	DOSIFICACIONES		
	% PESO DEL ASFALTO		
A	0,50	0,75	1,00
B	0,50	0,75	1,00
C	0,050	0,075	0,100

- Se toman los pesos: al aire, saturada superficie seca y saturada sumergida en las briquetas.
- Preparar y ensayar las muestras en la prensa de ensayos Marshall como se indico en el literal 5.2.1.3. y 5.2.1.2.
- Una vez concluido el ensayo reportar los datos para los respectivos análisis de resultados.

RESULTADOS:



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

Tabla 60: Resultados del Ensayo Marshall con Aditivos Guayllabamba

ADITIVO	ENSAYO "MARSHALL"												
	Briqueta	Porcentaje	Porcentaje	Peso	Peso Sat.	Peso	Volumen	Gmb	Gmm (calc)	Estabilidad (lb)			Flujo
		Aditivo	Asfalto	Aire	Sup. Seca	en agua	Briqueta (cm ³)	g/cm ³	g/cm ³	Medida	Correc.	Corregida	
VIRGEN	VALORES OBTENIDOS DEL ENSAYO MARSHALL PARA CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO										1.425,0	14	
ADITIVO A	1	0,500	6,0	1251,3	1255,89	699,85	556,04	2,250	2,340	2372	0,89	2.111,1	11
	2	0,500	6,0	1253	1257,19	701,07	556,12	2,253	2,340	2717,8	0,89	2.418,8	10
	3	0,500	6,0	1231	1236,37	683,46	552,91	2,226	2,340	2202,1	0,89	1.959,9	10
							Promedio	2,243	2,340			2.163,3	10
	1	0,750	6,0	1249,9	1253,28	697,81	555,47	2,250	2,340	2265,4	0,89	2.016,2	15
	2	0,750	6,0	1249,8	1253,33	696,17	557,16	2,243	2,340	2427,8	0,89	2.160,7	11
	3	0,750	6,0	1244,3	1247,95	695,62	552,33	2,253	2,340	2295,7	0,89	2.043,2	11
							Promedio	2,249	2,340			2.073,4	12
	1	1,000	6,0	1251,2	1252,86	698,86	554,00	2,258	2,340	2526,9	0,89	2.248,9	9
	2	1,000	6,0	1250,4	1258,7	694,82	563,88	2,217	2,340	2470,6	0,86	2.124,7	10
	3	1,000	6,0	1252,5	1256,02	699,3	558,94	2,238	2,340	2514,6	0,89	2.238,0	10
							Promedio	2,238	2,340			2.203,9	10
ADITIVO B	1	0,500	6,0	1249,5	1256,05	690,18	565,87	2,208	2,340	2146,1	0,86	1.845,6	10
	2	0,500	6,0	1250,9	1258,93	694,44	564,49	2,216	2,340	2461,2	0,86	2.116,6	11
	3	0,500	6,0	1250,9	1258,16	694,92	563,24	2,221	2,340	2064,1	0,86	1.775,1	11
							Promedio	2,215	2,340			1.912,5	11
	1	0,750	6,0	1230,2	1232,51	676,18	556,33	2,211	2,340	1608,1	0,89	1.431,2	10
	2	0,750	6,0	1250,6	1257,81	694,39	563,42	2,220	2,340	1628,2	0,86	1.400,3	11
	3	0,750	6,0	1235	1244,05	683,23	560,82	2,202	2,340	1799,7	0,86	1.547,7	11
							Promedio	2,211	2,340			1.459,7	11
	1	1,000	6,0	1236,7	1240,48	685,35	555,13	2,228	2,340	2240,2	0,89	1.993,8	11
	2	1,000	6,0	1243,8	1249,12	691,38	557,74	2,230	2,340	2360,8	0,89	2.101,1	12
	3	1,000	6,0	1242,3	1245,6	683,39	556,44	2,229	2,340	2310,9	0,89	2.056,7	12
							Promedio	2,229	2,340			2.050,5	12
ADITIVO C	1	0,050	6,0	1250,1	1259,41	686,37	573,04	2,182	2,340	2132,6	0,86	1.834,0	15
	2	0,050	6,0	1248,3	1251,31	695,48	555,83	2,246	2,340	2231	0,89	1.985,6	14
	3	0,050	6,0	1240,9	1242,53	689,33	553,20	2,243	2,340	2437,8	0,89	2.169,6	12
							Promedio	2,223	2,340			1.996,4	14
	1	0,075	6,0	1241,4	1245,48	684,87	560,61	2,214	2,340	2017,3	0,86	1.734,9	12
	2	0,075	6,0	1246,3	1249,48	689,99	559,49	2,227	2,340	1983,4	0,89	1.765,2	12
	3	0,075	6,0	1241,4	1245,06	687,02	558,04	2,225	2,340	2194,8	0,89	1.953,4	12
							Promedio	2,222	2,340			1.817,8	12
	1	0,100	6,0	1241,2	1245,62	675,54	570,08	2,177	2,340	1894,4	0,86	1.629,2	12
	2	0,100	6,0	1247,3	1251,6	686,79	564,81	2,208	2,340	1949,5	0,86	1.676,6	11
	3	0,100	6,0	1251,8	1256,49	690,02	567,45	2,193	2,340	1663,5	0,86	1.430,6	14
							Promedio	2,193	2,340			1.578,8	12



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz



Figura 102: Estabilidad mezcla con Asfalto Virgen Guayllabamba

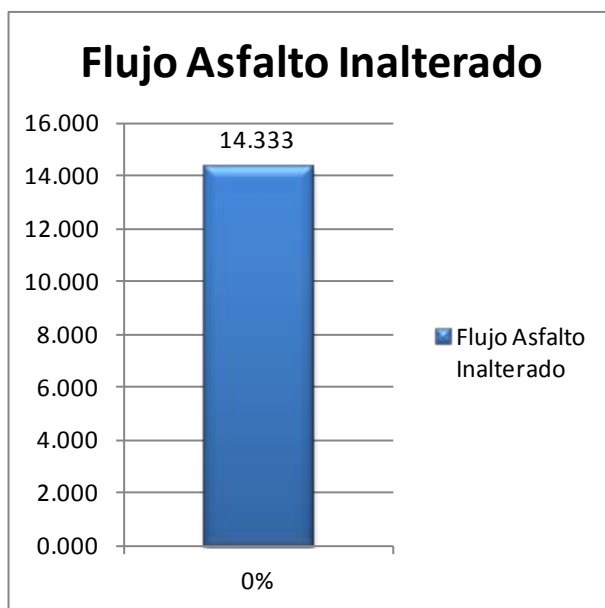


Figura 103: Flujo mezcla con Asfalto Virgen Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

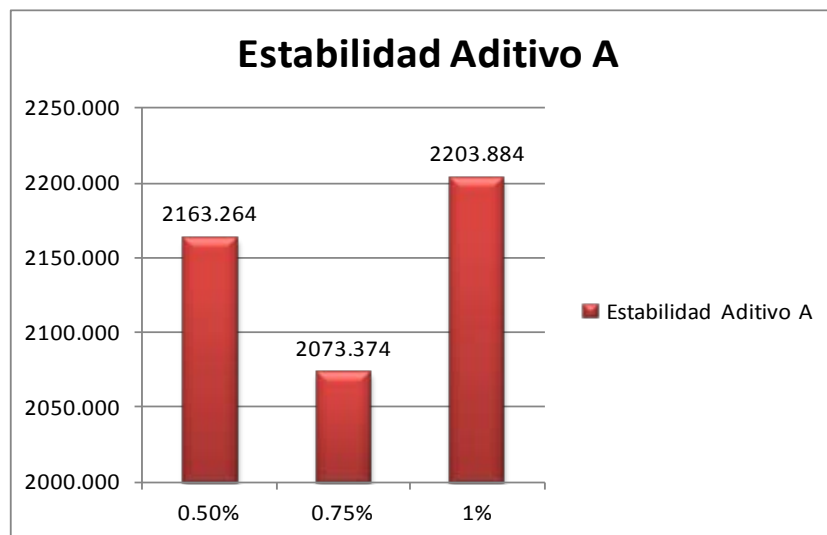


Figura 104: Estabilidad mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba

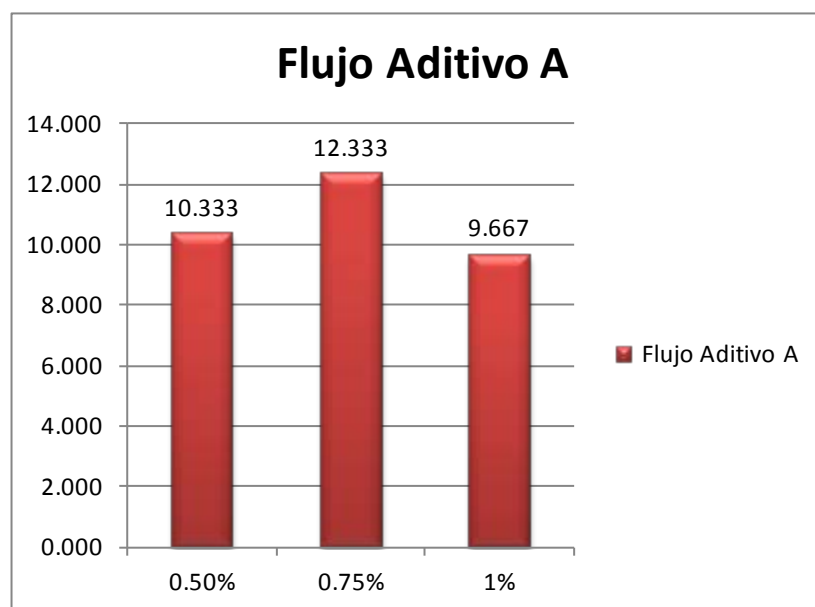


Figura 105: Flujo mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

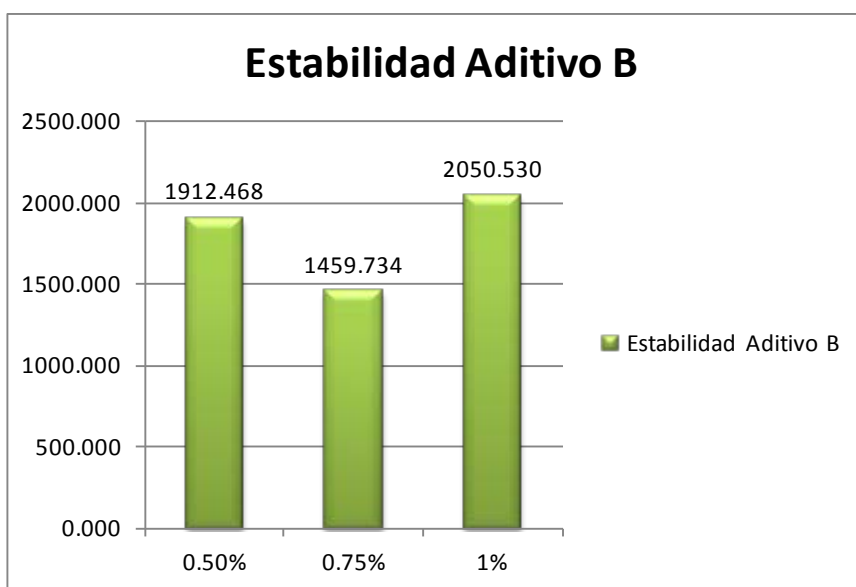


Figura 106: Estabilidad mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba

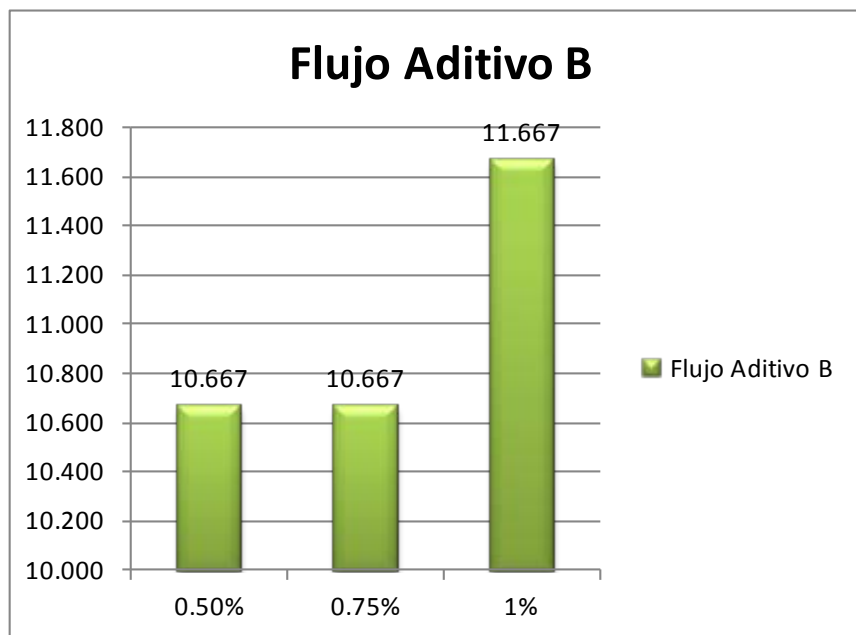


Figura 107: Flujo mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezcla Asfáltica Aditivada
UBICACIÓN : Guayllabamba

ENSAYO : Método Marshall (ASTM D-1559)
RESPONSABLES : Carlos Curco, Byron León
RECEPCIÓN : Ing. Hugo Bonifaz

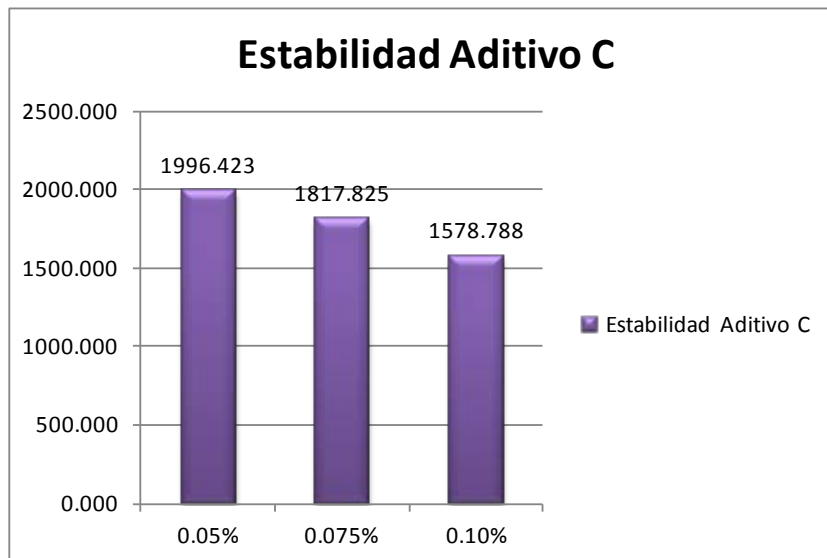


Figura 108: Estabilidad mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba

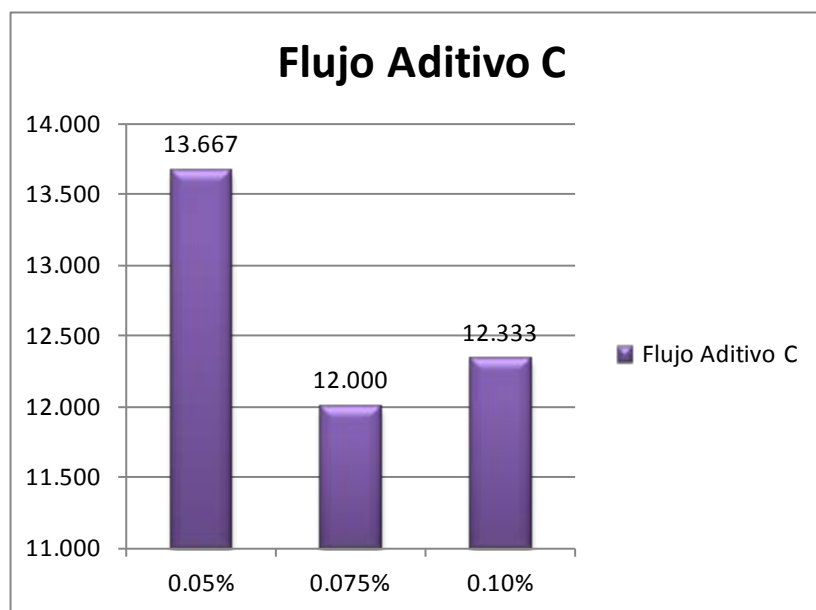


Figura 109: Flujo mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba

5.4. Ensayo de Recubrimiento y Peladura de Asfalto en Agregados (ASTM D-3625)

Esta norma describe el método para evaluar el efecto que ocasiona la acción del agua sobre la película de asfalto que recubre los agregados minerales de una determinada mezcla asfáltica, mediante la aplicación de una variación de temperatura relativamente constante a la muestra sumergida, por un determinado lapso de tiempo, luego de lo cual y posteriormente al secado completo de la muestra ensayada se efectúa la evaluación de los resultados obtenidos.

Al tratarse de un método netamente visual se puede utilizar para comparar la eficacia de los aditivos mejoradores de adherencia en las distintas mezclas asfálticas obtenidas.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Mezcla Asfáltica.
- Agua Destilada.
- Balanza A ± 0.01 gr.
- Recipiente de vidrio capacidad 1,0 lit.
- Mechero de gas y soporte.
- Termómetro digital.
- Cronómetro.

- Guantes de cuero.

PROCEDIMIENTO

Se gradúa el mechero, para una vez colocada la muestra en el agua destilada la temperatura se incrementa a razón de 5°C por minuto, seguidamente se coloca la muestra en el interior del recipiente y se enciende la fuente de calor para iniciar el ensayo.

Al llegar el agua destilada a su punto de ebullición se contabilizan diez minutos.

Se drena el agua para dejar a la muestra secarse completamente, luego de lo cual se la coloca sobre papel de color blanco para poder realizar la evaluación visual de los resultados.

Repetimos el procedimiento para cada una de las mezclas asfálticas obtenidas con los diferentes aditivos promotores de adherencia.

RESULTADOS:

Para el caso de Pintag y Guayllabamba se observa todas las muestras ensayadas presentan un aspecto igual o similar en cuanto al contenido de

asfalto, de lo inicialmente fueron ensayadas, es decir la pérdida por peladura es mínima o inexistente.

