

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y ECNOLOGIA**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**



**ANALISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE  
UNA MEZCLA ASFALTICA CON ASFALTO ESPUMADO Y  
UNA TRADICIONAL**

**Por:**

**RAKY JULIO CASTILLO**

Tesis de Grado presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para obtener el grado académico de licenciatura en Ingeniería Civil.

**JULIO DE 2013**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

---

Msc. Ing. Luis Alberto Yurquina Flores  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGIA**

---

Msc. Lic. Gustavo Succi Aguirre  
**VICE DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGIA**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

---

Ing. Mabel Zambrana

---

Ing. Jhonny Orgaz

---

Ing. Alberto Benítez

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

**DEDICATORIA:**

A mi familia por la paciencia,  
amor y apoyo.

**AGRADECIMIENTO:**

A todas las personas que colaboraron y dispusieron de su tiempo, sin esperar nada a cambio.

Los grandes espíritus siempre han encontrado una violenta oposición de parte de mentes mediocres.

*Albert Einstein*

## INDICE DE CONTENIDO

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

### CAPITULO I INTRODUCCION

<b>1.1 ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
<b>1.2 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1.3 HIPOTESIS</b>	<b>3</b>
<b>1.4 OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>1.4.1 GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>1.4.2 ESPECÍFICOS</b>	<b>3</b>
<b>1.5 ALCANCE</b>	<b>4</b>

### CAPITULO II GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE EL CEMENTO ASFALTICO, AGREGADOS, MEZCLA ASFALTICA TRADICIONAL, CON ASFALTO ESPUMADO Y ENSAYO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS

<b>2.1 EL CEMENTO ASFALTICO</b>	<b>6</b>
<b>2.1.1 DEFINICION</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 REFINACION DEL PETROLEO CRUDO PARA LA     OBTENCION DEL CEMENTO ASFALTICO</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 PROPIEDADES DESEABLES DEL CEMENTO ASFALTICO</b>	<b>10</b>
<b>2.1.4 ESPECIFICACIONES PARA CEMENTOS ASFALTICOS</b>	<b>11</b>
<b>2.1.5 ENSAYOS PARA CARACTERIZAR EL CEMENTO     ASFALTICO</b>	<b>12</b>
<b>2.1.5.1 ENSAYOS DE VISCOSIDAD</b>	<b>12</b>

2.1.5.2	ENSAYOS DE PENETRACIÓN	14
2.1.5.3	ENSAYO DE PUNTO DE INFLAMACIÓN	15
2.1.5.4	ENSAYO DE DUCTILIDAD	15
2.1.5.5	ENSAYO DE SOLUBILIDAD	16
2.1.5.6	ENSAYO DE DESTILACION Y CONTENIDO DE AGUA	16
2.1.6	CARACTERISTICAS PROVISTAS POR EL FABRICANTE DEL ASFALTO USADO EN LA INVESTIGACION	17
2.2	AGREGADOS PARA EL USO EN MEZCLAS ASFALTICAS	18
2.2.1	GENERALIDADES	18
2.2.2	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	18
2.2.3	TIPOS DE AGREGADOS UTILIZADOS EN MEZCLAS ASFALICAS	20
2.2.3.1	AGREGADO GRUESO	20
2.2.3.2	PIEDRA TRITURADA	20
2.2.3.3	GRAVA TRITURADA	21
2.2.3.4	AGREGADO FINO	21
2.2.4	ESPECIFICACIONES DE LOS AGREGADOS	23
2.2.5	ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS	25
2.2.5.1	GRANULOMETRIA	26
2.2.5.2	RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASION	28
2.2.5.3	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO	29
2.2.5.4	CUBICIDAD DE LAS PARTÍCULAS	32
2.2.5.5	AFINIDAD CON ES ASFALTO	34
2.3	MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL	34
2.3.1	DEFINICION	34
2.3.2	CARACTERISTICAS Y PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS	35
2.3.2.1	PESO ESPECÍFICO DE LOS AGREGADOS	35
2.3.2.2	CONTENIDO DE ASFALTO (%)	36
2.3.2.3	DENSIDAD MAXIMA REAL DE LA MEZCLA (gr/cc)	38
2.3.2.4	DENSIDAD MAXIMA TEORICA (gr/cc)	39
2.3.2.5	VACIOS DE LA MEZCLA (%)	40

