

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL POLVO DE LADRILLO
COMO REEMPLAZO DEL FILLER EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE MEZCLA ASFÁLTICAS**

Por:

INES CUEVAS SORUCO

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE I-2019

TARIJA-BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL POLVO DE LADRILLO
COMO REEMPLAZO DEL FILLER EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE MEZCLA ASFÁLTICAS

Por:

INES CUEVAS SORUCO

Proyecto de grado presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

TARIJA-BOLIVIA

.....
M. Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez

**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL

.....
Ing. Marcelo Segovia Cortez

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco

.....
Ing. Weimar Adolfo Mejía Mogrovejo

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor

DEDICATORIA:

A Dios, a mis padres, Javier Cuevas Aguilar y Angélica Soruco Poita quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hermano Rodrigo Cuevas Soruco por su cariño y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO:

A Dios, a mis padres, y amigos.

PENSAMIENTO:

"Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber"

Albert Einstein.

CAPÍTULO I
DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 SITUACIÓN PROBLÉMICA	4
1.3.1 Determinación del Problema.....	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	4
1.5 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	5
1.5.1 Hipótesis.....	5
1.5.2 Identificación de las Variables	5
1.5.3 Conceptualización y Operacionalización	6
1.6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	7
1.6.1 Unidad de Estudio, Población y Muestra.....	7
1.6.2 Tamaño de Muestra.....	7
1.7 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	9

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO

	Página
2.1 DEFINICIÓN DE MEZCLA ASFALTICA.....	11
2.2 DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS.....	11
2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS	12
2.4 CARACTERÍSTICAS Y COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA	13
2.5 MÉTODO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS	14
2.5.1 Consideraciones Generales	14
2.6 PROPIEDADES MÉTODO MARSHALL	15
2.6.1 Fluencia.....	16

2.6.2	Estabilidad.....	16
2.6.3	Porcentaje de Vacíos de la Mezcla.....	16
2.6.4	Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral (V.A.M).....	16
2.6.5	Densidad.....	16
2.7	AGREGADO MINERAL.....	17
2.7.1	Características del Filler.....	17
2.7.2	Procedencia del Polvo Mineral	18
2.7.3	Efecto del Agregado Mineral	18
2.8	POLVO DE LADRILLO COMO FILLER	20
2.8.1	Tipos de Ladrillo.....	20
2.9	POLVO DE LADRILLO GAMBOTE	21
2.9.1	Ventajas y Desventajas del uso del Polvo de Ladrillo Gambote como Filler en las Propiedades Mecánicas de Mezclas Asfálticas	21
2.10	MARCO REFERENCIAL.....	22
2.11	MARCO NORMATIVO	23
2.12	ANÁLISIS Y TENDENCIA DEL INVESTIGADOR	25

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página	
3.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN, USO Y APLICACIÓN	26
3.1.1	Criterios de Selección de Agregados Pétreos.....	26
3.1.2	Criterios de Selección de Filler.....	26
3.1.3	Criterios de la Variación de Porcentaje del Filler	26
3.1.4	Criterios de Selección del Asfalto.....	28
3.2	CRITERIOS DEL NÚMERO DE ENSAYOS	28
3.2.1	Criterio del Número de Ensayos para el Agregado Pétreo	28
3.2.2	Criterio del Número de Ensayos para el Cemento Asfáltico	29
3.3	FILLER POLVO DE LADRILLO GAMBOTE.....	30