5.5. Ensayo Modificado de Recubrimiento y Peladura de Asfalto en Agregados (método ROLEC) Rojas-León-Curco.

Este procedimiento fue concebido en virtud que las muestras ensayadas por el método ASTM D-3625 no presentaron una variación apreciable en cuanto a la pérdida de asfalto por peladura.

Se trató de ajustar un modelo de ensayo que se acerque a las más duras condiciones a las se encuentra sometida una carpeta asfáltica en nuestro País, siendo así como consideraciones generales se establece que expuesto al brillo del sol el concreto asfáltico llega a temperaturas superiores a los 40°C pudiendo llegar incluso a los 60°C, así mismo la topografía, condiciones geográficas y climatológicas de nuestro país especialmente en la región Interandina hacen que se presenten lluvias de manera imprevisible, y en muchas ocasiones éstas se presentan acompañadas de granizadas, por lo que las carpetas asfálticas se hallarían sometidas a innumerables variaciones térmicas.

De esto se desprende que se podría simular ese efecto en el laboratorio sometiendo las muestras de mezcla asfáltica a condiciones similares mediante ciclos de calentado y enfriado brusco; tomando como base al ensayo normado

ASTM D-3625 se consideró los ciclos de calentado fueran similares a los estipulados en esta norma; seguidamente se tendría un ciclo de enfriamiento para el efecto fue realizado con agua helada.

Para el desarrollo del presente método se realizaron algunas iteraciones y combinaciones de los ciclos de calentado y enfriado, tanto en tiempo de ensayo como en número de ciclos, observando y comparando las muestras ensayadas con aditivo mejorador de adherencia y sin él, para que al final de todos los procesos podamos observar una afección visualmente evidente del efecto de las variaciones de temperaturas a las que se sometieron las mezclas asfálticas, pudiendo así evaluar de una mejor manera el aporte que le estarían confiriendo los aditivos mejoradores de adherencia a la película de asfalto que recubre los agregados minerales utilizados.

MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADO

- Mezcla Asfáltica.
- Agua Potable.
- Hielo.
- Balanza A \pm 0.01gr.
- Recipiente de metal capacidad 1,0 lit.
- Tina o recipiente plástico grande.
- Tamiz metálico.
- Mechero de gas y soporte.

- Termómetro digital.
- Cronómetro.
- Guantes de cuero.

PROCEDIMIENTO

En el recipiente de plástico se coloca agua potable con abundante hielo, de tal manera que la temperatura descienda cerca de los 0°C.

Se coloca agua en el recipiente de metal, en una cantidad cercana a los 3/5 de llenado del recipiente, a continuación se lo coloca en el mechero o la fuente de calor seleccionada para que el agua llegue hasta su punto de ebullición.

De la mezcla asfáltica se obtienen 150 gramos de muestra, tratando de seleccionar los agregados más grandes para que se pueda evidenciar y evaluar de mejor manera los resultados del procedimiento.



Figura 110: Medición del peso para Peladuras



Figura 111: Muestras de mezcla listas para el Ensayo de Peladuras

Se da inicio al ensayo con el ciclo de congelado, para lo cual procedemos a colocar la muestra seleccionada dentro del tamiz metálico y la sumergimos dentro del agua congelada por el lapso de 15 minutos. Con la ayuda del termómetro digital se controla la temperatura no sobrepase los 1,5 °C, en caso

contrario se adiciona cuanto hielo sea necesario para tener uniformidad en la temperatura del agua.



Figura 112: Proceso de Enfriado de la Mezcla

Al concluir el tiempo de enfriamiento se extrae la muestra del agua congelada y se retira cualquier exceso de hielo circundante, inmediatamente se coloca la muestra en el interior del recipiente metálico el cual previamente fue colocado en la fuente de calor y contiene agua en su punto de ebullición. Debido al choque térmico entre la muestra congelada y el agua, ésta deja de hervir, el ciclo de hervido da inicio al llegar nuevamente el agua a su punto de ebullición, en este instante se cronometran 30 minutos de hervido, para tener uniformidad y evitar variaciones térmicas producidas por varios factores como son, diferencias del punto de ebullición por presión atmosférica, fluctuaciones de presión en el combustible de la fuente de calor, etc., al iniciar el ciclo de hervido se controla la temperatura sea constante en un valor igual a 93°C.



Figura 114: Proceso de Hervido



Figura 113: Control de Temperatura

Al concluir el tiempo del ciclo de hervido, con la ayuda del tamiz metálico se drena la muestra del agua en ebullición y seguidamente se procede a sumergir nuevamente la muestra en agua congelada para el inicio de un nuevo ciclo de congelado.

Se repite este procedimiento de idéntica manera por cuatro veces más, y al final se concluye con un último ciclo de congelado, de tal manera al final resulten en total seis ciclos de congelado y cinco ciclos de hervido alternados uno de cada uno.

Se extrae la muestra del agua congelada y se la deja secar completamente para posteriormente colocarla en papel blanco y realizar su evaluación visual.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación de las muestras ensayadas se consideró una escala del uno al diez, en base a que fueron obtenidas diez muestras de concreto asfáltico, de esta manera se puede fácilmente correlacionar el aporte de los aditivos promotores de adherencia comparados entre sí y con la muestra que contiene asfalto inalterado.

Así la muestra que presenta más afección o daño producido por la acción del ensayo se le otorgará una calificación de uno, y a la muestra menos afectada se le dará una calificación de diez.

Al tratarse de una evaluación netamente visual se deben identificar claramente las muestras más y menos afectadas, para de esta manera el resto de muestras puedan ser evaluadas numéricamente, ubicándolas en esta escala, asignándoles un valor numérico entero que se irá incrementando en una unidad hasta completar la decena.

RESULTADOS:


UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
Byron León

Tabla 61: Resultado de Desempeño del Ensayo de peladura modificado

ADITIVO	Concentración	PINTAG				GUAYLLABAMBA			
A	0,50%	5	6	5	3	4	5	5	3
A	0,75%	10	10	10	10	5	7	7	7
A	1%	4	5	7	5	6	4	6	6
B	0,50%	7	9	9	8	9	9	8	9
B	0,75%	6	4	3	4	3	3	3	5
B	1%	2	2	1	1	7	6	4	4
C	0,05%	8	8	6	9	8	8	9	8
C	0,075%	3	3	2	2	2	2	2	2
C	0,10%	9	7	4	7	1	1	1	1
Sin Aditivo	0%	1	1	8	6	10	10	10	10
		EVALUACIÓN 1	EVALUACIÓN 2	EVALUACIÓN 3	EVALUACIÓN 4	EVALUACIÓN 1	EVALUACIÓN 2	EVALUACIÓN 3	EVALUACIÓN 4

Tabla 62: Calificación de La Peladura

ADITIVO	Concentración	PINTAG	GUAYLLABAMBA
A	0,50%	5	4
A	0,75%	10	7
A	1%	5	6
B	0,50%	8	9
B	0,75%	4	4
B	1%	2	5
C	0,05%	8	8
C	0,075%	3	2
C	0,10%	7	1
Sin Aditivo	0%	4	10



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas con agregado de Pintag Modificadas
UBICACIÓN : Pintag
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León

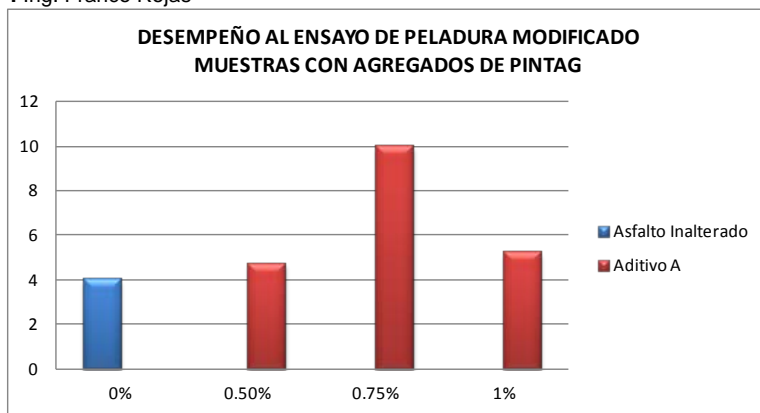


Figura 115: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "A" Pintag

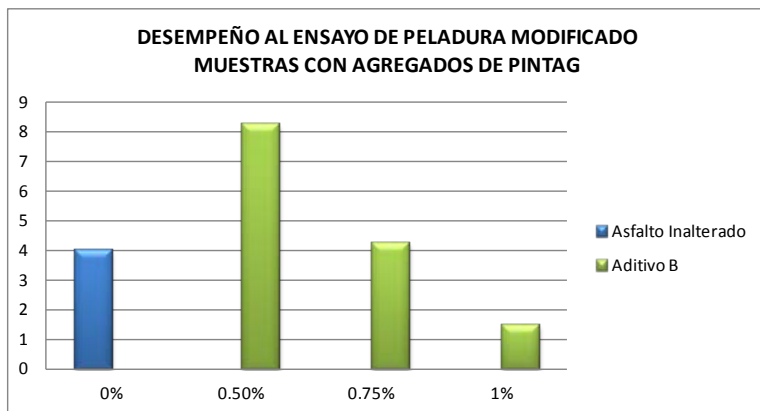


Figura 116: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "B" Pintag

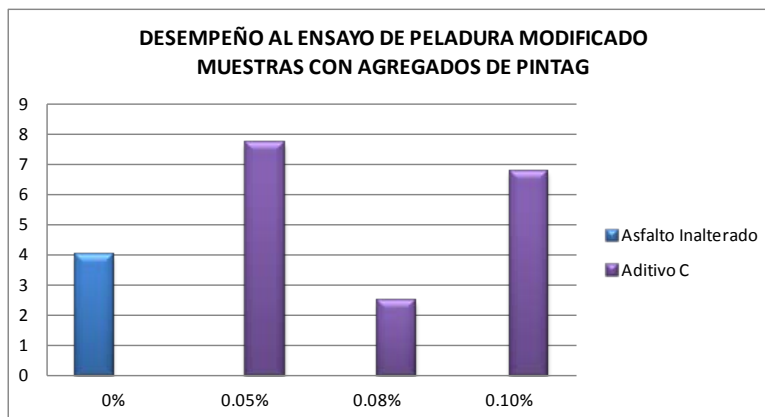


Figura 117: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "C" Pintag



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado **ENSAYO** : Peladura Modificada
MATERIAL: Mezclas Asfálticas con agregado de Guayllabamba Modificadas **RESPONSABLES** : Carlos Curco
UBICACIÓN : Guayllabamba **RECEPCIÓN** : Ing. Franco Rojas
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

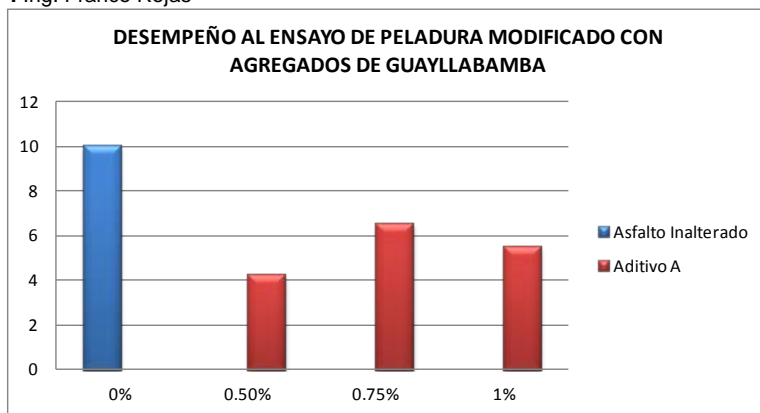


Figura 118: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "A" Guayllabamba

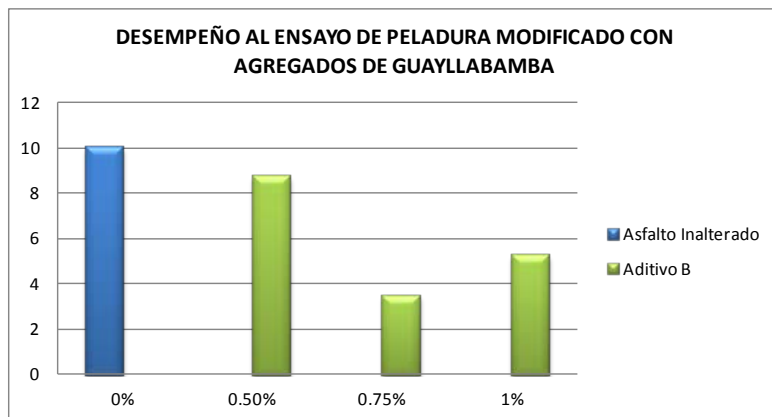


Figura 119: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "B" Guayllabamba

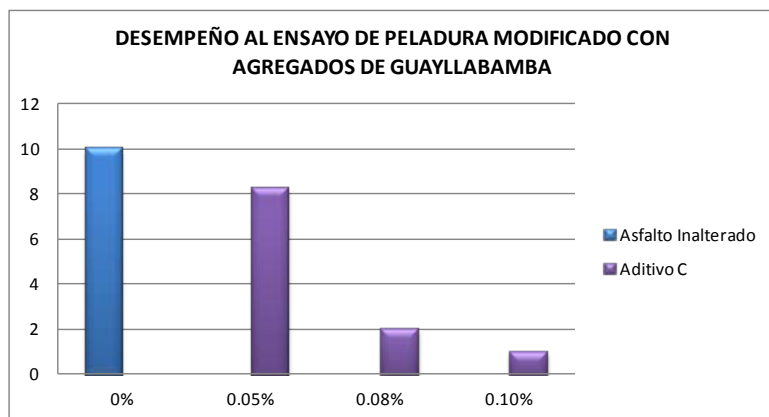


Figura 120: Ensayo de Peladura modificado en Mezcla con Aditivo "C" Guayllabamba



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 122: Peladura Pintag 0%



Figura 121: Peladura Pintag 0.5% Aditivo A



Figura 124: Peladura Pintag 0.5% Aditivo A



Figura 123: Peladura Pintag 1.0% Aditivo A



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
Modificada
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura

RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 126: Peladura Pintag 0.0%



Figura 125: Peladura Pintag 0.5% Aditivo B



Figura 128: Peladura Pintag 0.75% Aditivo B



Figura 127: Peladura Pintag 1.0% Aditivo B



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 129: Peladura Pintag 0.0%



Figura 130: Peladura Pintag 0.05% Aditivo C



Figura 132: Peladura Pintag 0.075% Aditivo C



Figura 131: Peladura Pintag 0.1% Aditivo C



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 134: Peladura Guayllabamba 0.0%



Figura 133: Peladura Guayllabamba 0.5% Aditivo A



Figura 136: Peladura Guayllabamba 0.75% Aditivo A



Figura 135: Peladura Guayllabamba 1.0% Aditivo A



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 138: Peladura Guayllabamba 0.0%



Figura 137: Peladura Guayllabamba 0.5% Aditivo B



Figura 140: Peladura Guayllabamba 0.75% Aditivo B



Figura 139: Peladura Guayllabamba 1.0% Aditivo B



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
 DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : Tesis de Grado
MATERIAL : Mezclas Asfálticas Modificadas
UBICACIÓN : Calacalí
RECEPCIÓN : Ing. Franco Rojas

ENSAYO : Peladura Modificada
RESPONSABLES : Carlos Curco
 Byron León



Figura 142: Peladura Guayllabamba 0.0%



Figura 141: Peladura Guayllabamba 0.05%
Aditivo C



Figura 144: Peladura Guayllabamba 0.075%
Aditivo C



Figura 143: Peladura Guayllabamba 0.1%
Aditivo C

CAPITULO VI

ANALISIS COMPARATIVO DE RESULTADOS

6.1. Norma de Ministerio de Transporte y Obras Públicas para el Cemento Asfáltico.

Tabla 63: Tabla para cementos Asfálticos MOP -001-F-2002

ENSAYOS	60-70		85-100	
Betún original	mínimo	máximo	mínimo	máximo
Penetración (25 °C, 100 gr, 5 s), mm/10.	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C.	48	57	45	53
Indice de penetración (*).	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25 °C, 5 cm/minuto), cm.	100	---	100	---
Contenido de agua (en volumen), % .	---	0,2	---	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %.	99	---	99	---
Punto de inflamación, Copa Cleveland, °C.	232	---	232	---
Densidad relativa, 25 °C/ 25 °C	1,00	---	1,00	---
Ensayo de la mancha (**)	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas, %.	---	2.2	---	2.2
Ensayos al residuo del TFOT:				
Variación de masa, %.	---	0,8	---	1,0
Penetración, % de penetración original.	54	---	50	---
Ductilidad , cm	50	---	75	---
Resistencia al endurecimiento (***)	---	5,0	---	5,0

6.2. Punto de Inflamación y Combustión.

6.2.1. Tabla Comparativa de Resultados.

Tabla 64: Tabla Comparativa de Resultados Inflamación y Combustión

ASFALTO	CONCENTR.	PUNTO DE INFLAMACIÓN			PUNTO DE COMBUSTIÓN		
		MEDIDA	INCREMENTO		MEDIDA	INCREMENTO	
		°C	°C	%	°C	°C	%
INALT.	0,00%	270	-	-	274	-	-
A	0,50%	284	14	5,19	290	16	5,84
	0,75%	282	12	4,44	286	12	4,38
	1,00%	284	14	5,19	288	14	5,11
B	0,50%	285	15	5,56	290	16	5,84
	0,75%	282	12	4,44	290	16	5,84
	1,00%	280	10	3,70	282	8	2,92
C	0,050%	275	5	1,85	281	7	2,55
	0,075%	272	2	0,74	278	4	1,46
	0,100%	270	0	0,00	276	2	0,73

