

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto:

**INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA
HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO
AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN
GUAMOTE**

Autores:

Diego Israel Pilatuña Fajardo

Jefferson Andrés Rodríguez Concha

Tutor:

Ing. Vladimir Pazmiño, Mgs.

Riobamba - Ecuador

Año 2020 - 2021

Revisión

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: “INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE” presentado por Pilatuña Fajardo Diego Israel & Rodríguez Concha Jefferson Andrés y dirigida por: Ing. Vladimir Pazmiño. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Vladimir Pazmiño
Tutor del Proyecto



Firma

Mgs. Víctor Velásquez
Miembro del Tribunal



Firma

PhD. Víctor García
Miembro del Tribunal

Victor
Julio
García



Digitally signed by Victor Julio
García
DN: cn=Victor Julio García,
o=Universidad Nacional de
Chimborazo, ou=Facultad de
Ingeniería, C=EC
Date: 2023.06.07 09:43:19
+0500

Firma

Certificación del Tutor

Yo, Ing. Vladimir Pazmiño, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: “INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE”, CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los Señores Diego Israel Pilatuña Fajardo & Jefferson Andrés Rodríguez Concha para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



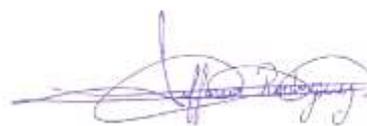
Mgs. Vladimir Pazmiño
TUTOR DE TESIS

Autoría de la Investigación

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de graduación corresponde únicamente a: Diego Israel Pilatuña Fajardo & Jefferson Andrés Rodríguez Concha, dirigido por Mgs. Vladimir Pazmiño; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....
Sr. Diego Israel Pilatuña Fajardo
C.I. 0604098798



.....
Sr. Jefferson Andrés Rodríguez Concha
C.I. 0604080994

Agradecimiento.

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por brindarme la salud y la capacidad de aprendizaje para poder culminar mis estudios.

Un agradecimiento muy especial a mis padres Fabián y Narcisa que siempre me han apoyado desde el inicio de mis estudios, brindándome consejos y guiándome en los diferentes procesos que se atraviesa en la vida estudiantil. De igual manera a mi hermano Fabián que siempre ha sido un apoyo incondicional para mí en todos los momentos de mi vida.

Finalmente quiero agradecer a mi tutor Ing. Vladimir Pazmiño quien siempre nos brindó sus conocimientos para poder realizar este trabajo de investigación, también un reconocimiento muy importante al Ing. Víctor Llanga quien nos ayudó en la parte práctica prestándonos su laboratorio para poder ejecutar este trabajo, le agradezco por su paciencia y consejos que nos daba para poder sacar adelante este trabajo. Un agradecimiento total a todas las personas que de cierta forma aportaron en este trabajo de investigación.

Diego Israel Pilatuña Fajardo

Dedicatoria.

Este trabajo es dedicado para toda mi familia, ya que siempre me ha apoyado desde un inicio dándome consejos para seguir adelante.

También dedico este trabajo a mis padres Fabián y Narcisa, a mi hermano Fabián y a mi cuñada Vero por guiarme en toda mi vida universitaria, a mis sobrinos Mateo, Mía y Fabiana que son mi motor para salir adelante.

A mis abuelitas María Griselda y María Rosario que son los pilares de lo que soy, por todo el cariño recibido por parte de ellas y los consejos que me brindaban para ser una buena persona.

Diego Israel Pilatuña Fajardo

Agradecimiento

Agradezco a Dios por sus bendiciones y oportunidades brindadas cada día de vida universitaria, de igual manera a mi familia por siempre tener una palabra de aliento y apoyo que me ayuda a culminar con mi carrera profesional. Al ingeniero Vladimir Pazmiño y Víctor Llanga por brindarnos sus conocimientos y por su predisposición diaria para guíanos en esta etapa.

Jefferson Andrés Rodríguez Concha

Dedicatoria

Dedico este sueño a Luis, Víctor, Anthonella y a mis padres Mercedes del Carmen Concha López y Hernán Rodríguez Ortiz porque fueron y son el motivo de cada esfuerzo diario realizado, de igual manera a las personas que fueron una inspiración de superación para mejorar cada día y que con sus consejos fue un apoyo para seguir adelante.

Jefferson Andrés Rodríguez Concha

Índice de contenido

Revisión.....	ii
Certificación del Tutor	iii
Autoría de la Investigación.....	iv
Índice de Tablas.....	xiii
Índice de Figuras	xiv
Índice de Gráficos	xiv
Resumen	xv
Abstract	xvi
1. Introducción	1
2. Objetivos	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. Estado del arte relacionado a la temática (Marco Teórico)	4
3.1. Ligante Bituminoso	4
3.1.1. Composición del Ligante Bituminoso	4
3.1.2. Ligante Bituminoso AC-20	5
3.1.3. Normas para Ensayos del Ligante Bituminoso	6
3.2. Agregados Pétreos	7
3.2.1. Descripción y Origen	7
3.2.2. Normas para Ensayos del Agregado Pétreo	8
3.2.3. Fórmula Maestra	9
3.2.4. Contenido Óptimo de Ligante Bituminoso	10
3.3. Mezcla Asfáltica Convencional	10
3.3.1. Mezcla Asfáltica en caliente.....	10
3.3.2. Parámetros de las Mezclas Asfálticas en Caliente	11
3.4. Mezcla asfáltica Modificada.....	12
3.4.1. Mezcla Asfáltica Modificada por Vía Húmeda.....	13
3.4.2. Tereftalato de Polietileno (PET).....	13
3.5. Método de Diseño de la Mezcla Asfáltica.....	14
3.5.1. Ensayo Marshall.....	14
CAPÍTULO I.....	15

4.	Metodología.....	15
4.1.	Diagrama General Metodológico	15
4.2.	Tipo de la Investigación.....	16
4.3.	Descripción Metodológica.....	16
CAPITULO II		18
5.	Resultados y Discusión	18
5.1.	Caracterización de los Agregados Pétreos.....	18
5.1.1.	Granulometría del Agregado.....	18
5.1.2.	Gravedad Específicas y Absorción.....	21
5.1.3.	Masa Unitaria	25
5.1.4.	Contenido de Humedad.....	27
5.1.5.	Limite Plástico.....	29
5.1.6.	Abrasión Agregado Grueso (Maquina de los Ángeles).....	29
5.1.7.	Caras Fracturadas	30
5.1.8.	Partículas Largas y Planas.....	31
5.1.9.	Solidez de los Agregados Mediante el Uso de Sulfato de Magnesio.....	33
5.2.	Ensayos sobre el Ligante Bituminoso	34
5.2.1.	Penetración	34
5.2.2.	Punto de Ablandamiento	35
5.2.3.	Índice de Penetración	36
5.2.4.	Viscosidad	36
5.2.5.	Punto de Inflamación	37
5.3.	Diseño Mezcla Asfáltica.....	38
5.3.1.	Granulometría de la Mezcla Asfáltica Convencional.....	38
5.3.2.	Porcentaje Teórico de Ligante Bituminoso	40
5.3.3.	Diseño de la Mezcla Asfáltica Convencional.....	40
5.3.4.	Diseño de la Mezcla Asfáltica Modificada	43
5.4.	Costos de Diseño de la Mezclas Asfálticas	46
5.4.1.	Materiales Necesarios de la Mezcla Asfáltica Convencional.	46
5.4.2.	Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica Convencional.....	47
5.4.3.	Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica Modificada	48
CAPITULO III		49
6.	Conclusiones y Recomendaciones	49

6.1.	Conclusiones.....	49
6.2.	Recomendaciones	51
7.	Referencias Bibliográficas	52
8.	Anexos	56
8.1.	Anexo A: Porcentajes en pesos de agregados en la utilización de mezcla asfáltica..	56
	Anexo 1: Límites Granulométricos Agregado 3/4".....	56
8.2.	Anexo B: Criterios Marshall dadas por la MOP 001F-2002	56
	Anexo 2: Criterios Marshall para Mezcla Asfálticas	56
8.3.	Anexo C: Cálculos granulométricos agregados 3/4", 3/8", fino	57
	Anexo 3: Granulometría Agregado Fino (Muestra 1).....	57
	Anexo 4: Granulometría Agregado Fino (Muestra 2).....	58
	Anexo 5: Granulometría Agregado Fino (Muestra 3).....	59
	Anexo 6: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 1)	60
	Anexo 7: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 2)	61
	Anexo 8: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 3)	62
	Anexo 9: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 1)	63
	Anexo 10: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 2)	64
	Anexo 11: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 3)	65
8.4.	Anexo D: Cálculo de Gravedades agregados 3/4", 3/8", fino	66
	Anexo 12: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 1)	66
	Anexo 13: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 2)	66
	Anexo 14: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 3)	67
	Anexo 15: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 1).....	67
	Anexo 16: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 2).....	68
	Anexo 17: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 3).....	68
	Anexo 18: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 1).....	69
	Anexo 19: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 2).....	69
	Anexo 20: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 3).....	70
8.5.	Anexo E: Cálculo de masas unitarias agregado grueso y fino.....	70
	Anexo 21: Calibración del Molde para el Cálculo de Masa Unitarias del Agregado Fino	70
	Anexo 22: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 1).....	71
	Anexo 23: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 2).....	71
	Anexo 24: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 3).....	71

Anexo 25: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 1).....	72
Anexo 26: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 2).....	72
Anexo 27: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 3).....	72
Anexo 28: Calibración del Molde para el Cálculo de Masa Unitarias del Agregado Grueso	73
Anexo 29: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 1).....	73
Anexo 30: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 2).....	73
Anexo 31: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 3).....	74
Anexo 32: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 1)	74
Anexo 33: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 2)	74
Anexo 34: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 3)	75
8.6. Anexo F: Cálculo de contenido de humedad agregado 3/4", 3/8" y fino.....	75
Anexo 35: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 1)	75
Anexo 36: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 2)	75
Anexo 37: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 3)	76
Anexo 38: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 1).....	76
Anexo 39: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 2).....	76
Anexo 40: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 3).....	77
Anexo 41: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4" (Muestra 1).....	77
Anexo 42: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4" (Muestra 2).....	77
Anexo 43: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4" (Muestra 3).....	78
8.7. Anexo G: Cálculo del ensayo de abrasión agregado grueso.....	78
Anexo 44: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 1)	78
Anexo 45: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 2)	78
Anexo 46: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 3)	79
8.8. Anexo H: Tablas de ensayos del ligante bituminoso dada por la IMPTEK.....	79
Anexo 47: Ensayos de Penetración.....	79
2.1. Anexo I: Resultados de ensayos realizados al agregado	79
Anexo 48: Especificaciones del Agregado para Mezcla Asfáltica	79
2.2. Anexo J: Cálculo de briquetas de mezcla convencional.....	80
Anexo 49: Mezclas Asfáltica Convencional al 4.5% de Ligante.....	80
Anexo 50: Mezclas Asfáltica Convencional al 5% de Ligante.....	81
Anexo 51: Mezclas Asfáltica Convencional al 5.5% de Ligante.....	82
Anexo 52: Mezclas Asfáltica Convencional al 6% de Ligante.....	83

Anexo 53: Mezclas Asfáltica Convencional al 6.5% de Ligante.....	84
2.3. Anexo K: Cálculo de briquetas de mezcla modificada.....	85
Anexo 54: Mezclas Asfáltica Modificada con 5% de Plástico Reciclado PET	85
Anexo 55: Mezclas Asfáltica Modificada con 10% de Plástico Reciclado PET	86
Anexo 56: Mezclas Asfáltica Modificada con 15% de Plástico Reciclado PET	87
Anexo 57: Mezclas Asfáltica Modificada con 20% de Plástico Reciclado PET	88

Índice de Tablas

Tabla 1: Características del Ligante Bituminoso AC-20	6
Tabla 2: Normas para Ensayos del Ligante Bituminoso AC-20	6
Tabla 3: Normas para Ensayos del Árido	8
Tabla 4: Granulometría del Agregado Fino	18
Tabla 5: Granulometría del Agregado Intermedio 3/8".....	19
Tabla 6: Granulometría del Agregado Grueso 3/4".....	20
Tabla 7: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino.....	21
Tabla 8: Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Fino	22
Tabla 9: Desviación Estándar de Gravedad Especifica (SSS) Agregado Fino	22
Tabla 10: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8".....	23
Tabla 11: Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Grueso	23
Tabla 12: Desviación Estándar de Gravedad Especifica (SSS) Agregado 3/8"	23
Tabla 13: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4".....	24
Tabla 14: Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Grueso	24
Tabla 15: Desviación Estándar de Gravedad Especifica (SSS) Agregado 3/4"	25
Tabla 16: Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Fino	25
Tabla 17: Desviación Estándar Masa Unitaria del Agregado Fino.....	26
Tabla 18: Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Grueso 3/4".....	26
Tabla 19: Desviación Estándar Masa Unitaria del Agregado Grueso.....	27
Tabla 20: Contenido de Humedad Agregado fino, 3/4" y 3/8".....	28
Tabla 21: Desviación Estándar Contenido de Humedad Agregado Fino	28
Tabla 22: Desviación Estándar Contenido de Humedad Agregado Grueso	29
Tabla 23: Porcentaje de Abrasión Agregado 3/4" (Maquina de los Ángeles).....	30
Tabla 24: Desviación Estándar de Abrasión del Agregado Grueso	30
Tabla 25: Porcentaje de Caras Fracturadas Agregado 3/4" a 1/2".....	31
Tabla 26: Porcentaje de Caras Fracturadas Agregado 1/2" a 3/8".....	31
Tabla 27: Porcentaje de Partículas Planas.....	32
Tabla 28: Porcentaje de Partículas Largas	32
Tabla 29: Solidez Agregado Grueso	33
Tabla 30: Solidez Agregado Fino	33
Tabla 31: Penetración del ligante Bituminoso	34
Tabla 32: Precisión del Ensayo de Penetración del ligante bituminoso.....	34
Tabla 33: Desviación Estándar del Ensayo de Penetración del ligante bituminoso.....	34

Tabla 34: Punto de Ablandamiento del ligante bituminoso	36
Tabla 35: Índice de Penetración del ligante bituminoso	36
Tabla 36: Punto de inflamación Asfalto.....	37
Tabla 37: Mezcla de Agregados Pétreos	38
Tabla 38: Resumen de Resultados de la Mezcla Asfáltica Convencional	43
Tabla 39: Combinación Asfalto + PET	43
Tabla 40: Resumen de Resultados de Mezcla Asfáltica Modificada	46
Tabla 41: Masas de Agregados Pétreos	46
Tabla 42: Masa total de la Briqueta Asfáltica	47
Tabla 43: Materiales para 1 m ³ de Mezcla Asfáltica Convencional	47
Tabla 44: Precio por 1 m ³ de Mezcla Asfáltica Convencional.....	47
Tabla 45: Masa Total de la Briqueta Asfáltica Modificada	48
Tabla 46: Materiales para 1 m ³ de Mezcla Asfáltica Modificada	48
Tabla 47: Precio por 1 m ³ de Mezcla Asfáltica Modificada	48

Índice de Figuras

Figura 1: Ubicación de cantera	8
Figura 2: Gravedad Específicas Bulk, Efectivas y Aparente	12
Figura 3: Diagrama general Metodológico	15
Figura 4: Curva Granulométrica Agregado Fino	19
Figura 5: Curva Granulométrica Agregado 3/8"	20
Figura 6: Curva Granulométrica Agregado 3/8"	21
Figura 8: Estudio estadístico del ligante bituminoso del Punto de Ablandamiento.....	35
Figura 7: Estudio estadístico del ligante bituminoso de Penetración.....	35
Figura 9: Estudio estadístico del ligante bituminoso de Viscosidad.....	36
Figura 10: Curva Granulométrica Agregados Combinados.....	39
Figura 11: Briquetas de Mezcla Asfáltica Convencional.....	40

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Curva Vacíos al Aire.....	41
Gráfico 2: Curva Flujo vs % Asfalto.....	41
Gráfico 3: Curva Estabilidad vs % Asfalto	42
Gráfico 4: Curva VAM vs % Asfalto.....	42
Gráfico 5: Curva Densidad Bulk vs % Asfalto	42
Gráfico 6: Curva Flujo vs % Asfalto + PET	44
Gráfico 7: Curva Vacíos al Aire vs % Asfalto + PET.....	44
Gráfico 8: Curva Estabilidad vs % Asfalto + PET.....	44
Gráfico 9: Curva VAM vs % Asfalto + PET	45
Gráfico 10: Curva Densidad Bulk vs % Asfalto + PET.....	45

Resumen

El objetivo de la investigación es incorporar plástico reciclado mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica en caliente utilizando agregados pétreos del cantón Guamote y comparar sus propiedades mecánicas con una mezcla convencional.

El material modificador es de origen plástico que contiene tereftalato de polietileno (PET) proveniente de botellas plásticas recicladas, con el fin de crear una alternativa de adición en la mezcla asfáltica. Esta combinación de materiales mejora las características de los pavimentos y a su vez disminuye la contaminación ambiental, puesto que su biodegradación se produce a los 500 años.

La granulometría utilizada corresponde a la mezcla asfáltica convencional determinada por la Norma MOP-001-F 2002 (Anexo A), para un árido de tamaño máximo nominal 3/4". El trabajo realizado en laboratorio consta en determinar las propiedades de los materiales que conforman la mezcla asfáltica para posteriormente realizar briquetas que serán ensayados por el método Marshall obteniendo valores de densidad bulk, estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral, vacíos de aire y así determinar el porcentaje óptimo de ligante.

Luego se adiciona el material modificador PET mediante vía húmeda en porcentajes variables empezando con el 5%, en relación con el porcentaje en peso de ligante de la Mezcla Convencional. Obteniendo un porcentaje óptimo del 9% PET y 91% de ligante bituminoso, superando las propiedades de la mezcla asfáltica convencional. Finalmente se procede a realizar un análisis de costos entre ambas combinaciones teniendo a la mezcla asfáltica modificada con mayor valor económico.

Palabras clave: Mezclas asfálticas modificadas, tereftalato de polietileno, granulometría, ligante asfáltico, densidad bulk, estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral, vacíos de aire.

Abstract

This research objective is to incorporate recycled plastic in a wet method in a hot asphalt mix using stone aggregates from Guamote canton and compare its mechanical properties with a conventional mix.

The modifier material is of plastic origin that contains polyethylene terephthalate (PET) from recycled plastic bottles to create an alternative of addition in the asphalt mix. This combination of materials improves the pavement characteristics and reduces environmental pollution place their biodegradation occurs after 500 years.

The granulometry used corresponds to the conventional asphalt mixture determined by Standard MOP (Ministry of Public Works) -001-F 2002 (Annex A) for an aggregate of nominal maximum size 3/4". The work carried out in the laboratory features in determining the material properties that make up the asphalt mixture to carry out later briquettes, which will be tested by the Marshall method. Obtaining values of bulk density, stability, flow, voids in the mineral aggregate, air voids and determine the binder's optimal percentage

The modifier material PET is added by a wet method in variable percentages starting with 5%, about the percentage by weight of the binder of the Conventional Mixture. An optimal percentage of the 9% PET and 91% bituminous binder obtained the same that surpassed the conventional asphalt mix property.

Finally, a cost analysis between both combinations carried out, taking the modified asphalt mixture with the highest economic value.

Keywords: Modified asphalt mixtures, polyethylene terephthalate, granulometry, asphalt binder, bulk density, stability, flow, voids in mineral aggregate, air voids.

Reviewed by:
Ms.C. Ana Maldonado León
ENGLISH PROFESSOR
C.I.0601975980

1. Introducción

La Red Vial Ecuatoriana se concibe como un conjunto de vías y caminos que conforman al país, conectando a las ciudades, facilitando el movimiento de bienes y servicios estratégicos que contribuyen a la prosperidad económica (Armijos, 2019). Una herramienta principal para el desarrollo socio-económico es el transporte, es por ello, que la ingeniería civil, debe estar capacitada para brindar una óptima movilidad a los usuarios, permitiendo trasladarse con comodidad y sobre todo seguridad (Aulestia & Romero, 2017).

La producción de pavimento flexible se ha incrementado en los últimos años en el país, entre el 2006 y 2015, Ecuador ascendió 57 posiciones en el ranking de mejor calidad en vías, según el foro Económico Mundial, siendo una inversión que activó la economía de los ecuatorianos. Una característica importante en relación con los pavimentos a considerar es el impacto ambiental generado por el proceso de fabricación, equipos y materiales (Senjen, 2012).

El incremento del parque automotor en el país y las condiciones atmosféricas han ocasionado diversos tipos de fallas en el pavimento flexible, lo que nos hace suponer que las características y propiedades de un asfalto convencional ya no satisfaga la demanda del usuario, buscando soluciones para que ayuden a mejorar sus características.

El plástico (PET) es sin duda uno de los polímeros más utilizados por el mundo, dada su versatilidad, que a su vez genera peligro en el ecosistema debido a que son desechadas en todo tipo de lugar. En el Ecuador se fabrican 1400 millones de botellas por año y apenas el 39% de este plástico se recicla. Existen unas 2000 microempresas aproximadamente que se dedican a la recolección y trituración de materiales reciclables (Vélez & Carrillo, 2014).

Los desechos y residuos plásticos demandan una correcta y adecuada reutilización, en el presente trabajo de investigación se lo empleará como un modificador a la mezcla asfáltica Marshall en caliente, su forma de empleo en la mezcla será de manera líquida (Forigua & Pedraza, 2014).

Al utilizar polímeros PET se contribuye con el medioambiente, reduciendo el índice de plásticos desechados y fomentando la reutilización de este material. Por esta razón para promover nuevas técnicas de construcción vial y mantenimiento, se propone la modificación de los diseños de las mezclas asfálticas Marshall, incorporando plástico reciclado en su estructura con el fin de: verificar su resistencia, analizar su adherencia con los materiales pétreos y comparar las deformaciones generadas por cargas.