3.3.1	Aplicabilidad del Reemplazo del Filler dentro de la Elaboración de Mezclas Asfálticas.....	30
3.3.2	Otros Usos del Material	30
3.3.3	Proceso de Obtención del Material	30
3.3.4	Caracterización del Preparado del Filler	31
3.4	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	31
3.4.1	Ubicación de la Fuente de los Materiales a Utilizarse	31
3.4.2	Ensayo de Granulometría AASHTO T-27 (ASTM C-136)	32
3.4.3	Ensayo de desgaste mediante la máquina de los Ángeles AASHTO T-96 (ASTM C-131).....	37
3.4.4	Ensayo de Peso Específico y Absorción de Agua en Agregados Gruesos AASHTO T-85 (ASTM C-127).....	40
3.4.5	Ensayo de Peso Específico y Absorción de Agua en Agregados Finos AASHTO T-84 (ASTM C-128)	43
3.4.6	Ensayo de peso unitario agregados AASHTO T-19 (ASTM C-29)	45
3.4.7	Ensayo de Equivalente de Arena AASHTO T-176 (ASTM D-2419)...	48
3.4.8	Ensayo de Porcentaje de Caras Fracturadas (ASTM D-5821).....	50
3.4.9	Ensayo de Determinación de Partículas Largas y Achatadas (ASTM D-4791).....	51
3.4.10	Ensayo de Determinación de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad AASHTO T-89 Y T-90 (ASTM D-4318).....	53
3.4.11	Ensayo de Peso Específico y Absorción del Filler Natural AASHTO T-100 (ASTM D-854).....	53
3.4.12	Ensayo de Peso Específico y Absorción del Filler Polvo de Ladrillo Gambote AASHTO T-100 (ASTM D-854)	55
3.4.13	Análisis Granulométrico por Medio del Hidrómetro ASTM D-422.....	57
3.4.14	Cemento Asfáltico.....	59
3.4.15	Ensayo de Penetración AASHTO T-49 (ASTM D-5)	59
3.4.16	Ensayo Punto de Inflamación AASHTO T-48 (ASTM D-92).....	60
3.4.17	Ensayo Peso Específico del Asfalto AASHTO T-43 (ASTM D-70)....	61

3.4.18	Ensayo Punto de Ablandamiento AASHTO T-53 (ASTM D-36)	62
3.4.19	Ensayo Ductilidad AASHTO T-51 (ASTM D-113)	63

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS

	Página
4.1	RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN..... 65
4.1.1	Agregados Pétreos..... 65
4.1.2	Cemento Asfáltico..... 65
4.2	COMBINACIÓN DE AGREGADOS..... 66
4.3	CRITERIO DEL NÚMERO DE BRIQUETAS 68
4.4	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL 85-100 69
4.4.1	Diseño de la Mezcla Asfáltica por el Método Marshall (ASTM D-159)..... 69
4.5	DESARROLLO DE LA ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS 70
4.6	DESARROLLO DEL ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA..... 73
4.7	PROCESO DE CÁLCULO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL 85-100 74
4.7.1	Identificación de Briquetas. 75
4.7.2	Altura de las Briquetas..... 75
4.7.3	Base de Mezcla y Agregado..... 75
4.7.4	Peso de la Briqueta en el Aire. 76
4.7.5	Peso de la Briqueta en el Aire Saturado Superficialmente Seco (S.S.S.)..... 76
4.7.6	Peso de la Briqueta Sumergida en el Agua. 76
4.7.7	Volumen de la Briqueta. 77
4.7.8	Densidad de la Briqueta. 77
4.7.9	Porcentaje de Vacíos. 77
4.7.10	Estabilidad y Fluencia. 78

4.8	RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL 85-100	79
4.9	PREPARACIÓN DE BRIQUETAS CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO.....	84
4.10	PREPARACIÓN DE BRIQUETAS CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO VARIANDO EL PORCENTAJE DE FILLER NATURAL POR EL POLVO DE LADRILLO GAMBOTE.....	85
4.11	ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS CON LOS PORCENTAJES DE LOS FILLER	86
4.12	PREPARACIÓN DE BRIQUETAS CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO DEL FILLER POLVO DE LADRILLO GAMBOTE Y CEMENTO ASFÁLTICO.....	92
4.13	PROCESO DE CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS CON LOS PORCENTAJES ÓPTIMOS DEL REEMPLAZO DEL FILLER.....	93
4.14	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	96
4.14.1	Briquetas con el Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote ...	96
4.15	ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS.....	97
4.15.1	Densidad vs. Porcentaje de Reemplazo Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	98
4.15.2	Porcentaje de Vacíos de la Mezcla vs. Porcentaje de Reemplazo Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	99
4.15.3	Porcentaje de Vacíos de Agregado Mineral vs. Porcentaje de Reemplazo Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	100
4.15.4	Estabilidad vs. Porcentaje de Reemplazo Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	101
4.15.5	Fluencia vs. Porcentaje de Reemplazo Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	102
4.16	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MEZCLAS ASFALTICAS CON EL CONTENIDO ÓPTIMO DEL	