2.3.2.6	VACIOS DEL AGREGADO MINERAL V.A.M. (%)	41
2.3.2.7	RELACIÓN BETUMEN VACÍOS (%)	46
2.3.2.8	ESTABILIDAD DE LA MEZCLA (Lb)	46
2.3.2.9	FLUENCIA DE LA MEZCLA (1/100")	48
2.3.2.10	RELACIÓN ESTABILIDAD – FLUENCIA	48
2.3.2.11	ADHERENCIA AGREGADOS – CEMENTO ASFALTICO	49
2.3.3	CONTROL DE CALIDAD DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	52
2.3.4	PROPORCIONAMIENTO Y MEZCLADOS DE LOS ASFALTOS Y AGREGADOS	53
2.3.5	PREPARACIÓN DEL ASFALTO	53
2.3.6	TIPOS DE ELABORACION DE MEZCLAS ASFALTICAS TRADICIONALES	56
2.3.6.1	MEZCLA EN PLANTA	55
2.3.6.2	MEZCLA EN CAMINO (ROAD MIX)	56
2.4	EL ASFALTO ESPUMADO	57
2.4.1	INTRODUCCION Y ORIGEN	57
2.4.1.1	INTRODUCCION	57
2.4.1.2	ORIGEN Y DESARROLLO DEL ASFALTO ESPUMADO	58
2.4.2	OBTENCION DEL ASFALTO ESPUMADO	59
2.4.3	CARACTERIZACION DEL ASFALTO ESPUMADO	59
2.4.3.1	RELACIÓN DE EXPANSIÓN	60
2.4.3.2	VIDA MEDIA	60
2.4.4	PROPIEDADES DE LOS ASFALTOS ESPUMADOS	63
2.4.4.1	PROPIEDADES FISICAS	63
2.4.4.2	PROPIEDADES EMPÍRICAS	65
2.4.4.3	PROPIEDADES MECANICAS	68
2.4.5	VENTAJAS DEL ASFALTO ESPUMADO	69
2.4.6	CONSIDERACIONES BASICAS DE DISEÑO DE LA MEZCLA	71
2.4.6.1	ELECCIÓN DEL GRADO DEL ASFALTO	71
2.4.6.2	TEMPERATURA DEL ASFALTO Y PORCENTAJE DE AGUA DE INYECCIÓN	72
2.4.6.3	PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS	72

2.4.6.4	CONTENIDO ÓPTIMO DE ASFALTO	74
2.4.6.5	CONDICIONES DE TEMPERATURA DE LOS AGREGADOS	75
2.4.7	MEZCLAS Y MATERIALES TRATADOS CON ASFALTO ESPUMADO	76
2.4.7.1	MEZCLAS	76
2.4.7.2	AGREGADOS	77
2.4.7.3	CONDICIONES DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	79
2.4.8	PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO DE LA MEZCLA	82
2.4.9	CONDICIONES DE CURADO	84
2.4.10	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO CON ASFALTO ESPUMADO	85
2.4.11	ALTERNATIVAS DE PAVIMENTADORAS	86
2.4.12	LA ECONOMIA Y EFICIENCIA DEL ASFALTO ESPUMADO	89
2.5	DISEÑO MARSHALL DE MEZCLAS ASFALTICAS	89
2.5.1	ANTECEDENTES	89
2.5.2	PROPOSITO	90
2.5.3	DESCRIPCION	90
2.5.4	PROCEDIMIENTO RESUMIDO DEL ENSAYO MARSHALL	92
2.5.5	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL	97

### CAPITULO III

#### CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA, Y CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS CON ASFALTO ESPUMANDO Y TRADICIONAL.

