

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las
mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como
filler**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Sabby Dorita Cruzado Lopez

ASESOR

Luis Quiroz Quiñones

<https://orcid.org/0000-0001-9193-0307>

Chiclayo, 2024

**Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de
las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario
pulverizado como filler**

PRESENTADA POR
Sabby Dorita Cruzado Lopez

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Manuel Alejandro Borja Suarez
PRESIDENTE

Gianfranco Perez Garabito
SECRETARIO

Luis Quiroz Quiñones
VOCAL

Dedicatoria

A mi querida madre,

Tu amor incondicional, tu apoyo constante y tu fuerza inquebrantable han sido mi guía y mi inspiración a lo largo de este viaje académico. Cada paso que he dado hacia la realización de esta tesis ha estado marcado por tu presencia alentadora y tu sacrificio silencioso.

Tus palabras de aliento y tus abrazos reconfortantes han sido el faro que me ha guiado en los momentos de duda y desánimo. Tu entrega desinteresada y tu dedicación inquebrantable han sido la chispa que ha encendido mi pasión por el conocimiento y el aprendizaje.

Por todo tu amor incondicional, por tu eterno apoyo y por ser mi roca en los momentos más complicados, dedico esta tesis a ti, mi querida madre. Este logro es tuyo tanto como mío, y todo lo que hiciste, haces y harás nunca podré agradecerte lo suficiente.

Con toda mi gratitud y amor.

Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y la durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 25% INDICE DE SIMILITUD | 24% FUENTES DE INTERNET | 2% PUBLICACIONES | 11% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|---------------|
| 1 | repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet | 4% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 4% |
| 3 | repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet | 3% |
| 4 | creativecommons.org Fuente de Internet | 3% |
| 5 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 6 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | 1library.co Fuente de Internet | 1% |
| 8 | tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet | <1% |

Índice

| | |
|-------------------------------------|----|
| Resumen | 15 |
| Abstract | 16 |
| Introducción | 17 |
| Bases Teóricas | 22 |
| Materiales y métodos | 42 |
| Resultados y Discusión | 48 |
| Conclusiones | 92 |
| Recomendaciones | 93 |
| Referencias | 95 |
| Anexos | 98 |

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Requerimientos para los agregados gruesos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 26 |
| Tabla 2. Requerimientos para los agregados finos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 26 |
| Tabla 3. Requerimientos de Husos granulométricos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 27 |
| Tabla 4. Gradaciones para mezclas cerradas. Norma ASTM D 3515. | 27 |
| Tabla 5. Selección del tipo de cemento asfáltico. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 28 |
| Tabla 6. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 28 |
| Tabla 7. Requisitos de adherencia. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 29 |
| Tabla 8. Vacíos mínimos en el agregado mineral. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013. | 29 |
| Tabla 9. Cantidad de material a usar para el ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles. ASTM C 131. | 30 |
| Tabla 10. Cantidad de masa a usar para el ensayo de partículas planas y alargadas en agregados. ASTM D 4791. | 31 |
| Tabla 11. Cantidad de masa a usar para el ensayo de porcentajes de caras fracturadas. ASTM D 5821 – 01. | 31 |
| Tabla 12. Abertura de tamices a utilizar para el ensayo de durabilidad de los agregados. ASTM C 88. | 32 |
| Tabla 13. Cantidad de masa a utilizar en el ensayo de durabilidad de los agregados según su fracción. ASTM C 88. | 33 |
| Tabla 14. Abertura de tamices para determinar pérdida del material. ASTM C 88. | 34 |
| Tabla 15. Requerimiento del equivalente de arena. Ministerio de transporte y Comunicaciones 2013. | 35 |
| Tabla 16. Cuadro de características y propiedades del vidrio. | 41 |
| Tabla 17. Número de briquetas de MAC con filler cemento. | 42 |
| Tabla 18. Número de briquetas de MAC con filler vidrio. | 43 |
| Tabla 19. Número de briquetas de MAC con óptimo porcentaje de filler. | 43 |

| | |
|---|----|
| Tabla 20. Operacionalización de Variables..... | 43 |
| Tabla 21. Diseño para la muestra patrón y modificada de MAC. | 46 |
| Tabla 22. Resultados de los componentes del vidrio primario por medio de un análisis térmico diferencial..... | 48 |
| Tabla 23. Contenido de humedad del agregado grueso. | 49 |
| Tabla 24. Contenido de humedad del agregado fino..... | 49 |
| Tabla 25. Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles..... | 49 |
| Tabla 26. Absorción del agregado grueso..... | 50 |
| Tabla 27. Absorción del agregado fino. | 50 |
| Tabla 28. Resultado del análisis de caras fracturadas. | 50 |
| Tabla 29. Resultado del análisis de partículas chatas y alargadas. | 51 |
| Tabla 30. Resultado del contenido de Sales en el agregado grueso..... | 51 |
| Tabla 31. Resultado del contenido de sales en el agregado fino..... | 51 |
| Tabla 32. Resultado del ensayo de durabilidad del agregado grueso..... | 51 |
| Tabla 33. Resultado del ensayo de durabilidad del agregado fino..... | 52 |
| Tabla 34. Resultado del ensayo de equivalente de arena. | 52 |
| Tabla 35. Resultados del ensayo de limite líquido, plástico e IP. | 52 |
| Tabla 36. Análisis de los resultados evaluando la MAC convencional. | 56 |
| Tabla 37. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler cemento. | 59 |
| Tabla 38. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler cemento. | 62 |
| Tabla 39. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler cemento. | 65 |
| Tabla 40. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler cemento. | 68 |
| Tabla 41. Porcentaje del esfuerzo a tensión según Lottman Modifico. | 70 |
| Tabla 42. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 1% de filler vidrio. | 73 |
| Tabla 43. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 2% de filler vidrio. | 77 |
| Tabla 44. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 3% de filler vidrio. | 80 |
| Tabla 45. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 4% de filler vidrio. | 84 |
| Tabla 46. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 5% de filler cemento. | 87 |
| Tabla 47. Porcentaje del esfuerzo a tensión según Lottman Modifico. | 88 |
| Tabla 48. Costo unitario por m3 de vidrio pulverizado. | 89 |
| Tabla 49. Costo Unitario por m3 de una MAC convencional.[28] | 90 |
| Tabla 50. Costo Unitario por m3 de una MAC modificada. | 91 |

Lista de Gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Curva granulométrica..... | 48 |
| Gráfico 2. Resultado del ensayo de límite líquido. | 53 |
| Gráfico 3. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC convencional. | 54 |
| Gráfico 4. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler cemento. | 58 |
| Gráfico 5. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler cemento. | 60 |
| Gráfico 6. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler cemento. | 63 |
| Gráfico 7. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler cemento. | 66 |
| Gráfico 8. Representación gráfica del porcentaje óptimo de cemento asfáltico. | 69 |
| Gráfico 9. Porcentaje de desgaste para MAC a 25°C. | 70 |
| Gráfico 10. Resumen de los resultados evaluando la MAC modificada..... | 71 |
| Gráfico 11. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler vidrio. | 74 |
| Gráfico 12. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler vidrio. | 79 |
| Gráfico 13. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler vidrio. | 81 |
| Gráfico 14. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler vidrio. | 85 |
| Gráfico 15. Porcentaje de desgaste para MAC a 60°C. | 88 |