FILLER NATURAL Y POLVO DE LADRILLO GAMBOTE A	
PARTIR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	103
4.16.1 Densidad vs. Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	104
4.16.2 Porcentaje de Vacíos de la Mezcla vs. Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	105
4.16.3 Porcentaje de Vacíos de Agregado Mineral V.A.M vs. Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	106
4.16.4 Estabilidad vs. Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote....	107
4.16.5 Fluencia vs. Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote	108
4.17 ANÁLISIS DE RESULTADOS	109
4.17.1 Relación y Resumen de Resultados	109
4.18 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.....	112
4.19 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE MEZCLAS ASFALTICAS.....	114

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENSACIONES

	Página
5.1 CONCLUSIONES	120
5.2 RECOMENDACIONES.....	121

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

ANEXO 1. Caracterización de los áridos.

ANEXO 2. Caracterización del cemento asfáltico.

ANEXO 3. Diseño de mezclas asfálticas.

ANEXO 4. Cómputos métricos y precios unitarios.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1.1: Operacionalizacion de las Variable Independientes.....	6
Tabla N° 1.2: Operacionalizacion de las Variable Dependientes	6
Tabla N° 1.3: Datos Nivel Confianza 95%	7
Tabla N° 1.4: Planilla de Muestreo.....	8
Tabla N° 2.1: Causas y Efectos de Poca Durabilidad.	13
Tabla N° 2.2: Causas y Efectos de Problemas en la Trabajabilidad.	13
Tabla N° 2.3: Normas Aplicadas para el Cemento Asfaltico.	23
Tabla N° 2.4: Norma Aplicadas para los Agravados	24
Tabla N° 2.5: Criterios de Diseño Marshall para Superficies y Bases	24
Tabla N° 3.1: Número de Ensayos de los Agregados Petreos.	29
Tabla N° 3.2: Número de Ensayos del Cemento Asfaltico.....	29
Tabla N° 3.3: Coordenadas de la ubicación del agregados petreos.	31
Tabla N° 3.4: Coordenadas de la Ubicación del Cemento Asfaltico	32
Tabla N° 3.5: Datos de las Granulometrías de la Grava ¾”	33
Tabla N° 3.6: Datos de las Granulometrías de la Gravilla 3/8”	34
Tabla N° 3.7: Datos de las Granulometrías de la Arena	34
Tabla N° 3.8: Planilla de Resultados de las Granulometras Promedio.....	35
Tabla N° 3.9: Datos del Ensayo de Desgaste para la Grava ¾”	38
Tabla N° 3.10: Datos del Ensayo de Desgaste para la Gravilla 3/8”	39
Tabla N° 3.11: Datos del Ensayo de Peso Especifico Grava ¾”	41
Tabla N° 3.12: Resultados del Ensayo de Peso Especifico Grava ¾”	42
Tabla N° 3.13: Datos del Ensayo de Peso Especifico Gravilla 3/8”	42