6.2.2. Gráficos Comparativos Totales de Inflamación y Combustión

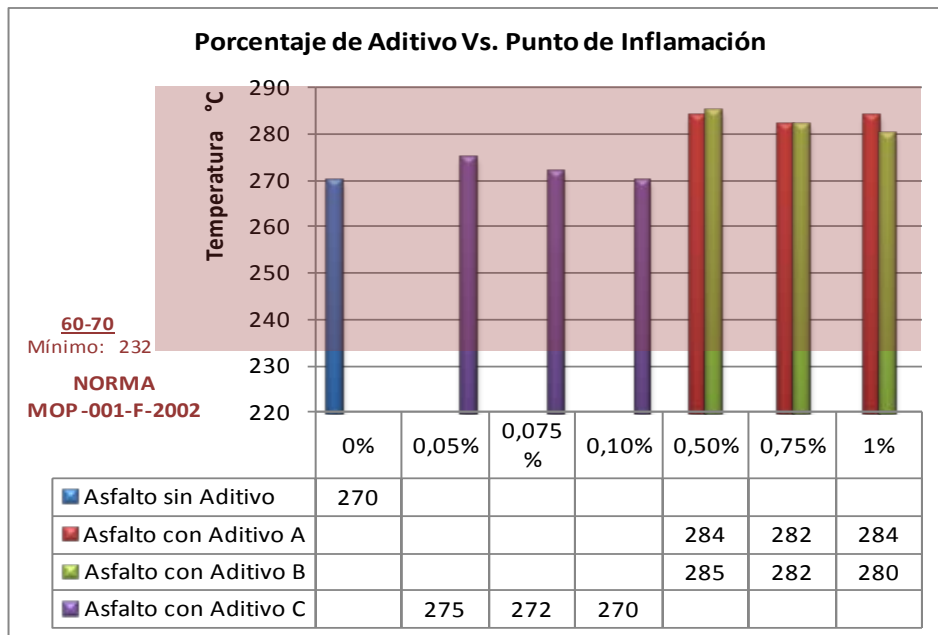


Figura 145: Grafico comparativo % Aditivo vs Inflamación

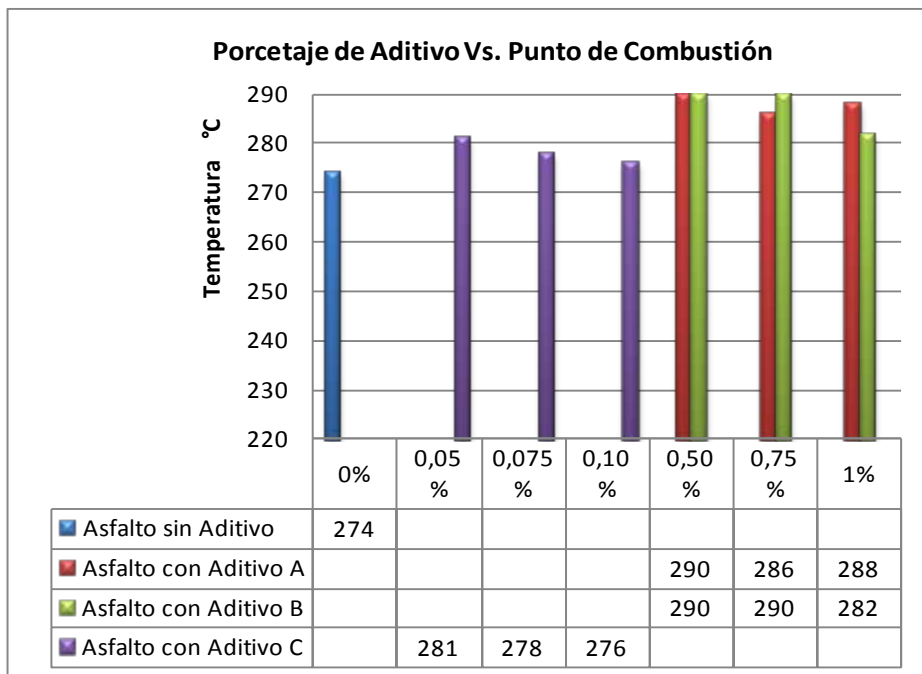


Figura 146: Grafico comparativo % Aditivo vs Combustión

6.2.3. Comportamiento del Asfalto Aditivado en el ensayo de Punto de Inflamación y Combustión.

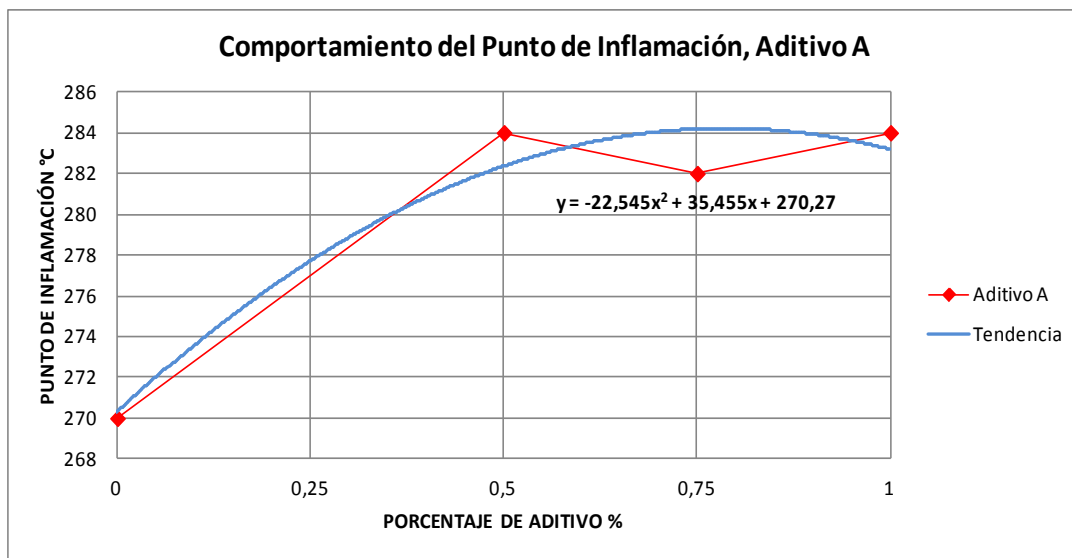


Figura 147: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "A"

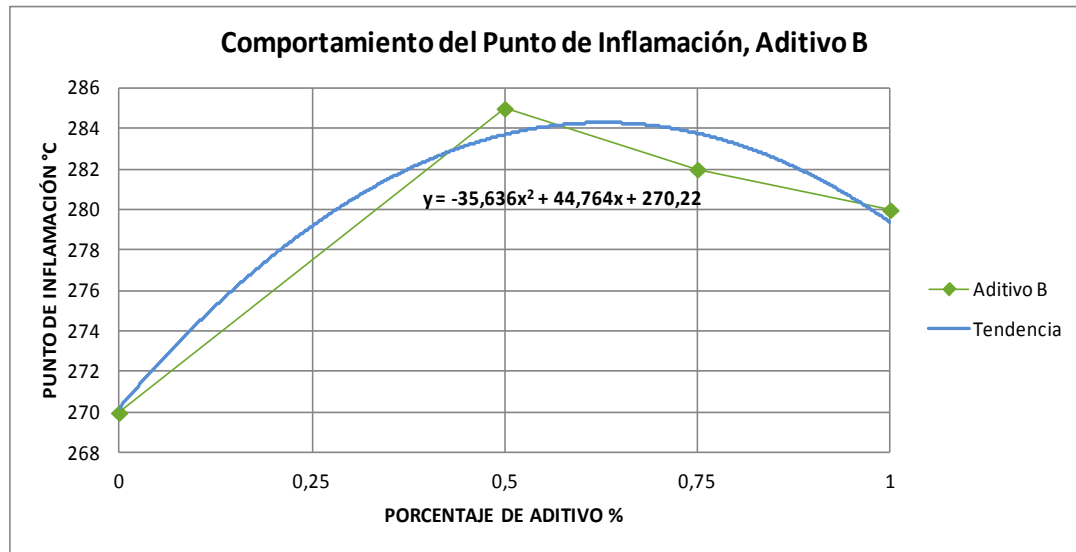


Figura 148: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "B"

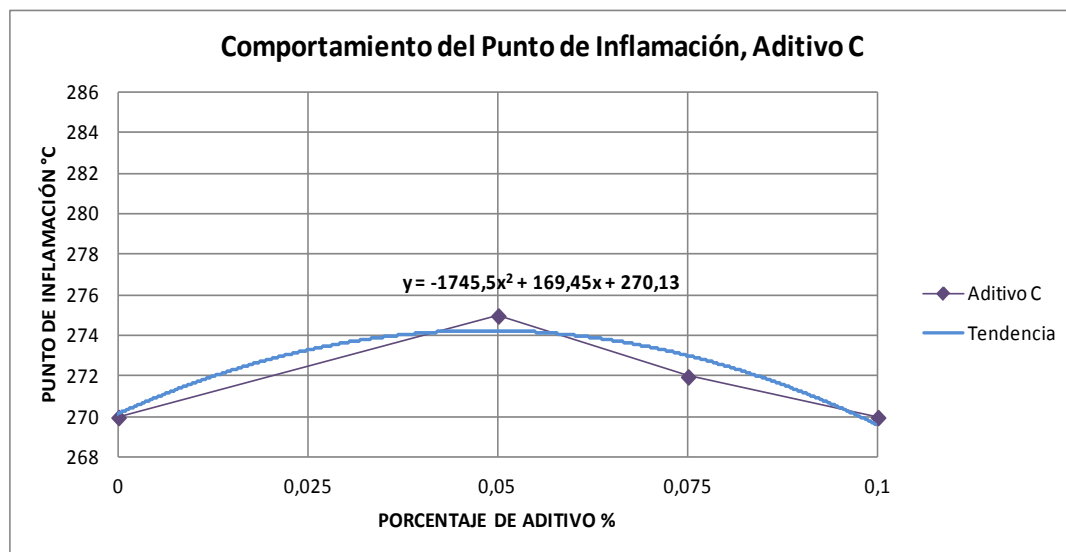


Figura 149: Comportamiento del Asfalto en Punto de Inflamación, Aditivo "C"

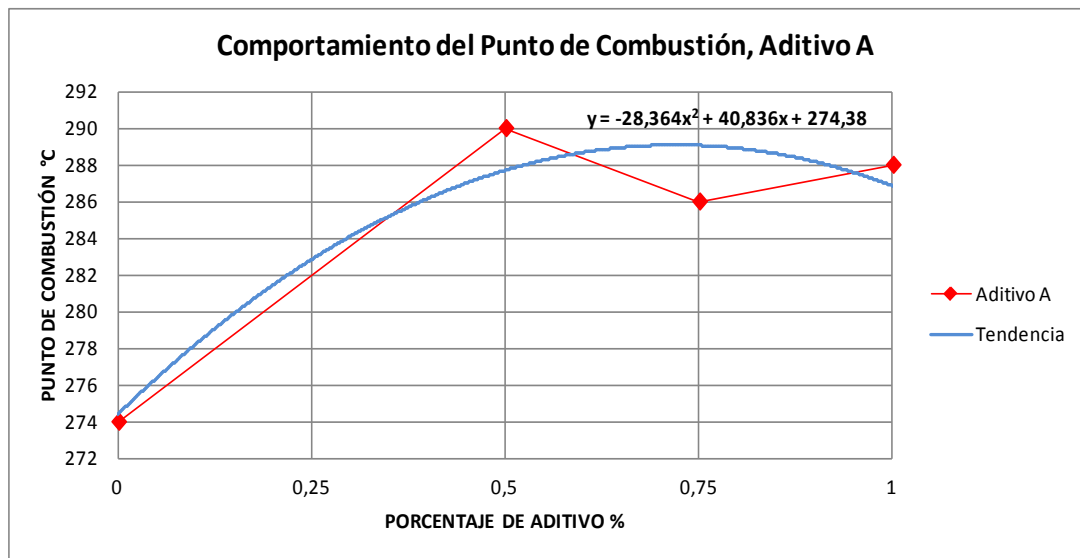


Figura 150: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "A"

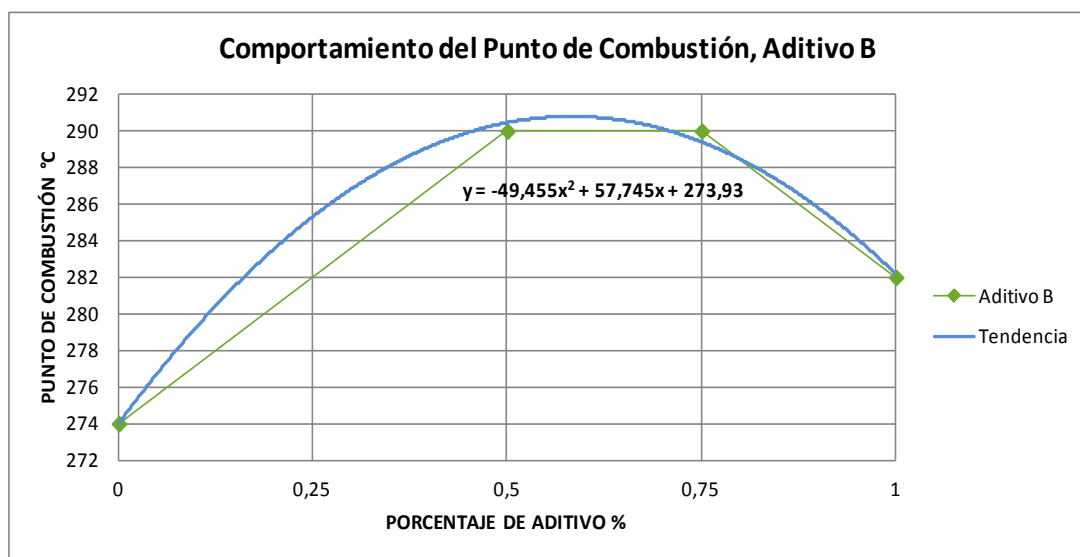


Figura 151: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "B"

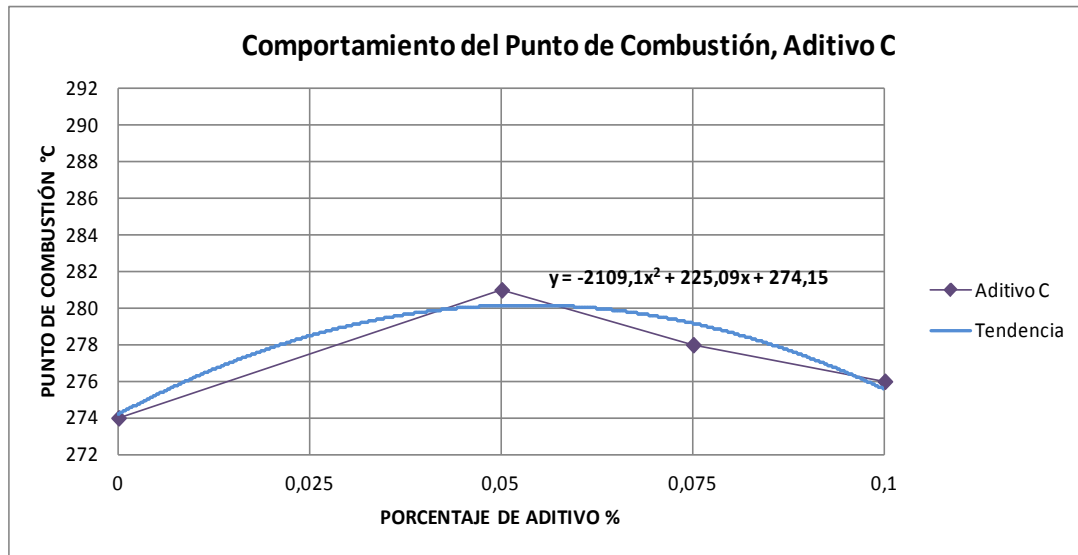


Figura 152: Comportamiento del Asfalto en Punto de Combustión, Aditivo "C"

6.3. Punto de Reblandecimiento.

6.3.1. Tabla comparativa de Resultados de Ensayo de Reblandecimiento.

Tabla 65: Tabla comparativa de Resultados Reblandecimiento

ASFALTO	CONCENTRACION	PTO. REBL.	INCREMENTO	
		°C	°C	%
INALT.	0,00%	53,75	-	-
A	0,50%	56,4	2,65	4,93
	0,75%	54,65	0,9	1,67
	1,00%	55,7	1,95	3,63
B	0,50%	54,95	1,2	2,23
	0,75%	56	2,25	4,19
	1,00%	53,2	-0,55	-1,02
C	0,050%	54,15	0,4	0,74
	0,075%	54,5	0,75	1,40
	0,100%	53,1	-0,65	-1,21