Para poder determinar una combinación óptima de plástico reciclado PET en mezclas asfálticas que modifique sus características, se debe realizar ensayos con el fin de verificar una mejora en sus propiedades mecánicas, químicas y reológicas, debido a que no se conoce si todos los porcentajes de combinación obtenidos funcionan. Cabe resaltar que las propiedades a superar se fundamentan en la normativa vigente de pavimentos MOP-001-F (Loría Salazar, 2007).

El método Marshall es el más utilizado en el Ecuador para el control de calidad en mezclas asfálticas en caliente, que deben cumplir con los parámetros óptimos de cantidad de asfalto, densidad, vacíos, estabilidad y flujo (Delgado & Camargo, 2013).

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

- Comparar las propiedades mecánicas Marshall de una mezcla asfáltica convencional versus una mezcla asfáltica modificada, incorporando plástico reciclado (PET) y utilizando materiales pétreos de la mina del cantón Guamote.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de los agregados pétreos de la mina del cantón de Guamote.
- Identificar el porcentaje óptimo de incorporación de plástico reciclado (PET) mediante vía húmeda en briquetas de mezcla asfáltica.
- Verificar el comportamiento entre el plástico reciclado (PET) incorporada vía húmeda con el cemento asfáltico.
- Determinar la estabilidad y fluencia de la mezcla con asfalto modificado.
- Evaluar los costos de producción entre la mezcla asfáltica convencional versus mezcla asfáltica modificada.

3. Estado del arte relacionado a la temática (Marco Teórico)

3.1. Ligante Bituminoso

El ligante bituminoso se deriva del petróleo, constituido por asfáltenos, aceites y resinas, con características termoplásticas, aglutinantes, dúctiles e impermeables, que brinda flexibilidad a la mezcla conformada con los agregados pétreos. Este material en el Ecuador, son provenientes de la refinería estatal de Esmeraldas y del Pacifico, principalmente son crudos de base asfáltica por destilación del petróleo llamado comúnmente PITCH ASFÁLTICO (Wulf, 2008).

3.1.1. Composición del Ligante Bituminoso

3.1.1.1. Propiedades Químicas

El ligante es un líquido viscoso, compuesto por moléculas de hidrogeno y carbono (hidrocarburos), además de otros elementos, si el ligante es disuelto en un solvente como el heptano, los materiales duros son precipitados y divididos en máltenos y asfáltenos que pueden variar por factores de temperatura, luz y oxígeno (Smith, 2016).

3.1.1.1.1. Máltenos:

Constituido por resinas y aceites de peso molecular bajo, ligados con las propiedades elásticas del ligante bituminoso. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas, de fluidez y ductilidad para los asfaltos, por otro lado los aceites intervienen como transporte para los asfáltenos y resinas (Manuel, 2013).

3.1.1.1.2. Asfáltenos:

Le dan al ligante su color y dureza. Estos están conformados por compuestos orgánicos con un peso molecular alto, poseen alta viscosidad que aumenta su elasticidad y resistencia (Guajala & Zambrano, 2016).

3.1.1.2. Propiedades Físicas

El estudio de las propiedades físicas del ligante bituminoso es importante para el diseño, construcción, mantenimiento vial, emulsiones asfálticas y bases estabilizadas etc., estas propiedades son:

3.1.1.2.1. Durabilidad:

Permite conservar las propiedades del ligante, cuando es expuesto a procesos de degradación y de envejecimiento con el paso del tiempo.

3.1.1.2.2. Adhesión:

Propiedad del ligante para adherirse al agregado pétreo en la mezcla.

3.1.1.2.3. Susceptibilidad Térmica:

Es la variación del estado sólido al líquido del ligante con el cambio de temperatura.

3.1.1.2.4. Endurecimiento o envejecimiento

El endurecimiento en el ligante bituminoso es causado por la oxidación, que es la reacción entre el oxígeno y el ligante. Este proceso de deterioro depende de las características del asfalto, del proceso de mezcla asfáltica y la temperatura, produciendo un incremento en su rigidez y pérdida de su adherencia (Torres, 2011).

3.1.2. Ligante Bituminoso AC-20

El ligante bituminoso AC-20 se obtiene a partir de la destilación del hidrocarburo, los cuales están sometidos a un proceso industrial para cumplir las características visco elásticas y cualidades cementantes que están entre 1600 y 2400 Poises, a 60 grados centígrados.

Para el asfalto según la MOP-001F-2002, el ligante bituminoso AC-20 debe cumplir con el ensayo de penetración de la norma INEN 917, con valores de 60 a 70 mm/10 (I.N.V.E-706, 2007).

Tabla 1:
Características del Ligante Bituminoso AC-20

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
Índice 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

Fuente: (MOP-001F, 2002)

3.1.3. Normas para Ensayos del Ligante Bituminoso

Tabla 2:
Normas para Ensayos del Ligante Bituminoso AC-20

AGREGADOS PÉTREOS		
Ensayo	Norma	Objetivo
Penetración	(ASTM D5-97, 2006)	Determina la dureza o consistencia relativa del ligante bituminoso y de manera indirecta su rigidez en condiciones específicas de temperatura carga y tiempo.
Punto de Inflamación	(I.N.V.E-709, 2007)	Determina la temperatura más baja a la cual se separan los materiales, sin peligro de inflamación en presencia de llama libre.

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

3.2. Agregados Pétreos

3.2.1. Descripción y Origen

El agregado pétreo es proveniente de fuentes naturales o procesos de trituración, compuestos de partículas de piedra triturada, grava triturada, grava natural, arena etc., (Coronado, 2011) que son clasificados en:

- a) Agregados tipo A: Todas las partículas que conforman el árido grueso son obtenidas por trituración del material, mientras que el material fino puede ser arena o material triturado. Se puede aumentar relleno natural o cemento Portland para cumplir la graduación.
- b) Agregado tipo B: El 50% que conforma el árido grueso se obtiene por trituración, y el árido fino y relleno mineral pueden ser de depósitos naturales o triturados.
- c) Agregados tipo C: Este tipo de árido es utilizado en mezclas asfálticas, provenientes de depósitos naturales o trituración, verificando que la estabilidad se encuentre dentro los límites ensayados por el método Marshall.

El cantón Guamote posee una geomorfología de origen tectónicos erosivos desarrollados en el centro del país, se encuentra formados por rocas metamórficas con un grado de metamorfismo medio a bajo, conformado por material volcánico que posterior fue trabajado por acción glaciaria, lo cual se observa en la parte oriental del cantón (IEE-MAGAP, 2013).

El material utilizado en el presente trabajo de investigación es proveniente de la cantera a cielo abierto del cantón Guamote ubicada:

	
Coordenadas UTM (Zona 17M)	
Altitud: 3170 m.s.n.m	
755,902.76 m	9'786,653.52 m

Figura 1: Ubicación de cantera
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Se utilizará material pétreo de la mina del cantón Guamote para una mezcla de agregado 3/4", que debe estar dentro de los límites de la tabla granulométrica dada por MOP-001F-2002 (Anexo A), para la elaboración de la fórmula maestra de la mezcla asfáltica.

3.2.2. Normas para Ensayos del Agregado Pétreo

Tabla 3:
 Normas para Ensayos del Árido

AGREGADOS PÉTREOS		
Ensayo	Norma	Alcance
Granulometría	(INEN-696, 2011)	Determina cuantitativamente la distribución de tamaños en las partículas de los agregados finos y gruesos del material, que pasan y se retienen en tamices según el tamaño de su abertura.
Peso Específico y Absorción de Árido Fino	(INEN-856, 2010)	Determina la densidad promedio, sin incluir el volumen de vacíos del material fino. Después de haber saturado el árido se introduce por un tiempo definido al horno para determinar el porcentaje de absorción.
Peso Específico y Absorción de Árido Grueso	(INEN-857, 2010)	Determina los pesos específicos aparentes. Para la absorción, se sumerge por 24 horas el árido y se obtiene su porcentaje.
Masa Unitaria del Árido	(INEN-858, 2010)	Determina los valores de la masa unitaria de cada árido en estado natural, para conocer su relación masa/volumen.

Contenido de Humedad de Árido Fino	(INEN-859, 2010)	Determina el contenido de humedad del árido fino in situ por eliminación del agua.
Limite Plástico	(INEN-692, 1982)	Determina el límite de consistencia de un tipo de suelo que pasa el tamiz N°40
Abrasión	(INEN-860, 2011)	Determina la pérdida de la masa por desgaste e impacto, utilizando la máquina de los ángeles el cual tiene un indicador de la calidad relativa de los áridos.
Contenido de Humedad del Árido Grueso	(INEN-862, 2011)	Determina el contenido de humedad del árido grueso evaporable por secado.
Solidez de los Áridos mediante Sulfato de Magnesio	(INEN-863, 2011)	Determina el desempeño de los agregados expuesto a las condiciones ambientales reales (intemperie).
Partículas Largas y Achatadas	(ASTM D-4791, 2005)	Determina el porcentaje de partículas largas y planas en una porción establecida de árido grueso no aplicable a medidas inferiores de 6.3 mm
Caras Fracturadas	(ASTM D-5821, 2005)	Determina el porcentaje de una o varias caras fracturadas en peso del árido pétreo.

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

3.2.3. Fórmula Maestra

Antes de realizar cualquier tipo de mezcla asfáltica, se deben estudiar los materiales que se propone utilizar en dicha mezcla, que deben estar dentro de los límites de la tabla granulométrica, (Anexo A). Esta fórmula de trabajo está compuesta por las diversas cantidades de fracciones definidas por los agregados y el porcentaje de material asfáltico teórico para la dosificación (MOP-001F, 2002).

3.2.4. Contenido Óptimo de Ligante Bituminoso

El procedimiento para determinar el contenido óptimo de ligante bituminoso con respecto a la mezcla total se base al método Francés, que determina el área superficial del agregado basado en el análisis granulométrico (Morillo, 2017), conforme a las siguientes ecuaciones:

$$P = M * S^{(1/5)} \quad \text{Ec (1)}$$

Donde:

P= % de asfalto en peso

M= coeficiente de tráfico (3.75-4.25)

S= Superficie específica de los áridos

$$S = 0.17G + 0.33g + 2.30A + 12a + 135f \quad \text{Ec (2)}$$

Donde:

G= % de agregado que pasa sobre el tamiz 1/2" y se retiene en el tamiz 3/4"

g= % de agregado que pasa sobre el tamiz 3/8" y se retiene en el tamiz N°4

3.3. Mezcla Asfáltica Convencional

3.3.1. Mezcla Asfáltica en caliente

Una mezcla asfáltica en caliente es la combinación en ciertas cantidades de agregados gruesos y finos con un ligante a alta temperaturas que oscilas entre los 135°C y 160°C. Están constituidos aproximadamente por un 90% de áridos pétreos, 5% de polvo mineral y 5% de ligante asfáltico, donde estas cantidades relativas determinan las propiedades físicas de la mezcla.(Archila & Aparicio, 2018). Para conocer el porcentaje óptimo de ligante bituminoso se debe considerar lo siguiente:

3.3.2. Parámetros de las Mezclas Asfálticas en Caliente

Para el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente se debe considerar las proporciones volumétricas de los agregados pétreo y del ligante, que son:

3.3.2.1. Vacíos al aire (Va)

Son bolsas de aire atrapados en la mezcla asfáltica compactada final. Todas las mezclas densamente graduadas deben tener un porcentaje de vacíos mínimo y máximo (Anexo B), que permita una cierta compresión por efecto del tráfico y genere espacio para que fluya el asfalto, conociendo que de esta característica depende la durabilidad del pavimento (Marcillo, 2018).

3.3.2.2. Vacíos del Agregado Mineral (VAM)

Volumen de vacíos del área intergranular entre partículas del agregado pétreo de una mezcla asfáltica compacta, que contiene los vacíos de aire llenos de asfalto (Aulestia & Romero, 2017).

3.3.2.3. Vacíos llenados con Asfalto (VFA)

Es el porcentaje del volumen de espacios vacíos intergranulares entre las partículas de árido que se encuentran llenos de aire y asfalto efectivo.

3.3.2.4. Contenido de Asfalto Efectivo (Pbe)

Es la cantidad de ligante que recubre a los agregados pétreos sin considerar la parte que se ha perdido por la absorción del árido en una mezcla asfáltica.

3.3.2.5. Gravedad Específica

Existen métodos para medir la gravedad específica relacionadas al diseño de mezclas asfálticas en caliente como:

3.3.2.5.1. Gravedad Específica Seca Bulk (G_{sb})

Es la proporción total de las partículas de agregados al aire, así como el volumen de poros llenos de agua sumergidos durante 24 horas a una temperatura indicada (ASTM D-1188, 2006).

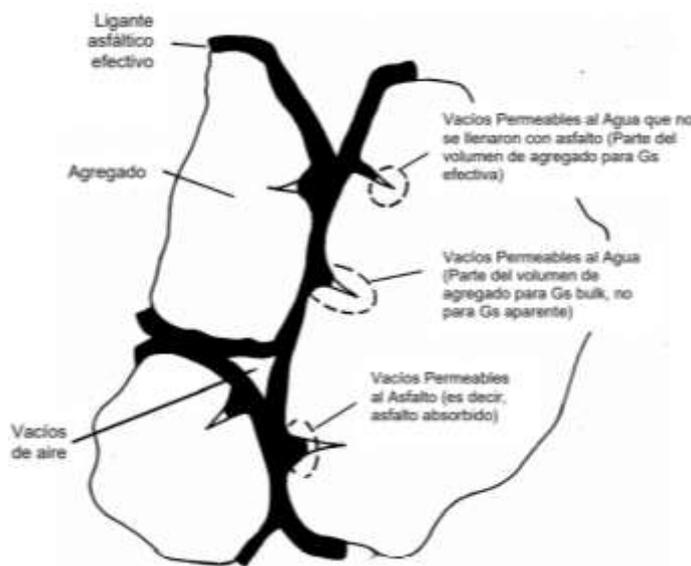


Figura 2: Gravedad Específicas Bulk, Efectivas y Aparente

Fuente: Google Imágenes (<https://www.google.com/search?q=GRAVEDAD+ESPECIFICA+BULK&sxsrf>)

3.4. Mezcla asfáltica Modificada

Las mezclas asfálticas modificadas tienden a mejorar el comportamiento mecánico y de adhesión en relación con la convencional, la cual ayudara a tener un mayor aprovechamiento efectivo del ligante bituminoso.

Esta técnica consiste en la adición de cualquier tipo de polímero en el ligante, donde estas partículas absorben aceites de los máltenos, para dispersarse en forma molecular y que no ejerzan efectos importantes sobre sus propiedades. Mientras que cuanto menor sea el contenido de asfáltenos, existirá una mayor compatibilidad siendo las etapas de cambios reológicas y físicas más significativas sobre el mismo. (Congreso-Latinoamericano, 2019)

Para obtener una mezcla asfáltica modificada, dependerá que en la estructura química del polímero permita se disuelva en el ligante bituminoso, mediante el grado de productos aromáticos y resinas que contenga (Marcillo, 2018).

3.4.1. Mezcla Asfáltica Modificada por Vía Húmeda

Para el proceso de incorporación en la mezcla asfáltica de un polímero mediante el proceso de vía húmeda, este debe ser compatible con el ligante asfáltico antes de ser mezclado con el agregado. Por lo general se escogen elastómeros para proporcionar mayor estabilidad y rigidez.

Existe variedad de polímeros que mejoran las propiedades del asfalto modificado como:

3.4.2. Tereftalato de Polietileno (PET)

El material PET es un poliéster termoplástico con alto peso molecular, resistente a la biodegradación debido a su cristalinidad. Esta materia se obtiene por una reacción de policondensación entre el ácido tereftálico y el etilenglicol (Vélez & Carrillo, 2014).

La densidad del PET se relaciona con la productividad en su elaboración, debido a que influye en el peso. En estado amorfo tiene una densidad que varía entre 1.33-1.37 g/cm³, y en estado cristalino entre 1.45-1.51 g/cm³ (Suasnavas, 2017).

El rango de temperatura de fusión de este material es de 212°C hasta 265°C, donde la viscosidad disminuye a incremento de la temperatura y al aumentar la velocidad de flujo. Si el material se ha enfriado por debajo de la temperatura de fusión, los materiales termoplásticos pueden ser amorfos o cristalinos (Ortíz, 2017).

El tereftalato de polietileno añadido vía húmeda en la mezcla asfáltica, dependen de las siguientes características:

- Tipo de polímero
- Dimensiones del Polímero

- Tiempo y temperatura de Fusión
- Compatibilidad de mezcla polímero-asfalto

3.5. Método de Diseño de la Mezcla Asfáltica

3.5.1. Ensayo Marshall

El propósito del método Marshall es analizar las propiedades pertenecientes a una mezcla asfáltica en caliente compactada, verificando el contenido óptimo de ligante bituminoso para una combinación específica de agregados pétreos con tamaño máximo igual o inferior a 25 mm (Morante, 2019).

3.5.1.1. Estabilidad Marshall

El ensayo de estabilidad es la máxima carga aplicada a una velocidad de deformación constante de 2 plg/min, que puede resistir la briqueta antes de generarse una falla teniendo en cuenta la cohesión y fricción interna.

3.5.1.2. Flujo Marshall

La fluencia Marshall representa el movimiento o la deformación total de la briqueta, dada por la disminución en el diámetro vertical que se genera durante el ensayo de estabilidad.

CAPÍTULO I

4. Metodología

Este proyecto de investigación se basa en la comparación de una mezcla asfáltica convencional versus una mezcla asfáltica modificada con polímeros, utilizando el método Marshall.

Esto se logrará mediante una secuencia de pasos comenzando con: la caracterización del agregado pétreo y los ensayos en las mezclas tanto convencional como modificada las cuales nos ayudará a obtener resultados para determinar cuál presenta mejores características desde un análisis técnico.

4.1. Diagrama General Metodológico

En la Figura 3, se muestra el flujo de trabajo y actividades realizadas en esta investigación:

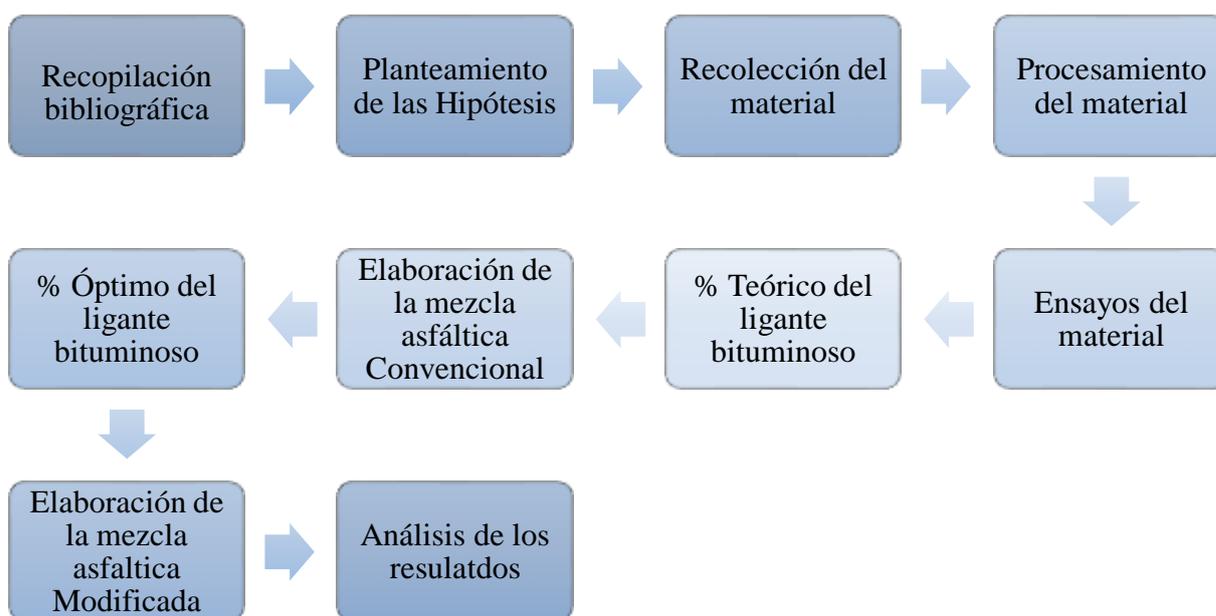


Figura 3: Diagrama general Metodológico
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

4.2. Tipo de la Investigación

Este trabajo tiene un tipo de investigación experimental ya que obtiene información de un grupo de actividades técnicas y metódicas realizadas que ayudan a comprobar la hipótesis planteada.

4.3. Descripción Metodológica

En las primeras etapas del proyecto se realizará una recopilación bibliográfica sobre el tema, estableciendo hipótesis de los resultados que se podrían obtener con la incorporación del plástico reciclado en la mezcla asfáltica. Los materiales recolectados serán: el agregado pétreo de la mina de Guamote, ligante bituminoso tipo AC-20 producido por la refinera de Esmeraldas y el plástico reciclado (PET) será entregado por parte de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo el mismo que será triturado o procesado para alcanzar la granulometría requerida.

Para el agregado pétreo se realizará ensayos de caracterización y propiedades como: granulometría, masas unitarias, abrasión, caras fracturas, partículas largas y planas, pesos específicos, solidos de los áridos, contenido de humedad y absorción. Al igual se determinará las propiedades físicas y mecánicas del ligante bituminoso mediante los ensayos: penetración, punto de inflamación aplicando las respectivas normas ASTM.

Una vez obtenido la caracterización del agregado pétreo, se calculó el porcentaje teórico del ligante bituminoso, que se combinara con la granulometría requerida para agregado 3/4" (Anexo A), cuyas especificaciones cumplen las normas establecidas por el Ministerio de obras Públicas y de Transporte (MOP-001F-2002).