3.1	ENSAYOS DE CARACTERIZACION DEL CEMENTO ASFALTICO	99
3.1.1	VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL	99
3.1.2	PUNTO DE INFLAMACION	100
3.1.3	PENETRACION	102
3.1.4	DESTILACION Y CONTENIDO DE AGUA DEL ASFALTO	103
3.2	ENSAYOS DE CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS	104
3.2.1	GRANULOMETRIA	105

3.2.2	PESO ESPECIFICO	108
3.2.3	CONTENIDO D111E HUMEDAD NATURAL	108
3.2.4	CARAS FRACTURADAS	109
3.2.5	DESGASTE DE LOS ANGELES	111
3.2.6	EQUIVALENTE DE ARENA	112
3.3	RELACIÓN DE EXPANSIÓN Y VIDA MEDIA	113
3.4	DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA TRADICIONAL, Y CON ASAFLTO ESPUMADO	117
3.4.1	DOSIFICACION POR EL MÉTODO DE TANTEOS	118
3.4.1.1	CONTENIDO MINIMO DE ASFALTO	119
3.4.1.2	DEFINICION DEL NUMERO DE MUESTRAS	121
3.4.1.3	DOSIFICACIONES DE BRIQUETAS PARA MEZCLA TRADICIONAL	122
3.4.1.4	DOSIFICACION DE BRIQUETAS PARA MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO	121
3.4.2	CARACTERÍSTICAS MARSHALL DE MEZCLA LA TRADICIONAL	133
3.4.3	CURVAS MARSHALL PARA DETERMINAR EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO	134
3.4.4	CARACTERÍSTICAS MARSHALL DE LA MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO	137
3.4.5	CURVAS MARSHALL PARA DETERMINAR EL CONTENIDO OPTIMO DE ASFALTO	138
3.4.6	ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	141
3.4.6.1	CEMENTO ASFALTICO Y AGREGADOS	141
3.4.6.2	RELACIÓN DE EXPANSION Y VIDA MEDIA DEL ASFALTO ESPUMADO	141
3.4.6.3	DOSIFICACION POR EL MÉTODO DE TANTEOS CARACTERISTICAS MARSHALL DE UNA MEZCLA	142
3.4.6.4	TRADICIONAL VS. CARACTERISTICAS DE UNA MEZCLA CON ASFALTO ESPUMADO	144
3.4.4.5	RESUMEN COMPARATIVO	157

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

<b>4.1 CONCLUSIONES</b>	<b>158</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b>	<b>161</b>

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO II

#### GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE EL CEMENTO ASFALTICO, AGREGADOS, MEZCLA ASFALTICA TRADICIONAL, CON ASFALTO ESPUMADO Y ENSAYO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS.

Figura 2.1	<b>Diagrama del proceso de extracción del asfalto</b>	<b>9</b>
Figura 2.2	<b>Granulometría de una mezcla</b>	<b>27</b>
Figura 2.3	<b>Distribución de esfuerzos</b>	<b>28</b>
Figura 2.4	<b>Distribución de volúmenes en una mezcla asfáltica</b>	<b>42</b>
Figura 2.5	<b>Diagrama de partículas en una mezcla asfáltica</b>	<b>44</b>
Figura 2.6	<b>Ejemplo de Vida Media Vs. Relación de Expansión</b>	<b>61</b>
Figura 2.7	<b>Características del asfalto espumado en función del agua inyectada</b>	<b>62</b>
Figura 2.8	<b>Dimensiones medidas en una burbuja de asfalto</b>	<b>64</b>
Figura 2.9	<b>Ejemplo de índice de espumación</b>	<b>67</b>
Figura 2.10	<b>Clasificación de materiales granulares para su uso con A.E.</b>	<b>73</b>
Figura 2.11	<b>Wirtgen WR 2500 S, tracción en las 4 ruedas</b>	<b>87</b>
Figura 2.12	<b>Wirtgen WR 2500 S, dirección versátil</b>	<b>88</b>
Figura 2.13	<b>Wirtgen WR 2500 S, mezclado homogéneo de material</b>	<b>88</b>
Figura 2.14	<b>Mordaza con medidor de estabilidad</b>	<b>94</b>
Figura 2.15	<b>Medidor típico de fluencia</b>	<b>95</b>

### CAPITULO III

#### CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA, Y CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS CON ASFALTO ESPUMANDO Y TRADICIONAL.