Lista de Anexos

| | |
|--|-----|
| Anexo 1. Formato del ensayo granulométrico de agregados. | 98 |
| Anexo 2. Formato del ensayo de contenido de humedad de los agregados. | 99 |
| Anexo 3. Formato del ensayo de Abrasión. | 100 |
| Anexo 4. Formato del ensayo de peso específico y absorción de los agregados. | 101 |
| Anexo 5. Formato del ensayo de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso. | 102 |
| Anexo 6. Formato del ensayo de porcentaje de caras fracturadas. | 103 |
| Anexo 7. Formato del ensayo de índice de aplastamiento. | 104 |
| Anexo 8. Formato del ensayo de materia orgánica. | 105 |
| Anexo 9. Formato del ensayo de contenido de sales en el agregado fino..... | 106 |
| Anexo 10. Formato del ensayo de contenido de sales en el agregado grueso..... | 107 |
| Anexo 11. Formato del ensayo de durabilidad del agregado grueso. | 108 |
| Anexo 12. Formato del ensayo de durabilidad del agregado fino..... | 109 |
| Anexo 13. Formato del ensayo de equivalente de arena. | 110 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 14. Formato del ensayo de límites e índice de plasticidad. | 111 |
| Anexo 15. Formato del diseño para MAC. | 112 |
| Anexo 16. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico. | 113 |
| Anexo 17. Formato de la dosificación de 4.5 % de cemento asfáltico. | 114 |
| Anexo 18. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico. | 115 |
| Anexo 19. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico. | 116 |
| Anexo 20. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico. | 117 |
| Anexo 21. Formato del ensayo Rice para las briquetas. | 118 |
| Anexo 22. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico. | 119 |
| Anexo 23. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico. | 120 |
| Anexo 24. Formato para diseño MAC con filler cemento de 2%. | 121 |
| Anexo 25. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%. | 122 |
| Anexo 26. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%. | 123 |
| Anexo 27. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%. | 124 |
| Anexo 28. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%. | 125 |
| Anexo 29. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%. | 126 |
| Anexo 30. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 2%. | 127 |
| Anexo 31. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 2%. | 128 |
| Anexo 32. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico. | 129 |
| Anexo 33. Formato para diseño MAC con filler cemento de 3%. | 130 |
| Anexo 34. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%. | 131 |
| Anexo 35. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%. | 132 |
| Anexo 36. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%. | 133 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 37. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%. | 134 |
| Anexo 38. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%. | 135 |
| Anexo 39. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 3%. | 136 |
| Anexo 40. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 3%. | 137 |
| Anexo 41. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico. | 138 |
| Anexo 42. Formato para diseño MAC con filler cemento de 4%. | 139 |
| Anexo 43. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%. | 140 |
| Anexo 44. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%. | 141 |
| Anexo 45. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%. | 142 |
| Anexo 46. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%. | 143 |
| Anexo 47. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%. | 144 |
| Anexo 48. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 4%. | 145 |
| Anexo 49. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 4%. | 146 |
| Anexo 50. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico. | 147 |
| Anexo 51. Formato para diseño MAC con filler cemento de 5%. | 148 |
| Anexo 52. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%. | 149 |
| Anexo 53. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%. | 150 |
| Anexo 54. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%. | 151 |
| Anexo 55. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%. | 152 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 56. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%. | 153 |
| Anexo 57. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 5%. | 154 |
| Anexo 58. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 5%. | 155 |
| Anexo 59. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico. | 156 |
| Anexo 60. Resultados del Ensayo Termo diferencial realizado al vidrio. | 157 |
| Anexo 61. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 1%. | 158 |
| Anexo 62. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%. .. | 159 |
| Anexo 63. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%. | 160 |
| Anexo 64. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%. .. | 161 |
| Anexo 65. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%. | 162 |
| Anexo 66. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%. .. | 163 |
| Anexo 67. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 1%. | 164 |
| Anexo 68. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 1%. .. | 165 |
| Anexo 69. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio. | 166 |
| Anexo 70. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 2%. | 167 |
| Anexo 71. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%. .. | 168 |
| Anexo 72. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%. | 169 |
| Anexo 73. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%. .. | 170 |
| Anexo 74. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%. | 171 |
| Anexo 75. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%. .. | 172 |
| Anexo 76. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 2%. | 173 |
| Anexo 77. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 2%. .. | 174 |
| Anexo 78. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio. | 175 |
| Anexo 79. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 3%. | 176 |
| Anexo 80. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%. .. | 177 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 81. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%. | 178 |
| Anexo 82. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%. 179 | |
| Anexo 83. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%. | 180 |
| Anexo 84. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%. 181 | |
| Anexo 85. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 3%. | 182 |
| Anexo 86. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 3%.. 183 | |
| Anexo 87. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio. | 184 |
| Anexo 88. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 4%. | 185 |
| Anexo 89. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%. 186 | |
| Anexo 90. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%. | 187 |
| Anexo 91. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%. 188 | |
| Anexo 92. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%. | 189 |
| Anexo 93. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%. 190 | |
| Anexo 94. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 4%. | 191 |
| Anexo 95. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 4%.. 192 | |
| Anexo 96. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio. | 193 |
| Anexo 97. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 5%. | 194 |
| Anexo 98. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%. 195 | |
| Anexo 99. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%. | 196 |
| Anexo 100. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%. | 197 |
| Anexo 101. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%. | 198 |
| Anexo 102. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%. | 199 |
| Anexo 103. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 5%. | 200 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 104. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 5%. | 201 |
| Anexo 105. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio. | 202 |
| Anexo 106. Formato del ensayo de Lottman Modificado con el porcentaje de filler cemento óptimo..... | 203 |
| Anexo 107. Formato del ensayo de Lottman Modificado con el porcentaje de filler vidrio óptimo..... | 204 |
| Anexo 108. Formato del ensayo de Cantabro con el porcentaje de filler cemento óptimo. .. | 205 |
| Anexo 109. Formato del ensayo de Cantabro con el porcentaje de filler vidrio óptimo. | 206 |
| Anexo 110. Validación de Ensayos..... | 207 |
| Anexo 111. Panel fotográfico de la preparación del agregado grueso..... | 208 |
| Anexo 112. Panel fotográfico del ensayo de granulometría. | 209 |
| Anexo 113. Panel fotográfico del ensayo de peso específico. | 210 |
| Anexo 114. Panel fotográfico del ensayo de abrasión. | 211 |
| Anexo 115. Panel fotográfico del ensayo de Durabilidad..... | 212 |
| Anexo 116. Panel fotográfico de la preparación del agregado fino para los ensayos..... | 213 |
| Anexo 117. Panel fotográfico del ensayo de granulometría. | 214 |
| Anexo 118. Panel fotográfico del ensayo de Peso Específico. | 215 |
| Anexo 119. Panel fotográfico del ensayo de Sales Solubles..... | 216 |
| Anexo 120. Panel fotográfico del ensayo de Durabilidad..... | 217 |
| Anexo 121. Panel fotográfico del ensayo de Equivalente de arena. | 218 |
| Anexo 122. Panel fotográfico del ensayo de Limites de Atterberg. | 219 |
| Anexo 123. Panel fotográfico de la elaboración de briquetas..... | 221 |
| Anexo 124. Panel fotográfico de la Compactación de briquetas. | 222 |
| Anexo 125. Panel fotográfico del Desmolde de briquetas. | 223 |
| Anexo 126. Panel fotográfico de las Briquetas convencionales. | 224 |
| Anexo 127. Panel fotográfico del ensayo de Gravedad específico..... | 225 |
| Anexo 128. Panel fotográfico del ensayo Marshall. | 226 |
| Anexo 129. Panel fotográfico del ensayo Rice. | 227 |
| Anexo 130. Panel fotográfico de a caracterización del vidrio primario..... | 229 |
| Anexo 131. Panel fotográfico del tamizado por la malla N° 200 para obtener el filler. | 230 |
| Anexo 132. Panel fotográfico del ensayo de límites para el filler vidrio primario pulverizado. | 231 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 133. Panel fotográfico de las Briquetas modificadas. | 232 |
| Anexo 134. Panel fotográfico del ensayo de Lottman modificado. | 233 |
| Anexo 135. Panel fotográfico del ensayo de Cantabro. | 234 |

Resumen

La investigación se centra en evaluar las propiedades mecánicas y físicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente al emplear vidrio primario pulverizado como filler. Se busca determinar el potencial de este material reciclado para aumentar las características de las MAC's. La metodología incluye la preparación de mezclas asfálticas convencionales y modificadas con múltiples porcentajes de vidrio primario pulverizado (1%, 2%, 3%, 4% y 5%), seguida de ensayos físico-mecánicos para medir la resistencia a la estabilidad, flujo, y la resistencia a la tracción, entre otros. Además, se realiza un análisis de durabilidad mediante ensayos de resistencia al desgaste y fatiga. Los resultados destacan mejoras significativas en la resistencia a la compresión y al desgaste con la adición de 3% de vidrio primario pulverizado, así como una mayor resistencia a la fatiga. Este estudio respalda la viabilidad de utilizar vidrio primario pulverizado como filler en mezclas asfálticas, promoviendo infraestructuras viales más sostenibles, duraderas y económicas.