Se continua con la elaboración de 25 briquetas con mezcla asfáltica convencional, de las cuales se descartaron 10 briquetas debido a que los valores eran dispersos en relación con sus semejantes, mismas que serán ensayadas por el método Marshall y con los datos obtenidos de estabilidad, densidad bulk, fluencia, porcentaje de vacíos al aire y vacíos en agregado

mineral, se determinará cual es el porcentaje óptimo de ligante que cumpla con la mayoría de los parámetros dada por MOP-001F-2002.

Ya encontrado el porcentaje óptimo de ligante que se va a agregar a la muestra, se realizara las nuevas combinaciones, elaborando 20 briquetas con la adición de plástico PET líquido, iniciando con un porcentaje de 5% del peso total del ligante bituminoso, aumentando este valor en 5%, hasta encontrar la combinación que mejore sus características. Finalmente se descartarán 8 briquetas dos por cada combinación, analizando los resultados de los ensayos realizados para comparar las propiedades entre la mezcla convencional vs la mezcla modificada.

CAPITULO II

5. Resultados y Discusión

Culminada la etapa de ensayos del agregado pétreo y ligante bituminoso, se conoció su propiedades físicas, mecánicas y químicas, mismas que ayudaron a verificar que las características de una mezcla asfáltica modificada supera a la mezcla asfáltica convencional. Para su efecto se realizó tablas y graficas que muestran todos los resultados de la investigación.

5.1. Caracterización de los Agregados Pétreos

5.1.1. Granulometría del Agregado

Los resultados que se muestran son un promedio de tres ensayos granulométricos (Anexo C) realizados para cada tipo de agregado, utilizando tamices #1" hasta el #200, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 4:

Granulometría del Agregado Fino

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Promedio: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 18/10/2020
Norma: NTE INEN 696		Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 319.79 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO		

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)			Masa Promedio Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
3/4"	19	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
1/2"	12.7	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
3/8"	9.5	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
Nº 4	4.75	3.6	3.36	2.51	3.16	1%	1%	99%
Nº 8	2.36	2.31	2.07	1.77	2.05	1%	2%	98%
Nº 30	0.6	46.79	46.55	47.86	47.07	15%	16%	84%
Nº 50	0.31	155.22	154.98	166.27	158.82	50%	66%	34%
Nº 100	0.15	85.31	85.07	78.53	82.97	26%	92%	8%
Nº 200	0.075	20.36	20.12	17.74	19.41	6%	98%	2%
BANDEJA		6.89	6.62	5.43	6.31	2%	100%	0%
Total		320.48	318.77	320.11	319.79			

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

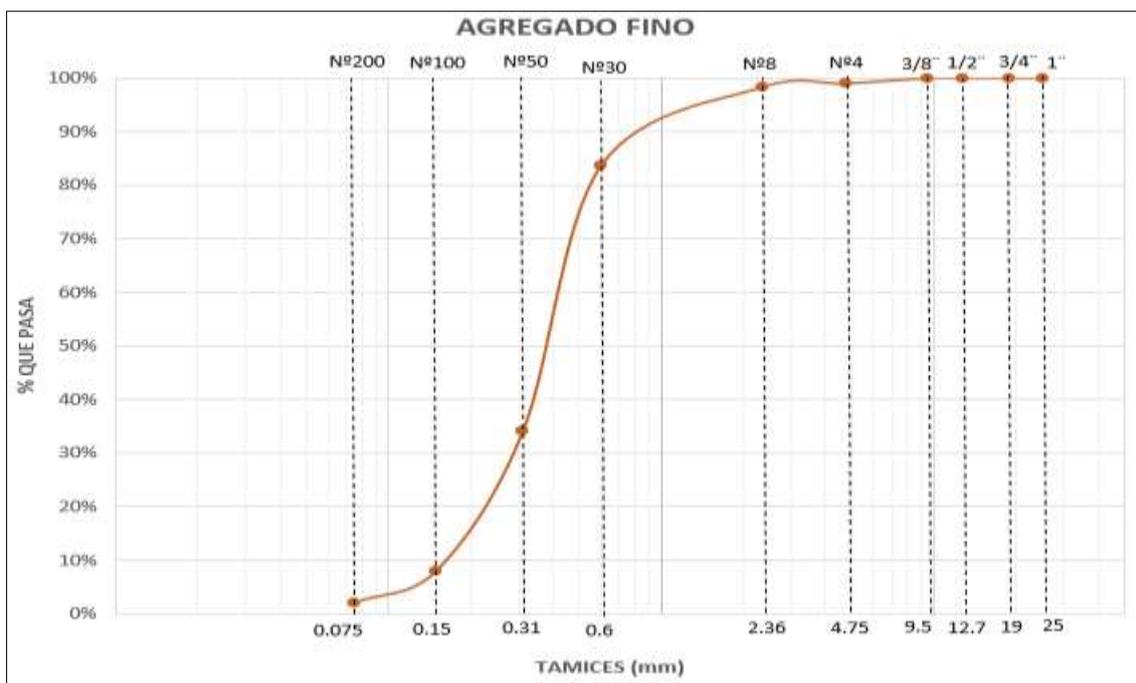


Figura 4: Curva Granulométrica Agregado Fino
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tabla 5:
Granulometría del Agregado Intermedio 3/8"

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	
	FACULTAD DE INGENIERÍA	
	CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Promedio: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 18/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 1038.92 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO INTERMEDIO 3/8"		

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)			Masa Promedio Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
3/4"	19	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
1/2"	12.7	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
3/8"	9.5	35.12	48.18	35.86	39.72	4%	4%	96%
N° 4	4.75	326.41	359.47	334.36	340.08	33%	37%	63%
N° 8	2.36	233.99	216.28	217.13	222.47	21%	58%	42%
N° 30	0.6	183.32	166.69	185.71	178.57	17%	75%	25%
N° 50	0.31	110.76	100.26	112.6	107.87	10%	86%	14%
N° 100	0.15	80.96	73.28	85.45	79.90	8%	93%	7%
N° 200	0.075	38.18	39.27	50.45	42.63	4%	97%	3%
BANDEJA		34.77	27.2	21.06	27.68	3%	100%	0%
Total		1043.51	1030.63	1042.62	1038.92			

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

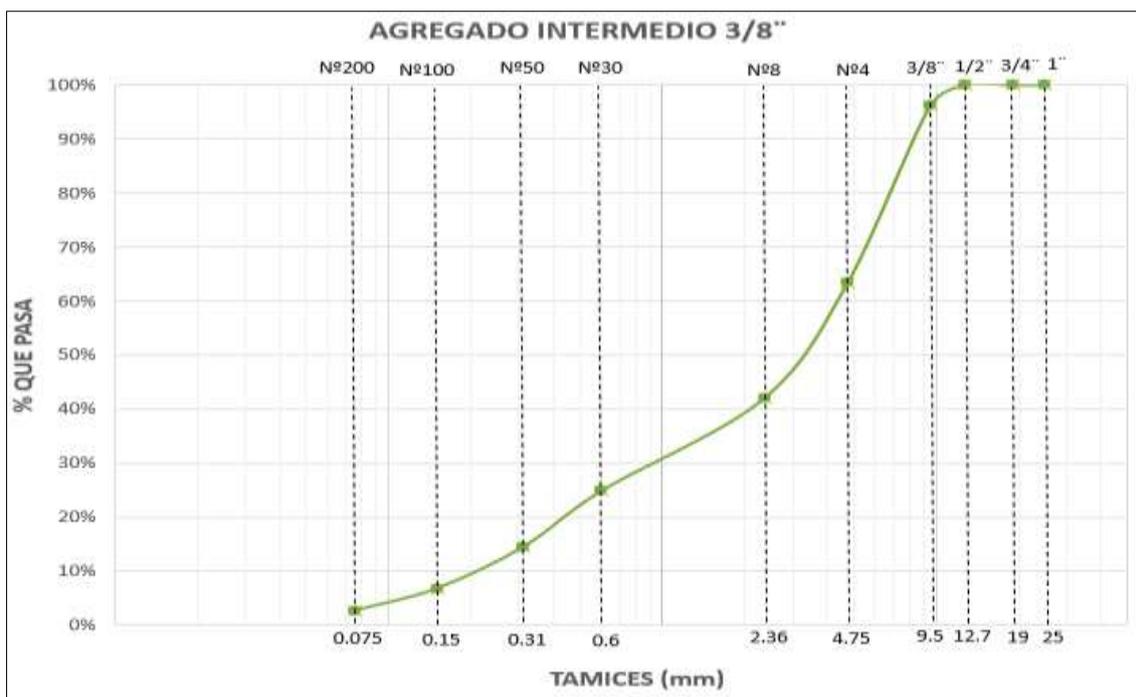


Figura 5: Curva Granulométrica Agregado 3/8"
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tabla 6:
 Granulometría del Agregado Grueso 3/4"

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Promedio: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 18/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez	
Masa Analizada : 5003.79 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO GRUESO 3/4"		

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)			Masa Promedio Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
3/4"	19	0	0	0	0.00	0%	0%	100%
1/2"	12.7	2759.7	3002.18	2897.54	2886.47	58%	58%	42%
3/8"	9.5	1379.3	1339.22	1355.24	1357.92	27%	85%	15%
Nº 4	4.75	839.34	631.84	722.35	731.18	15%	99%	1%
Nº 8	2.36	5.24	4.96	4.25	4.82	0%	100%	0%
Nº 30	0.6	1.81	3.58	2.84	2.74	0%	100%	0%
Nº 50	0.31	1.68	2.21	1.98	1.96	0%	100%	0%
Nº 100	0.15	2.38	2.52	2.28	2.39	0%	100%	0%
Nº 200	0.075	6.37	3.66	5.41	5.15	0%	100%	0%
BANDEJA		9.19	13.51	10.8	11.17	0%	100%	0%
Total		5005.01	5003.68	5002.69	5003.79			

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)



Figura 6: Curva Granulométrica Agregado 3/8"
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación” (INEN-696, 2011).

5.1.2. Gravedad Específicas y Absorción

Se calculó la gravedad específica del agregado fino, 3/4" y 3/8" (Anexo D) tomando un promedio de los tres ensayos realizados.

Tabla 7:

Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO FINO			
Gravedad Específica Bulk (Sh)	2.474	g/cm ³	
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca (Sss)	2.31	g/cm ³	INEN-856
Gravedad Específica Aparente	2.669	g/cm ³	
Absorción	11.715	%	

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

Tabla 8:

Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Fino

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	11	13
Densidad (SSS), kg/m ³	9,5	27
Densidad aparente, kg/m ³	9,5	27
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,011	0,032
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,0095	0,027
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,0095	0,027
Absorción, % ^B	0,11	0,31

Fuente: (INEN-856, 2010)

Tabla 9:

Desviación Estándar de Gravedad Especifica (SSS) Agregado Fino

GRAVEDAD ESPECÍFICA (SSS)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)
Promedio	2.310	2310
Mayor	2.312	2312
Menor	2.308	2308
Rango	0.004	4
Desviación Estándar	0.0021	2.08

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación” (INEN-856, 2010).

Tabla 10:
Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8"

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO INTERMEDIO 3/8"			
Gravedad Específica Bulk (Sh)	2.449	g/cm ³	
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca (Sss)	2.527	g/cm ³	INEN-857
Gravedad Específica Aparente	2.657	g/cm ³	
Absorción	3.206	%	

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

Tabla 11:
Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Grueso

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	9	25
Densidad (SSS), kg/m ³	7	20
Densidad aparente, kg/m ³	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,009	0,025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,007	0,020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,007	0,020

Fuente: (INEN-857, 2010)

Tabla 12:
Desviación Estándar de Gravedad Específica (SSS) Agregado 3/8"

GRAVEDAD ESPECÍFICA (SSS)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)
Promedio	2.527	2527
Mayor	2.528	2528
Menor	2.526	2526
Rango	0.002	2
Desviación Estándar	0.0010	1.00

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación” (INEN-857, 2010).

Tabla 13:

Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4"

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO GRUESO 3/4"			
Gravedad Específica Bulk (Sh)	2.457	g/cm ³	
Gravedad Específica Saturada Superficialmente Seca (Sss)	2.53	g/cm ³	INEN-857
Gravedad Específica Aparente	2.651	g/cm ³	
Absorción	2.989	%	

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:**Tabla 14:**

Precisión Gravedad Específicas y Absorción del Agregado Grueso

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
Precisión para un solo operador:		
Densidad (SH), kg/m ³	9	25
Densidad (SSS), kg/m ³	7	20
Densidad aparente, kg/m ³	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,009	0,025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,007	0,020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,007	0,020

Fuente: (INEN-857, 2010)

Tabla 15:
Desviación Estándar de Gravedad Específica (SSS) Agregado 3/4"

GRAVEDAD ESPECÍFICA (SSS)		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm³)	CANTIDAD (kg/m³)
Promedio	2.530	2530
Mayor	2.537	2537
Menor	2.526	2526
Rango	0.011	11
Desviación Estándar	0.0059	5.86

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación” (INEN-857, 2010).

5.1.3. Masa Unitaria

Se realizaron tres ensayos en condición compacta y en condición suelta (Anexo E), para obtener un promedio de la masa unitaria del árido.

Tabla 16:
Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Fino

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO FINO			
Masa Unitaria Suelta	1.198	g/cm ³	INEN-858
Masa Unitaria Compacta	1.346	g/cm ³	

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

“**Precisión para un solo operador:** Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir más de 40 kg/m³ (d2s)”(INEN-858, 2010).

Tabla 17:

Desviación Estándar Masa Unitaria del Agregado Fino

MASA UNITARIA SUELTA			MASA UNITARIA COMPACTADA		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)
Promedio	1.198	1198	Promedio	1.346	1346
Mayor	1.205	1205	Mayor	1.347	1347
Menor	1.187	1187	Menor	1.345	1345
Rango	0.018	18	Rango	0.002	2
Desviación Estándar	0.0096	9.64	Desviación Estándar	0.0012	1.15

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“El procedimiento de este método de ensayo para la medición de la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos, no tiene desviación puesto que los valores para masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos pueden ser definidos solamente en términos de un método de ensayo”(INEN-858, 2010).

Tabla 18:

Masa Unitaria Suelta y Compacta Agregado Grueso 3/4”

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO GRUESO 3/4”			
Masa Unitaria Suelta	1.352	g/cm ³	INEN-858
Masa Unitaria Compacta	1.495	g/cm ³	

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

“**Precisión para un solo operador:** Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador es de 14 kg/m³ (1s). Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en un material similar, no deben diferir más de 40 kg/m³ (d2s)”(INEN-858, 2010).

Tabla 19:

Desviación Estándar Masa Unitaria del Agregado Grueso

MASA UNITARIA SUELTA			MASA UNITARIA COMPACTADA		
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (g/cm ³)	CANTIDAD (kg/m ³)
Promedio	1.352	1352	Promedio	1.495	1495
Mayor	1.356	1356	Mayor	1.517	1517
Menor	1.349	1349	Menor	1.481	1481
Rango	0.007	7	Rango	0.036	36
Desviación Estándar	0.0038	3.79	Desviación Estándar	0.0193	19.29

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“El procedimiento de este método de ensayo para la medición de la masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos, no tiene desviación puesto que los valores para masa unitaria (peso volumétrico) y contenido de vacíos pueden ser definidos solamente en términos de un método de ensayo”(INEN-858, 2010).

5.1.4. Contenido de Humedad

Los resultados del contenido de humedad para los diferentes tipos de agregados se muestran en (Anexo F), y a continuación sus valores promedios:

Tabla 20:

Contenido de Humedad Agregado fino, 3/4" y 3/8"

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO FINO			
Contenido de Humedad	10.78	%	INEN-859
AGREGADO INTERMEDIO 3/8"			
Contenido de Humedad	2.15	%	INEN-862
AGREGADO GRUESO 3/4"			
Contenido de Humedad	1.54	%	INEN-862

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

“Se ha encontrado que la desviación estándar para un solo operador en los resultados de una sola muestra es 0.50%. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador no deben diferir en más de 1.39%”(INEN-859, 2010).

Tabla 21:

Desviación Estándar Contenido de Humedad Agregado Fino

CONTENIDO DE HUMEDAD FINO	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
Promedio	10.783
Mayor	10.91
Menor	10.61
Rango	0.3
Desviación Estándar	0.1553

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación” (INEN-859, 2010).

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

“Se ha encontrado que la desviación estándar para el contenido de humedad de los áridos, para un solo operador y dentro de un mismo laboratorio, es 0.28%. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador en el mismo laboratorio, en el mismo tipo de muestra de árido, no debe diferir en más de 0.79% el uno del otro”(INEN-862, 2011).

Tabla 22:

Desviación Estándar Contenido de Humedad Agregado Grueso

CONTENIDO DE HUMEDAD 3/8"		CONTENIDO DE HUMEDAD 3/4"	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
Promedio	2.150	Promedio	1.539
Mayor	2.181	Mayor	1.55
Menor	2.102	Menor	1.517
Rango	0.079	Rango	0.033
Desviación Estándar	0.0424	Desviación Estándar	0.0188

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación”(INEN-862, 2011).

5.1.5. Limite Plástico

Realizado el ensayo del límite líquido del agregado pétreo fino, se pasó a determinar el índice de plasticidad con un resultado N/P.

5.1.6. Abrasión Agregado Grueso (Maquina de los Ángeles)

Se realizaron ensayos mediante el uso de la máquina de los ángeles para el agregado grueso (Anexo G) y se determinó el porcentaje promedio de desgaste.

Tabla 23:
Porcentaje de Abrasión Agregado 3/4" (Maquina de los Angeles)

Ensayo	Valor	Unidad	Norma
AGREGADO GRUESO 3/4"			
Abrasión	24.587	%	INEN-860

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Precisión:

“Se ha encontrado que el coeficiente de variación para un solo operador, es de 2.0%; por lo tanto, los resultados de dos ensayos correctamente realizados por el mismo operador, en muestras del mismo árido grueso, no deben diferir en más del 5.7% de su promedio (probabilidad del 95%)” (INEN-860, 2011).

Tabla 24:
Desviación Estándar de Abrasión del Agregado Grueso

ABRASIÓN	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (%)
Promedio	24.587
Mayor	25.47
Menor	23.86
Rango	1.61
Desviación Estándar	0.8164

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Desviación:

“Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación”(INEN-860, 2011).

5.1.7. Caras Fracturadas

Se determinó el porcentaje de caras fracturas para agregados 3/4" a 1/2" y de 1/2" a 3/8" de una masa determinada.

Tabla 25:*Porcentaje de Caras Fracturadas Agregado 3/4" a 1/2"*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 10/10/2020
Norma: ASTM D 5821	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 1202.76 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
% DE CARAS FRACTURADAS DE 3/4" A 1/2"	
Ensayo de partículas fracturadas de 3/4" a 1/2"	Mínimo Máximo Referencia
Peso Inicial= 1202.76 g	
Peso Fracturadas (F)= 903.19 g	
Peso Cuestionable (Q)= 130.43 g	
Peso no Fracturadas (N)= 169.14 g	
% CARAS FRACTURADAS=	81% 80 .--- ASTM D 5821-01
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)	

Tabla 26:*Porcentaje de Caras Fracturadas Agregado 1/2" a 3/8"*

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 10/10/2020
Norma: ASTM D 5821	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 301.69 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
% DE CARAS FRACTURADAS DE 1/2" A 3/8"	
Ensayo de partículas fracturadas de 1/2" a 3/8"	Mínimo Máximo Referencia
Peso Inicial= 301.69 g	
Peso Fracturadas (F)= 223.84 g	
Peso Cuestionable (Q)= 36.62 g	
Peso no Fracturadas (N)= 41.23 g	
% CARAS FRACTURADAS=	80% 80 .--- ASTM D 5821-01
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)	

5.1.8. Partículas Largas y Planas

Se conoció el porcentaje de partículas largas y planas de la muestra analizada, mismos que no deben pasar el 10% establecido por la MOP 001F-2002, ya que perjudicaría la distribución y compactación de la mezcla asfáltica.

Tabla 27:
Porcentaje de Partículas Planas

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO				
FACULTAD DE INGENIERÍA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Muestra 1: Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 11/10/2020		
Norma: ASTM D 4791				Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 3001.06 g				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
% DE PARTÍCULAS PLANAS						
Tamiz	Tamaño (mm)	Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Peso que Pasa (g)	% Pasa	% Retiene
3/4 a 1/2	19 a 12.5	2000.99	1843.39	157.34	8%	92%
1/2 a 3/8	12.5 a 10	1000.07	879.43	120.58	12%	88%
SUMA=		3001.06	2722.82	277.92		
Porcentaje de partículas planas				Mínimo	Máximo	Referencia
% ÍNDICE DE PARTÍCULAS PLANAS=		9.3%		.---	10%	ASTM D 4791-99

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tabla 28:
Porcentaje de Partículas Largas

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO				
FACULTAD DE INGENIERÍA						
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
Muestra 1: Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 11/10/2020		
Norma: ASTM D 4791				Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 3001.06 g				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
% DE PARTÍCULAS ALARGADAS						
Tamiz	Tamaño (mm)	Muestra (g)	Peso Retenido (g)	Peso que Pasa (g)	% Pasa	% Retiene
3/4 a 1/2	19 a 12.5	2000.67	172.61	1828.06	91%	9%
1/2 a 3/8	12.5 a 10	1001.31	125.48	875.74	87%	13%
SUMA=		3001.98	298.09	2703.8		
Porcentaje de partículas alargadas				Mínimo	Máximo	Referencia
% ÍNDICE DE PARTICULAS LARGAS=		9.9%		.---	10%	ASTM D 4791-99

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.1.9. Solidez de los Agregados Mediante el Uso de Sulfato de Magnesio.

Se realizó el ensayo de solidez del agregado grueso y fino, utilizando sulfato de magnesio que nos ayudara a conocer el desempeño de los agregados expuestos a condiciones ambientales.