Tabla N° 3.14: Resultados del Ensayo de Peso Especifico Gravilla 3/8”	43
Tabla N° 3.15: Datos del Ensayo de Peso Especifico para el Agregado Fino	43
Tabla N° 3.16: Resultados del Ensayo de Peso Especifico para el Agregado Fino.....	44
Tabla N° 3.17: Datos del Ensayo de Peso Unitario Grava ¾” Peso Suelto	45
Tabla N° 3.18: Datos del Ensayo de Peso Unitario Grava ¾” Peso Compactado.	46
Tabla N° 3.19: Resultados del Ensayo de Peso Unitario Grava ¾”	46
Tabla N° 3.20: Datos del Ensayo de Peso Unitario Gravilla 3/8” Peso Suelto.....	46
Tabla N° 3.21: Datos del Ensayo de Peso Unitario Gravilla 3/8” Peso Compactado.....	47
Tabla N° 3.22: Resultados del Ensayo de Peso Unitario Gravilla 3/8”	47
Tabla N° 3.23: Datos del Ensayo de Peso Unitario Arena Peso Suelto.....	47
Tabla N° 3.24: Datos del Ensayo de Peso Unitario Arena Peso Compactado.....	47
Tabla N° 3.25: Resultados del Ensayo de Peso Unitario Arena	48
Tabla N° 3.26: Datos del Ensayo Equivalente de Arena	49
Tabla N° 3.27: Resultados del Ensayo Equivalente de Arena	49
Tabla N° 3.28: Datos del Ensayo de Caras Fracturadas	50
Tabla N° 3.29: Resultados del Ensayo de Caras Fracturadas	51
Tabla N° 3.30: Datos del Ensayo Partículas Chatas y Alargadas	52
Tabla N° 3.31: Resultados del Ensayo Partículas Chatas y Alargadas.....	52
Tabla N° 3.32: Datos y Resultados del Ensayo Limites Plasticos	53
Tabla N° 3.33: Datos de la Calibracion del Frasco Volumetrico.....	54
Tabla N° 3.34: Datos del Ensayo Peso Especifico del Filler Natural	54
Tabla N° 3.35: Resultados del Ensayo Peso Especifico del Filler Natural 1	54
Tabla N° 3.36: Resultados del Ensayo Peso Especifico del Filler Natural 2.....	55
Tabla N° 3.37: Resultados del Ensayo Peso Especifico del Filler Natural.....	55

Tabla N° 3.38: Datos de la Calibración del Frasco Volumétrico.....	55
Tabla N° 3.39: Datos del Ensayo Peso Específico del Filler Polvo de Ladrillo Gambote.....	56
Tabla N° 3.40: Resultados del Ensayo Peso Específico del Filler Polvo de Ladrillo Gambote 1.....	56
Tabla N° 3.41: Resultados del Ensayo Peso Específico del Filler Polvo Ladrillo Gambote 2.....	56
Tabla N° 3.42: Resultados del Ensayo Peso Específico del Filler Polvo de Ladrillo Ladrillo Gambote.....	57
Tabla N° 3.43: Datos de la Granulometría - Método del Hidrómetro	57
Tabla N° 3.44: Resultados de la Granulometría - Método del Hidrómetro	58
Tabla N° 3.45: Resultados de la Granulometría - Método del Hidrómetro	58
Tabla N° 3.46: Datos del Ensayo de Penetración del Cemento Asfáltico 85-100	60
Tabla N° 3.47: Datos del Ensayo Punto de Inflamación.....	61
Tabla N° 3.48: Datos del Ensayo Peso Especifico del Cemento Asfáltico 85-100	61
Tabla N° 3.49: Resultados del Ensayo Peso Especifico del Cemento Asfáltico 85-100	62
Tabla N° 3.50: Datos del Ensayo Punto de Ablandamiento	63
Tabla N° 3.51: Datos del Ensayo de Ductibilidad	64
Tabla N° 4.1: Resultados de los Ensayos de Caracterización de los Agregados Pétreos.....	65
Tabla N° 4.2: Resultados de los Ensayos de Caracterización del Cemento Asfáltico.....	66
Tabla N° 4.3: Resumen de la Granulometría Formada.....	66
Tabla N° 4.4: Dosificación de Materiales Pétreos	67