Palabras claves: Filler, vidrio, mecánicas, físicas, durabilidad.

Abstract

The research focuses on evaluating the mechanical and physical properties and durability of hot mix asphalt when using pulverized primary glass as filler. The aim is to determine the potential of this recycled material to increase the characteristics of MAC's. The methodology includes the preparation of conventional and modified asphalt mixtures with multiple percentages of pulverized primary glass (1%, 2%, 3%, 4% and 5%), followed by physical-mechanical tests to measure resistance to stability, flow, and tensile strength, among others. In addition, a durability analysis is carried out through wear resistance and fatigue tests. The results highlight significant improvements in compression and wear resistance with the addition of 3% pulverized primary glass, as well as increased fatigue resistance. This study supports the viability of using pulverized primary glass as a filler in asphalt mixtures, promoting more sustainable, durable and economical road infrastructures.

Keywords: Filler, powdered primary glass, mechanical, physical, durability.

Introducción

Las mezclas asfálticas en caliente desempeñan un papel crucial en la construcción y mantenimiento de las carreteras, brindando una superficie de rodadura segura y duradera. En el contexto de la infraestructura vial, es fundamental comprender las propiedades mecánicas y la durabilidad de estas mezclas para garantizar un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo. El deterioro prematuro de la rodadura de pavimentos conlleva consecuencias económicas y sociales significativas, así como riesgos para la seguridad vial.

Con el tiempo, aparecen una serie de pavimentos irregulares, con fracturas que, al aparecer en la superficie de la rodadura, reducen su capacidad de proporcionar un transporte cómodo y rápido para el usuario. Este fallo o avería se produce por la continua repetición de cargas debidas al estado estructural de la vía y la acción de los factores del climáticos.

Tradicionalmente, el asfalto se considera un material impermeable y la respuesta a factores externos no es significativa. Sin embargo, el agua contiene elementos como oxígeno y compuestos que pueden causar cambios a largo plazo en las propiedades químicas y físicas del asfalto, especialmente cuando la interfaz entre el ligante-pétreo es delgada, como en las mezclas asfálticas.

Entonces, teniendo en cuenta que la humedad es un factor importante frente al desgaste de asfalto, ya sea porque las mezclas asfálticas convencionales no cuentan con un factor error para este fenómeno o porque aún existe un margen a cubrir por parte de los materiales para mitigar este problema. Es por ello que, como se viene haciendo hace muchos años atrás en el sector construcción, buscamos soluciones apuntando al bien común y social. [1]

En esta ocasión se pensó en el vidrio como opción porque es un recurso que contiene características esenciales para soportar condiciones adversas. El vidrio es un material que se compone a base de piedra caliza, arena y carbonato de sodio lo que significa que es 100% natural y reciclable [2], lo cual hará que sea posible potenciador para mejorar uno que otro punto deficiente en las mezclas asfálticas en caliente y esencialmente nada dañino para el suelo cuando llegue a estar en contacto con éste.

La aplicación del vidrio en esta investigación será en estado pulverizado y se irá añadiendo a la mezcla en porcentajes ascendentes los cuales serán de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% respectivamente. Estos añadidos de vidrio pulverizado serán sometidos a diversos ensayos para comprobar al final de esta investigación si funcionan como filler en las mezclas asfálticas en caliente.

Pero no todo es como imaginamos. Actualmente, a nivel mundial, se vive una crisis en cuanto al reciclaje de residuos sólidos y entre estos el vidrio no es una excepción. España, por ejemplo, tuvo una evaluación y notaron que 80.000 toneladas se reciclan, pero 920.000 toneladas son tiradas. Esto implica nueva fabricación de material, más energía, más inversión y sobre todo extracción de materia prima. Sin embargo, recicla un 8% del vidrio generado.[3] También tenemos a Estados Unidos que se suma al desborde de vidrio. El reciclado de este incrementó de 750.000 toneladas en 1980 a más de tres millones de toneladas en 2010 [2]. Perú no se queda atrás con el reciclaje, pero, si estamos muy por debajo de los países antes mencionados, según Minan, en nuestro país solo se recicla el 1.9% de todos los residuos sólidos generados y no llegamos a siquiera contar con estadísticas únicamente de vidrio reciclado.[4]

Con todo lo mencionado anteriormente, teniendo noción de cómo aportar y ayudar a mejorar las mezclas asfálticas en caliente incorporando un residuo sólido 100% reciclable como el vidrio, la interrogante para esta investigación es ¿Cómo influye la adición del vidrio pulverizado como filler en las propiedades mecánicas y el aumento de la durabilidad para las mezclas asfálticas en caliente?

Con mira al progreso y el impulso para obtener avances, esta investigación pretende dar una opción de solución, usar vidrio pulverizado, a partir de los siguientes puntos:

Justificación ambiental

Existen muchos residuos que contribuyen al calentamiento global y aunque el vidrio no es uno de ellos se puede decir que si genera basura y mal aspecto al ser mal gestionado. Teniendo esto en cuenta, se decide usar el vidrio pulverizado como filler lo contribuirá a moderar el impacto ambiental negativo de la disposición y el tratamiento inadecuados de estos residuos.

Justificación social

Incentivar a mejorar la gestión de residuos sólidos mediante el reciclaje es un gran avance, reduciendo así la contaminación e impulsando a la sociedad para tener resultados mucho mejores en cuanto a imagen de sus calles y ciudades.

Justificación científica

El uso de vidrio como filler actualmente en el país no es una de las opciones principales cuando se decide pensar en nuevas investigaciones. Se llega a esta conclusión debido a los pocos estudios existentes, por lo tanto, es necesario enfocarse en este problema y alentar a más estudiantes y profesionales a encontrar nuevos usos para este residuo dentro del sector construcción.

Para esta investigación se tiene como **objetivo general**: Evaluar las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.

Además, se plantea los siguientes **objetivos específicos**:

- Caracterizar el vidrio pulverizado como filler.
- Elaborar las briquetas de mezclas asfálticas en caliente con vidrio pulverizado como filler teniendo en cuenta los porcentajes de 0%, 1%, 2%, 3%, 4% y 5%.
- Caracterizar física y mecánicamente las mezclas asfálticas en caliente con adición de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de vidrio pulverizado como filler y la durabilidad de las mismas.
- Realizar un análisis comparativo de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad, teniendo en cuenta los distintos porcentajes de filler.
- Establecer los costos de fabricación por m³ de la mezcla asfáltica en caliente por porcentaje de vidrio pulverizado óptimo.
- Comparar los análisis de costos de fabricación por m³ entre la muestra con adición de vidrio pulverizado óptimo y la muestra patrón.

Revisión de la literatura

1. Antecedentes del problema

Reinerio Elden, Vasquez Llamo, Wily Rogelio, Vasquez Ramirez; Sócrates Pedro, Muñoz Pérez. 2021. “Uso de aditivos adherentes en el diseño de mezclas asfálticas en caliente: Una revisión”. Llevaron a cabo el análisis de diversos artículos, a partir de ello nos hablan de cómo mejorar la durabilidad, guiándose del ensayo de susceptibilidad de humedad según AASHTO T283, de los pavimentos considerando problemas de humedad y teniendo en cuenta diferentes tipos de aditivos adherentes. Entre ellos encontramos la fibra de vidrio la cual fue añadida en un 0.12% por peso de la mezcla asfáltica y los datos que obtuvieron son favorables para las propiedades de rendimiento y adhesividad de las mezclas.[5]

Hassan Ziari, M.R.M. Aliha, Ali Moniri, Yasha Saghaf. 2020. “Resistencia al agrietamiento de mezclas asfálticas en caliente que contienen diferentes porcentajes de pavimento asfáltico regenerado y fibra de vidrio”. Mencionan que en primera instancia evaluaron las características de las mezclas asfálticas en caliente con agregado RAP. Los resultados no fueron muy satisfactorios, por ejemplo, disminución en la resistencia al agrietamiento y un rendimiento poco eficiente a baja temperatura. En los estudios próximos descubrieron que si se les adiciona un aglutinante rejuvenecedor a las mezclas aún puede ser

salvada y usarse sin problema. Tras varias pruebas dieron con la fibra de vidrio y el aporte de este material fue mejorar el craqueo y la resistencia al agrietamiento de las mezclas asfálticas y la fatiga. Todo esto con porcentajes de 0.06, 0.12, y 0.18 en peso total de la mezcla.[6]