Tabla 29:
Solidez Agregado Grueso

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Promedio: Material de la Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 12/10/2020					
Norma: INEN 863				Realizado por: Pilatuña & Rodríguez					
Masa Analizada (g) : 1002.21				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño					
DURABILIDAD DEL AGREGADO GRUESO A LA ACCIÓN DEL SULFATO DE MAGNESIO									
TAMIZ	PESO TAMIZ	TAMIZ + MUESTRA	MASA RETENIDA	MASA RETENIDA %	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ MÁS FINO DESPUES DEL ENSAYO %	GRADACION ORIGINAL (%)	PORCENTAJE DE DESGASTE PARCIAL %
			B	C = (B/A)*100	D	E	F = ((D - E)/D)*100	G	H = (F * G)/100
1/2"	442.14	1113.9	671.685	100	1002.21	845.315	15.65	86.00	13.46
3/8"	440.91	771.76	330.525						

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tabla 30:
Solidez Agregado Fino

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL							
Promedio: Material de la Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 12/10/2020					
Norma: INEN 863				Realizado por: Pilatuña & Rodríguez					
Masa Analizada (g) : 502.8				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño					
DURABILIDAD DE LOS AGREGADOS A LA ACCIÓN DEL SULFATO DE MAGNESIO									
TAMIZ	PESO TAMIZ	TAMIZ + MUESTRA	MASA RETENIDA	MASA RETENIDA %	MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO	MASA DE FRACCIONES DESPUES DEL ENSAYO	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ MÁS FINO DESPUES DEL ENSAYO %	GRADACION ORIGINAL (%)	PORCENTAJE DE DESGASTE PARCIAL %
			B	C = (B/A)*100	D	E	F = ((D - E)/D)*100	G	H = (F * G)/100
Nº 4	446.04	546.52	100.48						
Nº 8	392.13	493.18	101.05						
Nº 16	549.91	650.16	100.25	100	502.8	297.525	40.83	67.00	27.35
Nº30	307.34	408.06	100.72						
Nº 50	494.75	595.05	100.3						

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.2. Ensayos sobre el Ligante Bituminoso

5.2.1. Penetración

Los resultados de este ensayo (Anexo H) nos permite conocer la consistencia evaluando la rigidez que experimenta el ligante bituminoso, cuando se penetra sobre ella una aguja normalizada durante cinco segundos a una temperatura constante de 25°C.

Tabla 31:

Penetración del ligante Bituminoso

Penetración a 25°C, 100g, 5s	Valor(mm/10)	Mínimo	Máximo
Penetración Promedio	73	60	70

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

- **Precisión y Desviación de Resultados**

Repetibilidad:

“Los ensayos por duplicado por un mismo operador y equipo en tiempos diferentes y sobre una misma muestra se considerarán dudosos si difieren en más de las siguientes cantidades”(ASTM D5-97, 2006).

Tabla 32:

Precisión del Ensayo de Penetración del ligante bituminoso

Material asfáltico ensayo a 25° C	Diferencia
Asfalto con penetración menor de 50	1 unidad
Asfalto con penetración igual o mayor de 50	4% del valor medio

Fuente: (ASTM D5-97, 2006)

Tabla 33:

Desviación Estándar del Ensayo de Penetración del ligante bituminoso

PENETRACIÓN	
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD (mm/10)
Promedio	73
Mayor	76
Menor	70
4% promedio	2.93
Desviación Estándar	2.56

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tolerancia:

“Este método no tiene tolerancia debido a que los valores determinados son definidos, únicamente, en términos del método de ensayo”(ASTM D5-97, 2006).

5.2.2. Punto de Ablandamiento

El Punto de ablandamiento se determinó mediante una gráfica proporcionada por la Empresa IMPTEK, ver figura 8, el cual realizo un estudio estadístico en los meses de enero a abril del 2020. Teniendo que en el día (09/02/2020) presentan un valor en común de 73 mm/10, mismo que sale del ensayo de penetración realizado ver figura 7.

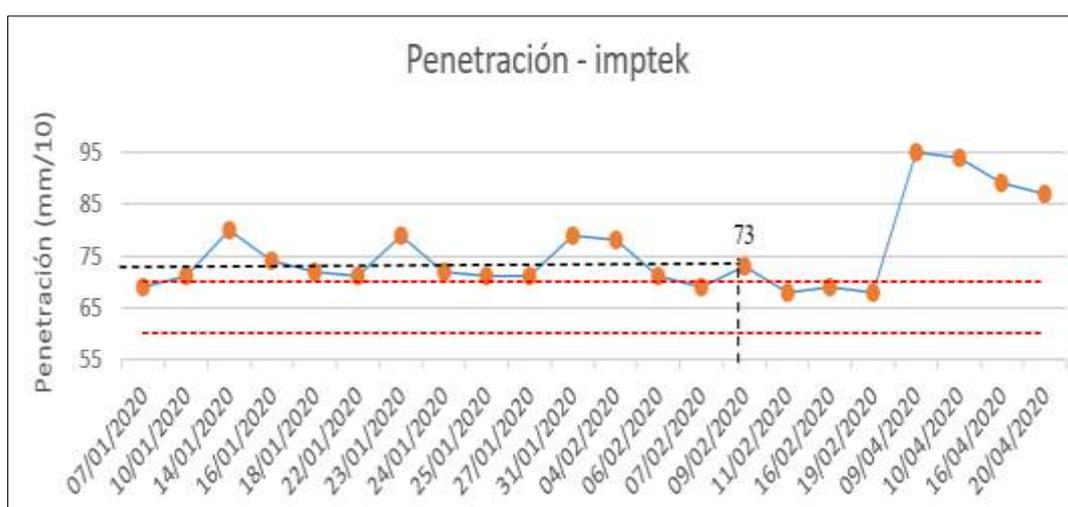


Figura 8: Estudio estadístico del ligante bituminoso de Penetración
Fuente: (Imptek, 2020)



Figura 7: Estudio estadístico del ligante bituminoso del Punto de Ablandamiento
Fuente: (Imptek, 2020)

Tabla 34:*Punto de Ablandamiento del ligante bituminoso*

Punto de Ablandamiento	Valor (°C)	Mínimo	Máximo
Punto de Ablandamiento	50	48	57

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.2.3. Índice de Penetración

Se obtiene a partir del resultado del ensayo de penetración y el punto de ablandamiento de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{1952 - 500 \cdot \log(\text{pen}) - 20 \cdot A}{50 \cdot \log(\text{pen}) - A - 120} \quad \text{Ec (4)}$$

A= Ablandamiento

pen= Penetración

$$IP = \frac{1952 - 500 \cdot \log(73) - 20 \cdot 50}{50 \cdot \log(73) - 50 - 120}$$

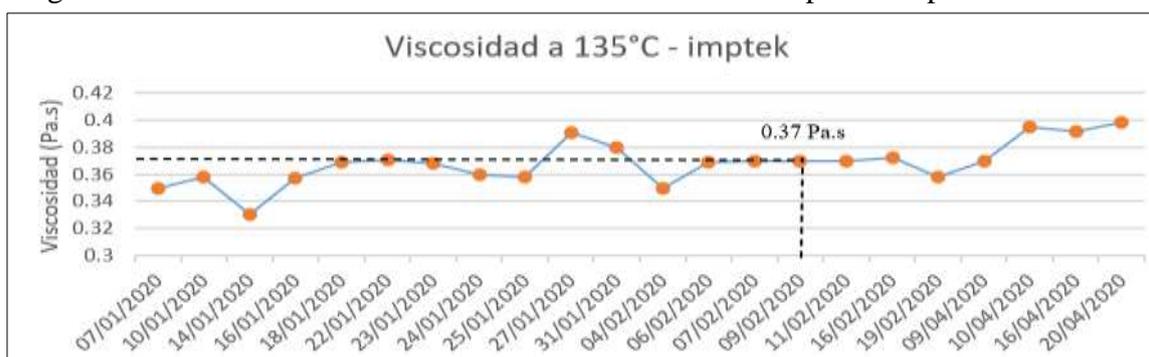
Tabla 35:*Índice de Penetración del ligante bituminoso*

índice de Penetración	Valor	Mínimo	Máximo
Índice de Penetración	-0.264	-1.5	+1.5

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.2.4. Viscosidad

El valor de viscosidad para el ligante bituminoso AC-20 utilizado en el proyecto de investigación se tomó referente a un estudio estadístico realizado por la empresa IMPTEK.

**Figura 9:** Estudio estadístico del ligante bituminoso de Viscosidad

Fuente: (Imptek, 2020)

El valor obtenido 0.37 Pa.s a una temperatura de 135 °C, se escogió de acuerdo a una correlación a la fecha (09/02/2020) en las que se realizó el ensayo de ablandamiento y de viscosidad, debido al valor escogido de 73 mm/10 del ensayo de penetración realizado.

5.2.5. Punto de Inflamación

Este ensayo nos ayuda a determinar la máxima temperatura donde el ligante bituminoso se vuelve inflamable.

Tabla 36:

Punto de inflamación Asfalto

Punto de Inflamación (° C)	Mínimo	Máximo
233	232	.-----

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.3. Diseño Mezcla Asfáltica

5.3.1. Granulometría de la Mezcla Asfáltica Convencional

Para el diseño de las briquetas se realizó los ensayos del agregado pétreo requeridos por la norma MOP 001F-2002 (Anexo I), cumpliendo con su mayoría. Posteriormente se calculó el porcentaje teórico del ligante bituminoso utilizando la fórmula francesa a partir la granulometría combinada de agregados pétreos, determinando los porcentajes que conforma el esqueleto mineral de la mezcla asfáltica realizando iteraciones de cada material a utilizar. En la figura 10 se puede observar la curva granulométrica de la mezcla que se encuentra dentro la faja superior e inferior permisible, con los porcentajes obtenidos de la tabla 37.

Tabla 37:
Mezcla de Agregados Pétreos

TAMIZ	Nº	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200
ABERTURA	mm	25	19	12.7	9.5	4.75	2.36	0.6	0.31	0.15	0.075
% PASA	GRUESO	100%	100%	42%	15%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
	INTERMEDIO	100%	100%	100%	96%	63%	42%	25%	14%	7%	3%
	FINO	100%	100%	100%	100%	99%	98%	84%	34%	8%	2%
% DOSIFICACION	GRUESO (3/4")		34%								
	INTERMEDIO (3/8")		60%								
	FINO (arena)		6%								
MEZCLA	%	100	100	80	69	44	31	20	11	5	2
VALORES	MÍN	100	90	---	56	35	23	---	5	---	2
	MÁX	100	100	---	80	65	49	---	19	---	8

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

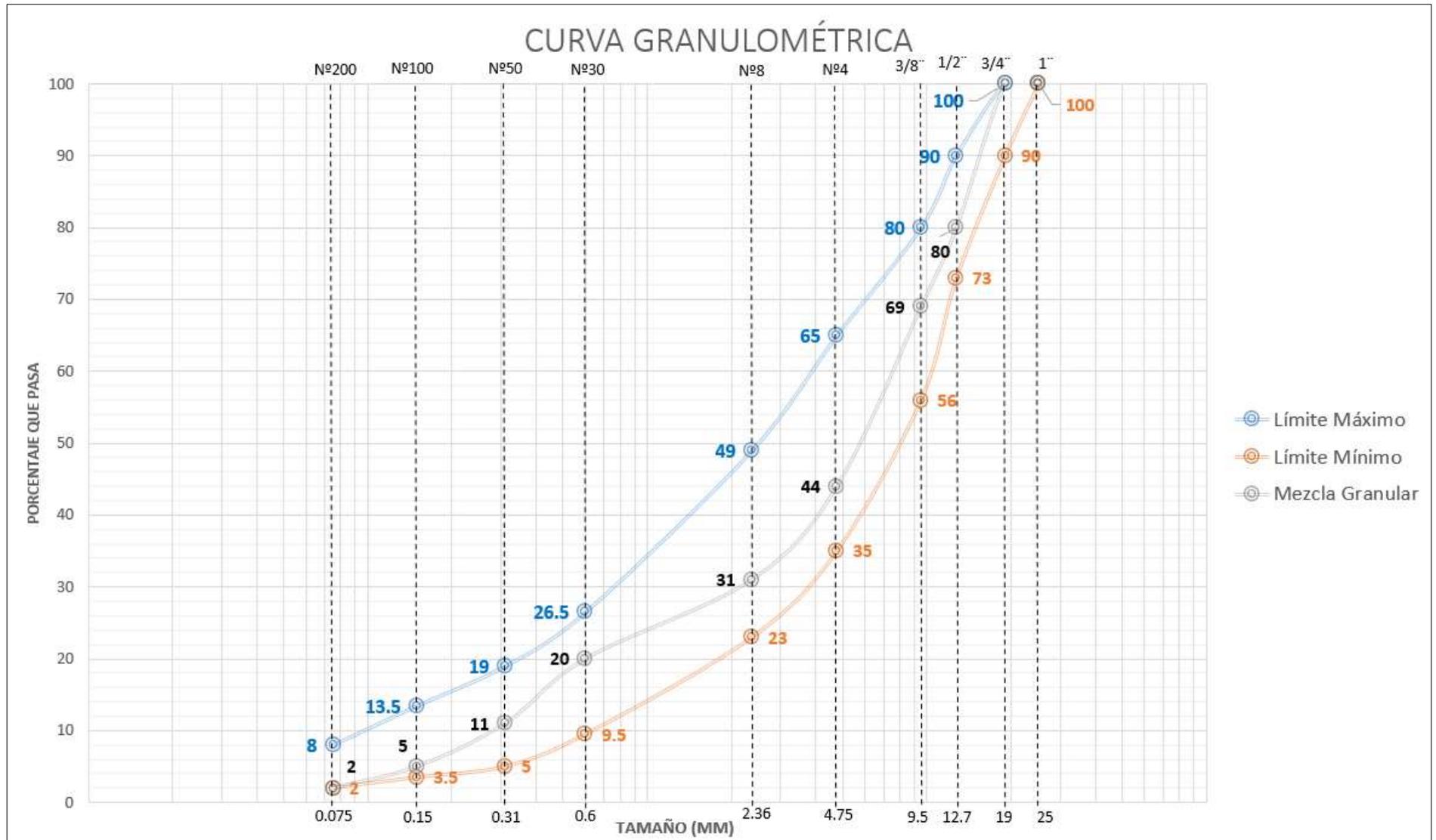


Figura 10: Curva Granulométrica Agregados Combinados
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Con la elaboración de las briquetas figura 11 a diferentes porcentajes de ligante bituminoso, se obtuvieron las curvas de diseño que se pueden visualizar en los gráficos presentados a continuación, misma que nos ayudaron a determinar el porcentaje óptimo de ligante bituminoso, siendo el valor de 6.47% para estos agregados pétreos. El resultado esta función del análisis del porcentaje de vacíos en el aire, debido a su relación directa entre densidad bulk y densidad rice, que a su vez cumple con los parámetros establecidas por la MOP-001F-2020.

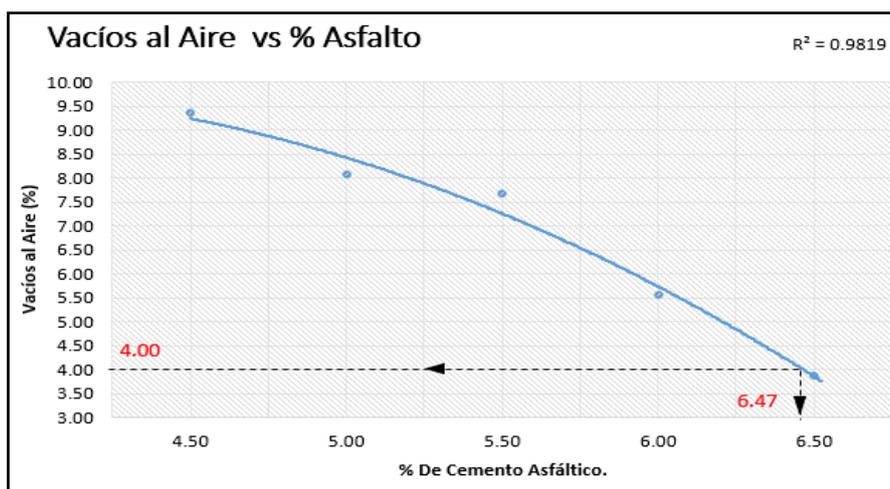


Gráfico 1: Curva Vacíos al Aire
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

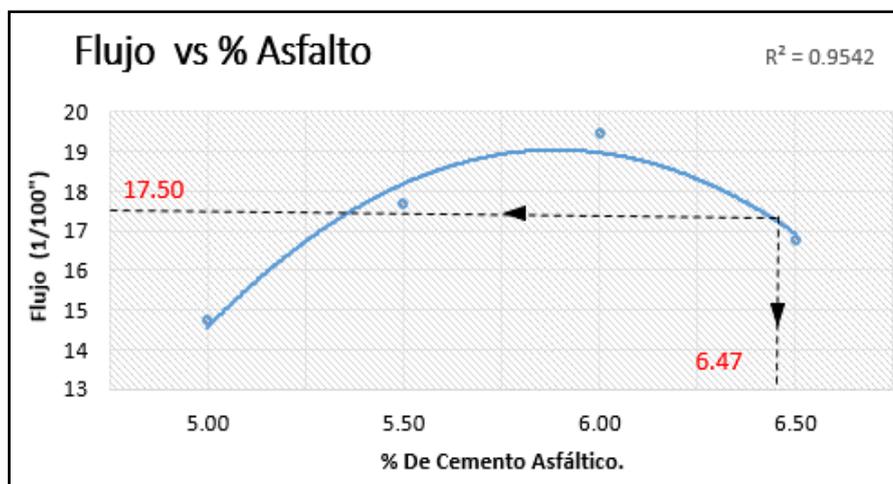


Gráfico 2: Curva Flujo vs % Asfalto
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

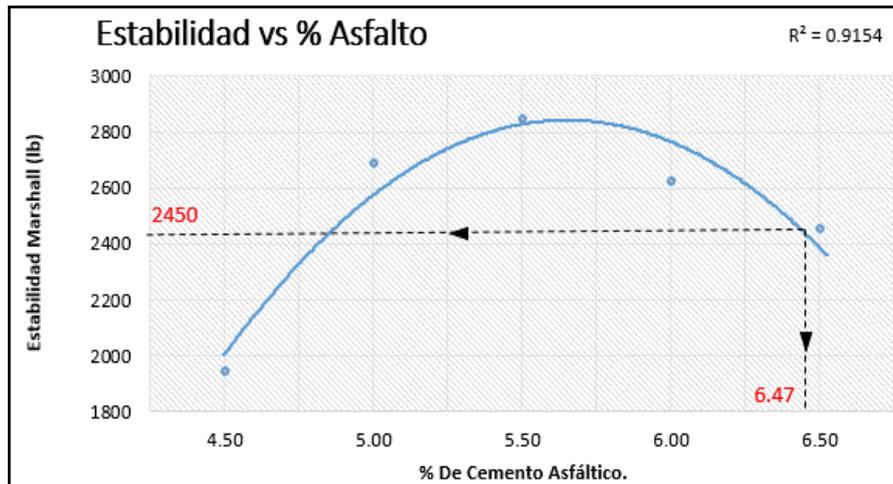


Gráfico 3: Curva Estabilidad vs % Asfalto
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

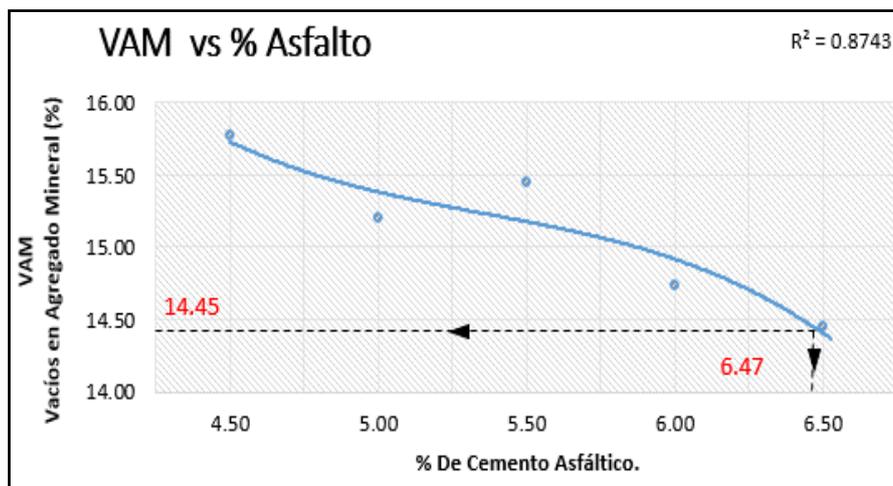


Gráfico 4: Curva VAM vs % Asfalto
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

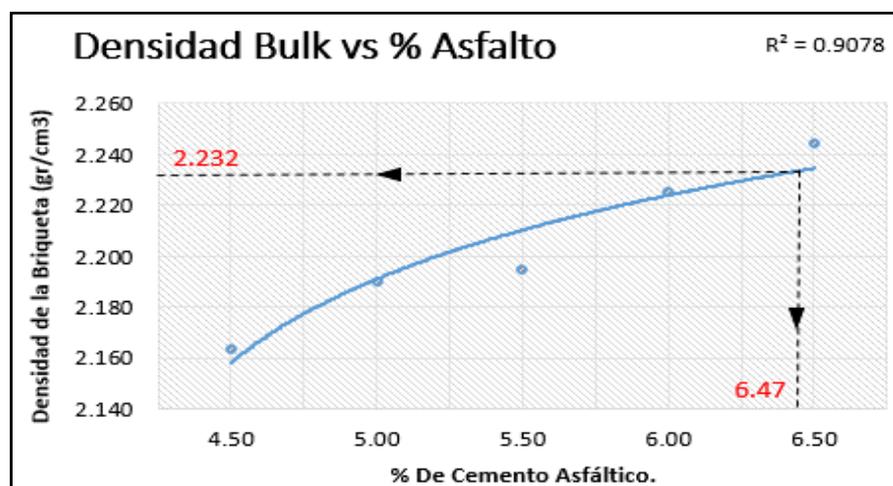


Gráfico 5: Curva Densidad Bulk vs % Asfalto
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

En el (Anexo J) se puede observar los resultados que nos ayudaron a generar las curvas de diseño Marshall.