Tabla N° 4.5: Variaciones del Porcentaje del Cemento Asfaltico para Obtener el Porcentaje Óptimo.....	68
Tabla N° 4.6: Total de Briquetas Elaboradas para la Investigación	69
Tabla N° 4.7: Dosificación con Cemento Asfaltico en Diferentes Porcentajes del Cemento Asfaltico	70
Tabla N° 4.8: Alturas Medidas de Cada Briqueta.....	75
Tabla N° 4.9: Peso al Aire de las Briquetas.....	76
Tabla N° 4.10: Peso Briqueta Saturada Superficialmente Seca.....	76
Tabla N° 4.11: Peso Briqueta Sumergida en Agua.....	76
Tabla N° 4.12: Datos del Ensayo de Estabilidad y Fluencia.....	78
Tabla N° 4.13: Alturas Promedio y Factor de Correccion por Altura	79
Tabla N° 4.14: Estabilidad Corregida.....	79
Tabla N° 4.15: Resultados de la Estabilidad y Fluencia	79
Tabla N° 4.16: Resultados del Diseño de la Mezcla Asfaltica Convencional 85-100.....	80
Tabla N° 4.17: Resultados de las Gráficas del Ensayo Marshall.....	84
Tabla N° 4.18: Dosificación con el Contenido Óptimo de Asfalto de 5,93%	84
Tabla N° 4.19: Datos Obtenidos del Ensayo Marshall con Porcentaje Óptimo de Asfalto.....	85
Tabla N° 4.20: Resultados de las Mezclas Asfalticas con Porcentaje Óptimo de Asfalto.....	85
Tabla N° 4.21: Variación de Porcentajes del Reemplazo del Polvo de Ladrillo Gambote como Filler.....	86
Tabla N° 4.22: Datos Obtenidos del Ensayo Marshall de Mezclas Asfalticas con Porcentaje de Reemplazo del Filler.....	87

Tabla N° 4.23: Resultados de las Mezclas Asfálticas con Porcentaje de Reemplazo del Filler Natural y Polvo de Ladrillo Gambote.....	88
Tabla N° 4.24: Resultados de las Gráficas del Ensayo Marshall.....	92
Tabla N° 4.25: Dosificación con el Contenido Óptima del Polvo de Ladrillo Gambote de 3,95%.....	93
Tabla N° 4.26: Datos de las Propiedades Mecánicas de Mezclas Asfálticas con el Porcentaje Óptimo del Filler Polvo de Ladrillo Gambote.....	94
Tabla N° 4.27: Resultados de las Propiedades Mecánicas de Mezclas Asfálticas con 1,05% de Filler Natural y el 3,95% Filler Polvo de Ladrillo Gambote.....	95
Tabla N° 4.28: Resultados de las Propiedades Mecánicas de Mezclas Asfálticas con 3,95% de Filler Polvo de Ladrillo Gambote y el 1,05% Filler Natural.....	96
Tabla N° 4.29: Resultados de la Evaluación de las Propiedades Mecánicas Obtenidas de la Estadística.....	97
Tabla N° 4.30: Propiedades Mecánicas del Porcentaje Óptimo	103
Tabla N° 4.31: Resultados y Relación de Variables	109
Tabla N° 4.32: Generando la Hipótesis	112
Tabla N° 4.33: Verificación de Z_c	113
Tabla N° 4.34: Composición de la Mezcla	114
Tabla N° 4.35: Dosificación para 1 m ³	115
Tabla N° 4.36: Composición de la Mezcla Asfáltica Modificada	115

Tabla N° 4.37: Dosificación del % Óptimo del Filler Polvo de Ladrillo	
Gambote para 1 m3.....	115
Tabla N° 4.38: Costo del Filler Polvo de Ladrillo Gambote para 1 m3	116
Tabla N° 4.39: Mano de Obra para el Proceso de Limpiado del Ladrillo Gambote	
Proveniente del Residuo de las Construcciones y Demoliciones.....	116
Tabla N° 4.40: Costo de Produccion.....	119

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 3.1: Proceso de Tamizado	33
Figura N° 3.2: Maquina de Desgaste por Abracción y Material Ensayado	38
Figura N° 3.3: Agregado Grueso - Grava	39
Figura N° 3.4: Agregado Grueso - Gravilla.....	40
Figura N° 3.5: Agregado Utilizado para el Ensayo	41
Figura N° 3.6: Peso Especifico del Agregado Fino	43
Figura N° 3.7: Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso $\frac{3}{4}$ ".....	45
Figura N° 3.8: Ensayo de Equivalente de Arena	49
Figura N° 3.9: Partículas de Caras Fracturadas	50
Figura N° 3.10: Partíplasticoculas Largas y Achatadas.....	52
Figura N° 3.11: Realización del Ensayo de Penetración del Cemento Asfaltico	59
Figura N° 3.12: Realización del Ensayo de Inflamacion del Cemento Asfaltico.....	60
Figura N° 3.13: Realización del Ensayo de Peso Especifico del Cemento Asfaltico.....	62
Figura N° 3.14: Realización del Ensayo de Punto de Ablandamiento del Cemento Asfaltico	63
Figura N° 3.15: Realización del Ensayo de Ductilidad del Cemento Asfaltico	64
Figura N° 4.1: Pesando la Muestra de Agregados y Cemento Asfaltico	71
Figura N° 4.2: Elaboración de las Briquetas.....	72
Figura N° 4.3: Proceso de Compactación de las Briquetas.....	72
Figura N° 4.4: Medición de las Alturas de las Briquetas.....	73
Figura N° 4.5: Briqueta Sumergida en Agua	73
Figura N° 4.6: Prensa Marshall para el Ensayo de Estabilidad y Fluencia	74