Gazi Mohammad Harun-Or-Rashid, Mohammad Mohayminul Islam. 2020. “Un artículo de revisión sobre: Efecto de diferentes tipos de relleno Materiales sobre Marshall Características de la mezcla bituminosa en caliente”. Nos hablan acerca del asfalto más flexible, que consta de cuatro componentes: agregado grueso, agregado fino, relleno mineral y aglomerante. La buena estructura portante de la mezcla está asegurada por el correcto empaquetamiento del agregado grueso, el agregado fino y el filler. Estos juegan un papel importante en el fortalecimiento del betún, aumentando su estabilidad interna y mejorando sus propiedades cohesivas. La adición de minerales aumenta el módulo de elasticidad de la mezcla bituminosa. Un estudio en Europa mostró que la calidad del aditivo no afectaba el rendimiento de la mezcla. En las últimas dos décadas, muchas corrientes que antes se consideraban desechos se han convertido en productos valiosos para el reciclaje. Estos materiales de clasificación están más o menos involucrados en cada parte de la carretera. Los agregados utilizados en las mezclas calientes deben tener las siguientes propiedades: Tener una forma firme y una textura rugosa para resistir la molienda y el desplazamiento. No se recomienda el uso de partículas redondas y finas. Suficiente dureza para resistir la rotura bajo cargas de tráfico mediano. Alto poder de pulido y alta resistencia a la abrasión.[7]

Carlos J. Slebi-Acevedo, Pedro Lastra-González, Pablo Pascual-Muñoz, Daniel Castro-Fresno. 2019. “Desempeño mecánico de las fibras en una mezcla asfáltica en caliente: una revisión”. Se lleva a cabo una revisión de las propiedades físico-mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente adicionando todo tipo de fibras, con la finalidad de ver estadísticamente la mejora de resistencia, rigidez y fatiga. Nos menciona sobre la fibra de vidrio y como es que está, en comparación a las otras fibras en estudio, se desenvuelve al entrar en contacto en la mezcla. Los datos que obtuvieron al usar fibra de vidrio de 35mm y con 2% en volumen de la mezcla fueron: mejoras en un 65% de resistencia a la tracción, mayor tenacidad y buen comportamiento frente a la fatiga. Según los resultados llegaron a la conclusión de que las fibras son agentes contribuyentes a las mezclas asfálticas, no solo por lo que aporta sino, por el ahorro de fabricación y el aporte ambiental. [8]

Omid Janmohammadi, Ebrahim Safa, Mohammad Zarei, Ali Zarei. 2020. “Efectos simultáneos del etilvinilacetato (EVA) y la fibra de vidrio sobre las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente (HMA)”. Mejorar la mezcla asfáltica es incrementar la combinación de sus componentes a través de diversos aditivos. Dependiendo de la viscosidad del betún, la adición del segundo aditivo puede mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica. El propósito de este trabajo es realizar un estudio de laboratorio para evaluar la función de mezclas asfálticas a base de betún modificado y etilvinilacetato (EVA) con diferentes contenidos de fibra de vidrio. Para este proyecto, se produjeron un total de 11 tipos de compuestos utilizando estabilidad de Marshall y Young para evaluar el efecto de los aditivos en el tipo de muestra. La adición de 5 % de EVA dio a conocer la mejora de resultados en un 25% y el mejor aumento de estabilidad se obtuvo con el 0,3 % de fibra de vidrio en aproximadamente un 20 %. Concluyendo que la estabilidad Marshall más alta se dio con la mezcla con 3% EVA y 0,3% fibra de vidrio. Por otro lado, los resultados de deformación mostraron que aumentando la proporción de EVA y fibras de vidrio de manera individual y simultánea a temperaturas de 25 y 40 °C, se incrementa el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica. Sin embargo, la flexibilidad de la mezcla asfáltica disminuye a altas temperaturas. Los datos que mejores dieron resultados fue con la mezcla asfáltica 3EF, que fue seleccionada como la mejor. [9]

A. O. A. Baqadeem, F. M. Jakarni, A. K. S. Al-Shakhrit¹ and K. A. Masri. 2021. “El uso de vidrio reciclado en mezcla asfáltica en caliente: una revisión”. Este estudio trata sobre como las propiedades generales de las mezclas asfálticas se probaron con diferentes mezclas. Un gran número de agregados especiales son reemplazados por el agregado fino de diferentes tamaños. Principalmente hablaremos del vidrio, y su aporte en algunas propiedades básicas de la mezcla asfáltica como la estabilidad y fluidez. Inicialmente se hicieron ensayos a la mezcla con 0% de vidrio para mezclas de 1, 4.5 y 5% de betún y de esta manera contar con una base a lo que iban. En segunda instancia optaron por hacer diseños de mezcla con 5%, 10% y 15% de vidrio respectivamente. El vidrio en esta ocasión fue usado como agregado fino para evaluar si es viable el reemplazo y obtuvieron resultados óptimos; mejores resistencias y comportamiento dinámico. Pero, al discutirlo encontraron problemas como la seguridad y la pérdida de propiedades si es que se hace un reemplazo total. Frente a esto recomendaron emplear aditivos para que resistencia a la humedad y la adherencia mejoren. Esta investigación impulsa a creer que existe un potencial muy prometedor para la valorización de residuos de vidrio. Este proporciona alta resistencia y se puede considerar para futuras investigaciones, su estabilidad y

alto rendimiento contribuyen a la redistribución de los residuos de vidrio, pero, también a la protección del medio ambiente proporcionando un proceso de construcción sostenible y amable con el medio ambiente. [10]

Pradeep Kumar Gautam, Pawan Kalla, Ajay Singh Jethoo, Rahul Agrawal, Harshwardhan Singh. 2018. “Uso sostenible de residuos en pavimento flexible: Una revisión”. A nivel mundial, el pavimento flexible es cada vez más popular en la ejecución de carreteras y calles. En la construcción y sostenimiento de estos pavimentos se utilizan un gran número de materiales no reciclables y materiales industriales como áridos, betunes, cemento, cal, etc. El desperdicio de materiales, la degradación ambiental, recursos carentes y el incremento excesivo de los costos de los materiales han llevado a los investigadores a buscar otros materiales que puedan usarse en los pavimentos. La investigación ha demostrado que el uso de materiales secundarios no sólo proporciona una forma eficiente de eliminar los desechos, sino que también reduce la necesidad de materiales tradicionales y el costo total de construcción. Por ejemplo, el vidrio, de entre muchos materiales reciclables, se viene usando desde hace mucho. Japón es un gran ejemplo, usa el vidrio para la elaboración de sus pavimentos y estabilización de suelos. Los aportes son muy satisfactorios ya que, se obtienen datos de propiedades como resistencia y durabilidad mucho mejores a los estándares. De todas maneras, siempre existen consideraciones a tener en cuenta como, el buen manejo del material, que esté en condiciones aptas, libre de impurezas, tiene que ser del mismo tipo para realizar los ensayos, etc. Entonces, el uso de materiales no convencionales para la construcción de pavimentos está en vía a la expansión y ya no es algo que sorprenda. Tenemos construcciones sostenibles, accesibles y rentables. Sin embargo, se debe promover incansablemente el uso de recursos desechables e insistir frente a las autoridades en todo momento para que la investigación tenga un sustento próximo.[11]

Bases Teóricas

1.1.Pavimento asfáltico

El pavimento asfáltico es una superficie de carretera compuesta principalmente de una mezcla de asfalto y agregados minerales. Este tipo de pavimento se utiliza comúnmente debido a su capacidad para soportar cargas pesadas, su durabilidad y su fácil mantenimiento. Debido a suficiencia que brindan los pavimentos asfálticos son preferidos en muchos proyectos de infraestructura. [12]