Tabla 38:

Resumen de Resultados de la Mezcla Asfáltica Convencional

MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
% Asfalto	% Vacios	Flujo	Estabilidad	VAM	Densidad Bulk
4.500	9.348		1945.454	15.773	2.164
5.000	8.066	14.733	2687.284	15.201	2.190
5.500	7.662	17.700	2848.955	15.448	2.195
6.000	5.546	19.467	2624.495	14.736	2.225
6.470	4.000	17.500	2450.000	14.450	2.232
6.500	3.884	16.767	2451.360	14.450	2.245

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.3.4. Diseño de la Mezcla Asfáltica Modificada

Para realiza la mezcla asfáltica modificada con la combinación óptima entre agregados y ligante bituminoso, se incorporará material triturado PET en estado líquido al porcentaje de ligante con una variación del 5% en la cual se conserva la masa del agregado pétreo y se modifica el porcentaje de ligante + PET como lo muestra la siguiente tabla.

Tabla 39:

Combinación Asfalto + PET

Dosificación con Plástico Líquido	
Porcentaje Óptimo = 6.47	
% Ligante	% PET
95%	5%
90%	10%
85%	15%
80%	20%

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Con la elaboración de las briquetas a diferentes porcentajes de PET y ligante bituminoso, se obtuvieron las curvas de diseño obteniendo que el porcentaje óptimo de PET es del 9%, mientras que para el ligante bituminoso es del 91%, mismos que se pueden visualizar a continuación en los gráficos.

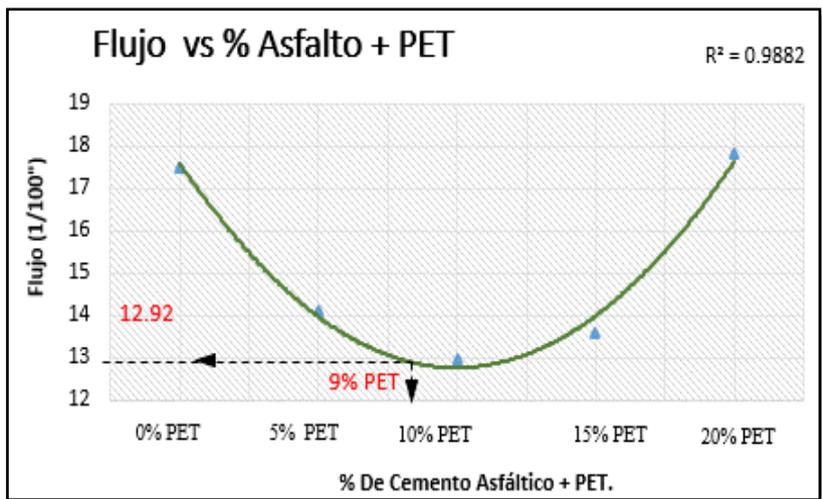


Gráfico 6: Curva Flujo vs % Asfalto + PET
 Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

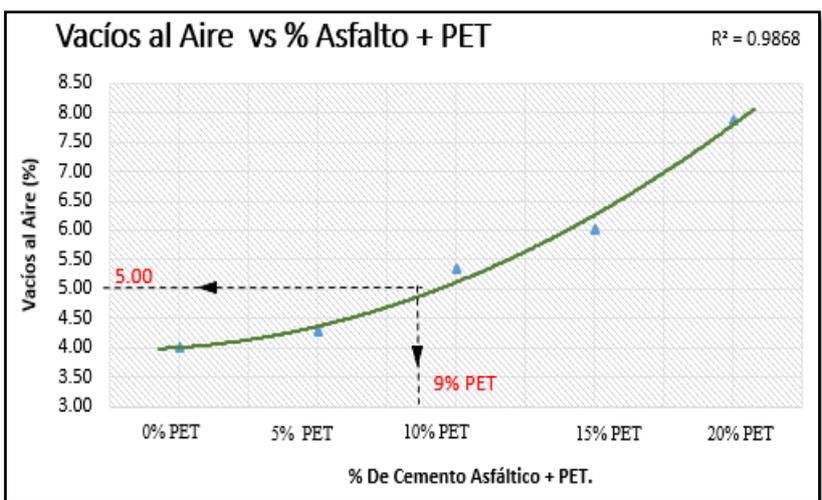


Gráfico 7: Curva Vacíos al Aire vs % Asfalto + PET
 Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

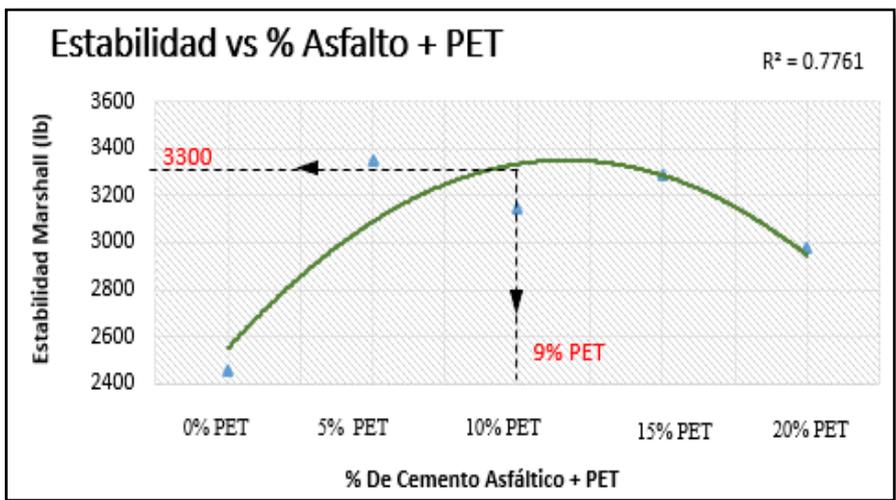


Gráfico 8: Curva Estabilidad vs % Asfalto + PET
 Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

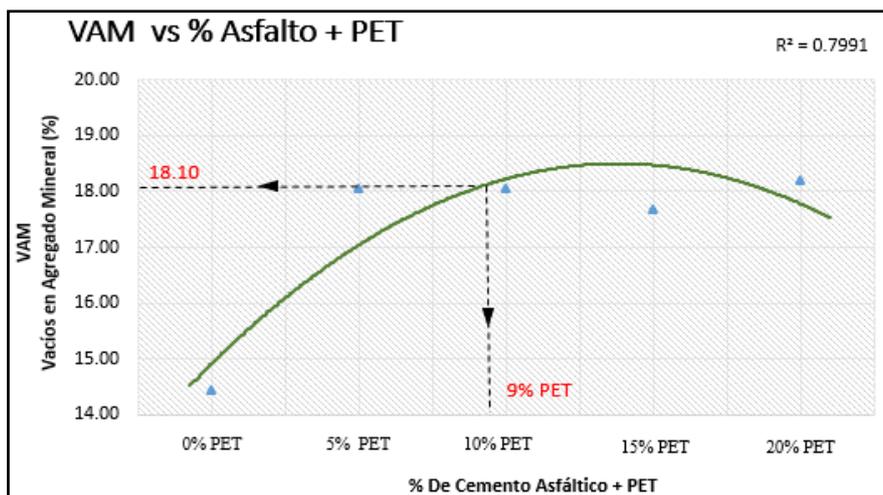


Gráfico 9: Curva VAM vs % Asfalto + PET
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

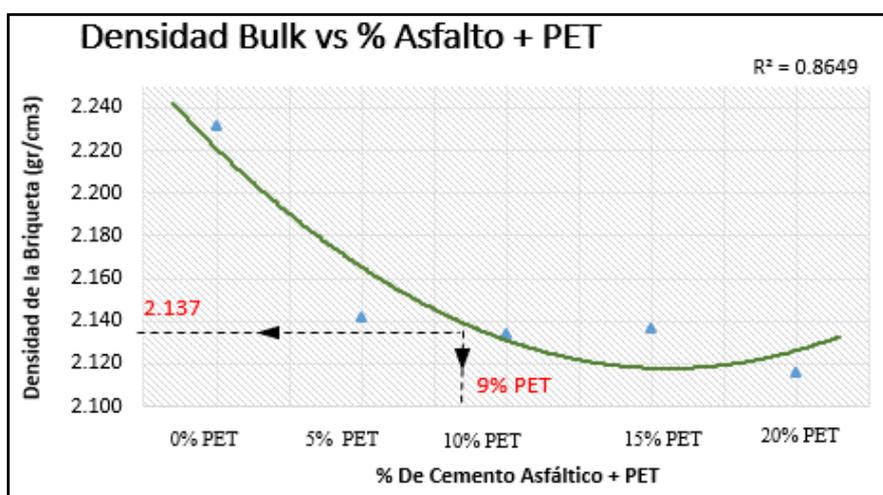


Gráfico 10: Curva Densidad Bulk vs % Asfalto + PET
Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Los resultados obtenidos se pueden apreciar en el (Anexo K) mismo que ayudaron analizar y realizar las curvas del método Marshall, tomando como prioridad el flujo y el porcentaje de vacíos al aire.

Tabla 40:
Resumen de Resultados de Mezcla Asfáltica Modificada

MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA						
% Asfalto	%PET	Flujo	%Vacíos	Estabilidad	VAM	Densidad Bulk
0.0	0.0	17.500	4.000	2450.000	14.450	2.232
95.0	5.0	14.100	4.293	3349.870	18.048	2.142
91.0	9.0	12.920	5.000	3300.000	18.100	2.137
90.0	10.0	12.967	5.351	3142.308	18.062	2.134
85.0	15.0	13.600	6.014	3285.620	17.687	2.137
80.0	20.0	17.800	7.878	2978.665	18.203	2.116

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

5.4. Costos de Diseño de la Mezclas Asfálticas

Se analiza los costos de producción entre una mezcla asfáltica convencional y modificada para 1m^3 , haciendo una relación con el volumen de las briquetas realizadas.

$$V = \pi * r^2 * h \quad \text{Ec (4)}$$

Donde:

V= Volumen promedio para Briqueta (cm)

r= radio de la briqueta

h= altura de la briqueta

$$V = 3.1416 * 5.12^2 * 6.86$$

$$V = 565 \text{ cm}^3$$

5.4.1. Materiales Necesarios de la Mezcla Asfáltica Convencional.

Con los porcentajes obtenidos de dosificación de agregados para la mezcla asfáltica convencional, se determinó la masa total de la briqueta asfáltica.

Tabla 41:
Masas de Agregados Pétreos

Agregado	Porcentaje	Masa (g)
Grueso 3/4"	34	408
Intermedio 3/8"	60	720
Fino	6	72

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

Tabla 42:*Masa total de la Briqueta Asfáltica*

Materiales	Masa (g)
Agregado	1200
Ligante (6.47%)	83.01
MASA TOTAL	1283.0108

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)**5.4.1.1. Materiales para 1 m³ de Mezcla asfáltica Convencional**

Se determinó la masa total de agregados y ligante bituminoso, para 1m³ de mezcla asfáltica convencional con relación al volumen de la briqueta.

Tabla 43:*Materiales para 1 m³ de Mezcla Asfáltica Convencional*

Materiales	Masa (Kg)
Agregado	2123.89
Ligante (6.47%)	146.92
MASA TOTAL	2270.82

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)**5.4.2. Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica Convencional**

Se analizó los precios del material pétreo del cantón Guamote en referencia al mercado. Con este análisis se obtuvo \$ 67.84 para 1 m³ de mezcla asfáltica convencional como lo detalla la tabla 44.

Tabla 44:*Precio por 1 m³ de Mezcla Asfáltica Convencional*

Evaluación de Costos			
Materiales	Cantidad (Kg)	P.U (\$/kg)	Valor (\$)
Agregado Grueso 3/4"	722.12	0.00458	3.306
Agregado Intermedio 3/8"	1274.34	0.00561	7.155
Agregado Fino	127.43	0.00303	0.386
Ligante Bituminoso	146.92	0.39	56.994
TOTAL			\$ 67.842

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)**5.4.2.1. Materiales Necesarios de la Mezcla Asfáltica Modificada**

Con los porcentajes obtenidos de dosificación de agregados y plástico PET para la mezcla asfáltica modificada, se determinó la masa total de la briqueta.

Tabla 45:*Masa Total de la Briqueta Asfáltica Modificada*

Materiales	Masa (g)
Agregado	1200
Ligante (5.888%)	75.54
PET (0.582%)	7.47
PESO TOTAL	1283.01

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)**5.4.2.2. Materiales para 1 m³ de Mezcla Asfáltica Modificada**

Se determinó la masa total de agregados, plástico PET y ligante bituminoso, para 1m³ de mezcla asfáltica modificada con relación al volumen de la briqueta.

Tabla 46:*Materiales para 1 m³ de Mezcla Asfáltica Modificada*

Materiales	Masa (Kg)
Agregado	2123.89
Ligante (5.888%)	133.71
PET (0.582%)	13.22
MASA TOTAL	2270.82

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)**5.4.3. Análisis Económico de la Mezcla Asfáltica Modificada****Tabla 47:***Precio por 1 m³ de Mezcla Asfáltica Modificada*

Evaluación de Costos			
Materiales	Cantidad (Kg)	P.U (\$/kg)	Valor (\$)
Agregado Grueso 3/4"	722.12	0.00458	3.306
Agregado Intermedio 3/8"	1274.34	0.00561	7.155
Agregado Fino	127.43	0.00303	0.386
Ligante Bituminoso	133.71	0.39	51.867
PET (Triturado)	13.22	0.75	9.912
TOTAL			\$ 72.627

Elaborado por: Pilatuña & Rodríguez (2021)

El precio para una mezcla asfáltica modificada es de \$ 72.63 para 1 m³ de ligante con polímero PET triturado e incorporado vía húmeda.

CAPITULO III

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

- Al comparar los resultados de las briquetas ensayadas, con material pétreo, ligante bituminoso AC-20 y plástico triturado PET que se incorporó en la mezcla asfáltica modifica de manera líquida, mejoro las propiedades mecánicas en relación con la mezcla asfáltica convencional con magnitudes mayores, tales como la estabilidad con 3300 lb versus 2450 lb que arrojó la mezcla asfáltica convencional.

Otro resultado analizado es el flujo ya que disminuye de 17.50 a 12.92 pulgada/100 con la incorporación de plástico PET. Un aspecto relevante para la obtención de estos resultados se debe al porcentaje de 5% escogido de la curva de vacíos al aire permitiendo que el asfalto sea capaz de llenar los vacíos sin generar exudación y agrietamiento.

En la gráfica de vacíos del agregado mineral presenta una forma creciente, que nos indica que a mayor porcentaje de ligante mayor será este valor, por esta razón la mezcla modifica obtuvo un valor de 18.10% a diferencia de la mezcla convencional que no alcanzo el porcentaje mínimo de 16%, mientras que el grado de solidez o densidad de la mezcla asfáltica presenta una leve variación de 2.232 a 2.137 g/cm³ debido a la cantidad de ligante. Con estos resultados se puede afirmar que los deterioros viales disminuirán con la aplicación de esta combinación de agregados de Guamote proporcionando durabilidad del pavimento para un tráfico pesado.

- Se realizó varios ensayos para la caracterización de los agregados pétreos del cantón Guamote establecidos por la norma INEN como: granulometría, gravedades específicas, absorción, masas unitarias sueltas, masas unitarias compactas, resistencia a los sulfatos y contenido de humedad. Obteniendo que la granulometría, abrasión, porcentaje de caras

fracturas, partículas planas y largas cumplen con los requisitos mínimos de la normativa MOP-001-F-2002 y a su vez no cumple el ensayo de resistencia a los sulfatos.

- La mezcla asfáltica convencional en caliente está constituida por 93.53% del esqueleto mineral y 6.47% de asfalto, sumando así el 100% de la mezcla total. Para obtener el porcentaje de incorporación PET para la mezcla asfáltica modificada, se determinó mediante los ensayos Marshall un porcentaje óptimo de 0.582% PET y 5.888% de asfalto, siendo la relación 9% PET y 91% asfalto, teniendo así una nueva combinación y manteniendo el porcentaje de la mezcla total.

- La incorporación de plástico triturado PET por vía húmeda es compatible en sus cantidades óptimas con el ligante bituminoso y agregados pétreos, ya que el plástico en estado líquido recubre el agregado formando una película delgada alrededor de esta, para que posteriormente se adhiera con el ligante a temperaturas altas. Se observó que mientras se realizaba la mezcla no se presentó irregularidades en la compactación y ensayo de briquetas.

- Se pudo evidenciar que con la incorporación de plástico PET mediante vía húmeda en una mezcla asfáltica tuvo incrementos en los valores de estabilidad siendo capaz de soportar mayores cargas y reduciendo los valores de deformación (flujo), con respecto a los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica convencional, dándonos una primera idea de que este asfalto modificado tendrá un desempeño óptimo.

- En el análisis económico se evaluó los costos de producción entre una mezcla convencional y una mezcla modificada por metro cubico, con precios de \$67.84 versus \$72.63 respectivamente, siendo esta ultima la más costosa, debido a su proceso de producción.

6.2. Recomendaciones

- Construir una máquina que sea capaz de transformar el plástico triturado PET en estado sólido a líquido, utilizando temperaturas de fusión.
- Incentivar campañas de reciclaje en el cual se permita dividir el plástico PET según su densidad.
- Se recomienda analizar los resultados de la presente investigación de una mezcla asfáltica modificada por el método Superpave.
- Realizar ensayos de viscosidad a diferentes temperaturas, para determinar la carta de viscosidad y así trabajar con las temperaturas optimas con lo que respecta a compactación y mezcla.
- Implementar la mezcla asfáltica modifica de esta investigación en obra vial y analizar su comportamiento en situ.

7. Referencias Bibliográficas

- Archila, A., & Aparicio, M. (2018). *Impactos ambientales derivados del proceso de pavimentación de vías de transporte en Colombia*. 69.
<https://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/18318/5/1098694697.pdf>
- Armijos, J. P. (2019, December). *Un vistazo al futuro: Diseño de la Red Vial Nacional de Resiliencia de Ecuador - Moviliblog*.
- ASTM D-1188. (2006). Peso Específico Bulk de las Briquetas. In *Asociación Americana de Ensayo de Materiales*.
- ASTM D-4791. (2005). *Partículas Largas y Achatadas. Standard T*, 1–13.
- ASTM D-5821. (2005). Caras Fracturadas. *Asociación Americana de Ensayo de Materiales, Standard T*, 1–12.
- ASTM D5-97. (2006). Método Estándar de Ensayo para Penetración de Materiales Bituminosos. “*Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials*”. *ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.*, 6–8.
- Aulestia, S., & Romero, S. (2017). *Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada con Polímeros (tapas plásticas de botela) por Vía Seca*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Congreso-Latinoamericano. (2019). Memorias del XX Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto. In Y. del T. Paul Anguas, Horacio Alamilla (Ed.), *Retos y Oportunidades en el Mundo del Asfalto*.
- Coronado, J. (2011). Caracterización y análisis comparativo de diseños de mezclas asfálticas en caliente, empleando cemento asfáltico AC-20, AC-30 y AC-40 [Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería]. In *Emecanica.Ingenieria.Usac.Edu.Gt*.
<http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- Delgado, M., & Camargo, M. (2013). Relación de las propiedades Marshall de Estabilidad y Flujo de una mezcla asfáltica en caliente, durante su colocación y posterior a la misma. In *Articulo Ecuador* (Vol. 1, Issue 5). Universidad de Cuenca.

- Forigua, J., & Pedraza, E. (2014). *Diseño de Mezclas Asfálticas Modificadas mediante la Adición de Desperdicios Plásticos*. Universidad Católica de Colombia.
- Guajala, H., & Zambrano, M. (2016). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con elastómero (caucho) y tereftalato de polietileno reciclados con ligante asfáltico AC-20*.
- I.N.V.E-706. (2007). Penetración de los Materiales Asfálticos. *Normas Del Instituto Nacional de Vías*, 1–8. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- I.N.V.E-709. (2007). Puntos de Ignición y de llama mediante la Copa abierta Cleveland. *Normas Del Instituto Nacional de Vías*, 1–13. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- IEE-MAGAP. (2013). *Memoria técnica cantón Guamate proyecto: "Generación de geoinformación para la gestión geomorfología."*
- Imptek. (2020). *Mundo Constructor | La nueva planta de Imptek combina eficiencia y ahorro energético*. <https://www.mundoconstructor.com.ec/la-nueva-planta-de-imppek-combina-eficiencia-y-ahorro-energetico/>
- INEN-692. (1982). Norma Técnica Mecánica de Suelos Determinación del Límite Plástico. *Instituto Ecuatoriano De Normalización*, 1–10.
- INEN-696. (2011). NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. *Determinacion Del Tamaño de Particulas En Arido Fino y Grueso*, 1 (Primera Edición), 5. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_696-1.pdf
- INEN-856. (2010). Áridos. Determinación de la Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Arido Fino. *Review of the Styrene Assessment in the National Toxicology Program 12th Report on Carcinogens*, 1–178. <https://doi.org/10.17226/18725>
- INEN-857. (2010). Áridos. Determinación de la Densidad Relativa (Gravedad Específica) y Absorción del Arido Grueso. 1 (Primera Edición), 1–14. <http://apps.normalizacion.gob.ec>
- INEN-858. (2010). Determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. *Annual Book of ASTM Standards*, 1 (Primera Edición), 5. <file:///C:/Users/braya/Desktop/858.pdf>
- INEN-859. (2010). Determinación de la Humedad Superficial en el Árido Fino. 1 (Primera Edición), 1–9.
- INEN-860. (2011). Resistencia al Desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm (1½")

- por medio de la máquina de los Ángeles. I* (Primera Edición), 10.
- INEN-862. (2011). Determinación del Contenido Total de Humedad. *Intituto Ecuatoriano de Normalizacion*, 1–8.
- INEN-863. (2011). *Determinación de la solidez de los áridos mediante el uso de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. 003*, 1–12.
- Loría Salazar, L. (2007). Evaluación de asfaltos modificados en laboratorio con distintos polímeros. *Infraestructura Vial*, 9(17), 46–53.
- Manuel, M. (2013). Comportamiento de una Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato [Universidad Central del Ecuador]. In *Trabajo de Graduación* (Vol. 84).
<http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- Marcillo, V. (2018). “*Evaluación Del Desempeño Del Hormigón Asfáltico Con Plástico Polietileno Reciclado Para Vías De Segundo Orden*”. 100.
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/2354/1/T-ULVR-2151.pdf>
- MOP-001F. (2002). Especificaciones Generales para la construcción de camnos y puentes. In *Republica Del Ecuador Ministerio De Obras Publicas Y Comunicaciones Mop - 001-F 2002* (Vol. 3, Issue 9). https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/01-07-2013_ConcursoPublico_StoDomingo-Esmeraldas-Especificaciones-Tecnicas.pdf
- Morante, M. (2019). *Utilización de gránulos de caucho triturado de neumáticos fuera de uso en mezclas asfálticas en frío con emulsión y material fresado*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Morillo, A. (2017). Mejoramiento de la Carpeta Asfáltica a Base de Escoria Siderúrgica para Pavimentos Flexibles. *Tesis de La Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*, 1–100.
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Ortíz, B. (2017). *Mesclas asfálticas en caliente adicionando tereftalato de polietileno como agregado por el método de Marshall*. 159. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/8111/1/Brayan Josué Ortiz Marroquín.pdf?fbclid=IwAR2_GkYevnEeaGtUIoygVCemSZcolJdx8yRwr2w7Z_uZQt0pE5flwtjbsIM](http://www.repositorio.usac.edu.gt/8111/1/Brayan%20Josue%20Ortiz%20Marroquin.pdf?fbclid=IwAR2_GkYevnEeaGtUIoygVCemSZcolJdx8yRwr2w7Z_uZQt0pE5flwtjbsIM)
- Senjen, R. (2012). *PAVIMENTOS SALUDABLES Y SOSTENIBLES Selección de un pavimento*

resiliente para el sector sanitario europeo. 42.