6.3.2. Gráfico comparativo Total de Ensayo de Reblandecimiento

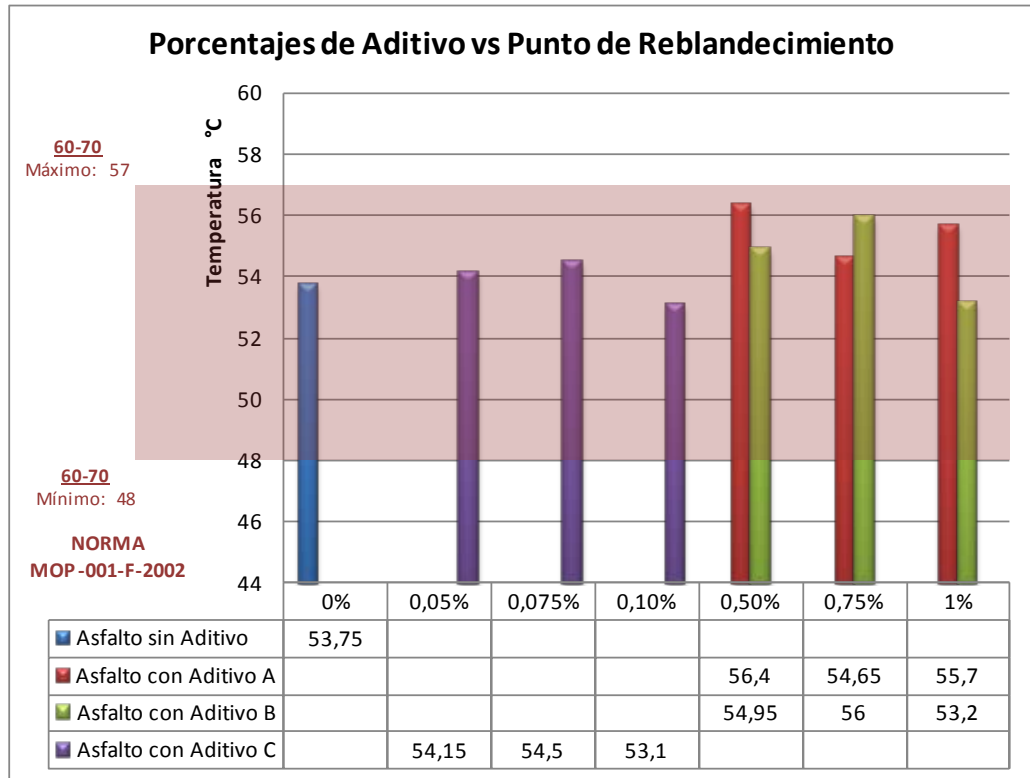


Figura 153: Grafico Comparativo de % de Asfalto vs. Punto de Reblandecimiento

6.3.3. Comportamiento del Asfalto Aditivado En el Ensayo de Reblandecimiento

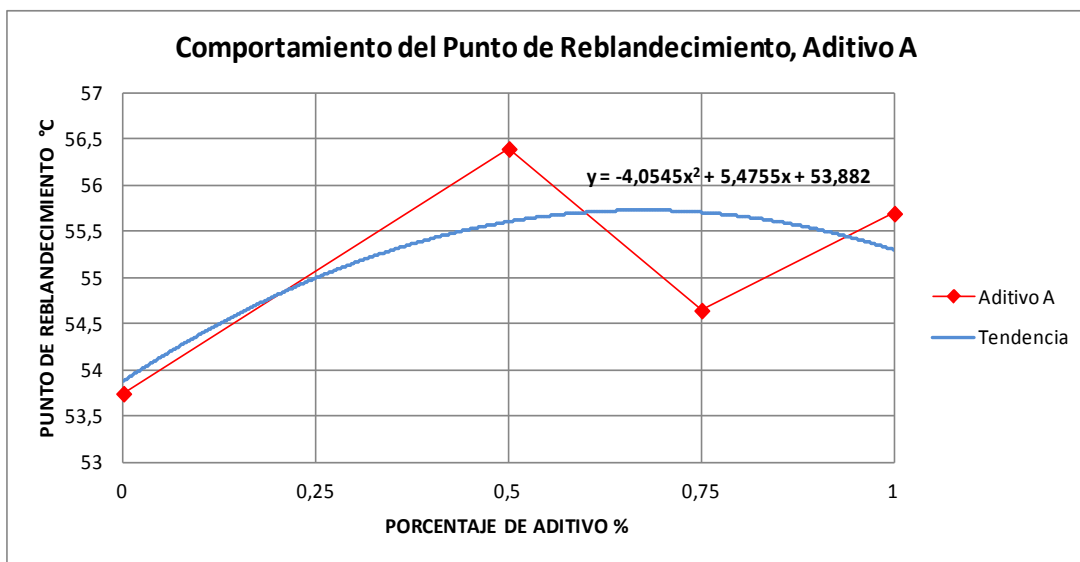


Figura 154: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "A"

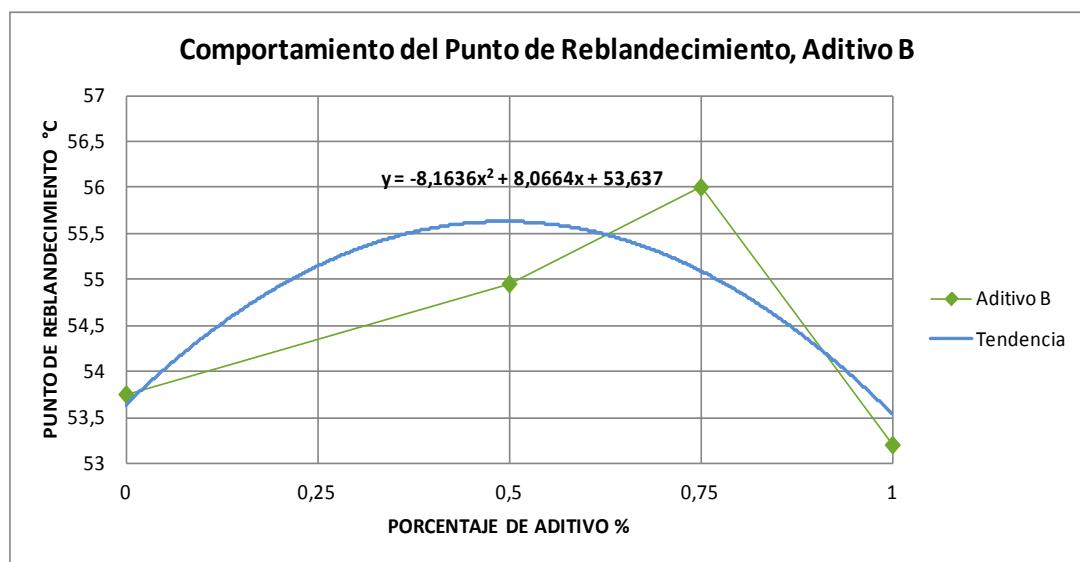


Figura 155: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "B"

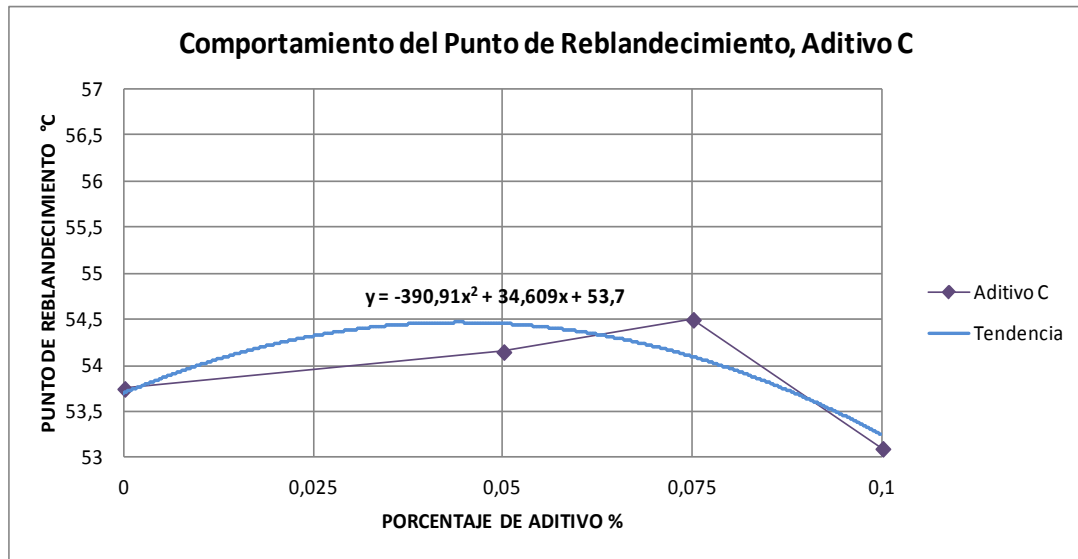


Figura 156: Comportamiento del Asfalto en Punto de Reblandecimiento, Aditivo "C"

6.4. Penetración.

6.7.1. Penetración en el asfalto a una temperatura de 25°C.

6.7.1.1. Tabla comparativa de Resultados.

Tabla 66: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 25°C

ASFALTO 25°C	CONCENTRACION	PEN.	INCREMENTO	
		*0,1 mm	*0,1 mm	%
INALT.	0,00%	47,2	-	-
A	0,50%	63,2	16	33,90
	0,75%	63,2	16	33,90
	1,00%	63,8	16,6	35,17
B	0,50%	62,2	15	31,78
	0,75%	63,8	16,6	35,17
	1,00%	64,6	17,4	36,86
C	0,050%	53,8	6,6	13,98
	0,075%	54,8	7,6	16,10
	0,100%	54,4	7,2	15,25

6.7.1.2. Gráfico comparativo Total

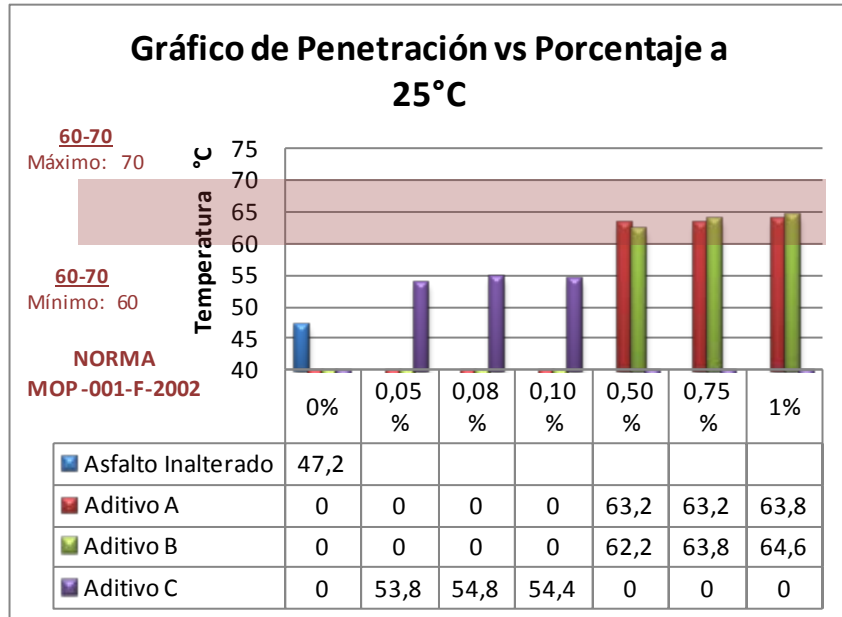


Figura 157: Grafico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 25°C

6.7.1.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en el Ensayo de Penetración a 25°C.

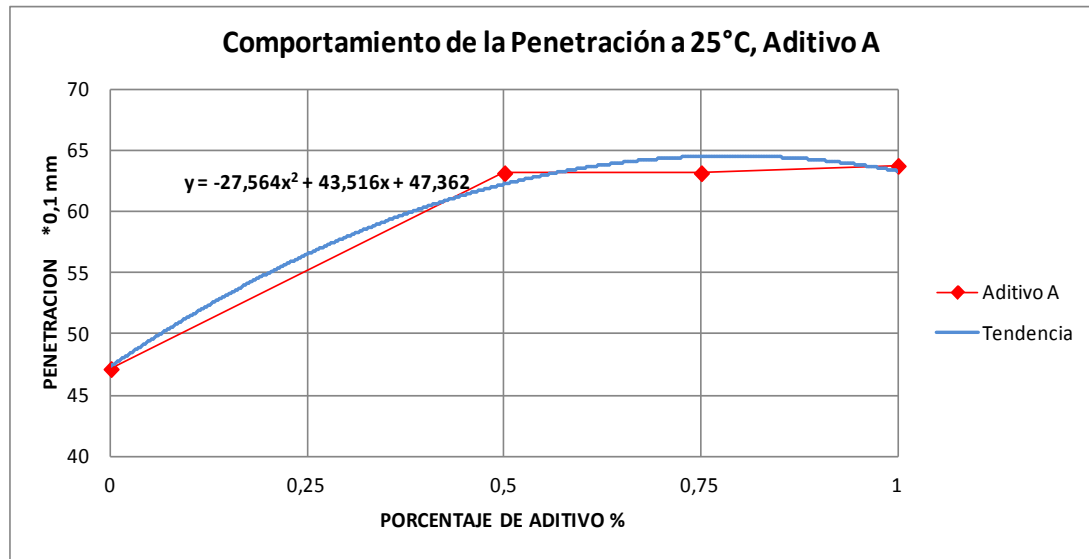


Figura 158: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "A"

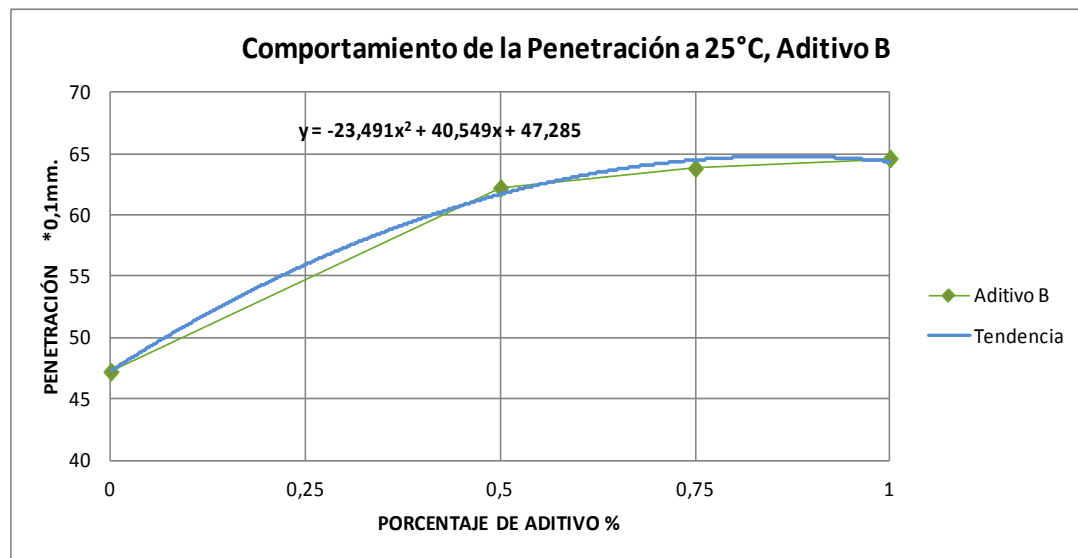


Figura 159: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "B"

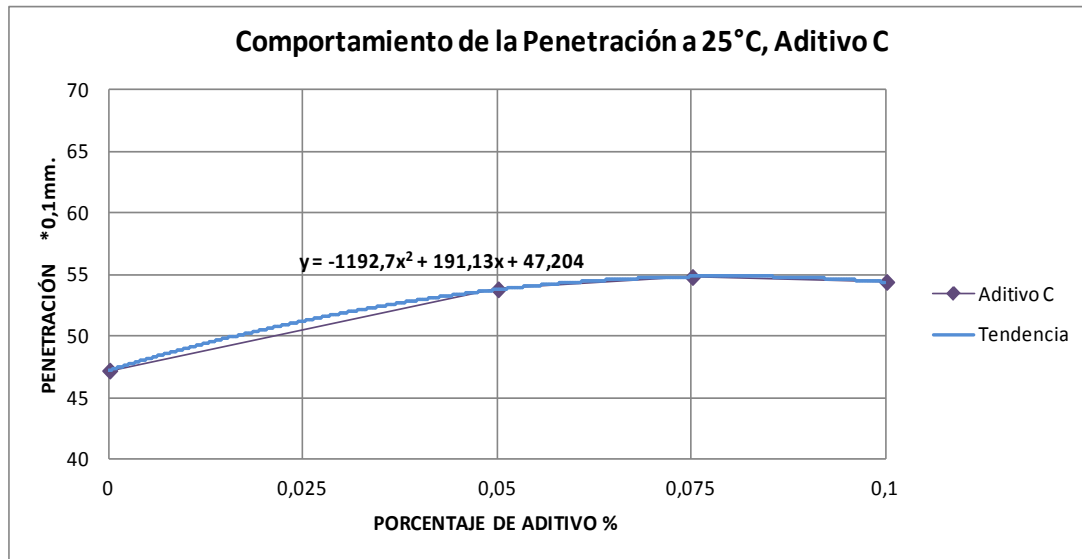


Figura 160: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 25°C, Aditivo "C"

6.7.2. Penetración en el asfalto a una temperatura de 30°C

6.7.2.1. Tabla comparativa de Resultados de penetración a 30°C.

Tabla 67: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 30°C

ASFALTO 30°C	CONCENTRACION	PEN. INCREMENTO		
		*0,1 mm	*0,1 mm	%
INALT.	0,00%	73,2	-	-
A	0,50%	84,4	11,2	15,30
	0,75%	82,8	9,6	13,11
	1,00%	87,4	14,2	19,40
B	0,50%	83,2	10	13,66
	0,75%	85,6	12,4	16,94
	1,00%	90,6	17,4	23,77
C	0,050%	74,2	1	1,37
	0,075%	79,2	6	8,20
	0,100%	77	3,8	5,19

6.7.2.2. Gráfico comparativo Total de penetración a 30°C.

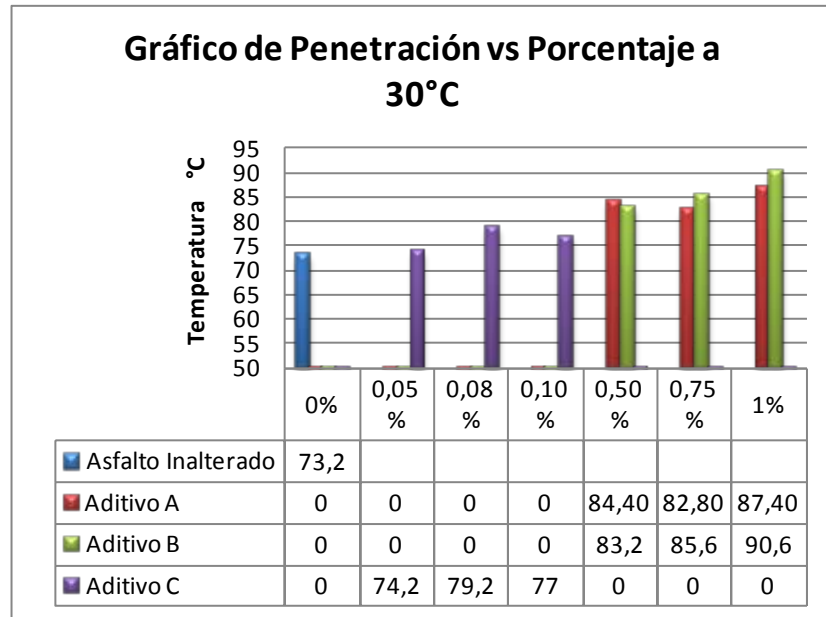


Figura 161: Gráfico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 30°C

6.7.2.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en el Ensayo de Penetración a 30°C.