1.2.Mezcla asfáltica

Asfalto y agregados es la combinación perfecta de las mezclas asfálticas y estos son de diferentes tamaños. El asfalto actúa como un ligante que une los agregados, formando una estructura sólida y cohesiva. La calidad y equilibrio de los materiales utilizados en la mezcla son cruciales para determinar las propiedades finales del pavimento, como la durabilidad, la estabilidad y la resistencia al desgaste. [13]

1.2.1. Propiedades de las mezclas asfálticas

Las mezclas asfálticas en caliente de alta calidad funcionan eficazmente debido a su diseño, producción y colocación que garantizan propiedades más óptimas anheladas. Diversas características colaboran para la excelencia de los pavimentos de mezclas en caliente, dentro de las cuales se encuentra la impermeabilidad, resistencia al deslizamiento, flexibilidad, estabilidad, trabajabilidad, durabilidad y resistencia a la fatiga. El principal objetivo del diseño de la mezcla es asegurar que el pavimento posea todas estas propiedades. Por lo tanto, es crucial entender el significado de cada una de estas características, cómo se evalúan el rendimiento e impacto del pavimento.[13]

a) Estabilidad

Por definición es la capacidad que resiste las deformaciones y desplazamientos que las cargas de tráfico causan. Requiere un análisis exhaustivo del tránsito previsto y fijar condiciones de estabilidad, ya que estos requisitos están directamente relacionados con las condiciones de tránsito esperadas. Es esencial que los niveles de estabilidad sean lo suficientemente altos para adaptarse al tráfico previsto, pero no excesivamente altos.

La fricción interna entre las partículas de agregado, determinada por su forma y textura superficial, juega un papel crucial, al igual que la capacidad de aglutinación del asfalto, que proporciona cohesión. Un equilibrio adecuado entre fricción y cohesión interna evita el desplazamiento de las partículas de agregado debido a las fuerzas generadas por el tráfico. En general, la estabilidad de la mezcla será mayor cuanto más angulares sean las partículas de agregado y más rugosa sea su textura superficial. [13]

b) Durabilidad

Es la capacidad del pavimento asfáltico para mantener sus propiedades y funciones a lo largo del tiempo, incluso cuando está expuesto a condiciones

ambientales adversas y tráfico constante. Un pavimento duradero es menos propenso a agrietarse, deformarse o desintegrarse, lo que reduce la necesidad de reparaciones frecuentes y aumenta la vida útil del pavimento.[13]

c) Impermeabilidad

Capacidad de la mezcla para resistir la penetración de agua. Un pavimento impermeable previene el daño causado por la humedad, como la erosión del ligante asfáltico y la desintegración de agregados. Mantener la impermeabilidad es crucial para la longevidad y la integridad estructural del pavimento.[13]

d) Trabajabilidad

Facilidad que una mezcla asfáltica posee al ser instalada y compactada durante la ejecución del pavimento. Cuando la trabajabilidad es considerada buena, asegura que la mezcla pueda ser extendida y nivelada sin problemas, logrando una compactación uniforme que contribuye a la durabilidad y estabilidad del pavimento final. [13]

1.3.Características y comportamiento de la mezcla

De acuerdo con el Instituto del Asfalto (1982), se desarrollan las mezclas asfálticas en los laboratorios para poder seguir el proceso de las modificaciones de sus características, o no, que esta pueda pasar y estar al tanto de cómo puede afectar o mejorar el comportamiento. Las características son:[12]

1.3.1. Densidad

La densidad de una mezcla asfáltica se refiere a la masa por unidad de volumen de la mezcla compactada. Una mayor densidad generalmente indica una mejor compactación y menos vacíos, lo que mejora la resistencia y la durabilidad del pavimento. La densidad se mide comúnmente en gr/cm^3 y es un parámetro crítico en la evaluación de la calidad de la mezcla.

1.3.2. Vacíos de aire

En una mezcla asfáltica los vacíos de aire son las zonas no ocupadas por asfalto o agregados. Estos vacíos son necesarios para permitir cierta flexibilidad en el pavimento, pero un exceso de vacíos puede reducir la durabilidad y aumentar la permeabilidad al agua. Controlar el porcentaje de vacíos de aire es crucial para asegurar el rendimiento óptimo del pavimento.

1.3.3. Vacíos en el agregado mineral

En el agregado mineral los vacíos son los espacios vacíos dentro de la estructura del agregado que no están llenos de asfalto. Un adecuado VMA asegura que haya suficiente espacio para el ligante asfáltico, mejorando la cohesión y la durabilidad de la mezcla. El VMA en las mezclas asfálticas es un parámetro esencial en el diseño, porque afecta tanto la trabajabilidad como la resistencia del pavimento.

1.3.4. Contenido de asfalto

Es la cantidad de ligante asfáltico presente en la mezcla, generalmente expresado como un porcentaje del todo el peso de la mezcla. El contenido óptimo de asfalto asegura que la mezcla tenga la cohesión y flexibilidad necesarias sin ser demasiado blanda ni rígida. Un contenido de asfalto adecuado mejora la resistencia a la deformación y la durabilidad del pavimento. [13]

1.4.Pavimento de concreto asfáltico en caliente

Conforme al Manual de Carreteras EG-2013 y sus especificaciones técnicas, se describe el proceso de producción de MAC's y su aplicación en una o varias capas sobre un terreno que ha sido adecuadamente preparada y tratada con una capa de imprimación. [12]

1.5.Materiales

Los agregados pétreos son materiales sólidos y granulares que se mezclan en distintos tamaños para formar parte de una MAC. Entre los tipos comunes de agregados se incluyen la arena y la grava. La elección adecuada de los agregados es crucial, debido a que influye significativamente en el comportamiento del pavimento, ya que la capacidad de soporte de este se relaciona directamente con los agregados que aportan gran parte de las características.

a) Importancia

El diseño de una MAC requiere componentes esenciales, dos específicamente: los agregados pétreos y el asfalto. En esta investigación, se utilizará asfalto PEN 60/70. Los agregados son fundamentales porque constituyen entre el 90% y 95% en peso. La clase de estos materiales interviene en gran medida en la calidad de las mezclas, ya que los agregados proporcionan la capacidad de carga de la carpeta. De lo anterior se reluce la importancia de una clasificación y empleo adecuados de los agregados, especialmente en términos de una distribución granulométrica óptima.[12]

1.5.1. Agregado mineral grueso

Para que el agregado grueso cumpla se debe tener en cuenta los requerimientos establecidos en la EG-2013, los cuales se detallan en la Tabla 1.[14]

| <i>Ensayos</i> | <i>Norma</i> | <i>Requerimiento</i> | |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| | | <i>Altitud (msnm)</i> | |
| | | ≤ 3.000 | > 3.000 |
| Durabilidad (al sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | 18% máx. | 15% máx. |
| Abrasión Los Ángeles | MTC E 207 | 40% máx. | 35% máx. |
| Adherencia | MTC E 517 | +95 | +95 |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | 35% min. | 35% min. |
| Partículas chatas y alargadas | ASTM 4791 | 10% máx. | 10% máx. |
| Caras fracturadas | MTC E 210 | 85/50 | 90/70 |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Absorción (*) | MTC E 206 | 1.0% máx. | 1.0% máx. |

Tabla 1. Requerimientos para los agregados gruesos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

1.5.2. Agregado mineral fino

Para que el agregado fino cumpla se debe tener en cuenta los requerimientos establecidos en la EG-2013, los cuales se detallan en la Tabla 2.[14]

| <i>Ensayos</i> | <i>Norma</i> | <i>Requerimiento</i> | |
|--------------------------------------|--------------|-----------------------|-----------|
| | | <i>Altitud (msnm)</i> | |
| | | ≤ 3.000 | > 3.000 |
| Equivalente de Arena | MTC E 114 | 60 | 70 |
| Angularidad del agregado fino | MTC E 222 | 30 | 40 |
| Azul de metileno | AASHTO TP 57 | 8 máx. | 8 máx. |
| Índice de Plasticidad (malla N° 40) | MTC E 111 | NP | NP |
| Durabilidad (al sulfato de Magnesio) | MTC E 209 | - | 18% máx. |
| Índice de Durabilidad | MTC E 214 | 35% min. | 35% min. |
| Índice de Plasticidad (malla N° 200) | MTC E 111 | 4 máx. | NP |
| Sales Solubles Totales | MTC E 219 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |
| Absorción (**) | MTC E 205 | 0.5% máx. | 0.5% máx. |

Tabla 2. Requerimientos para los agregados finos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

1.5.3. Gradación para mezclas asfálticas en caliente

La gradación de la MAC debe ajustarse a los husos granulométricos que se especifican en la EG-2013, como se muestra en la Tabla 3.