Smith, T. A. (2016). *Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas Asfálticas; con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero. August.*

Suasnavas, D. (2017). Degradación de Materiales Plásticos "PET" (polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión. In *Monografía previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Químicas con Mención en Química Analítica (Vol. 6).*

Torres, L. (2011). Estudio de las fuentes de material pétreo de la mina de Mulaló, Salcedo y la Maná; provincia de Cotopaxi y su utilidad en la construcción de obras viales. *Repo.Uta.Edu.Ec*, 616. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>

Vélez, O., & Carrillo, B. (2014). Diseño Y Construcción De Un Extrusor De Tornillo Para La Obtención De Pellets De Botellas Plásticas De Pet Recicladas. In *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Wulf, F. (2008). Análisis de Pavimento Asfáltico Modificado con Polímeros. In *Universidad Austral de Chile (Issue 4)*. Universidad Austral de Chile.

8. Anexos

8.1. Anexo A: Porcentajes en pesos de agregados en la utilización de mezcla asfáltica

Anexo 1: Límites Granulométricos Agregado 3/4"

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
3/4" (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
1/2" (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
3/8" (9.50 mm.)	56 - 80	--	90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

8.2. Anexo B: Criterios Marshall dadas por la MOP 001F-2002

Anexo 2: Criterios Marshall para Mezcla Asfálticas

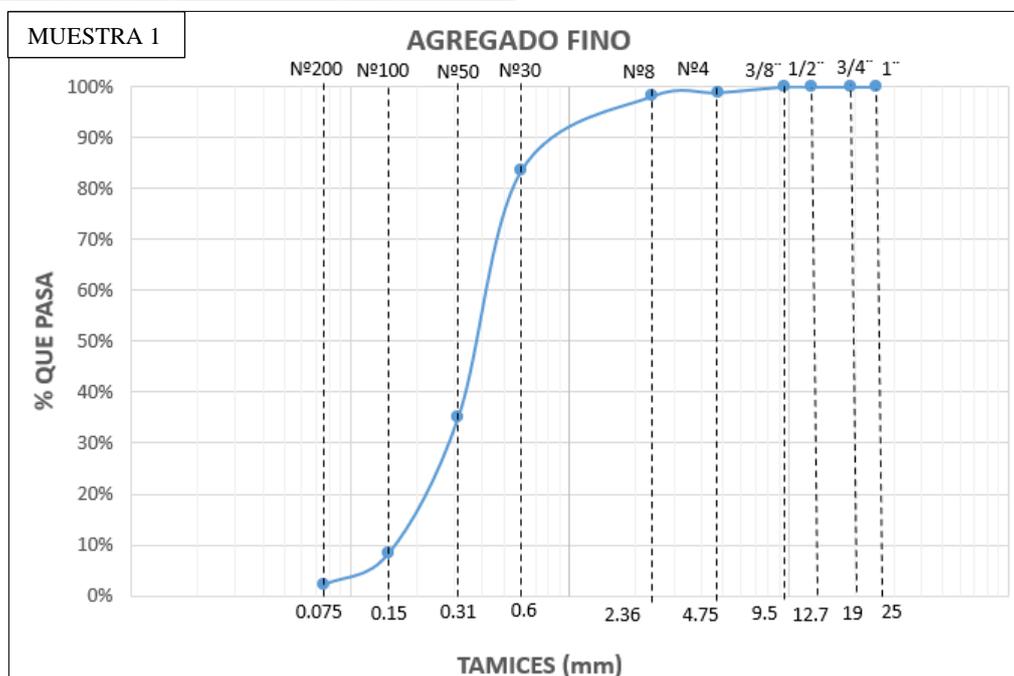
TIPO DE TRAFICO	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9

8.3.Anexo C: Cálculos granulométricos agregados 3/4", 3/8", fino

Anexo 3: Granulometría Agregado Fino (Muestra 1)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 320.81 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO		

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/4"	25	0	0%	0%	100%
1/2"	19	0	0%	0%	100%
3/8"	12.7	0	0%	0%	100%
Nº 4	9.5	0	0%	0%	100%
Nº 8	4.75	3.6	1%	1%	99%
Nº 16	2.36	2.31	1%	2%	98%
Nº 30	0.6	46.79	15%	16%	84%
Nº 50	0.31	155.22	48%	65%	35%
Nº 100	0.15	85.31	27%	91%	9%
Nº 200	0.075	20.36	6%	98%	2%
BANDEJA		6.89	2%	100%	0%
Total		320.48			



Anexo 4: Granulometría Agregado Fino (Muestra 2)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Muestra 2: Mina de Guamote

Fecha de Ensayo: 05/10/2020

Norma: NTE INEN 696

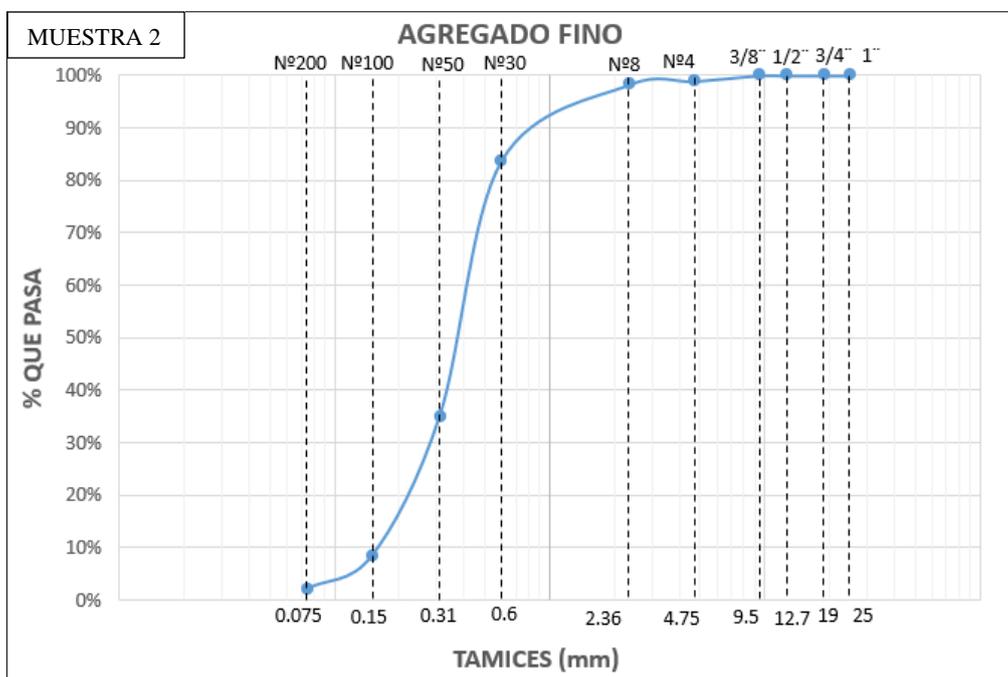
Realizado por: Pilatuña & Rodriguez

Masa Analizada : 319.66 g

Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO

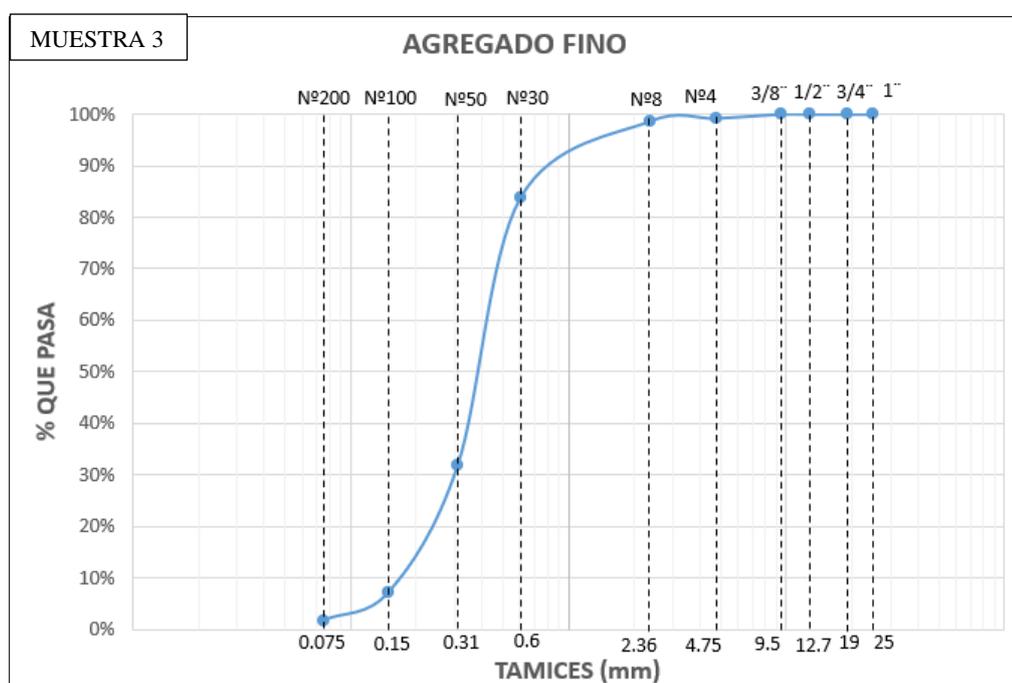
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/4"	25	0	0%	0%	100%
1/2"	19	0	0%	0%	100%
3/8"	12.7	0	0%	0%	100%
Nº 4	9.5	0	0%	0%	100%
Nº 8	4.75	3.36	1%	1%	99%
Nº 16	2.36	2.07	1%	2%	98%
Nº 30	0.6	46.55	15%	16%	84%
Nº 50	0.31	154.98	49%	65%	35%
Nº 100	0.15	85.07	27%	92%	8%
Nº 200	0.075	20.12	6%	98%	2%
BANDEJA		6.62	2%	100%	0%
Total		318.77			



Anexo 5: Granulometría Agregado Fino (Muestra 3)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 320.47 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO		

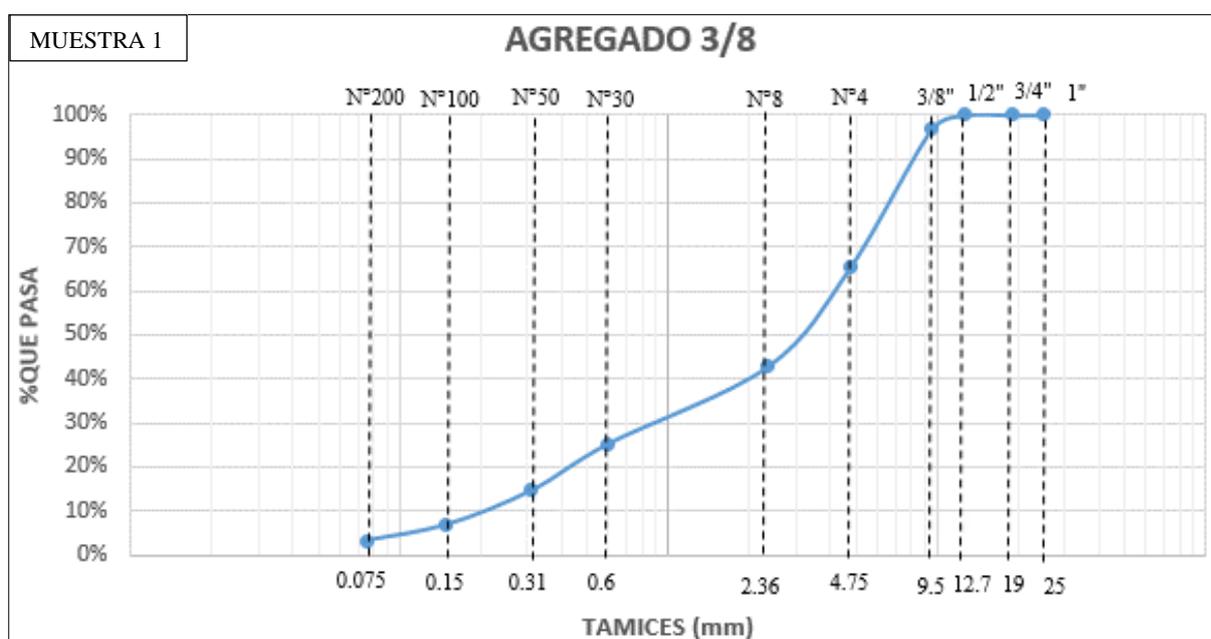
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
3/4"	25	0	0%	0%	100%
1/2"	19	0	0%	0%	100%
3/8"	12.7	0	0%	0%	100%
N° 4	9.5	0	0%	0%	100%
N° 8	4.75	2.51	1%	1%	99%
N° 16	2.36	1.77	1%	1%	99%
N° 30	0.6	47.86	15%	16%	84%
N° 50	0.31	166.27	52%	68%	32%
N° 100	0.15	78.53	25%	93%	7%
N° 200	0.075	17.74	6%	98%	2%
BANDEJA		5.43	2%	100%	0%
Total		320.11			



Anexo 6: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 1044.22 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/8	

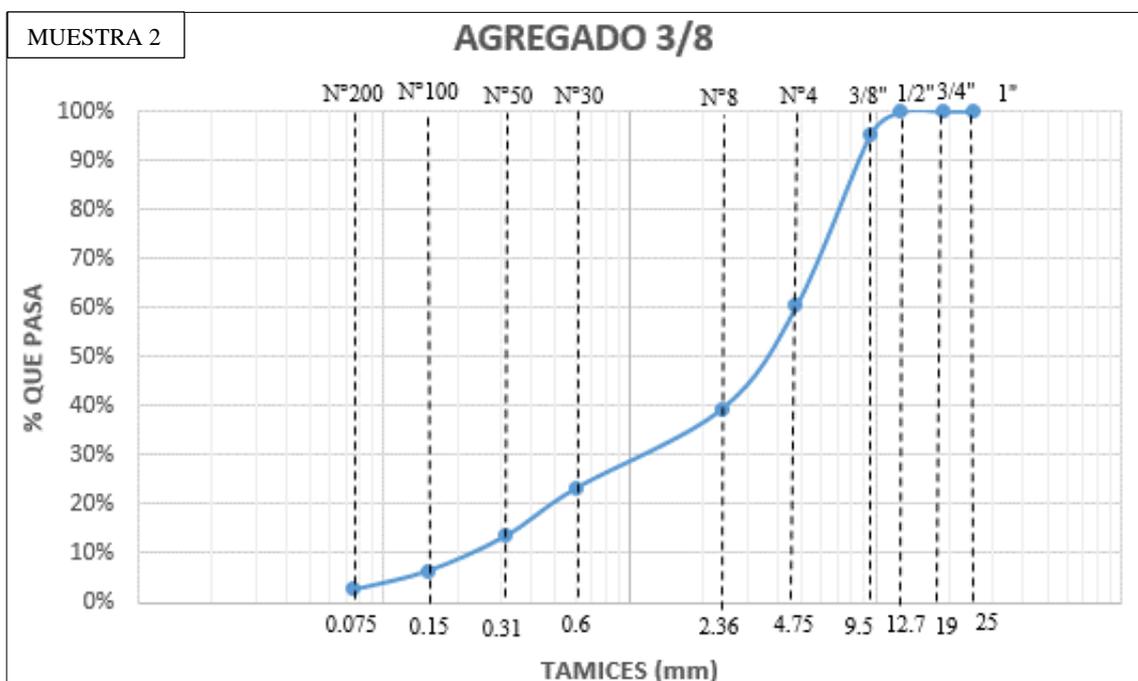
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulad o	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	0	0%	0%	100%
3/8"	9.5	35.12	3%	3%	97%
N° 4	4.75	326.41	31%	35%	65%
N° 8	2.36	233.99	22%	57%	43%
N° 30	0.6	183.32	18%	75%	25%
N° 50	0.31	110.76	11%	85%	15%
N° 100	0.15	80.96	8%	93%	7%
N° 200	0.075	38.18	4%	97%	3%
BANDEJA		34.77	3%	100%	0%
Total		1043.51			



Anexo 7: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 2: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020		
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 1031.76 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/8			

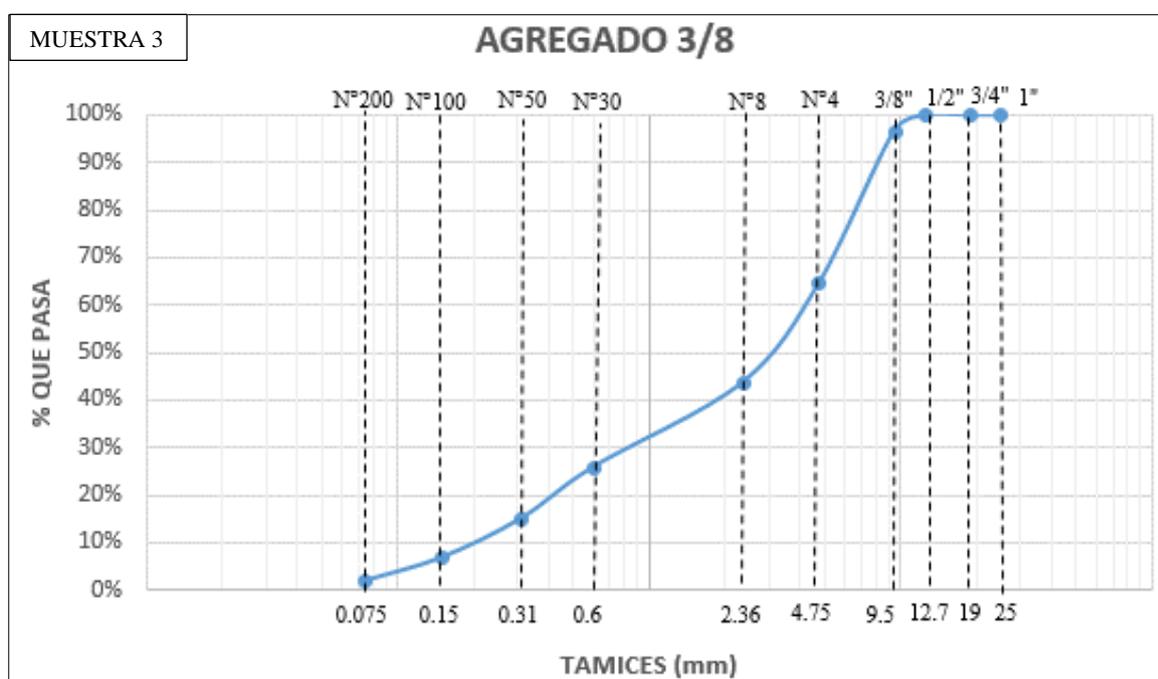
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	0	0%	0%	100%
3/8"	9.5	48.18	5%	5%	95%
N° 4	4.75	359.47	35%	40%	60%
N° 8	2.36	216.28	21%	61%	39%
N° 30	0.6	166.69	16%	77%	23%
N° 50	0.31	100.26	10%	86%	14%
N° 100	0.15	73.28	7%	94%	6%
N° 200	0.075	39.27	4%	97%	3%
BANDEJA		27.2	3%	100%	0%
Total		1030.63			



Anexo 8: Granulometría Agregado 3/8" (Muestra 3)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatúa & Rodríguez	
Masa Analizada : 1043.53 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/8		