Figura 3.1	<b>Curva granulometrica – Grava de 3/4”</b>	<b>105</b>
Figura 3.2	<b>Curva granulométrica – Grava de 3/8”</b>	<b>106</b>
Figura 3.3	<b>Curva granulometrica – material fino (Arena)</b>	<b>107</b>
Figura 3.4	<b>Relación de Expansión (azul) Vs. Vida Media (rojo) – 140 °C</b>	<b>115</b>
Figura 3.5	<b>Relación de Expansión (azul) Vs. Vida Media (rojo) – 150 °C</b>	<b>116</b>
Figura 3.6	<b>Relación de Expansión (azul) Vs. Vida Media (rojo) – 160 °C</b>	<b>117</b>
Figura 3.7	<b>Granulometría de diseño</b>	<b>118</b>
Figura 3.8	<b>Densidad de la mezcla total Vs. %Asf – Tradicional</b>	<b>134</b>
Figura 3.9	<b>Vacíos de la mezcla total Vs. % Asf - Tradicional</b>	<b>134</b>
Figura 3.10	<b>Vacíos del agregado mineral Vs. %Asf – Tradicional</b>	<b>135</b>
Figura 3.11	<b>Densidad de la mezcla total Vs. %Asf – Tradicional</b>	<b>135</b>
Figura 3.12	<b>Fluencia Vs. %Asf – Tradicional</b>	<b>136</b>
Figura 3.13	<b>Estabilidad Vs. %Asf – Tradicional</b>	<b>136</b>
Figura 3.14	<b>Densidad de la mezcla total Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>138</b>
Figura 3.15	<b>Vacíos de la mezcla total Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>138</b>
Figura 3.16	<b>Vacíos del agregado mineral Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>139</b>
Figura 3.17	<b>Relación Betumen Vacíos Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>139</b>
Figura 3.18	<b>Fluencia Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>140</b>
Figura 3.19	<b>Estabilidad Vs. %Asf – Espumado</b>	<b>140</b>
Figura 3.20	<b>Comparativa de densidad real</b>	<b>145</b>
Figura 3.21	<b>Comparativa de porcentaje de vacíos de la mezcla total</b>	<b>147</b>
Figura 3.22	<b>Comparativa de vacíos del agregado mineral</b>	<b>149</b>
Figura 3.23	<b>Comparativa de relación betumen - vacíos</b>	<b>151</b>
Figura 3.24	<b>Comparativa de estabilidad Marshall</b>	<b>152</b>
Figura 3.25	<b>Comparativa de fluencia Marshall</b>	<b>154</b>

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO II

#### GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE EL CEMENTO ASFALTICO, AGREGADOS, MEZCLA ASFALTICA TRADICIONAL, CON ASFALTO ESPUMADO Y ENSAYO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS.

Tabla 2.1	<b>Características del cemento asfaltico del fabricante</b>	<b>17</b>
Tabla 2.2	<b>Grados Estándar del Filler Mineral</b>	<b>22</b>
Tabla 2.3	<b>Composición de las mezclas tipo IV</b>	<b>25</b>
Tabla 2.4	<b>Valores recomendados para los V.A.M.</b>	<b>43</b>
Tabla 2.5	<b>Especificaciones de mezclas asfálticas</b>	<b>52</b>
Tabla 2.6	<b>Rango de valores de diseño estructural sugerido por WRITGEN</b>	<b>69</b>
Tabla 2.7	<b>Alternativas de reconstrucción</b>	<b>70</b>
Tabla 2.8	<b>Eficiencia energética</b>	<b>71</b>
Tabla 2.9	<b>Guía de valores para el contenido óptimo de asfalto</b>	<b>75</b>
Tabla 2.10	<b>Clasificación de suelos y conveniencia para el tratado con asfalto espumado</b>	<b>78</b>
Tabla 2.11	<b>Tiempo de curado de mezclas asfálticas tratadas con asfalto espumado</b>	<b>85</b>
Tabla 2.12	<b>Especificaciones del equipo WR 2500 S</b>	<b>86</b>

**CAPITULO III**  
**CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA, Y**  
**CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS CON ASFALTO**  
**ESPUMANDO Y TRADICIONAL.**