También es una opción utilizar lo establecido en la norma ASTM D 3515, las gradaciones se encuentran en la Tabla 4. [14]

| Tamiz | Porcentaje que pasa | | |
|-----------------|---------------------|----------|---------|
| | MAC - 1 | MAC - 2 | MAC - 3 |
| 25,0 mm (1") | 100 | | |
| 19,0 mm (3/4") | 80 - 100 | 100 | |
| 12,5 mm (1/2") | 67 - 85 | 80 - 100 | |
| 9,5 mm (3/8") | 60 - 77 | 70 - 88 | 100 |
| 4,75 mm (N° 4) | 43 - 54 | 51 - 68 | 65 - 87 |
| 2,00 mm (N° 10) | 29 - 45 | 38 - 52 | 43 - 61 |
| 425 µm (N° 40) | 14 - 25 | 17 - 28 | 16 - 29 |
| 180 µm (N° 80) | 8 - 17 | 8 - 17 | 9 - 19 |
| 75 µm (N° 200) | 4 - 8 | 4 - 8 | 5 - 10 |

Tabla 3. Requerimientos de Husos granulométricos. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

| Abertura de malla | Mezcla cerrada | | | | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | Tamaño máximo nominal del agregado | | | | | | | | |
| | 2 in (50 mm) | 1 1/2 in (37,5 mm) | 1 in (25,0 mm) | 3/4 in (19,0 mm) | 1/2 in (12,5 mm) | 3/8 in (9,5 mm) | N° 4 (4,75 mm) | N° 8 (2,36 mm) | N° 16 (1,18 mm) |
| 2 1/2"(63mm) | 100 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2"(50mm) | 90 - 100 | 100 | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1 1/2"(37,5mm) | ... | 90 - 100 | 100 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 1"(25,0mm) | 60 - 80 | ... | 90 - 100 | 100 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 3/4"(19,0mm) | ... | 56 - 80 | ... | 90 - 100 | 100 | ... | ... | ... | ... |
| 1/2"(12,5mm) | 35 - 65 | ... | 56 - 80 | ... | 90 - 100 | 100 | ... | ... | ... |
| 3/8"(9,5mm) | ... | ... | ... | 56 - 80 | ... | 90 - 100 | 100 | ... | ... |
| N°4(4,75mm) | 17- 47 | 23 - 53 | 29 - 59 | 35 - 65 | 44 - 74 | 55 - 85 | 80 - 100 | ... | 100 |
| N°8(2,36mm) | 10 - 36 | 15 - 41 | 19 - 45 | 23 - 49 | 28 - 58 | 32 - 67 | 65 - 100 | ... | 95 - 100 |
| N°16(1,18mm) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 40 - 80 | ... | 85 - 100 |
| N°30(600µm) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 35 - 65 | ... | 70 - 95 |
| N°50(300µm) | 3 - 15 | 4 - 16 | 5 - 17 | 5 - 19 | 5 - 21 | 7 - 23 | 7 - 40 | ... | 45 - 75 |
| N°100(150µm) | ... | ... | ... | ... | ... | ... | 3 - 20 | ... | 20 - 40 |
| N°200 (75µm) | 0 - 5 | 0 - 6 | 1 - 7 | 2 - 8 | 2 - 10 | 2 - 10 | 2 - 10 | ... | 9 - 20 |

Tabla 4. Gradaciones para mezclas cerradas. Norma ASTM D 3515.

1.5.4. Cemento asfáltico

Lo establecido en la EG-2013 muestra los requisitos que tiene que cumplir el cemento asfáltico, estos serán basados en el clima y temperatura de la zona. Véase la Tabla 5.[14]

| <i>Temperatura Media Anual</i> | | | |
|--------------------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| <i>24°C o más</i> | <i>24°C - 15°C</i> | <i>15°C - 5°C</i> | <i>Menos de 5°C</i> |
| 40-50 ó | | 85-100 | |
| 60-70 ó | 60-70 | 120-150 | Asfalto Modificado |
| modificado | | | |

Tabla 5. Selección del tipo de cemento asfáltico. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

1.6.Requisitos de mezcla asfáltica en caliente

Las MAC's tienen que cumplir con los requerimientos necesarios para cumplir con las características de calidad para mezclas de concreto bituminoso indicadas en la EG-2013. Estas características se especifican en las Tablas 6, 7 y 8. [14]

| <i>Parámetro de Diseño</i> | <i>Clase de Mezcla</i> | | |
|--|------------------------|---------------------|---------------------|
| | <i>A</i> | <i>B</i> | <i>C</i> |
| Marshall MTC E 504 | | | |
| 1. Compactación, numero de golpes por lado | 75 | 50 | 35 |
| 2. Estabilidad (mínimo) | 8,15 kN (831 kg) | 5,44 kN (555 kg) | 4,53 kN (462 kg) |
| 3. Flujo 0,01 (0,25 mm) | 8-14 | 8-16 | 8-20 |
| 4. Porcentaje de vacíos con aire (MTC E 505) | 3-5 | 3-5 | 3-5 |
| 5. Vacíos en el agregado mineral | Ver Tabla 2.15 | | |
| Inmersión - Compresión (MTC E 518) | | | |
| 1. Resistencia a la compresión Mpa min. | 2,1 | 2,1 | 1,4 |
| 2. Resistencia retenida % (min) | 75 | 75 | 75 |
| Relación Polvo – Asfalto (2) | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 | 0,6-1,3 |
| Relación Estabilidad/Flujo (kg/cm) (3) | 1.700-4.000 | | |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283 | 80 min. | | |

Tabla 6. Requisitos para mezcla de concreto bituminoso. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

| <i>Ensayos</i> | <i>Norma</i> | <i>Requerimiento</i> | |
|---|--------------|----------------------|--------------|
| | | ≤ 3.000 | $> 3.000(*)$ |
| Adherencia (Agregado grueso) | MTC E 517 | +95 | - |
| Adherencia (Agregado fino) | MTC E 220 | 4 min. (**) | - |
| Adherencia (mezcla) | MTC E 521 | - | +95 |
| Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta | AASHTO T 283 | - | 80 min. |

Tabla 7. Requisitos de adherencia. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

| <i>Tamiz</i> | <i>Vacíos mínimos en agregado mineral %</i> |
|------------------|---|
| | <i>Marshall</i> |
| 2,36 mm (N° 8) | 21 |
| 4,75 mm (N° 4) | 18 |
| 9,50 mm (3/8") | 16 |
| 12,5 mm (1/2") | 15 |
| 19,0 mm (3/4") | 14 |
| 25,0 mm (1") | 13 |
| 37,5 mm (1 1/2") | 12 |
| 50,0 mm (2") | 11,5 |

Tabla 8. Vacíos mínimos en el agregado mineral. Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2013.

1.7. Ensayos físicos y mecánicos de los agregados pétreos que conforman una MAC

Realizados a materiales pétreos empleados como Piedra 3/4 y Arena.

1.7.1. Análisis granulométrico de los Agregados Pétreos (Norma AASHTO T 27) (MTC E 204).

El objetivo del análisis granulométrico es obtener la clasificación de tamaños de los agregados atrapados en los tamices, clasificándolas en diferentes rangos para cada tipo de agregado en la mezcla asfáltica. Este análisis se realiza en seco. [15]

a) Agregado Grueso

Porción del material que pasa el tamiz 4.74 (N°4).

b) Agregado Fino

Material que pasa a través del tamiz con abertura nominal de 4.75 mm (N°4) del y se retiene en el tamiz con abertura nominal de 75 micrones (N°200).

Los agregados deben cumplir con ciertos requisitos:

- Estar limpios
- Ser duraderos

- Estar libres de materia vegetal
- Granulometría adecuada para el uso previsto en el pavimento.