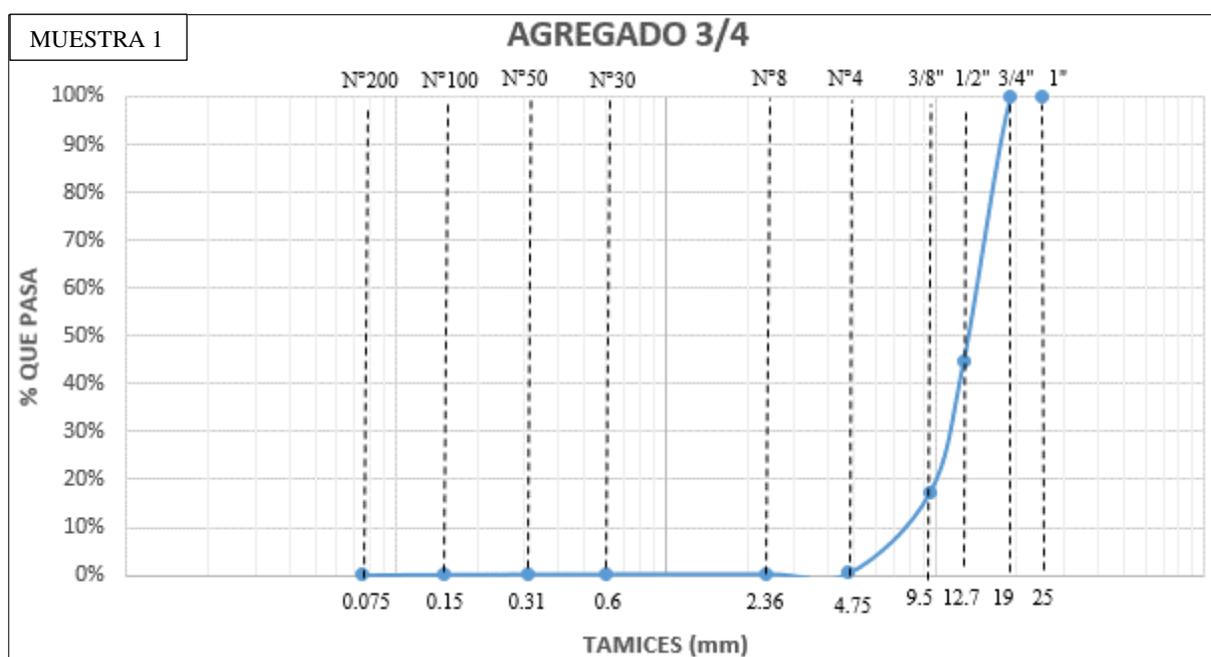
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	0.00	0%	0%	100%
3/8"	9.5	35.86	3%	3%	97%
N° 4	4.75	334.36	32%	36%	64%
N° 8	2.36	217.13	21%	56%	44%
N° 30	0.6	185.71	18%	74%	26%
N° 50	0.31	112.6	11%	85%	15%
N° 100	0.15	85.45	8%	93%	7%
N° 200	0.075	50.45	5%	98%	2%
BANDEJA		21.06	2%	100%	0%
Total		1042.62			



Anexo 9: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 5007.59 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/4	

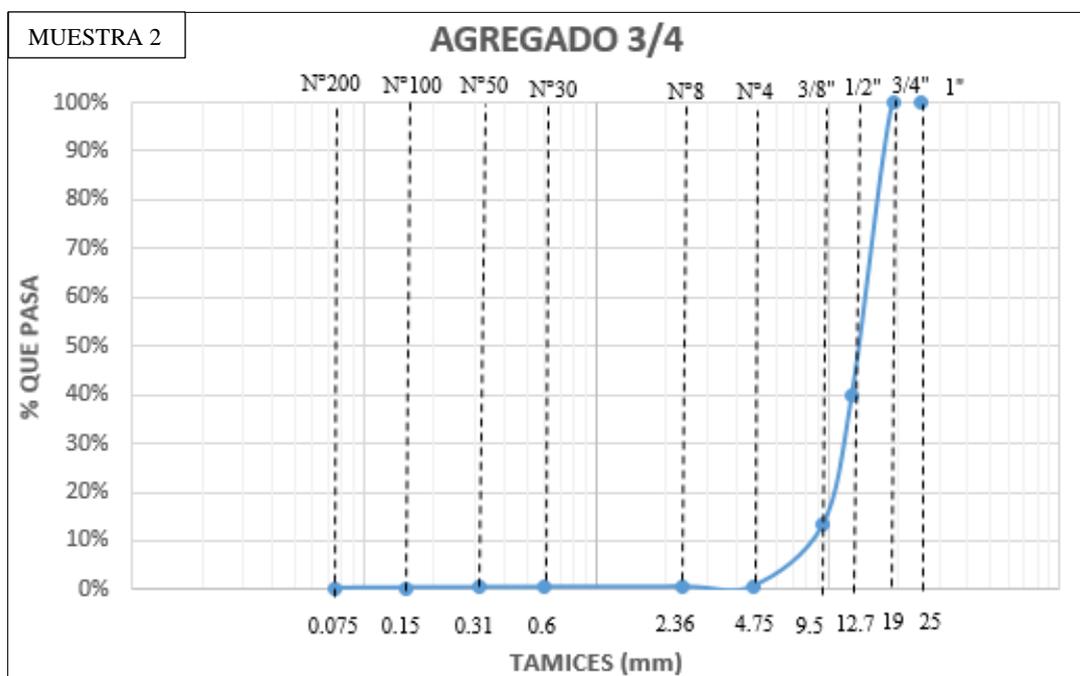
Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	2759.7	55%	55%	45%
3/8"	9.5	1379.3	28%	83%	17%
N° 4	4.75	839.34	17%	99%	1%
N° 8	2.36	5.24	0%	100%	0%
N° 30	0.6	1.81	0%	100%	0%
N° 50	0.31	1.68	0%	100%	0%
N° 100	0.15	2.38	0%	100%	0%
N° 200	0.075	6.37	0%	100%	0%
BANDEJA		9.19	0%	100%	0%
Total		5005.01			



Anexo 10: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 2)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 2: Mina de Guamoto	Fecha de Ensayo: 05/10/2020	
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 5005.32 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/4		

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	3002.18	60%	60%	40%
3/8"	9.5	1339.22	27%	87%	13%
Nº 4	4.75	631.84	13%	99%	1%
Nº 8	2.36	4.96	0%	99%	1%
Nº 30	0.6	3.58	0%	100%	0%
Nº 50	0.31	2.21	0%	100%	0%
Nº 100	0.15	2.52	0%	100%	0%
Nº 200	0.075	3.66	0%	100%	0%
BANDEJA		13.51	0%	100%	0%
Total		5003.68			

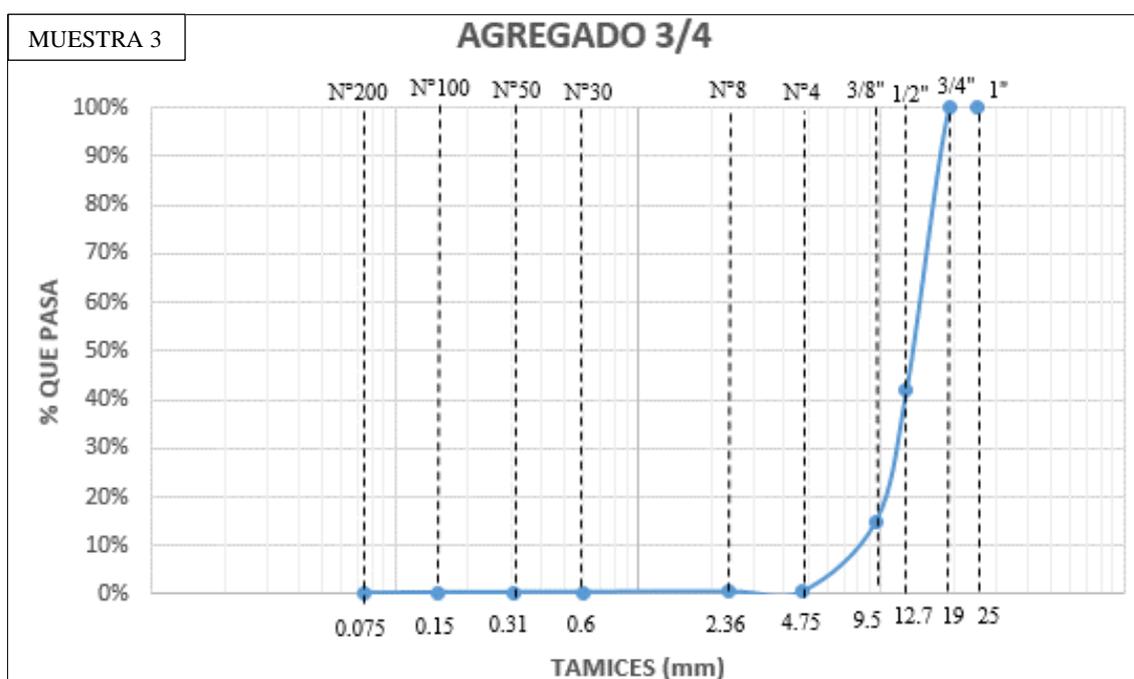


Anexo II: Granulometría Agregado 3/4" (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 05/10/2020
Norma: NTE INEN 696	Realizado por: Pilatuña & Rodríguez
Masa Analizada : 5005.58 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO 3/4

Tamiz	mm	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
1"	25	0	0%	0	100%
3/4"	19	0	0%	0%	100%
1/2"	12.7	2897.54	58%	58%	42%
3/8"	9.5	1355.24	27%	85%	15%
N° 4	4.75	722.35	14%	99%	1%
N° 8	2.36	4.25	0%	100%	0%
N° 30	0.6	2.84	0%	100%	0%
N° 50	0.31	1.98	0%	100%	0%
N° 100	0.15	2.28	0%	100%	0%
N° 200	0.075	5.41	0%	100%	0%
BANDEJA		10.80	0%	100%	0%
Total		5002.69			



8.4.Anexo D: Cálculo de Gravedades agregados 3/4", 3/8", fino

Anexo 12: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 1)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 1: Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 856				Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 500 g				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO					
Muestra 1		Peso en (g)			
(a')	Masa recipiente	143.39 g			
(a)	Masa picnometro vacío	153.15 g			
(b)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	500.03 g			
(c)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) + Agua	846.51 g			
(B)	Masa picnometro vacío calibrado	649.83 g			
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	554.87 g			
Ensayo 1		Peso en (g)			
(A) = e - a'	Masa Muestra Seca	411.48 g			
(S) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	346.88 g			
Resultados					
Gravedad específica Bulk (Sh)	$A/(B+S-C)$	2.740 g/cm ³			
Gravedad específica (Sss)	$S/(B+S-C)$	2.309 g/cm ³			
Gravedad específica aparente	$A/(B+A-C)$	1.916 g/cm ³			
Porcentaje de Absorción	$((B-A)/A)*100$	11.714 %			

Anexo 13: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 2)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 2: Mina de Guamote				Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 856				Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 500 g				Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO					
Muestra 2		Peso en (g)			
(a')	Masa recipiente	129.85 g			
(a)	Masa picnometro vacío	171.99 g			
(b)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	500.05 g			
(c)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) + Agua	855.31 g			
(B)	Masa picnometro vacío calibrado	669.16 g			
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	372.3 g			
Ensayo 2		Peso en (g)			
(A) = e - a'	Masa Muestra Seca	242.45 g			
(S) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	328.06 g			
Resultados					
Gravedad específica Bulk (Sh)	$A/(B+S-C)$	1.708 g/cm ³			
Gravedad específica (Sss)	$S/(B+S-C)$	2.312 g/cm ³			
Gravedad específica aparente	$A/(B+A-C)$	4.306 g/cm ³			
Porcentaje de Absorción	$((B-A)/A)*100$	11.730 %			

Anexo 14: Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino (Muestra 3)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA		
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020		
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 500 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO				
Muestra 3		Peso en (g)		
(a')	Masa recipiente	143.3 g		
(a)	Masa picnometro vacío	153.11 g		
(b)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	500.13 g		
(c)	Masa picnometro vacío + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) + Agua	846.62 g		
(B)	Masa picnometro vacío calibrado	649.94 g		
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	590.33 g		
Ensayo 3		Peso en (g)		
(A) = e - a'	Masa Muestra Seca	447.03 g		
(S) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	347.02 g		
Resultados				
Gravedad específica Bulk (Sh)	$A/(B+S-C)$	2.973 g/cm ³		
Gravedad específica (Sss)	$S/(B+S-C)$	2.308 g/cm ³		
Gravedad específica aparente	$A/(B+A-C)$	1.786 g/cm ³		
Porcentaje de Absorción	$((B-A)/A)*100$	11.702 %		

Anexo 15: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 1)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA		
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020		
Norma: NTE INEN 857		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 2000 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/8				
Muestra 1		Peso en (g)		
(a)	Masa recipiente	157.25 g		
(b)	Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2157.3 g		
(c)	Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g		
(d)	Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	2400.62 g		
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	2095.8 g		
Ensayo 1		Peso en (g)		
(A) = a - e	Masa Muestra Seca	1938.55 g		
(B) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2000.05 g		
(C) = d - c	Masa de la muestra Sumergida	1208.27 g		
Resultados				
Gravedad específica Bulk (Sh)	$A/(B-C)$	2.448 g/cm ³		
Gravedad específica (Sss)	$B/(B-C)$	2.526 g/cm ³		
Gravedad específica aparente	$A/(A-C)$	2.655 g/cm ³		
Porcentaje de Absorción	$((B-A)/A)*100$	3.172 %		

Anexo 16: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 2)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 857		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 2000 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/8			
Muestra 2		Peso en (g)	
(a)	Masa recipiente	92.52 g	
(b)	Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2092.58 g	
(c)	Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g	
(d)	Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	2401.31 g	
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	2029.8 g	
Ensayo 2		Peso en (g)	
(A) = a - e	Masa Muestra Seca	1937.28 g	
(B) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2000.06 g	
(C) = d - c	Masa de la muestra Sumergida	1208.96 g	
Resultados			
Gravedad específica Bulk (Sh)	A/(B-C)	2.449 g/cm ³	
Gravedad específica (Sss)	B/(B-C)	2.528 g/cm ³	
Gravedad específica aparente	A/(A-C)	2.660 g/cm ³	
Porcentaje de Absorción	((B-A)/A)*100	3.241 %	

Anexo 17: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/8" (Muestra 3)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 857		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 2000 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/8			
Muestra 3		Peso en (g)	
(a)	Masa recipiente	143.4 g	
(b)	Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2143.4 g	
(c)	Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g	
(d)	Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	2400.97 g	
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	2081.32 g	
Ensayo 3		Peso en (g)	
(A) = a - e	Masa Muestra Seca	1937.92 g	
(B) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	2000.00 g	
(C) = d - c	Masa de la muestra Sumergida	1208.62 g	
Resultados			
Gravedad específica Bulk (Sh)	A/(B-C)	2.449 g/cm ³	
Gravedad específica (Sss)	B/(B-C)	2.527 g/cm ³	
Gravedad específica aparente	A/(A-C)	2.657 g/cm ³	
Porcentaje de Absorción	((B-A)/A)*100	3.203 %	

Anexo 18: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 1)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 857		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3000 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/4			
Muestra 1		Peso en (g)	
(a)	Masa recipiente	131.7 g	
(b)	Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3131.7 g	
(c)	Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g	
(d)	Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	3005.44 g	
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	3044.51 g	
Ensayo 1		Peso en (g)	
(A) = a - e	Masa Muestra Seca	2912.81 g	
(B) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3000.00 g	
(C) = d - c	Masa de la muestra Sumergida	1813.09 g	
Resultados			
Gravedad específica Bulk (Sh)	A/(B-C)	2.454 g/cm ³	
Gravedad específica (Sss)	B/(B-C)	2.528 g/cm ³	
Gravedad específica aparente	A/(A-C)	2.649 g/cm ³	
Porcentaje de Absorción	((B-A)/A)*100	2.993 %	

Anexo 19: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 2)

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 07/10/2020	
Norma: NTE INEN 857		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3000 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/4			
Muestra 2		Peso en (g)	
(a)	Masa recipiente	164.2 g	
(b)	Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3164.2 g	
(c)	Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g	
(d)	Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	3009.74 g	
(e)	Masa de la muestra seca + masa del recipiente	3081.6 g	
Ensayo 2		Peso en (g)	
(A) = a - e	Masa Muestra Seca	2917.4 g	
(B) = b - a	Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3000.00 g	
(C) = d - c	Masa de la muestra Sumergida	1817.39 g	
Resultados			
Gravedad específica Bulk (Sh)	A/(B-C)	2.467 g/cm ³	
Gravedad específica (Sss)	B/(B-C)	2.537 g/cm ³	
Gravedad específica aparente	A/(A-C)	2.652 g/cm ³	
Porcentaje de Absorción	((B-A)/A)*100	2.831 %	

Anexo 20: Gravedad Específica y Absorción Agregado 3/4" (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 07/10/2020
Norma: NTE INEN 857	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Masa Analizada : 3000 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO 3/4	
Muestra 3	Peso en (g)
(a) Masa recipiente	140.69 g
(b) Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3140.9 g
(c) Masa de la canastilla sumergida en agua	1192.35 g
(d) Masa de la canastilla + Masa del recipiente + Masa Saturada con Superficie Seca (Sss) sumergida	3004.96 g
(e) Masa de la muestra seca + masa del recipiente	3049.51 g
Ensayo 3	Peso en (g)
(A) = a - e Masa Muestra Seca	2908.82 g
(B) = b - a Masa Saturada con Superficie Seca (Sss)	3000.21 g
(C) = d - c Masa de la muestra Sumergida	1812.61 g
Resultados	
Gravedad específica Bulk (Sh)	A/(B-C) 2.449 g/cm ³
Gravedad específica (Sss)	B/(B-C) 2.526 g/cm ³
Gravedad específica aparente	A/(A-C) 2.654 g/cm ³
Porcentaje de Absorción	((B-A)/A)*100 3.142 %

8.5.Anexo E: Cálculo de masas unitarias agregado grueso y fino**Anexo 21: Calibración del Molde para el Cálculo de Masa Unitarias del Agregado Fino**

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra : Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 08/10/2020
Norma: NTE INEN 856	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Calibración Molde	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
MASA UNITARIA DEL AGREGADO FINO	
Descripción	Peso Unidad
Masa recipiente	1720 g
Masa placa	2050 g
Temperatura	18.3 °C
Masa recipiente + placa + agua	6550 g
Densidad de agua	0.9986 g/cm ³
Volumen	2783.8431 cm ³

Anexo 22: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3355 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	5075	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	3355	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.205	g/cm ³

Anexo 23: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3345 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	5065	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	3345	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.202	g/cm ³

Anexo 24: Peso Unitario Suelto Agregado Fino (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3305 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	5025	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	3305	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.187	g/cm ³

Anexo 25: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3750 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	5470	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	3750	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.347	g/cm ³

Anexo 26: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3750 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	5470	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	3750	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.347	g/cm ³

Anexo 27: Peso Unitario Compacto Agregado Fino (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 856		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 3745 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO FINO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	1720	g
(b)	Volumen del Recipiente	2783.8431	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	5465	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	3745	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.345	g/cm ³

Anexo 28: Calibración del Molde para el Cálculo de Masa Unitarias del Agregado Grueso

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra : Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 858	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Calibración Molde	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA DEL AGREGADO GRUESO		
Descripción	Peso	Unidad
Masa recipiente	7005	g
Masa placa	2050	g
Temperatura	18.3	°C
Masa recipiente + placa + agua	23850	g
Densidad de agua	0.9986	g/cm ³
Volumen	14815.453	cm ³

Anexo 29: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 08/10/2020		
Norma: NTE INEN 858	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 20005 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	27010	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	20005	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.350	g/cm ³

Anexo 30: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
Muestra 2: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 08/10/2020		
Norma: NTE INEN 858	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 20095 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	27100	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	20095	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.356	g/cm ³

Anexo 31: Peso Unitario Suelto Agregado Grueso (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 858		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 19985 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA SUELTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado suelto	26990	g
(A) = c - a	Masa agregado Suelto	19985	g
(B) = A / b	Peso Unitario Suelto	1.349	g/cm ³

Anexo 32: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 858		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 22030 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	29035	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	22030	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.487	g/cm ³

Anexo 33: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 08/10/2020	
Norma: NTE INEN 858		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 21945 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	28950	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	21945	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.481	g/cm ³

Anexo 34: Peso Unitario Compacto Agregado Grueso (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 08/10/2020		
Norma: NTE INEN 858	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez		
Masa Analizada : 22475 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño		
MASA UNITARIA COMPACTA DEL AGREGADO GRUESO			
Símbolo	Descripción	Peso	Unidad
(a)	Masa recipiente	7005	g
(b)	Volumen del Recipiente	14815.453	cm ³
(c)	Masa recipiente + Agregado Compactado	29480	g
(A) = c - a	Masa agregado Compactado	22475	g
(B) = A / b	Peso Unitario Compactado	1.517	g/cm ³

8.6. Anexo F: Cálculo de contenido de humedad agregado 3/4", 3/8" y fino

Anexo 35: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 859	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 200 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
Muestra 1	Peso en (g)	
(A)	Masa recipiente	31.97 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	211.25 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	193.62 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	179.28 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	161.65 g
(F) = D - E	Masa del Agua	17.63 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	10.91 %

Anexo 36: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 2: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 859	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 200 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
Muestra 2	Peso en (g)	
(A)	Masa recipiente	33.21 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	197.87 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	181.78 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	164.66 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	148.57 g
(F) = D - E	Masa del Agua	16.09 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	10.83 %

Anexo 37: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado Fino (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 3: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 06/10/2020
Norma: NTE INEN 859		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Masa Analizada : 200 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO		
Muestra 3		Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	30.91 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	213.08 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	195.60 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	182.17 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	164.69 g
(F) = D - E	Masa del Agua	17.48 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	10.61 %

Anexo 38: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 1: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 06/10/2020
Norma: NTE INEN 862		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Masa Analizada : 300 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/8		
Muestra 1		Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	30.74 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	264.35 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	259.54 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	233.61 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	228.8 g
(F) = D - E	Masa del Agua	4.81 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	2.102 %

Anexo 39: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 2: Mina de Guamote		Fecha de Ensayo: 06/10/2020
Norma: NTE INEN 862		Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Masa Analizada : 300 g		Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/8		
Muestra 2		Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	36.03 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	345.68 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	339.11 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	309.65 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	303.08 g
(F) = D - E	Masa del Agua	6.57 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	2.168 %