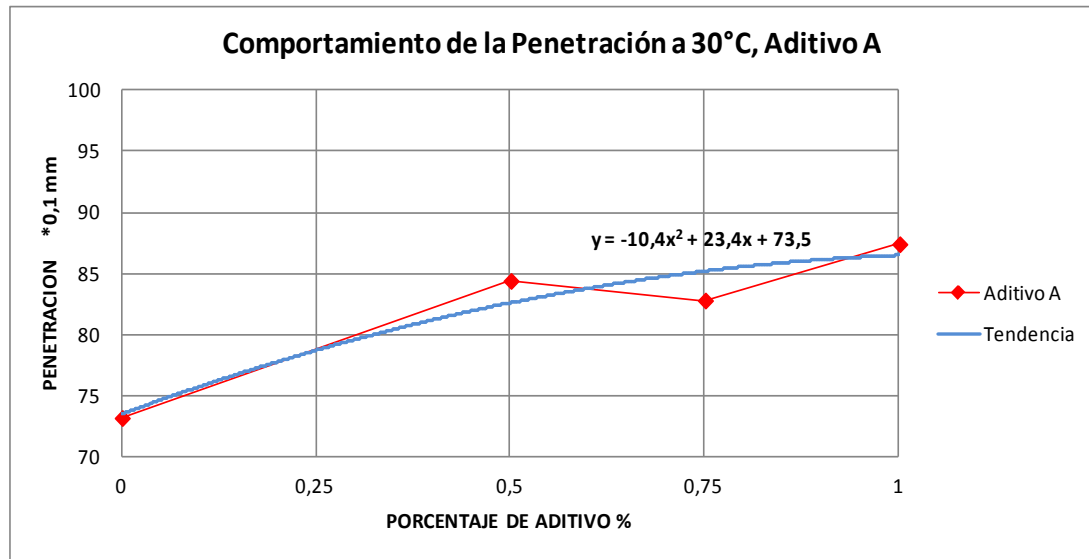


Figura 162: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "A"

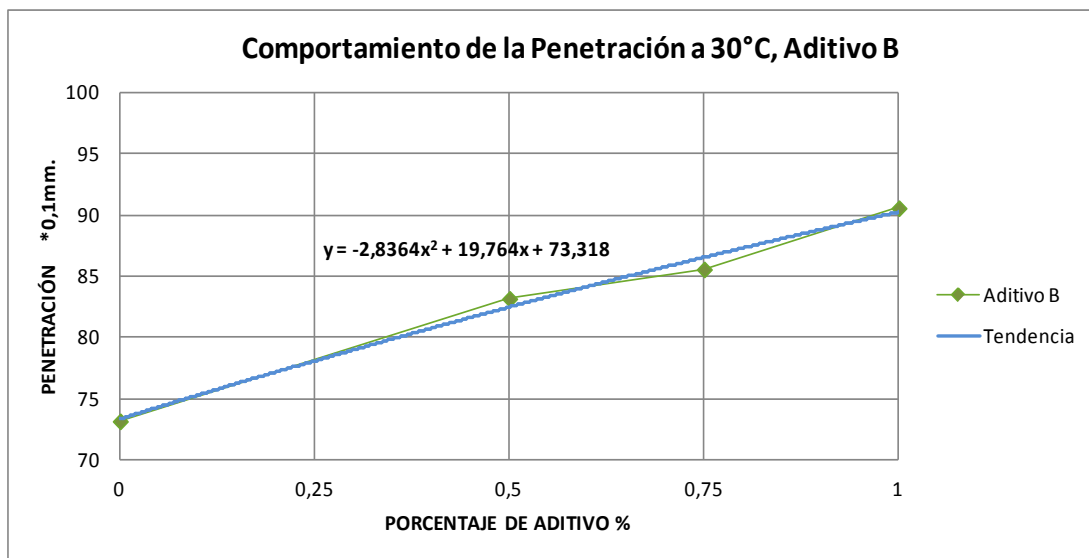


Figura 163: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "B"

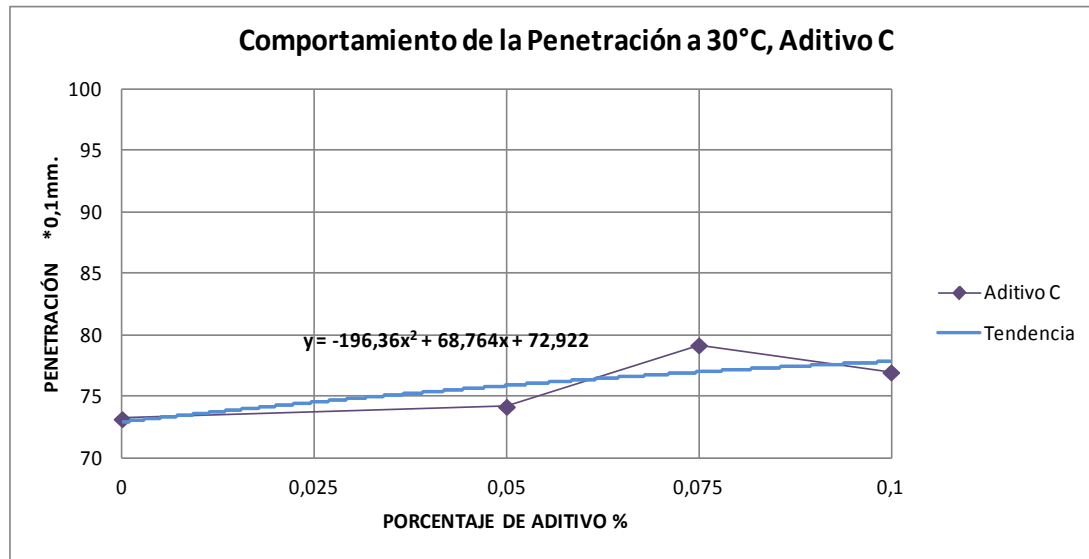


Figura 164: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 30°C, Aditivo "C"

6.7.3. Penetración en el asfalto a una temperatura de 35°C Tabla comparativa de resultados.

6.7.3.1. Tabla comparativa de Resultados de Penetración a 35°C.

Tabla 68: Tabla Comparativa de Resultados Penetración a 35°C

ASFALTO 35°C	CONCENTRACION	PEN.	INCREMENTO	
		*0,1 mm	*0,1 mm	%
INALT.	0,00%	144,2	-	-
A	0,50%	135	-9,2	-6,38
	0,75%	130,2	-14	-9,71
	1,00%	151,2	7	4,85
B	0,50%	141,8	-2,4	-1,66
	0,75%	140	-4,2	-2,91
	1,00%	150,4	6,2	4,30
C	0,050%	126,2	-18	-12,48
	0,075%	126,6	-17,6	-12,21
	0,100%	129,4	-14,8	-10,26

6.7.3.2. Gráfico comparativo Total de Penetración a 35°C.

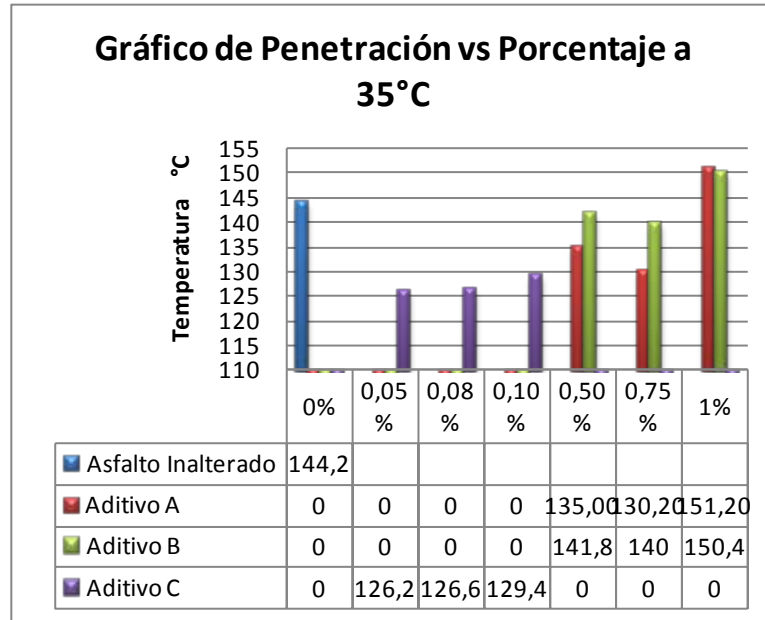


Figura 165: Gráfico Comparativo de Penetración vs. % de Concentración de Aditivo A 35°C

6.7.3.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en ensayo de Penetración a 35°C.

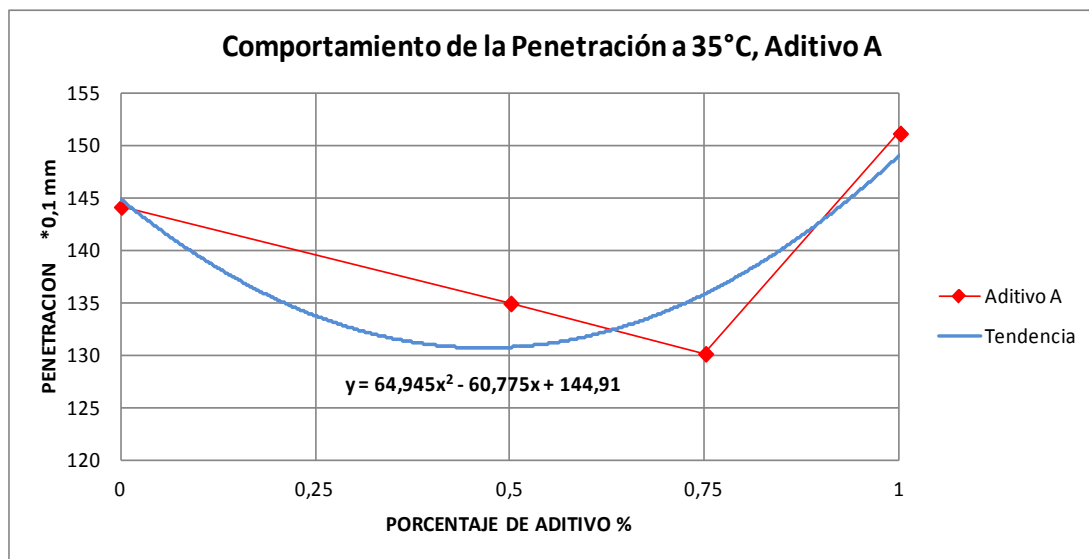


Figura 166: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "A"

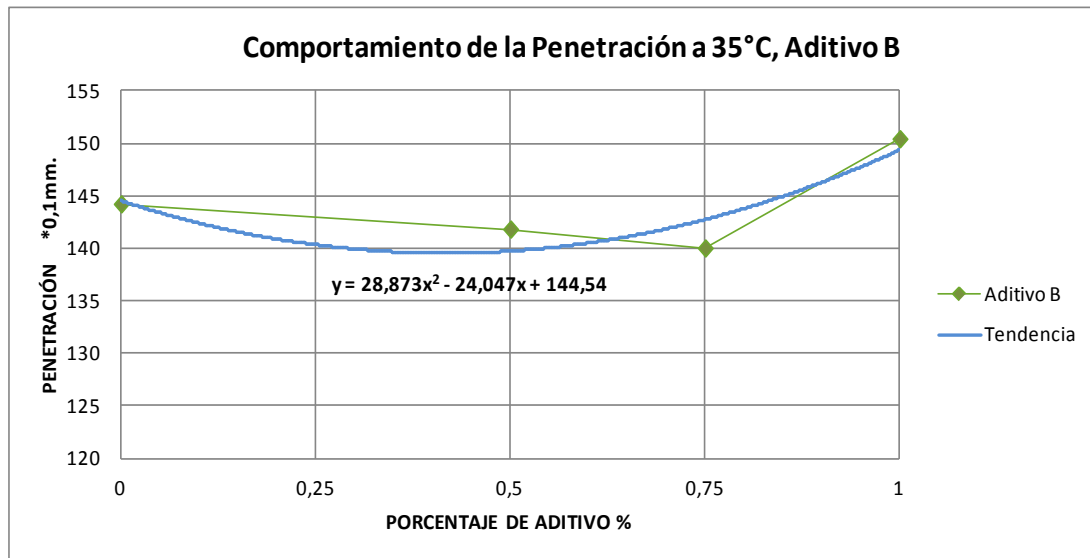


Figura 167: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "B"

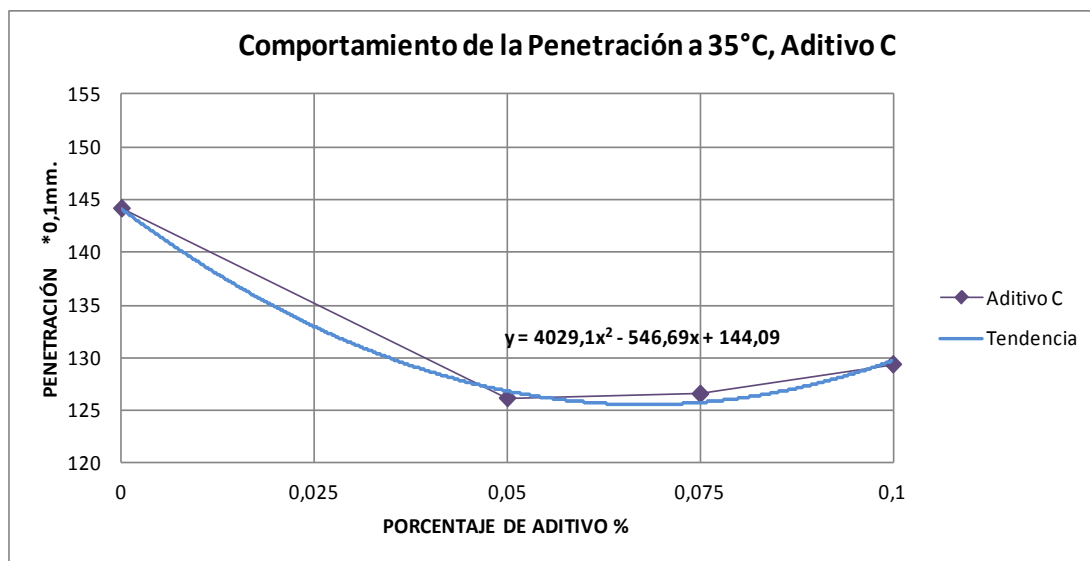


Figura 168: Comportamiento del Asfalto en Ensayo de Penetración a 35°C, Aditivo "C"

6.5. Índice de penetración.

6.5.1. Tabla comparativa de Resultados de Índice de Penetración.

Tabla 69: Tabla comparativa de Resultados IP

ASF.	CONCENTR. % PESO ASF.	PENETR. *0,1 mm.	P. REBL. °C	A	IP
INALT.	-	47,2	53,75	2,14	-0,44
A	0,50%	63,2	56,4	1,76	0,89
	0,75%	63,2	54,65	1,86	0,49
	1,00%	63,8	55,7	1,79	0,76
B	0,50%	62,2	54,95	1,85	0,52
	0,75%	63,8	56	1,77	0,82
	1,00%	64,6	53,2	1,94	0,21
C	0,050%	53,8	54,15	2,01	-0,04
	0,075%	54,8	54,5	1,97	0,09
	0,100%	54,4	53,1	2,08	-0,25

6.5.2. Gráfico comparativo Total del Índice de penetración IP.

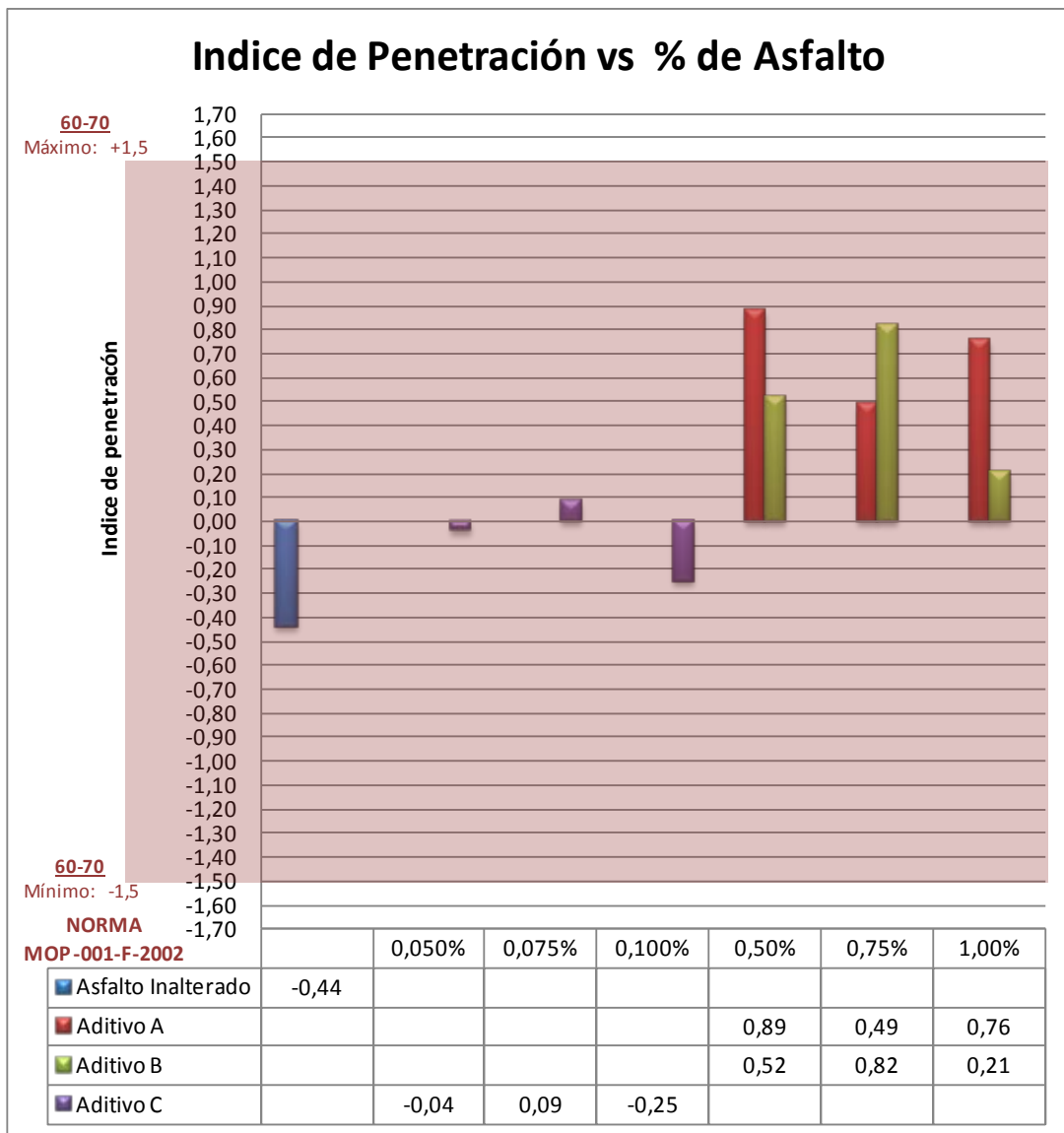


Figura 169: Gráfico Comparativo de Índice de Penetración IP vs. % de Concentración de Aditivo A 25°C