1.7.2. Abrasión por medio de la Máquina de los Ángeles (Norma ASTM C 131) (MTC E 207).

El ensayo calcula la proporción de desgaste de los agregados gruesos mediante la acción abrasiva de esferas de acero en la Máquina de los Ángeles. [15]

| DIAMETRO | | | | MÉTODO | | | |
|--------------------------|-------|-------------------|-------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| PASA EL TAMIZ | | RETENIDO EN TAMIZ | | A | B | C | D |
| N° | mm | N° | mm | CANTIDAD DE MATERIAL A USAR | | | |
| 1 1/2 | 37.5 | 1 | 25.00 | 1250 ± 25 | | | |
| 1 | 25.00 | 3/4 | 19.00 | 1250 ± 25 | | | |
| 3/4 | 19.00 | 1/2 | 12.5 | 1250 ± 10 | 1250 ± 10 | | |
| 1/2 | 12.5 | 3/8 | 9.50 | 1250 ± 10 | 1250 ± 10 | | |
| 3/8 | 9.5 | 1/4 | 6.25 | | | 1250 ± 10 | |
| 1/4 | 6.25 | N°4 | 4.76 | | | 1250 ± 10 | |
| N°4 | 4.76 | N°8 | 2.38 | | | | 5000 ± 10 |
| Peso Total | | | | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 | 5000 ± 10 |
| Número de esferas | | | | 12 | 11 | 8 | 6 |
| Número de revoluciones | | | | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Tiempo de Rotación "min" | | | | 15 | 15 | 15 | 15 |

Tabla 9. Cantidad de material a usar para el ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles. ASTM C 131.

Cálculos:

El porcentaje de desgaste del material se calcula por la siguiente expresión:

$$\%Desgaste = \frac{W_{inicial} - W_{final}}{W_{inicial}} * 100$$

Donde:

Winicial= Peso antes del ensayo

Wfinal= Peso después del ensayo

1.7.3. Determinación de Partículas Planas y Alargadas en Agregados Gruesos (Norma ASTM D 4791-99).

Se analiza las partículas según el porcentaje que tienen forma plana o alargada dentro del agregado grueso. Se identifica como partículas planas o alargadas cuando la relación entre anchura y espesor, o longitud y anchura, sobre pasa los valores establecidos.[16]

| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO |
|--------------------------|------|--|
| in | mm | kg |
| 2 1/2 | 63 | 35 |
| 2 | 50 | 20 |
| 1.5 | 37.5 | 15 |
| 1 | 25 | 10 |
| 0.75 | 19 | 5 |
| 0.5 | 12.5 | 2 |
| 3/8 | 9.5 | 1 |

Tabla 10. Cantidad de masa a usar para el ensayo de partículas planas y alargadas en agregados. ASTM D 4791.

1.7.4. Angularidad del Agregado Grueso o Porcentajes de Caras Fracturadas (Norma ASTM D 5821) (MTC E 210).

Este ensayo determina el porcentaje de caras fracturadas en el agregado grueso, mejorando la adherencia entre los agregados y aumentando los coeficientes superficiales generados por procesos de trituración.[15]

| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL | | MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO |
|--------------------------|------|--|
| in | mm | gr |
| 2 1/2 | 63 | 30000 |
| 2 | 50 | 15000 |
| 1 1/2 | 37.5 | 7500 |
| 1 | 25 | 3000 |
| 3/4 | 19 | 1500 |
| 1/2 | 12.5 | 500 |
| 3/8 | 9.5 | 200 |

Tabla 11. Cantidad de masa a usar para el ensayo de porcentajes de caras fracturadas. ASTM D 5821 – 01.

1.7.5. Contenido de Sales Solubles en agregados (Norma NTP 33.9152) (USBR E-8).

El propósito es identificar que los agregados pétreos, utilizados en la preparación de mezclas bituminosas, en agua sean solubles. Básicamente, se requiere el nivel de cloruros y sulfatos. Este procedimiento se emplea para llevar a cabo inspecciones

en el lugar de trabajo, ya que permite una rápida detección y medición de la presencia de sales.[17]

1.7.6. Ensayo de Determinación de Durabilidad de los Agregados. (Norma ASTM C 88) (NTP 400.16).

Este procedimiento se desarrolla para evaluar, mediante el uso de soluciones saturadas como sulfato de sodio, el nivel de descomposición de los áridos gruesos y finos expuestos a las condiciones atmosféricas prevalecientes.[18]

Soluciones Necesarias.

Para llevar a cabo esta tesis, se empleó una solución de sulfato de magnesio. Para obtener la concentración necesaria de esta solución, se aconseja preparar al menos 1400 gramos de sulfato de sodio por litro de agua. Asimismo, se utilizó una solución de cloruro, para la cual se recomienda preparar 100 gramos por cada dos litros de agua destilada.[18]

| PASANTE DEL TAMIZ | RETENIDO EN EL TAMIZ |
|-------------------|----------------------|
| 0.60 mm (N° 30) | 0.30 mm (N° 50) |
| 1.18 mm (N° 16) | 0.60 mm (N° 30) |
| 2.26 mm (N° 8) | 1.18 mm (N° 16) |
| 4.75 mm (N° 4) | 2.26 mm (N° 8) |
| 9.50 mm (N° 3/8") | 4.75 mm (N° 4) |

Tabla 12. Abertura de tamices a utilizar para el ensayo de durabilidad de los agregados. ASTM C 88.

- Agregado Grueso.

La muestra a ser utilizada deberá lavarse y secarse previamente. Este agregado se estará integrado por materiales retenidos en el tamiz número 4, y la cantidad de muestra debe ajustarse según el tamaño indicado en una tabla específica. [18]

| FRACCIÓN | TAMAÑO (Tamices con abertura cuadrada) | | | | MASA gr |
|----------|--|-----|--------------------------|-------|-------------|
| | PASANTE | | RETENIDO | | |
| | mm | in | mm | in | |
| 1 | 9.50 | 3/8 | 4.75 | N°4 | 300 ± 5 |
| | 19.00 | ¾ | 9.50 | 3/8 | 1000 ± 10 |
| 2 | material consistente de: | | material consistente de: | | |
| | 12.50 | ½ | 9.50 | 3/8 | 330 ± 5 |
| | 19.00 | ¾ | 12.50 | 1/2 | 670 ± 10 |
| | 37.50 | 1 ½ | 19.00 | 3/4 | 1500 ± 50 |
| 3 | material consistente de: | | material consistente de: | | |
| | 25.00 | 1 | 19.00 | 3/4 | 500 ± 30 |
| | 37.50 | 1 ½ | 25.00 | 1 | 1000 ± 50 |
| | 63.00 | 2 ½ | 37.50 | 1 1/2 | 5000 ± 300 |
| 4 | material consistente de: | | material consistente de: | | |
| | 50.00 | 2 | 37.50 | 1 1/2 | 2000 ± 200 |
| | 63.00 | 2 ½ | 50.00 | 2 | 3000 ± 300 |
| | 75.00 | 3 | 63.00 | 2 1/2 | 7000 ± 1000 |
| | 90.00 | 3 ½ | 75.00 | 3 | 7000 ± 1000 |
| | 100.00 | 4 | 90.00 | 3 1/2 | 7000 ± 1000 |
| 5 | material consistente de: | | material consistente de: | | |
| | 75.00 | 3 | 63.00 | 2 1/2 | 7000 ± 1000 |
| | 90.00 | 3 ½ | 75.00 | 3 | 7000 ± 1000 |
| | 100.00 | 4 | 90.00 | 3 1/2 | 7000 ± 1000 |

Tabla 13. Cantidad de masa a utilizar en el ensayo de durabilidad de los agregados según su fracción. ASTM C 88.

- ✓ Se pesan y separan en recipientes distintos las muestras de cada fracción del agregado fino y grueso. Estas muestras se sumergen en una solución preparada durante un lapso de tiempo entre 16 y 18 horas, con el nivel de la solución mantenido aproximadamente a 12.5 mm (½ pulgada) por encima de las muestras.
- ✓ Una vez que la muestra ha alcanzado la masa constante, se deja enfriar antes de volver a sumergirla en la solución. Este proceso de inmersión se repite cinco veces, aplicando el mismo procedimiento descrito anteriormente en cada ocasión. [18]

| TAMAÑO DEL AGREGADO | TAMIZ EMPLEADO PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA |
|-------------------------------|---|
| 63 mm – 37.5 mm (2 ½" – 1 ½") | 31.5 mm (1 ¼") |
| 37.5 mm – 19 mm (1 ½" – ¾") | 16 mm (5/8") |
| 19 mm – 9.5 mm (¾" – 3/8") | 8 mm (5/16") |
| 9.5 mm – 4.75 mm (3/8" – N°4) | 4 mm (N°5) |

Tabla 14. Abertura de tamices para determinar pérdida del material. ASTM C 88.