Tabla 3.1	<b>Resultados Viscosidad Saybolt Furol</b>	<b>100</b>
Tabla 3.2	<b>Resultados punto de inflamación</b>	<b>102</b>
Tabla 3.3	<b>Resultados ensayo de penetración</b>	<b>103</b>
Tabla 3.4	<b>Destilación del Asfalto</b>	<b>104</b>
Tabla 3.5	<b>Resumen granulométrico - Grava de 3/4"</b>	<b>105</b>
Tabla 3.6	<b>Resumen granulométrico - Grava de 3/8"</b>	<b>106</b>
Tabla 3.7	<b>Resumen Granulométrico - Material Fino (Arena)</b>	<b>107</b>
Tabla 3.8	<b>Peso específico de la grava de 3/4"</b>	<b>108</b>
Tabla 3.9	<b>Peso específico de la grava de 3/8"</b>	<b>108</b>
Tabla 3.10	<b>Peso específico del material fino (Arena)</b>	<b>109</b>
Tabla 3.11	<b>Contenido de humedad natural de los agregados</b>	<b>108</b>
Tabla 3.12	<b>Caras fracturadas material de 3/4"</b>	<b>110</b>
Tabla 3.13	<b>Caras fracturadas, material de 3/8"</b>	<b>110</b>
Tabla 3.14	<b>Desgaste de Los Ángeles, material de 3/4"</b>	<b>111</b>
Tabla 3.15	<b>Desgaste de Los Ángeles, material de 3/8"</b>	<b>112</b>
Tabla 3.16	<b>Equivalente de arena</b>	<b>113</b>
Tabla 3.17	<b>1er Ensayo – 140°C - RE vs VM</b>	<b>114</b>
Tabla 3.18	<b>2do Ensayo – 150°C - RE vs VM</b>	<b>115</b>
Tabla 3.19	<b>3ero Ensayo - 160°C - RE vs VM</b>	<b>116</b>
Tabla 3.20	<b>Dosificación de materiales</b>	<b>118</b>
Tabla 3.21	<b>Constantes de Área Correspondientes al Material</b>	<b>119</b>
Tabla 3.22	<b>Índice Asphaltico Para Materiales</b>	<b>120</b>
Tabla 3.23	<b>Contenido mínimo de asfalto</b>	<b>120</b>
Tabla 3.21	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 4 %Asf</b>	<b>121</b>
Tabla 3.22	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 4,5 %Asf</b>	<b>122</b>
Tabla 3.23	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 5 %Asf</b>	<b>123</b>
Tabla 3.24	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 5,5 %Asf</b>	<b>124</b>

Tabla 3.25	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 6 %Asf</b>	<b>125</b>
Tabla 3.26	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz – 6,5 %Asf</b>	<b>126</b>
Tabla 3.27	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado - 4 %Asf</b>	<b>127</b>
Tabla 3.28	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado - 4,5 %Asf</b>	<b>128</b>
Tabla 3.29	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado - 5 %Asf</b>	<b>129</b>
Tabla 3.30	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado - 5,5 %Asf</b>	<b>130</b>
Tabla 3.31	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado - 6 %Asf</b>	<b>131</b>
Tabla 3.32	<b>Dosificación de materiales retenidos por tamiz - Espumado – 6,5 %Asf</b>	<b>132</b>
Tabla 3.33	<b>Características Marshall de mezcla la tradicional</b>	<b>133</b>
Tabla 3.34	<b>Resumen de características Marshall - Tradicional</b>	<b>134</b>
Tabla 3.35	<b>Características Marshall de la mezcla con asfalto espumado</b>	<b>137</b>
Tabla 3.36	<b>Resumen de características Marshall – Espumado</b>	<b>138</b>
Tabla 3.37	<b>Comparativa de Densidad Real</b>	<b>145</b>
Tabla 3.38	<b>Comparativa de porcentaje de vacíos de la mezcla total</b>	<b>147</b>
Tabla 3.39	<b>Comparativa de porcentaje de vacíos del agregado mineral</b>	<b>149</b>
Tabla 3.40	<b>Comparativa de relación Betumen - Vacíos</b>	<b>150</b>
Tabla 3.41	<b>Comparativa de estabilidad Marshall</b>	<b>152</b>
Tabla 3.42	<b>Comparativa de fluencia Marshall</b>	<b>153</b>
Tabla 3.43	<b>Comparativa de contenido óptimo de asfalto</b>	<b>154</b>
Tabla 3.43	<b>RESUMEN GENERAL</b>	<b>157</b>