6.5.3. Comportamiento del asfalto Aditivado en Índice de penetración IP.

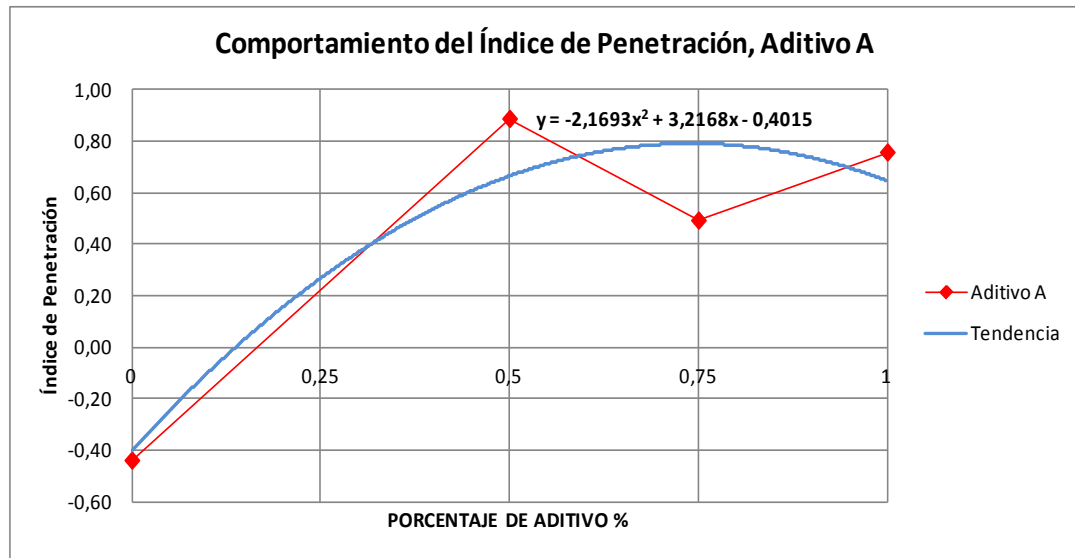


Figura 170: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "A"

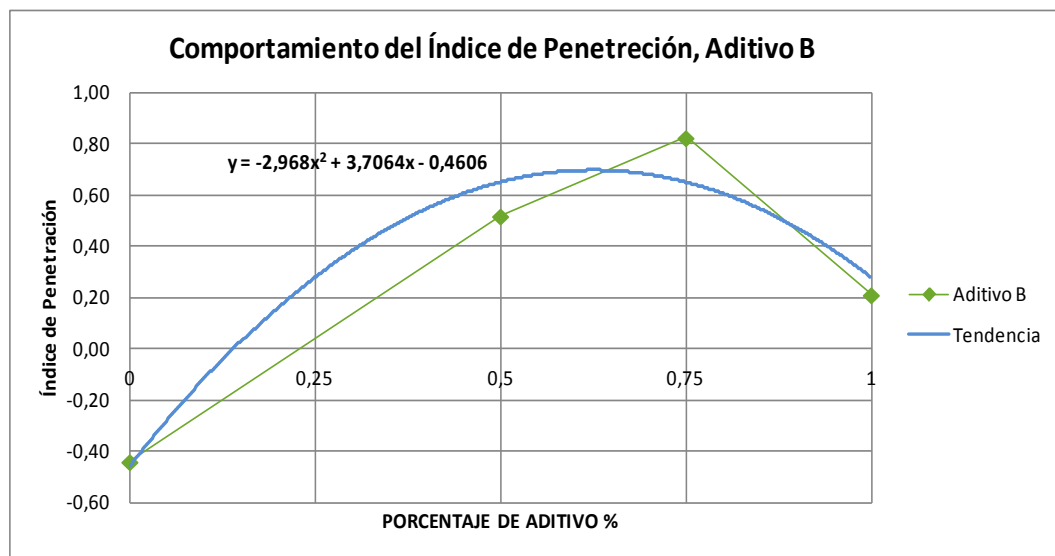


Figura 171: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "B"

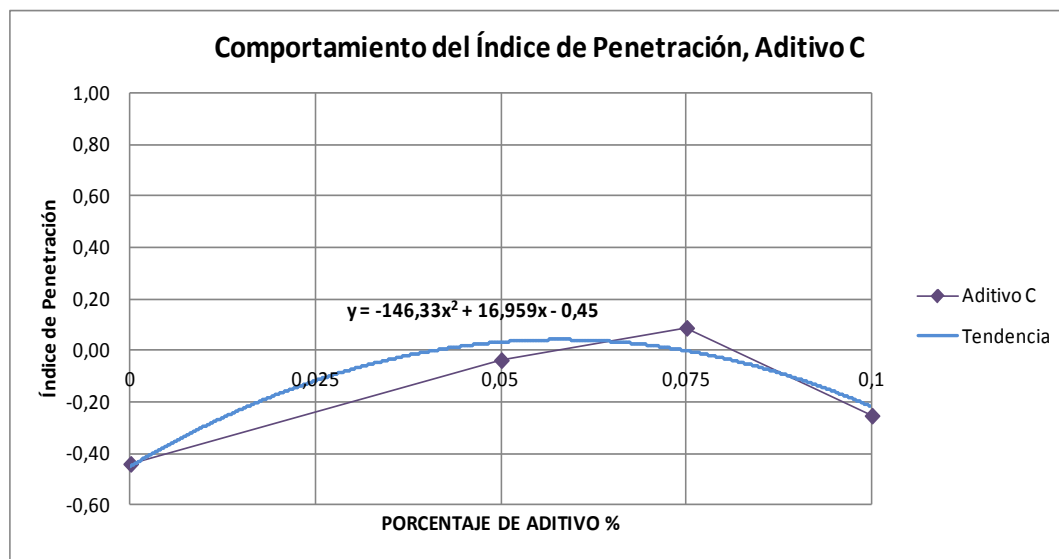


Figura 172: Comportamiento del Asfalto en Índice de Penetración IP a 25°C, Aditivo "C"

6.6. Norma del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para ensayos Marshall.

Tabla 70: Tabla para Ensayo Marshall MOP-001-F-2002

TIPO DE TRAFICO CRITERIOS MARSHALL	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

6.7. Ensayos del método Marshall.

6.7.1. Ensayos con Agregado de Pintag.

6.7.1.1. Tabla comparativa de Resultados de Ensayo Marshall con agregado de Pintag.

Tabla 71: Tabla comparativa de Resultados Ensayo Marshall Pintag

ASFALTO	CONCENTRACION	PINTAG					
		ESTABILIDAD			FLUJO		
		MEDIDA	INCREMENTO		MEDIDA	INCREMENTO	
		lb	lb	%	0,01"	0,01"	%
INALT.	0,00%	1275	-	-	17,15	-	-
A	0,50%	1517,9	242,9	19,1	16	-1,15	-6,71
	0,75%	1411,3	136,3	10,7	12	-5,15	-30,03
	1,00%	1456,6	181,6	14,2	14	-3,15	-18,37
B	0,50%	1384,1	109,1	8,6	17	-0,15	-0,87
	0,75%	1312	37,0	2,9	15	-2,15	-12,54
	1,00%	1450,2	175,2	13,7	13	-4,15	-24,20
C	0,050%	1499	224,0	17,6	14	-3,15	-18,37
	0,075%	1737	462,0	36,2	15	-2,15	-12,54
	0,100%	1617,1	342,1	26,8	16	-1,15	-6,71

6.7.1.2. Gráficos Comparativos Totales Método Marshall con Agregado de Pintag.

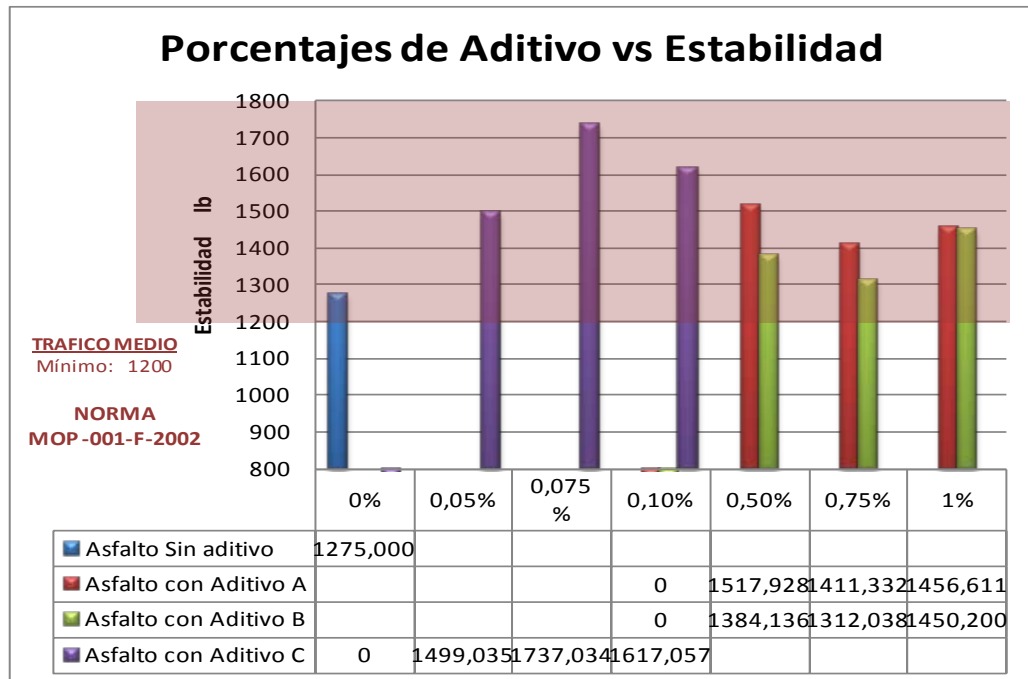


Figura 173: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Estabilidad de Mezcla con Agregado de Pintag

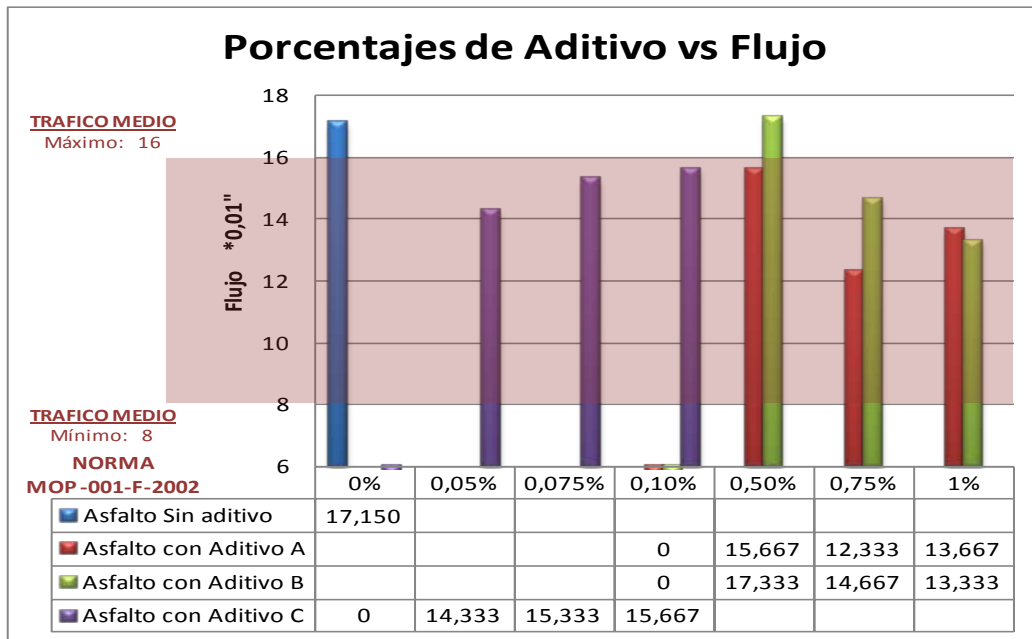


Figura 174: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Flujo de Mezcla con Agregado de Pintag

6.7.1.3. Comportamiento del Concreto Asfáltico Con Agregado de Pintag.

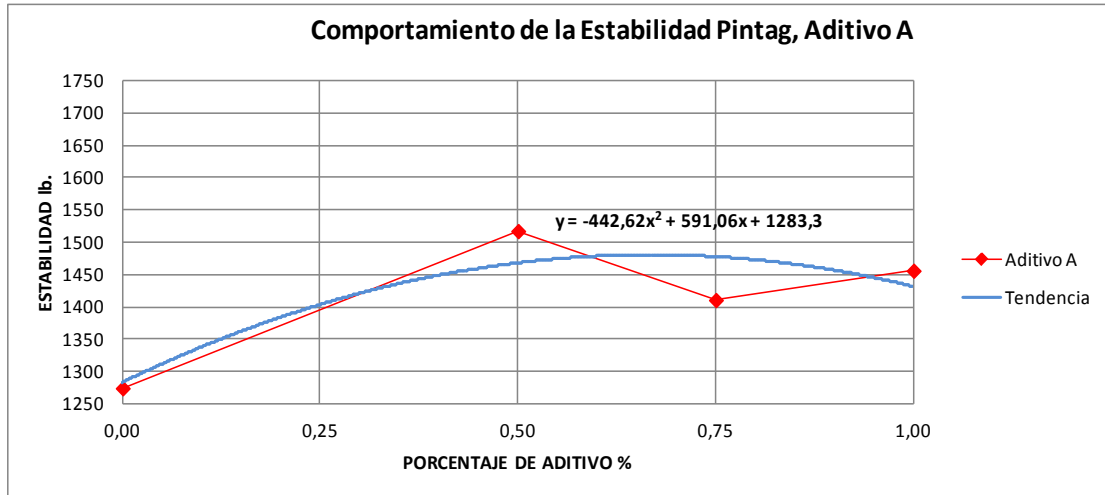


Figura 175: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"

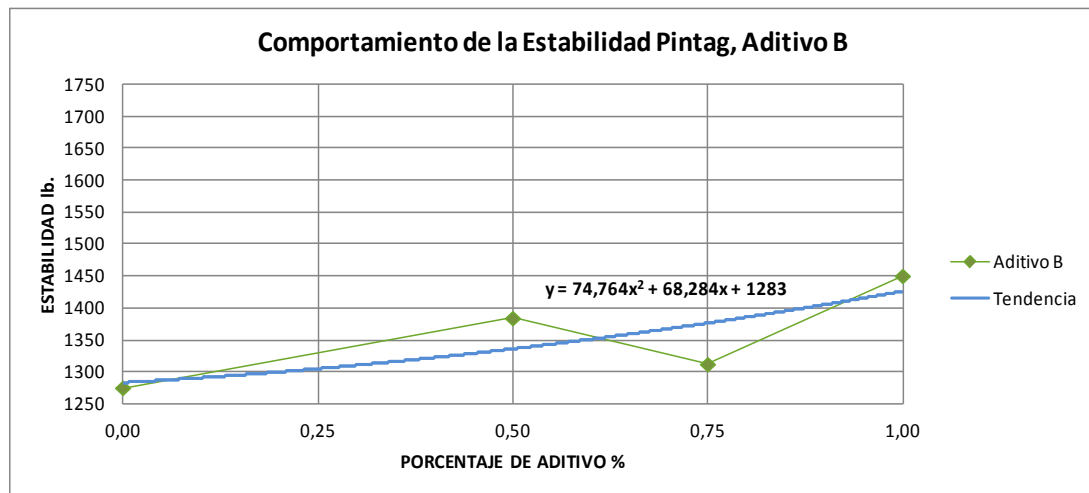


Figura 176: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"

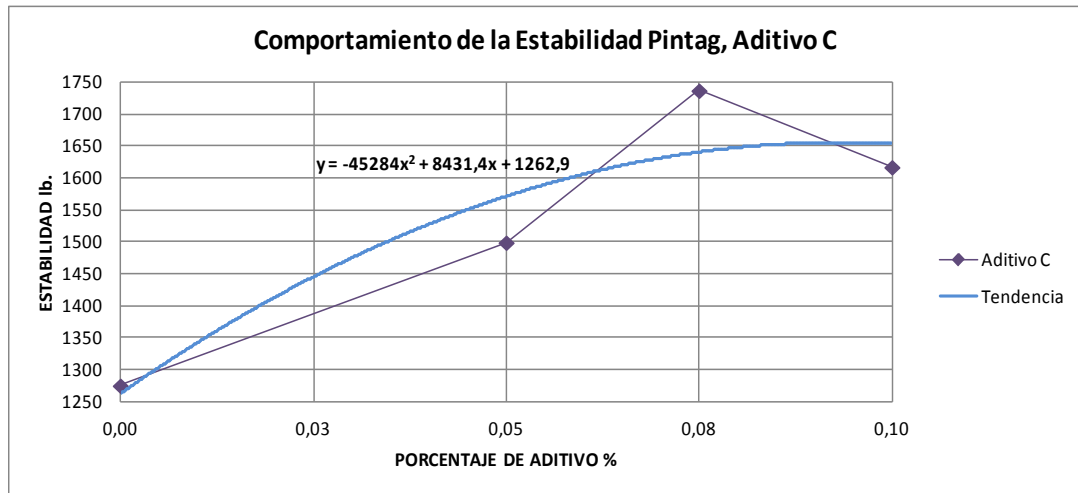


Figura 177: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"