Anexo 40: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/8" (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 862	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 300 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/8		
	Muestra 3	Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	32.89 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	344.94 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	338.28 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	312.05 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	305.39 g
(F) = D - E	Masa del Agua	6.66 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	2.181 %

Anexo 41: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4" (Muestra 1)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 862	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 300 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/4		
	Muestra 1	Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	34.78 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	297.65 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	293.64 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	262.87 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	258.86 g
(F) = D - E	Masa del Agua	4.01 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	1.549 %

Anexo 42: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4" (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 2: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 862	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 300 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/4		
	Muestra 2	Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	29.8 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	282.02 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	278.17 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	252.22 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	248.37 g
(F) = D - E	Masa del Agua	3.85 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	1.550 %

Anexo 43: Porcentaje Contenido de Humedad Agregado 3/4 (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 06/10/2020	
Norma: NTE INEN 862	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 300 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO 3/4		
	Muestra 3	Peso en (g)
(A)	Masa recipiente	31.69 g
(B)	Masa recipiente + Agregado Humedo	288.65 g
(C)	Masa recipiente + Agregado Seco	284.81 g
(D) = B - A	Masa Agregado Humedo	256.96 g
(E) = C - A	Masa Agregado Seco	253.12 g
(F) = D - E	Masa del Agua	3.84 g
(G) = (F/E) * 100	% de Contenido de Humedad	1.517 %

8.7. Anexo G: Cálculo del ensayo de abrasión agregado grueso**Anexo 44: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 1)**

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 1: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 27/10/2020	
Norma: NTE INEN 860	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 5009 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ABRASIÓN AGREGADO GRUESO		
	Muestra 1	Peso en (g)
(a)	Masa recipiente	246 g
(b)	Masa recipiente + Masa inicial Seca	5255 g
(c)	Masa recipiente + Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	4060 g
(d) = b - a	Muestra Inicial Seca	5009 g
(e) = c - a	Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	3814 g
(f) = (d - e) / e	% Desgaste	23.86%

Anexo 45: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 2)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
Muestra 2: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 27/10/2020	
Norma: NTE INEN 860	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez	
Masa Analizada : 5006 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño	
ABRASIÓN AGREGADO GRUESO		
	Muestra 2	Peso en (g)
(a)	Masa recipiente	197 g
(b)	Masa recipiente + Masa inicial Seca	5203 g
(c)	Masa recipiente + Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	3980 g
(d) = b - a	Muestra Inicial Seca	5006 g
(e) = c - a	Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	3783 g
(f) = (d - e) / e	% Desgaste	24.43%

Anexo 46: Abrasión Agregado Grueso (Muestra 3)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 	
Muestra 3: Mina de Guamote	Fecha de Ensayo: 27/10/2020
Norma: NTE INEN 860	Realizado por: Pilatuña & Rodriguez
Masa Analizada : 5006 g	Tutor: Ing. Vladimir Pazmiño
ABRASIÓN AGREGADO GRUESO	
Muestra 3	Peso en (g)
(a) Masa recipiente	273 g
(b) Masa recipiente + Masa inicial Seca	5279 g
(c) Masa recipiente + Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	4004 g
(d) = b - a Masa Inicial Seca	5006 g
(e) = c - a Masa Final Seca (Retenida Tamiz N° 12)	3731 g
(f) = (d - e) / e % Desgaste	25.47%

8.8. Anexo H: Tablas de ensayos del ligante bituminoso dada por la IMPTEK*Anexo 47: Ensayos de Penetración*

Penetración a 25°C, 100g, 5s	Valor
Penetración Muestra 1	72
Penetración Muestra 2	71
Penetración Muestra 3	70
Penetración Muestra 4	76
Penetración Muestra 5	76
Penetración Muestra 6	74
Promedio=	73

2.1. Anexo I: Resultados de ensayos realizados al agregado*Anexo 48: Especificaciones del Agregado para Mezcla Asfáltica*

Ensayos	Agregado	Especificación MOP-001-F- 2002	Verificación
Granulometría	3/4", 3/8", fino	3/4"	CUMPLE
Abrasión	3/4"	40 máx.	CUMPLE
% Caras Fracturadas	3/4" a 1/2" 1/2" a 3/8"	80%	CUMPLE
Resistencia a los Sulfatos	Grueso Fino	12% máx.	NO CUMPLE
% Partículas Largas	3/4" a 1/2" 1/2" a 3/8"	10% máx.	CUMPLE
% Partículas Planas	3/4" a 1/2" 1/2" a 3/8"	10% máx.	CUMPLE

2.2. Anexo J: Cálculo de briquetas de mezcla convencional

Anexo 49: Mezclas Asfáltica Convencional al 4.5% de Ligante

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																										
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																										
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO								FECHA: 25/11/2020																		
PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE								UBICACIÓN: RIOBAMBA																		
TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO																										
AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON																										
DATOS DEL ENSAYO																										
A	B	C	D	E	F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X					
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	% ASFALTO	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Pa (%)	Va (cm³)	VAM (%)					
	MUESTRA	ENSAYO						SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)										
1	19/11/2020	20/11/2020	1A	4.5	7.018	10.246	578.645	1189.720	1194.280	642.070	2.154	2664.100	0.830	2211.203	0.152	15.200	2.387	83.871	9.732	6.397	16.129					
4	19/11/2020	20/11/2020	4A	4.5	6.952	10.237	572.196	1184.890	1190.490	637.660	2.143	2145.400	0.860	1845.044	0.188	18.800	2.387	83.437	10.199	6.364	16.563					
5	19/11/2020	20/11/2020	5A	4.5	6.984	10.188	569.340	1193.450	1197.250	653.070	2.193	2069.900	0.860	1780.114	0.152	15.200	2.387	85.375	8.113	6.512	14.625					
											σ GE BULK	0.026	σ ESTABILIDAD		232.424	σ FLUJO		2.078	σ Pa		1.095	σ VAM		1.017		
											GE BULK _m	2.164	ESTABILIDA _m		1945.454	FLUJO _m		16.400	Pa _m		9.348	VAM _m		15.773		
													ESTABILIDAD _{FT}		2750	FLUJO _{FT}		16.8								
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO							18 °C																			
RESULTADO FINAL																										
											% Asfalto:		4.5		%											
											Densidad Bulk:		2.164		g/cm³											
											Estabilidad		1945.454		lb											
											Flujo:		16.400		1/100 p/g											
											VAM:		15.77		%											
											Va:		9.348		%											

Anexo 50: Mezclas Asfáltica Convencional al 5% de Ligante

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																							
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																							
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON											FECHA: 25/11/2020												
											UBICACIÓN: RIOBAMBA												
DATOS DEL ENSAYO																							
A	B	C	D	E	F	G	H = ((π*G²)/4)*F	I	J	K	L = 1/(J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X		
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	% ASFALTO	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Pa (%)	Va (cm³)	VAM (%)		
	MUESTRA	ENSAYO						SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)							
1	20/11/2020	21/11/2020	1B	5	6.924	10.258	572.232	1189.000	1193.880	650.540	2.188	3178.800	0.860	2733.768	0.149	14.900	2.382	84.742	8.127	7.130	15.258		
3	20/11/2020	21/11/2020	3B	5	6.928	10.252	571.893	1195.540	1200.430	655.960	2.196	3181.100	0.860	2735.746	0.183	18.300	2.382	85.032	7.814	7.155	14.968		
4	20/11/2020	21/11/2020	4B	5	7.071	10.197	577.452	1190.220	1196.150	651.490	2.185	3123.300	0.830	2592.339	0.110	11.000	2.382	84.624	8.256	7.120	15.376		
											σ GE BULK	0.005	σ ESTABILIDAD	82.231	σ FLUJO	3.653	σ Pa	0.227	σ VAM	0.210			
											GE BULKm	2.190	ESTABILIDA m	2687.284	FLUJO m	14.733	Pa m	8.066	VAM m	15.201			
													ESTABILIDAD FT	2750	FLUJO FT	16.8							
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO							18 °C																
RESULTADO FINAL																							
											% Asfalto:	5	%										
											Densidad Bulk:	2.190	g/cm³										
											Estabilidad	2687.284	lb										
											Flujo:	14.733	1/100 p/g										
											VAM:	15.20	%										
											Va:	8.066	%										

Anexo 51: Mezclas Asfáltica Convencional al 5.5% de Ligante

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																																
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																																
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO										FECHA:																						
PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE										25/11/2020																						
TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO										UBICACIÓN:																						
AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON										RIOBAMBA																						
DATOS DEL ENSAYO																																
A	B	C	D	E	F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X											
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	% ASFALTO	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Pa (%)	Va (cm³)	VAM (%)											
	MUESTRA	ENSAYO						SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)																
1	21/11/2020	22/11/2020	1C	5.5	6.910	10.234	568.406	1194.810	1199.940	654.750	2.192	3028.100	0.860	2604.166	0.162	16.200	2.377	84.421	7.806	7.773	15.579											
3	21/11/2020	22/11/2020	3C	5.5	6.733	10.256	556.230	1199.820	1204.080	661.410	2.211	3686.300	0.890	3280.807	0.171	17.100	2.377	85.168	6.989	7.842	14.832											
5	21/11/2020	22/11/2020	5C	5.5	6.938	10.271	574.844	1199.870	1208.030	658.230	2.182	3207.100	0.830	2661.893	0.198	19.800	2.377	84.067	8.192	7.741	15.933											
											σ GE BULK	0.015	σ ESTABILIDAD	375.107	σ FLUJO	1.873						σ Pa	0.614	σ VAM	0.562							
											GE BULKm	2.195	ESTABILIDA m	2848.955	FLUJO m	17.700						Pa m	7.662	VAM m	15.448							
													ESTABILIDAD Ft	2750	FLUJO Ft	16.8																
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO							18 °C																									
RESULTADO FINAL																																
											% Asfalto:	5.5	%																			
											Densidad Bulk:	2.195	g/cm³																			
											Estabilidad	2848.955	lb																			
											Flujo:	17.700	1/100 p/g																			
											VAM:	15.45	%																			
											Va:	7.662	%																			

Anexo 52: Mezclas Asfáltica Convencional al 6% de Ligante

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																									
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																									
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON										FECHA: 25/11/2020															
										UBICACIÓN: RIOBAMBA															
DATOS DEL ENSAYO																									
A	B	C	D	E	F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X				
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	% ASFALTO	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Pa (%)	Va (cm³)	VAM (%)				
	MUESTRA	ENSAYO						SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)									
1	22/11/2020	23/11/2020	1D	6	6.664	10.272	552.249	1199.520	1203.490	667.820	2.239	3122.200	0.89	2778.758	0.218	21.800	2.356	85.803	4.948	9.249	14.197				
2	22/11/2020	23/11/2020	2D	6	6.820	10.248	562.539	1199.060	1207.110	664.670	2.210	2734.400	0.860	2351.584	0.194	19.400	2.356	84.700	6.170	9.130	15.300				
5	22/11/2020	23/11/2020	5D	6	6.820	10.226	560.126	1199.480	1203.960	665.070	2.226	3189.700	0.860	2743.142	0.172	17.200	2.356	85.288	5.519	9.193	14.712				
											σ GE BULK	0.014	σ ESTABILIDAD	237.018	σ FLUJO	2.301						σ Pa	0.612	σ VAM	0.552
											GE BULK _m	2.225	ESTABILIDA _m	2624.495	FLUJO _m	19.467						Pa _m	5.546	VAM _m	14.736
													ESTABILIDAD _{FT}	2750	FLUJO _{FT}	16.8									
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO							18 °C																		
RESULTADO FINAL																									
										% Asfalto:	6		%												
										Densidad Bulk:	2.225		g/cm³												
										Estabilidad	2624.495		lb												
										Flujo:	19.467		1/100 p/g												
										VAM:	14.74		%												
										Va:	5.546		%												

Anexo 53: Mezclas Asfáltica Convencional al 6.5% de Ligante

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE

TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO

AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON

FECHA:

25/11/2020

UBICACIÓN:

RIOBAMBA



DATOS DEL ENSAYO

A	B	C	D	E	F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X				
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	% ASFALTO	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Pa (%)	Va (cm³)	VAM (%)				
	MUESTRA	ENSAYO						SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (plg)	1/100 (plg)									
3	23/11/2020	24/11/2020	3E	6.5	6.998	10.135	564.562	1199.140	1204.370	669.890	2.244	3016.800	0.860	2594.448	0.159	15.900	2.335	85.510	3.928	10.562	14.490				
4	23/11/2020	24/11/2020	4E	6.5	6.721	10.288	558.709	1199.660	1203.860	669.020	2.243	2902.200	0.890	2582.958	0.147	14.700	2.335	85.489	3.951	10.559	14.511				
5	23/11/2020	24/11/2020	5E	6.5	6.646	10.251	548.508	1198.470	1202.230	668.920	2.247	2445.700	0.890	2176.673	0.197	19.700	2.335	85.650	3.771	10.579	14.350				
											Ø GE BULK	0.002	Ø ESTABILIDAD	237.955	Ø FLUJO	2.610						σ Pa	0.098	σ VAM	0.087
											GE BULK _m	2.245	ESTABILIDA _m	2451.360	FLUJO _m	16.767						Pa _m	3.884	VAM _m	14.450
													ESTABILIDAD _{FT}	2750	FLUJO _{FT}	16.8									
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO							18 °C																		

RESULTADO FINAL

% Asfalto: 6.5 %
 Densidad Bulk: 2.245 g/cm³
 Estabilidad 2451.360 lb
 Flujo: 16.767 1/100 plg
 VAM: 14.45 %
 Va: 3.884 %

2.3. Anexo K: Cálculo de briquetas de mezcla modificada

Anexo 54: Mezclas Asfáltica Modificada con 5% de Plástico Reciclado PET

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																													
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																													
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON	FECHA: 14/12/2020 UBICACIÓN: RIOBAMBA																												
DATOS DEL ENSAYO																													
A	B	C	D	E		F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X							
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	ASFALTO 95%	PET 5%	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Va (%)	V (cm³)	VAM (%)							
	MUESTRA	ENSAYO							SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)												
2	05/12/2020	06/12/2020	A2	6.15	0.32	7.358	10.211	602.540	1247.350	1250.010	663.640	2.127	4440.600	0.780	3463.668	0.137	13.700	2.238	81.380	4.960	13.660	18.620							
3	05/12/2020	06/12/2020	A3	6.15	0.32	7.348	10.186	598.779	1237.570	1240.860	667.950	2.160	3906.500	0.780	3047.070	0.145	14.500	2.238	82.639	3.490	13.871	17.361							
4	05/12/2020	06/12/2020	A4	6.15	0.32	7.148	10.186	582.481	1238.170	1241.020	662.210	2.139	4263.700	0.830	3538.871	0.141	14.100	2.238	81.836	4.428	13.736	18.164							
												σ GE BULK	0.017	σ ESTABILIDAD	264.914	σ FLUJO	0.400			σ Va	0.744	σ VAM	0.637						
												GE BULKm	2.142	ESTABILIDA m	3349.870	FLUJO m	14.100			Va m	4.293	VAM m	18.048						
														ESTABILIDAD FT	2750	FLUJO FT	16.8												
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO								18 °C																					
RESULTADO FINAL																													
												% Asfalto:	6.15	%															
												Densidad Bulk:	2.142	g/cm³															
												Estabilidad	3349.870	lb															
												Flujo:	14.100	1/100 p/g															
												VAM:	18.05	%															
												Va:	4.293	%															

Anexo 55: Mezclas Asfáltica Modificada con 10% de Plástico Reciclado PET

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE

TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO

AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON

FECHA:

14/12/2020

UBICACIÓN:

RIOBAMBA



DATOS DEL ENSAYO

A	B	C	D	E		F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X	
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	ASFALTO 90%	PET 10%	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Va (%)	V (cm³)	VAM (%)	
	MUESTRA	ENSAYO							SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (plg)	1/100 (plg)						
2	06/12/2020	07/12/2020	B2	5.82	0.65	7.233	10.241	595.790	1234.510	1238.830	663.460	2.146	4273.900	0.810	3461.859	0.136	13.600	2.255	82.371	4.851	12.779	17.629	
4	06/12/2020	07/12/2020	B4	5.82	0.65	7.442	10.229	611.570	1227.990	1234.560	655.130	2.119	3650.200	0.760	2774.152	0.117	11.700	2.255	81.362	6.016	12.622	18.638	
5	06/12/2020	07/12/2020	B5	5.82	0.65	7.257	10.184	591.131	1221.140	1223.770	652.620	2.138	3939.400	0.810	3190.914	0.136	13.600	2.255	82.081	5.186	12.734	17.919	
												σ GE BULK	0.014	σ ESTABILIDAD	346.420	σ FLUJO	1.097			σ Va	0.600	σ VAM	0.520
												GE BULKm	2.134	ESTABILIDA m	3142.308	FLUJO m	12.967			Va m	5.351	VAM m	18.062
														ESTABILIDAD FT	2750	FLUJO FT	16.8						
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO								18 °C															

RESULTADO FINAL

% Asfalto: 5.82 %
 Densidad Bulk: 2.134 g/cm³
 Estabilidad 3142.308 lb
 Flujo: 12.967 1/100 plg
 VAM: 18.06 %
 Va: 5.351 %

Anexo 56: Mezclas Asfáltica Modificada con 15% de Plástico Reciclado PET

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO	FECHA:	14/12/2020		
PROYECTO:	INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE	UBICACIÓN:	RIOBAMBA		
TUTOR:	ING. VLADIMIR PAZMIÑO				
AUTORES:	PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON				

DATOS DEL ENSAYO

A	B	C	D	E		F	G	H = ((π*G²)/4)*F	I	J	K	L = 1/(J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X	
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	ASFALTO 85%	PET 15%	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Va (%)	V (cm³)	VAM (%)	
	MUESTRA	ENSAYO							SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (plg)	1/100 (plg)						
3	07/12/2020	08/12/2020	C3	5.50	0.97	7.311	10.249	603.156	1249.980	1252.140	658.980	2.107	4696.200	0.780	3663.036	0.135	13.500	2.274	81.176	7.311	11.512	18.824	
4	07/12/2020	08/12/2020	C4	5.50	0.97	7.329	10.233	602.755	1238.390	1242.420	663.870	2.141	3820.000	0.780	2979.600	0.127	12.700	2.274	82.455	5.852	11.694	17.545	
5	07/12/2020	08/12/2020	C5	5.50	0.97	7.350	10.267	608.505	1230.910	1234.030	664.860	2.163	4120.800	0.780	3214.224	0.146	14.600	2.274	83.307	4.878	11.815	16.693	
												σ GE BULK	0.028	σ ESTABILIDAD	347.267	σ FLUJO	0.954			σ Va	1.225	σ VAM	1.072
												GE BULKm	2.137	ESTABILIDA m	3285.620	FLUJO m	13.600			Va m	6.014	VAM m	17.687
														ESTABILIDAD FT	2750	FLUJO FT	16.8						
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO								18 °C															

RESULTADO FINAL

% Asfalto:	5.50	%
Densidad Bulk:	2.137	g/cm³
Estabilidad	3285.620	lb
Flujo:	13.600	1/100 plg
VAM:	17.69	%
Va:	6.014	%

Anexo 57: Mezclas Asfáltica Modificada con 20% de Plástico Reciclado PET

RESISTENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EMPLEANDO EL EQUIPO MARSHALL																																
INFORMACIÓN DEL PROYECTO																																
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO PROYECTO: INCORPORACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO MEDIANTE VÍA HÚMEDA EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE UTILIZANDO AGREGADOS PÉTREOS DEL CANTÓN GUAMOTE TUTOR: ING. VLADIMIR PAZMIÑO AUTORES: PILATUÑA DIEGO & RODRIGUEZ JEFFERSON										FECHA: 14/12/2020																						
										UBICACIÓN: RIOBAMBA																						
DATOS DEL ENSAYO																																
A	B	C	D	E		F	G	H = ((π*G²) / 4)*F	I	J	K	L = I / (J-K)	M	N	O = M * N	Q	R = Q * 100	T	U	V	W	X										
ÍTEM	FECHA		CÓDIGO	ASFALTO 80%	PET 20%	h (cm)	d (cm)	VOLUMEN (cm³)	PESO BRIQUETA			GE BULK (g/cm³)	ESTABILIDAD			FLUJO		Rice (g/cm³)	% Vagr (%)	Va (%)	V (cm³)	VAM (%)										
	MUESTRA	ENSAYO							SECO (g)	SSS (g)	AGUA (g)		LECTURA (lb)	FC	CORREGIDO (lb)	LECTURA (p/g)	1/100 (p/g)															
2	08/12/2020	09/12/2020	D2	5.18	1.29	7.366	10.113	591.673	1171.810	1169.540	614.520	2.111	3601.000	0.810	2916.810	0.177	17.700	2.297	81.605	8.095	10.301	18.395										
3	08/12/2020	09/12/2020	D3	5.18	1.29	7.219	10.278	598.941	1154.580	1156.470	612.440	2.122	3710.000	0.780	2893.800	0.190	19.000	2.297	82.029	7.617	10.354	17.971										
4	08/12/2020	09/12/2020	D4	5.18	1.29	7.449	10.041	589.850	1113.370	1117.550	591.200	2.115	3858.500	0.810	3125.385	0.167	16.700	2.297	81.758	7.922	10.320	18.242										
												σ GE BULK	0.006	σ ESTABILIDAD	127.583	σ FLUJO	1.153						σ Va	0.242	σ VAM	0.215						
												GE BULK _m	2.116	ESTABILIDA _m	2978.665	FLUJO _m	17.800						Va _m	7.878	VAM _m	18.203						
														ESTABILIDAD _{FT}	2750	FLUJO _{FT}	16.8															
TEMPERATURA DE MEDIO AMBIENTE DEL ENSAYO								18 °C																								
RESULTADO FINAL																																
												% Asfalto:	5.18	%																		
												Densidad Bulk:	2.116	g/cm³																		
												Estabilidad	2978.665	lb																		
												Flujo:	17.800	1/100 p/g																		
												VAM:	18.20	%																		
												Va:	7.878	%																		