## **INDICE DE ECUACIONES**

### **CAPITULO II**

#### **GENERALIDADES Y DEFINICIONES SOBRE EL CEMENTO ASFALTICO, AGREGADOS, MEZCLA ASFALTICA TRADICIONAL, CON ASFALTO ESPUMADO Y ENSAYO MARSHALL DE DISEÑO DE MEZCLAS.**

<b>Ec. 2.1</b>	<b>Peso Específico de los Agregados</b>	<b>35</b>
<b>Ec. 2.2</b>	<b>Densidad Máxima Real de la Mezcla</b>	<b>38</b>
<b>Ec. 2.3</b>	<b>Densidad Máxima Teórica</b>	<b>39</b>
<b>Ec. 2.4</b>	<b>Vacíos de la Mezcla</b>	<b>40</b>
<b>Ec. 2.5</b>	<b>Vacíos del Agregado Mineral</b>	<b>45</b>
<b>Ec. 2.6</b>	<b>Relación Betumen-Vacíos</b>	<b>46</b>
<b>Ec. 2.7</b>	<b>Contenido óptimo de humedad de compactación</b>	<b>86</b>

# **CONTENIDO DE LOS ANEXOS**

## **ANEXO 1 IMÁGENES**

### **A-1-1 CARACTERIZACION DE LOS AGREGADOS**

#### **A-1-1.1 GRANULOMETRIA**

#### **A-1-1.2 PESO ESPECÍFICO**

#### **A-1-1.3 CARAS FRACTURADAS**

#### **A-1-1.4 DESGASTE DE LOS ANGELES**

#### **A-1-1.5 EQUIVALENTE DE ARENA**

### **A-1-2 RELACIÓN DE EXPANSION Y VIDA MEDIA**

### **A-1-3 CARACTERIZACION DEL CEMENTO ASFALTICO**

#### **A-1-3.1 VISCOSIDAD**

#### **A-1-3.2 PUNTO DE INFLAMACION**

#### **A-1-3.3 PENETRACION**

#### **A-1-3.4 DESTILACION Y CONTENIDO DE AGUA DEL ASFALTO**

### **A-1-4 DOSIFICACION POR EL METODO DEL TANTEO**

#### **A-1-4.1 SEPARACION DE MATERIAL RETENIDO POR TAMICES**

#### **A-1-4.2 DOSIFICACION POR CONTENIDO DE ASFALTO**

### **A -1-5 ENSAYOS MARSHALL**

#### **A-1-5.1 PREPARACION DE BRIQUETAS**

#### **A-1-5.2 COMPACTACION DE BRIQUETAS**

#### **A-1-5.3 PESADO Y MEDICIÓN DE BRIQUETAS**

#### **A-1-5.4 ROTURA DE BRIQUETAS Y MEDICIÓN DE PROPIEDADES MECANIAS**

### **A-1-6 EQUIPOS DE ESPUMADO**

**A-1-6.1 EQUIPO DE MEZCLADO Y PAVIMENTACION EN CAMINO.**

**A-1-6.2 EQUIPO DE ESPUMADO EN LABORATORIO**

**ANEXO 2  
MEMORIA DE CÁLCULO**

**ANEXO 3  
ESQUEMA DE EQUIPO DE ESPUMADO USADO PARA LA  
REALIZACION DEL PROYECTO**

**ANEXO 4  
GUIA DEL PROCEDMIENTO MARSHALL  
PROPORCIONADA POR LA ABC Y USADA POR EL  
*SEDECA***

**A-4-1 MÉTODO PARA DETERMINR LA RESISTENCIA A LA DEFORMACION  
PLASTICA DE MEZCLAS ASFALTICAS UTILIZANDO EL APARATO  
MARSHALL (AASHTO T 245 – 97)**

**A-4-2 MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL**

**ANEXO 5  
DOCUMENTACION DE RESPALDO**