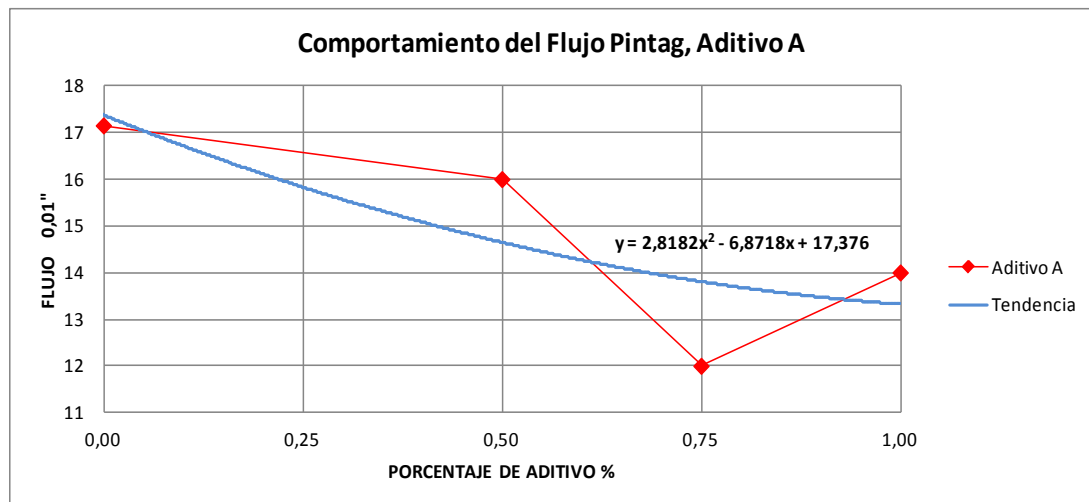


Figura 178: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"

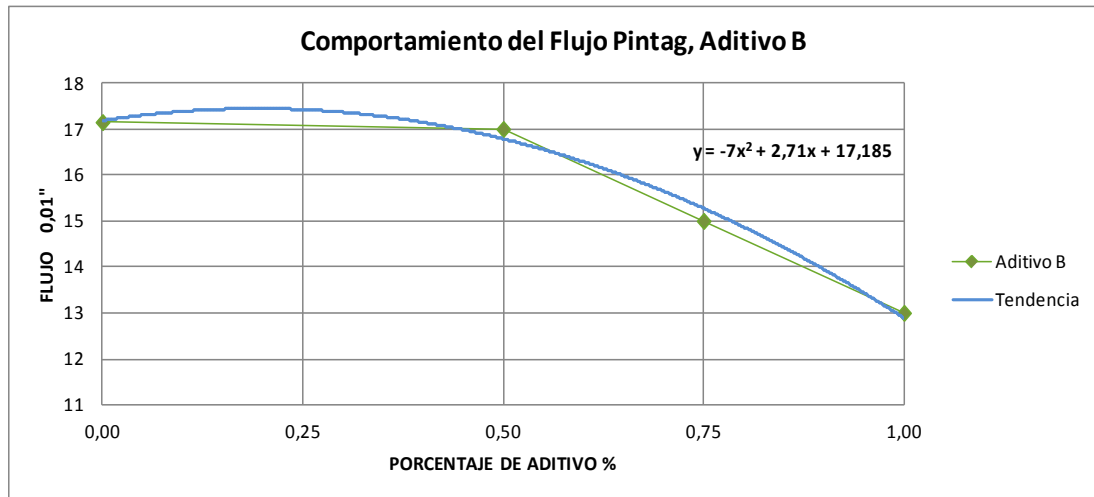


Figura 179: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"

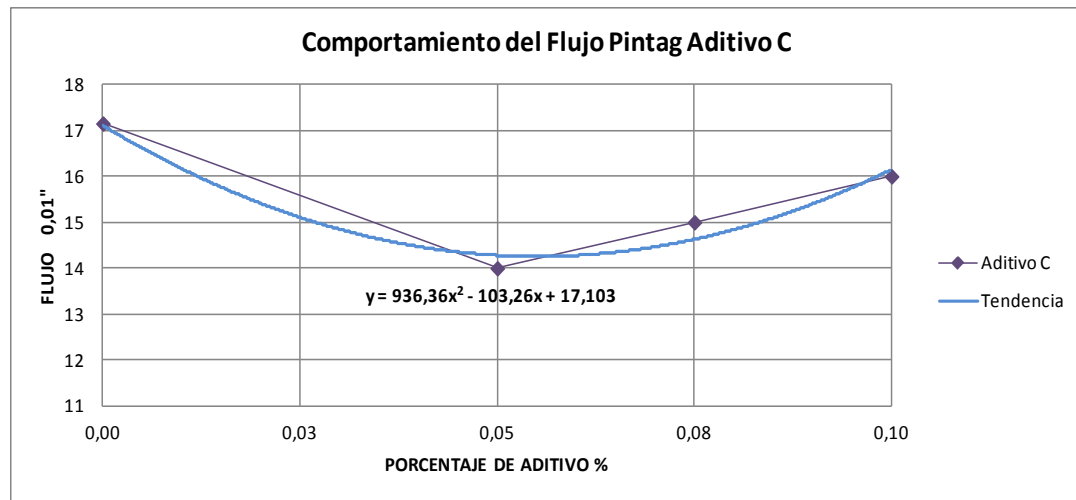


Figura 180: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"

6.7.2. Ensayos con el agregado de Guayllabamba.

Tabla comparativa de Resultados de Ensayo Marshall con agregado de Guayllabamba.

Tabla 72: Tabla comparativa de Resultados Ensayo Marshall Guayllabamba

		GUAYLLABAMBA					
		ESTABILIDAD			FLUJO		
ASFALTO	CONCENTRACION	MEDIDA	INCREMENTO		MEDIDA	INCREMENTO	
		lb	lb	%	0,01"	0,01"	%
INALT.	0,00%	1425	-	-	14,33	-	-
A	0,50%	2163,3	738,3	51,8	10	-4,33	-30,22
	0,75%	2073,4	648,4	45,5	12	-2,33	-16,26
	1,00%	2203,9	778,9	54,7	10	-4,33	-30,22
B	0,50%	1912,5	487,5	34,2	11	-3,33	-23,24
	0,75%	1459,7	34,7	2,4	11	-3,33	-23,24
	1,00%	2050,5	625,5	43,9	12	-2,33	-16,26
C	0,050%	1996,4	571,4	40,1	14	-0,33	-2,30
	0,075%	1817,8	392,8	27,6	12	-2,33	-16,26
	0,100%	1578,8	153,8	10,8	12	-2,33	-16,26

6.7.2.1. Gráficos Comparativos Totales de Ensayo Marshall con agregado de Guayllabamba.

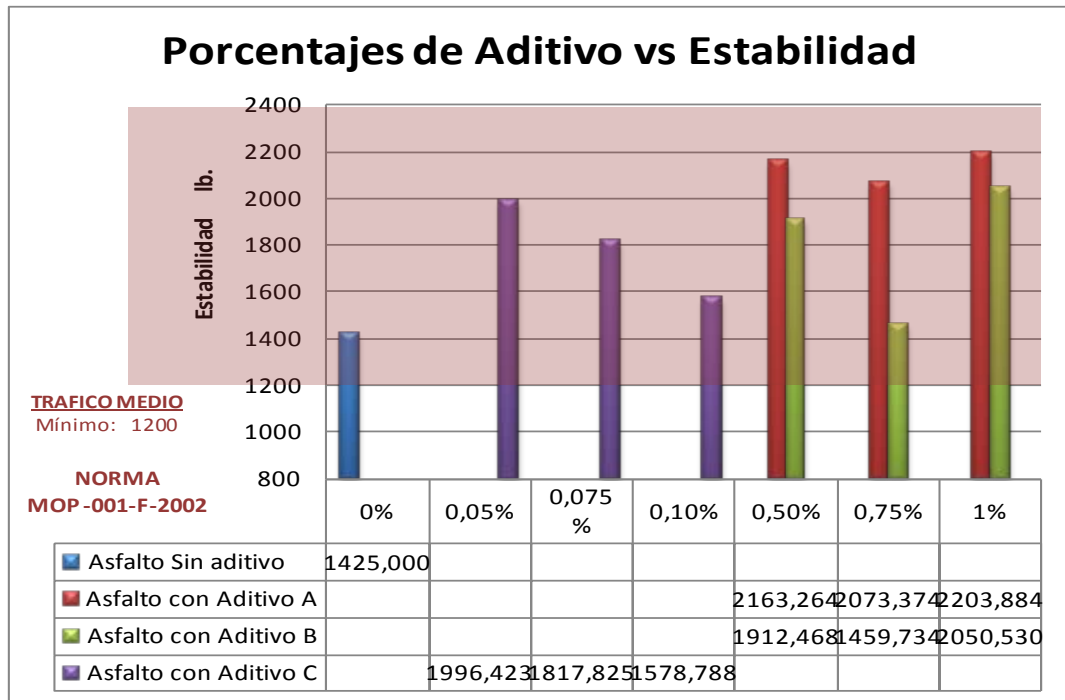


Figura 181: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Estabilidad de Mezcla con Agregado de Guayllabamba

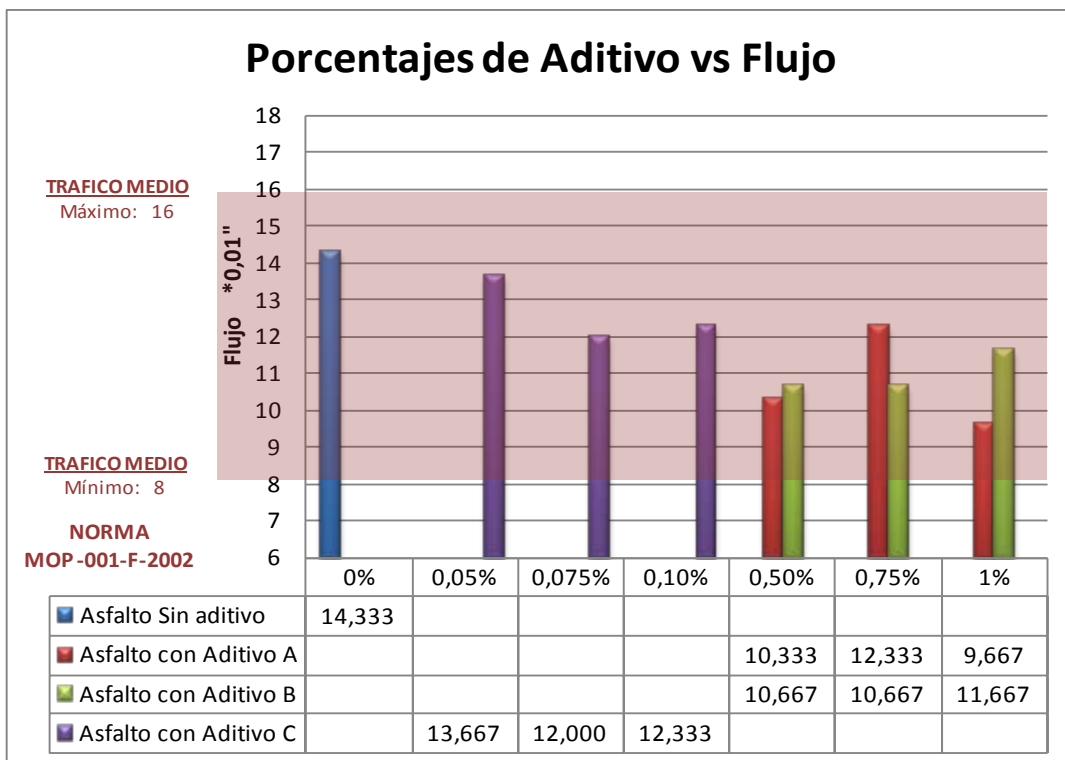


Figura 182: Gráfico Comparativo de % de Aditivo vs. Flujo de Mezcla con Agregado de Pintag

6.7.2.2. Comportamiento del Concreto Asfáltico de Ensayo Marshall con agregado de Guayllabamba.

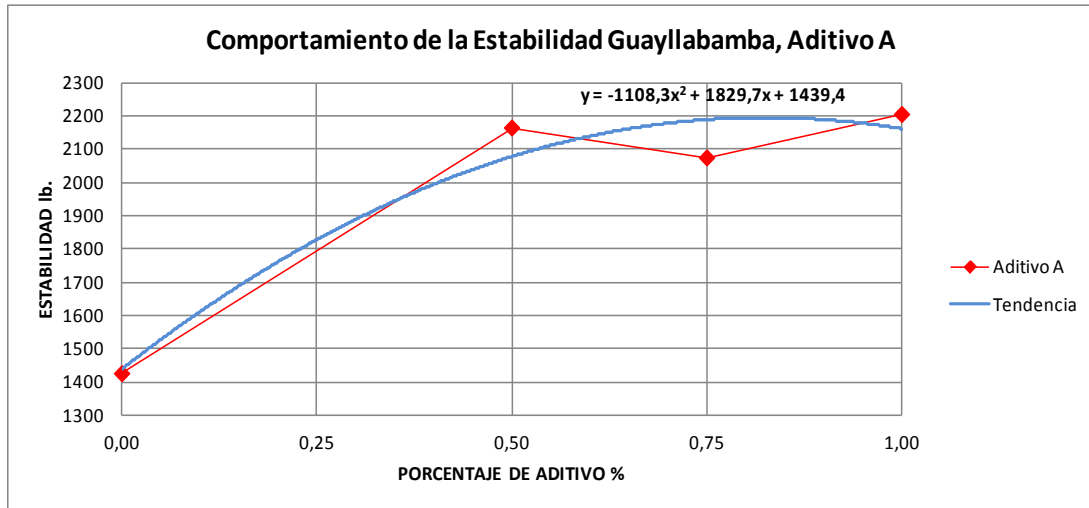


Figura 183: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"

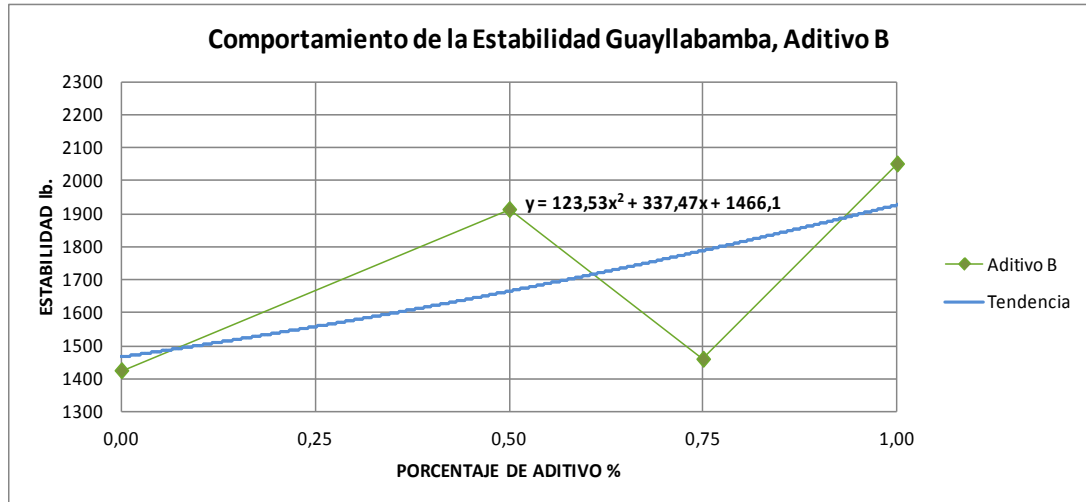


Figura 184: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"

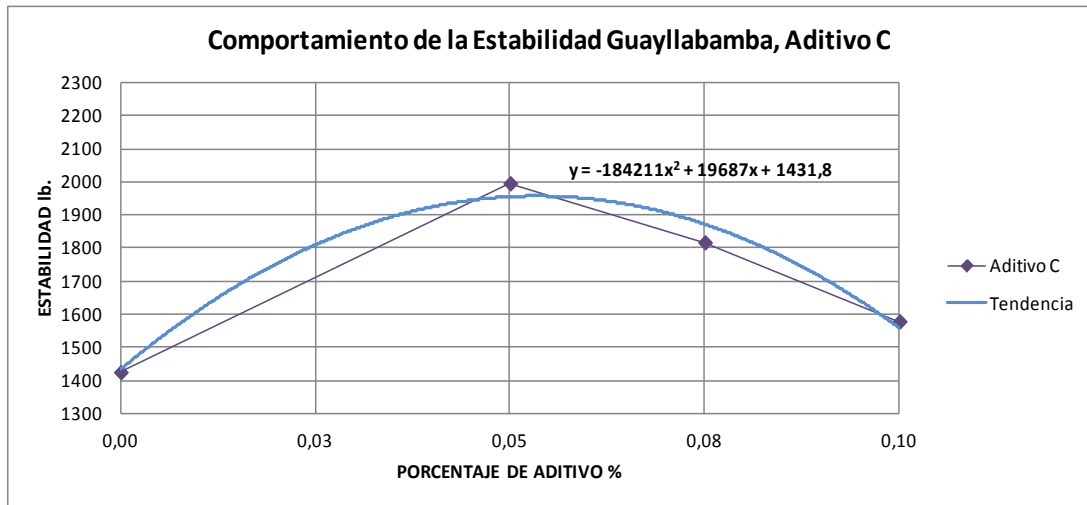


Figura 185: Comportamiento de la Estabilidad de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"

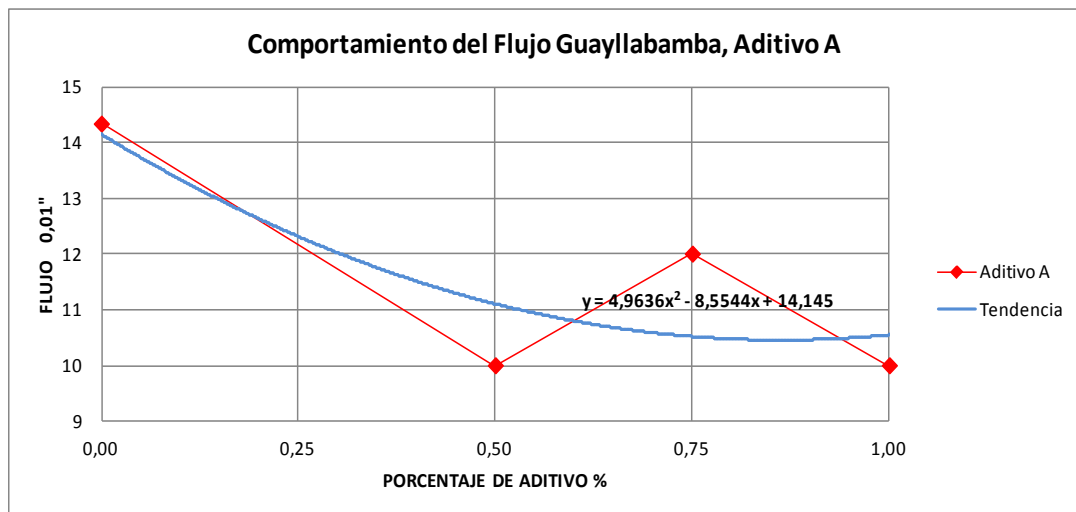


Figura 186: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "A"