Figura N° 4.7: Pesado de los Porcentaje de los Agregados	86
Figura N° 4.8: Formulación de la Regla de Decisiones	113

ÍNDICE DE GRÁFICO

	Página
Gráfico N° 3.1: Curva Granulométrica - Agragado Grueso (grava).....	35
Gráfico N° 3.2: Curva Granulométrica - Agragado Grueso (gravilla)	36
Gráfico N° 3.3: Curva Granulométrica - Agragado Fino (arena)	37
Gráfico N° 3.4: Curva de Calibración del Frasco Volumetrico.....	54
Gráfico N° 3.5: Curva de Calibración del Frasco Volumetrico.....	56
Gráfico N° 3.6: Distribución Granulométrica.....	58
Gráfico N° 4.1: Curva Granulométrica Formada Diseño Marshall.....	67
Gráfico N° 4.2: Porcentaje de Cemento Asfáltico vs. Densidad de la Briqueta.....	81
Gráfico N° 4.3: Porcentaje de Cemento Asfáltico vs. Porcentaje de Aire con Respecto a la Mezcla Total.....	82
Gráfico N° 4.4: Porcentaje de Cemento Asfáltico vs. Porcentaje de Vacíos de Agregado Mineral (V.A.M).....	82
Gráfico N° 4.5: Porcentaje de Cemento Asfáltico vs. Estabilidad Corregida.....	83
Gráfico N° 4.6: Porcentaje de Cemento Asfáltico vs. Fluencia (flujo).....	83
Gráfico N° 4.7: Porcentaje de Polvo de Ladrillo Gambote vs. Densidad de la Briqueta.....	89
Gráfico N° 4.8: Porcentaje de Polvo de Ladrillo Gambote vs. Porcentaje de de Vacíos en Aire con Respecto a la Mezcla Total.....	90
Gráfico N° 4.9: Porcentaje de Polvo de Ladrillo Gambote vs. Vacíos Agregado Mineral (V.A.M)	90
Gráfico N° 4.10: Porcentaje de Polvo de Ladrillo Gambote vs. Estabilidad Corregida..	91
Gráfico N° 4.11: Porcentaje de Polvo de Ladrillo Gambote vs. Fluencia (flujo).....	91

Gráfico N° 4.12: Evaluación de la Densidad	98
Gráfico N° 4.13: Evaluación del Porcentaje de Vacíos de la Mezcla.....	99
Gráfico N° 4.14: Evaluación del Porcentaje de Vacío del Agregado Mineral.....	100
Gráfico N° 4.15: Evaluación de la Estabilidad	101
Gráfico N° 4.16: Evaluación de la Fluencia	102
Gráfico N° 4.17: Densidad Óptima con y sin Reemplazo del Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote.....	104
Gráfico N° 4.18: Porcentaje de Vacíos de la Mezcla con y sin Reemplazo del Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote.....	105
Gráfico N° 4.19: Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral con y sin Reemplazo del Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote.....	106
Gráfico N° 4.20: Estabilidad con y sin Reemplazo del Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote.....	107
Gráfico N° 4.21: Fluencia con y sin Reemplazo del Porcentaje Óptimo del Polvo de Ladrillo Gambote.....	108
Gráfico N° 4.22: Costos de la Mezcla Asfáltica	119