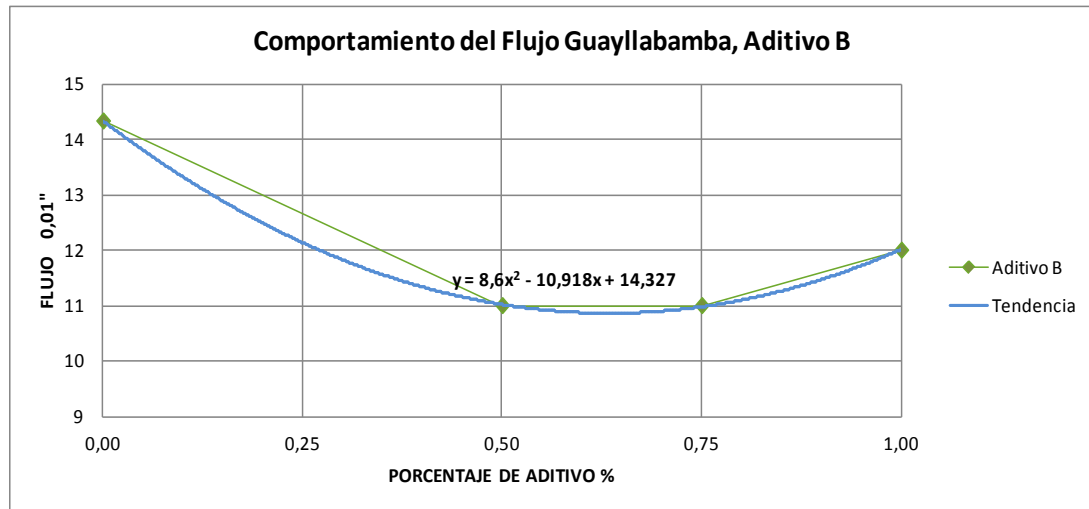


Figura 187: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "B"

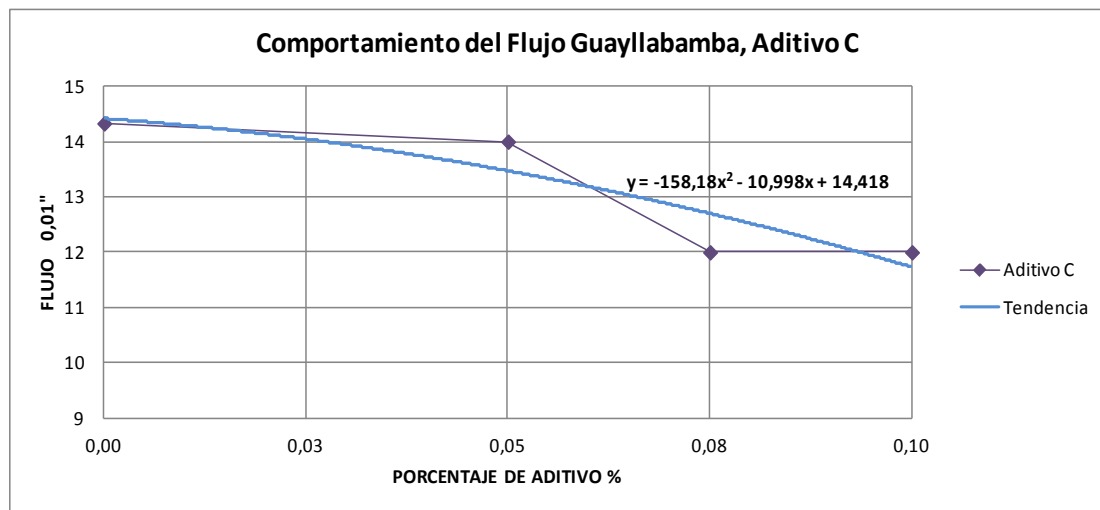


Figura 188: Comportamiento del Flujo de Mezcla Asfáltica con Agregado de Pintag, Aditivo "C"

6.8. Ensayos de Adherencia (Peladura).

6.6.1. Ensayos de Adherencia (Peladura) modificado para mezcla con agregado de Pintag

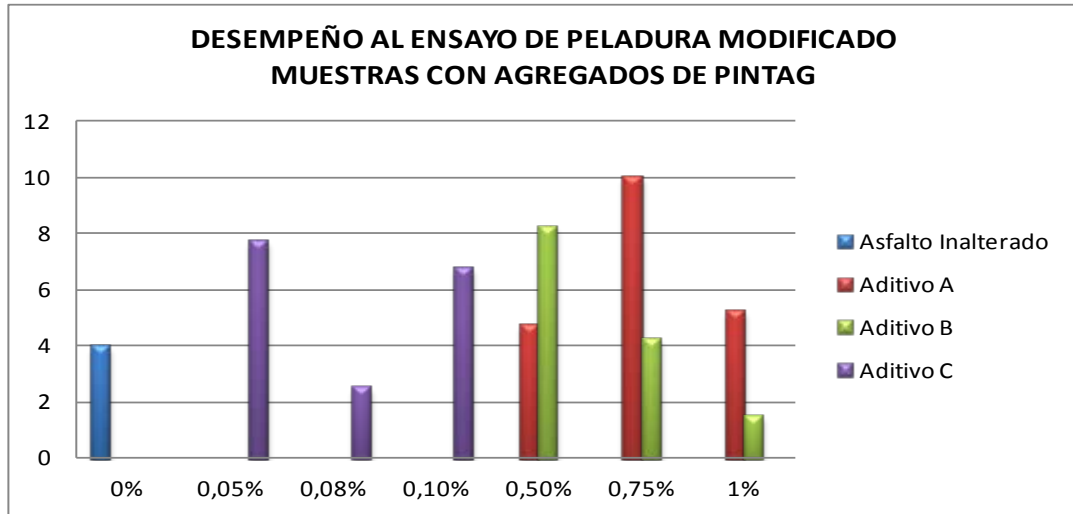


Figura 189: Gráfico Comparativo de Desempeño al Ensayo a la Peladura Modificado Con Agregado de Pintag

6.6.1. Ensayos de Adherencia (Peladura) modificado para mezcla con agregado de Pintag

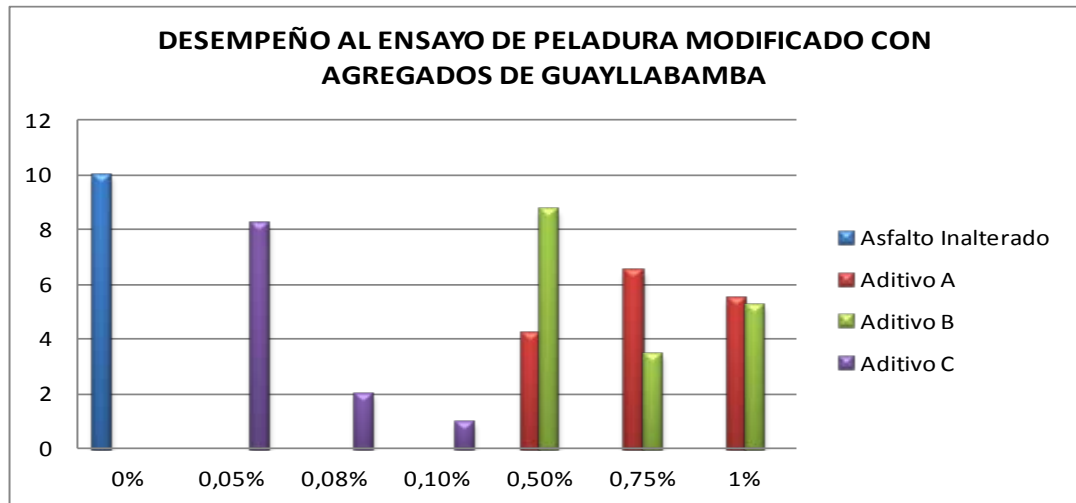


Figura 190: Gráfico Comparativo de Desempeño al Ensayo a la Peladura Modificado Con Agregado de Guayllabamba

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones:

- Para el Punto de Inflamación en los aditivos A y B se observa un aumento en el valor inicial, fluctuante entre el 3,70% y el 5,56 %, en el caso del aditivo C, existe un ligero aumento para el caso de menor concentración con un valor máximo del 1,85%, disminuyendo hasta 0% para el caso de mayor concentración. Se mantiene el mismo comportamiento para los ensayos en el Punto de Combustión. A partir de esto se concluye la existencia de un ligero aumento en el margen de seguridad para el manejo del cemento asfáltico en planta.

- En los ensayos de Reblandecimiento, para el caso del aditivo A existe un aumento entre el 1,67% al 4,93%, Para el aditivo B se observa una variación entre el -1,02% al 4,19% y el aditivo C del -1,21% al 1,40%, Es decir que el punto de reblandecimiento se ve aumentado sobre todo cuando la concentración es la menor, observándose adicionalmente una

ligera disminución cuando las concentraciones son las máximas, sin embargo la adición de éstos no afecta el comportamiento del asfalto ante los requerimientos de la Norma.

- Al realizar los ensayos de Penetración a 25°C el Aditivo A incrementa este valor desde el 33,90% hasta 35,17%, los resultados con el Aditivo B fluctúan entre el 31,78% al 36,86%, y para el Aditivo C los valores aumentan desde el 13,98% al 16,10%. Inicialmente en el asfalto inalterado. el valor es de 47,2, con lo cual éste, no cumple con las especificaciones del MTOP, ahora bien, por otra parte los asfaltos con los Aditivos A y B incrementan el valor de la penetración logrando cumplir satisfactoriamente con los requerimientos, sin embargo, a pesar que, el Aditivo C le confiere aumento de la penetración, no llega a ser suficiente.

- Para el comportamiento del cemento asfáltico en los ensayos de Penetración; a 25°C, en general los valores aumentan presentando estas funciones cuadráticas un comportamiento inicial creciente; para los ensayos a 30°C en general los datos obtenidos también aumentan, pero la tendencia de las funciones es lineal creciente; finalmente en las pruebas efectuadas a 35°C los valores en general disminuyen y la tendencia vuelve a ser nuevamente cuadrática pero decreciente, por lo que podemos decir que a mayor temperatura el efecto de los aditivos

mejoradores de adherencia es perjudicial en los ensayos de penetración.

- En lo que respecta al Índice de Penetración, los Aditivos A y B le confieren un dramático aumento en comparación del valor inicial, con valores porcentuales similares, fluctuantes entre 148,35% y el 302,38%, esencialmente estos mejoran las características de elasticidad del asfalto, a más que reducen su susceptibilidad a la temperatura; en lo que respecta al aditivo C los valores mejoran en valores desde el 42,68% hasta el 120,39%, siendo sus efectos similares pero en menor grado a los anteriores, de tal modo estos aditivos mejoran las características del cemento asfáltico, aunque en realidad todas las muestras cumplen con la especificación del MTOP.
- En cuanto a la Estabilidad para el caso de Pintag se observa un leve aumento, el comportamiento de los aditivos A y B es similar fluctuante entre 2,9% y 19,1%, en el caso del aditivo C el aumento es más apreciable llegando hasta un 36%, En el caso de Guayllabamba el aumento es mayor existiendo un comportamiento similar entre los tres aditivos, teniendo un aumento máximo de un 54,7%; de tal modo los Aditivos favorecen en una medida apreciable el aumento del valor de la estabilidad en los concretos asfálticos
- El Flujo se halla afectado en un comportamiento de decremento en comparación del valor inicial, los resultados para los dos casos son

semejantes, incluyendo valores desde 0,87% hasta un 30,22%, a todo esto, se debe pormenorizar el análisis del comportamiento para cada caso específico, puesto que en el análisis de Pintag, el valor inicial sobrepasa el requerimiento de la norma, luego de aditivar el asfalto los valores disminuyen ubicándose dentro de la Norma lo cual beneficia su uso indistintamente de los valores obtenidos; empero en el caso de Guayllabamba absolutamente todos los resultados alcanzados cumplen con la Norma, así pues el análisis para este caso se enfocaría en considerar ajustar los valores lo más cerca de la media de la Norma Requerida «que sería lo ideal». Está claro, que éstos productos efectivamente disminuyen el valor del Flujo en el concreto asfáltico.

- Al someter las muestras al ensayo de Peladura ASTM D-3625 todas pasaron satisfactoriamente la comparación visual, por el contrario, en la prueba de Peladura Modificada Propuesta, para Pintag en los casos de los Aditivos A y B presentan mejoras de su comportamiento, especialmente en las concentraciones más bajas, para C se aprecia mejora solo para las concentraciones inicial y final. En Guayllabamba los resultados evidencian disminución en el desempeño de las muestras, en A y B la afección es relativamente similar para las tres concentraciones, sin embargo en C contrariamente a lo esperado la disminución al desempeño es inversamente proporcional al contenido de aditivo, observándose adicionalmente una suerte de “meteorización” o “cristalización” del asfalto conforme pasa el tiempo luego de los

ensayos, tanto para el caso de Guayllabamba como para Pintag, no así en el asfalto de las pruebas de los Aditivos A y B.

7.2. Recomendaciones:

- Se recomienda utilizar las concentraciones de aditivo dentro del rango que recomienda el fabricante debido a que el exceso de aditivo no mejora las características de la adherencia sino disminuye la adherencia, produciendo un gasto innecesario de recursos económicos.
- Se debe tomar en cuenta la vida útil del Aditivo antes de ser utilizados ya que estos pueden llegar a caducar y por ende perder su eficiencia en el cemento asfáltico y en la mezcla de Hormigón Asfáltico.
- Si se quiere tener una seguridad industrial y un control más eficiente de los asfaltos aditivados se debe analizar la influencia que los aditivos estudiados presentan en el cemento asfáltico y en sus propiedades físicas tales como Punto de Inflamación, Punto de Combustión, Penetración y Reblandecimiento al momento de ser manipulados para su utilización en diferentes proyectos.
- De acuerdo con los incrementos que los aditivos presentan en la resistencia del Hormigón Asfáltico (Estabilidad), y en su Flexibilidad (Flujo) en especial en con los aditivos “A” y “B” es conveniente que se tomen en cuenta para el diseño de una mezcla asfáltica, debido a que

estos pueden influir directamente en la durabilidad del proyecto y en los costos de producción.

- Es evidente que al incorporar los aditivos en el cemento Asfáltico estos influyen las características de la mezcla por lo que se recomienda si en un determinado proyecto se considera la utilización de los mismos realizar más ensayos de investigación con sus respectivos agregados y materiales a utilizar.

7.3. Bibliografía.

AkzoNobel. (s.f.). *Adhesion promoters*. Obtenido de www.akzonobel.com

Arenas, H. (2000). *Evolución Historica de Modelo Químico del Asfalto*. Cali:
Faid Editores.

Arenas, H. (2000). *Evolución Historica del Modelo Químico del Asfalto*. Cali:
Faid Editores.

Botasso, G., & Rebollo, O. (Noviembre de 2011). *XVI CILA, Congreso
iberoamericano de Asfalto*. Obtenido de metodología para la evaluación
de promotores de adherencia en cementos asfálticos:
<http://www.congresocila.org/>

CHEM, M. D. (Agosto de 2008). *chem, masters del peru s.a*. Obtenido de
[http://www.iticsa.com/images/upload/productos/11-productos-
varios/pdf/MAGNABOND2700.pdf](http://www.iticsa.com/images/upload/productos/11-productos-varios/pdf/MAGNABOND2700.pdf)

Construir, R. (24 de Marzo de 2010). *Reparación de carpetas asfálticas*.
Obtenido de [http://www.revistaconstruir.com/obra-gris/110-reparacion-
de-carpetas-asfalticas?format=pdf](http://www.revistaconstruir.com/obra-gris/110-reparacion-de-carpetas-asfalticas?format=pdf)

Dávila, J. (2005). *Análisis comparativo de modulo resiliente de ensayos de
deformación permanente en mezclas asfálticas del tipo (MCD2) en
briquetas compactadas con martillo marshall y compactador giratorio*.
Obtenido de
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis115.pdf>

Garnica, P. (2004). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*.

Obtenido de

<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>

Kao, Q. (s.f.). *Aditivos Mejoradores de mezclas asfálticas*. Obtenido de

<http://isweb.mx/clientes/aditivos/>

López, S., & Veloz, Y. (2013). *Análisis comparativo de mezclas asfálticas modificadas con polimeros sbr y sbs, con agregados provenientes de la cantera de guayllabamba*. Sangolqui.

Maila, M. (2013). *Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (eva)*. Quito.

MOP-001-F-2002. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito.

Pipan, J. (2012). *Control de calidad de cementos asfálticos tipo ap-3 utilizados en la fabricación de hormigón asfáltico para capa de rodadura de las carreteras del Ecuador, mediante ensayos de laboratorio*. Quito.

Reyes, F. (2003). *Cementos Asfálticos Sólidos*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rolando, F. (Abril de 2002). *Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido rc-250 y emulsión*. Obtenido de

<http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1334>

Rosero, F. (2013). *Bases estabilizadas con emulsión asfáltica para pavimentos (aplicación calle nogales parroquia nayón l=1.0km)*. Quito.

Soil, O. (2012). *ZYCOSOIL*. Obtenido de

<http://www.optimasoil.com/es/productos-de-nanotecnologia/zycosoil>

TDM, A. (1999). *PRODUCTOS*. Obtenido de mejoradores de adherencia:

Referenciar <http://www.tdmasfaltos.com.pe/listaaplicaciones/adhesol/>

TURBOROOF. (s.f.). *ZYCOSOIL*. Obtenido de Pavimentando el cambio hacia

la Nanotecnología:

[https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRv](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx6eWNvc2lsZ29sZm9ub3J0ZXxneDozNTQzMjcyYzJlYTJjMDAy)

[bWFpbnx6eWNvc2lsZ29sZm9ub3J0ZXxneDozNTQzMjcyYzJlYTJjMDAy](https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbnx6eWNvc2lsZ29sZm9ub3J0ZXxneDozNTQzMjcyYzJlYTJjMDAy)