Se realiza el cálculo respectivo expresado en porcentaje para cada una de las muestras retenidas en los tamices, se pesa de acuerdo a los tamices seleccionados.

Cálculo

$$\%Pérdida_{Total} = \frac{W_{antes} - W_{despues}}{W_{antes}} * 100$$

1.7.7. Determinación de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (Norma ASTM C 127) (NTP 400.021).

Es un método de prueba y se utiliza para calcular la gravedad específica, la saturación superficial seca, la aparente y la absorción de partículas de agregado grueso.[19]

1.7.8. Determinación de Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino (Norma ASTM C 128) (NTP 400.022).

Este procedimiento describe la metodología para calcular la densidad saturada superficialmente seca, la densidad aparente, densidad específica y la absorción de los materiales finos del agregado.[20]

1.7.9. Determinación del Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad de los Suelos (Norma NTP 399.131).

Este procedimiento evalúa la cohesión de suelos y agregados finos que pasan a través de los tamices de 0,425 y 0,075 mm (N°40 y N°200 según la normativa NEVI-12), se tiene en cuenta los múltiples niveles de humedad.

- **Límite Líquido (LL):** Representa el contenido de humedad del suelo después de 25 golpes en la copa de Casagrande.
- **Límite Plástico:** Es el nivel de humedad en el que, al realizar los rollos para evaluar su plasticidad, el material comienza a desmoronarse.
- **Índice de Plasticidad (IP):** Indica, entre el límite líquido y el límite plástico, la diferencia. El índice de plasticidad se clasifica como no plástico al no ser posible diagnosticar estos límites.

1.7.10. El ensayo de equivalente-arena (NTP 339.146)

La finalidad es establecer la proporción de polvo fino perjudicial o material arcilloso destacable en los suelos, agregado fino. [21]

Cálculo:

$$\text{Equivalente de Arena} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} * 100$$

| Tráfico de Ejes Equivalentes (millones) | Porcentaje de Equivalente Arena (mínimo) |
|---|--|
| ≤ 3 | 45 |
| > 3 - 30 | 50 |
| > 30 | 55 |

Tabla 15. Requerimiento del equivalente de arena. Ministerio de transporte y Comunicaciones 2013.

1.8. Ensayos realizados para el relleno mineral

1.8.1. Índice de Plasticidad (MALLA N°200) ASTM D 4318, AASHTO T 90, 89 (MTC E 111 y MTC E 100 – 2000). [15]

Equipos de laboratorio, límite plástico.

1. Espátula de unos 75 – 100 mm de longitud por 20 mm de ancho.
2. Recipiente para almacenaje de 115 mm de diámetro.
3. Balanza 600 gr x 0.01 gr.
4. Horno a 110 ± 5 °C
5. Tamiz (N° 40)
6. Agua destilada.
7. Recipiente adecuado para la determinación de humedades.
8. Superficie de rodadura.

1.9. Ensayo para las MAC's

1.9.1. Para determinar propiedades físicas y mecánicas

Para obtener una mezcla asfáltica óptima, es esencial evaluar tanto los agregados individuales como sus combinaciones con el ligante y el filler. En adelante, se describen los ensayos más comunes para las mezclas asfálticas destinadas a

pavimentos, con referencia a los procedimientos normalizados. Las muestras se deben enfriar a temperatura ambiente y, generalmente, se prueban al día siguiente.[22]

1.9.1.1. Ensayo de estabilidad y fluencia Marshall (ASTM D 1559).

El diseño de la mezcla comienza identificando las características deseadas (estabilidad, durabilidad, manejabilidad, resistencia al deslizamiento, etc.). Luego, se seleccionan los tipos de agregado y asfalto compatibles que puedan lograr estas características. Una vez definido esto, se preparan los ensayos necesarios. [23]

a) Preparación del agregado

Se debe conocer previamente las propiedades del cemento asfáltico a utilizar para especificar las temperaturas adecuadas de mezclado y compactación en el laboratorio. Los pasos iniciales incluyen el secado del agregado, la determinación de su densidad y un análisis granulométrico mediante lavado. [15]

b) Preparación de las muestras (briquetas) de ensayo

Para la mezcla de pavimentación final se elaboran múltiples muestras de prueba, variando ligeramente la cantidad de asfalto. Este rango de contenido de asfalto se basa en experiencias previas con los agregados utilizados. Las proporciones de agregado en las mezclas se determinan a partir del análisis granulométrico. Las muestras se preparan como sigue: [15]

1. Se calientan la mezcla de agregado y asfalto hasta cubrir completamente todas las partículas, replicando los procedimientos de planta.
2. Las MAC's se colocan en moldes Marshall para compactación usando el martillo Marshall.
3. Las briquetas son compactadas al ser golpeadas con el martillo Marshall. Varía el número de golpes (35, 50 o 75) según el nivel de tráfico para el cual se diseña la mezcla. Para cada cara de la briqueta se realiza el mismo proceso de compactación con golpes. Luego, las probetas se enfrían y se extraen de los moldes.

c) Procedimiento de ensayo Marshall

El método Marshall incluye tres procedimientos: determinación del peso específico total, medición de la estabilidad Marshall y análisis de densidad y vacíos de las muestras. [15]

- **Determinación del peso específico-total**

Una vez enfriadas las muestras compactadas, se determina su peso específico total siguiendo la norma AASHTO T 166.

- **Ensayo de estabilidad y fluencia**

Evalúa la capacidad de la mezcla para resistir deformaciones y cuantifica la deformación bajo carga

1. Las muestras se sumergen en un baño de agua a 60°C (140°F), temperatura que representa el máximo expuesto en pavimentos en servicio.
2. Se secan rápidamente y se colocan en el dispositivo Marshall, que aplica carga y mide la deformación.
3. Se aplica carga a una velocidad constante hasta la falla, registrada como estabilidad Marshall y la fluencia como deformación medida.

- **Valor de estabilidad Marshall**

Este valor representa la carga máxima que la muestra soporta antes de ceder, indicando la resistencia a la deformación.

- **Valor de fluencia Marshall**

La fluencia se mide en centésimas de pulgada, reflejando la deformación vertical de la muestra.

- **Análisis de densidad y vacíos**

Una vez culminado los ensayos de estabilidad y fluencia, se calcula el porcentaje de vacíos comparando el peso específico total con el teórico de la mezcla sin vacíos (obtenido por el ensayo AASHTO T 2091 o calculando los pesos específicos del asfalto y el agregado). Las muestras se pesan en agua y aire para determinar su peso específico total.

1.9.1.2. Ensayo de Gravedad Específica Teórica Máxima-Rice (ASTM D 2041).

Para establecer las características volumétricas de una MAC, se calcula su Gravedad Específica Teórica Máxima. Esto se realiza mediante una bomba de vacío sobre una muestra suelta, pesada previamente y colocada en una olla de

vacío a 25°C. La bomba funciona durante 15 minutos, tras lo cual la muestra se pesa con la olla llena de agua a una temperatura de igual condición. [24]

Se emplea la siguiente fórmula para calcularla:

$$G_{mm} = \frac{A}{A + B - C}$$

Donde:

A= masas de la muestra seca, gr.

B = masa del picnómetro con agua a 25°C, gr.

C = masa del picnómetro con agua y muestra a 25°C, gr.

1.9.2. Para determinar la durabilidad

Para investigar el desgaste de la mezcla asfáltica, se emplean métodos frente a variaciones de temperatura y exposición al agua.

1.9.2.1. Ensayo de Pérdida de desgaste – Cántabro MTC E 515

Ensayo que evalúa, frente a efectos abrasivos y succión por tráfico vehicular, la cohesión y resistencia a la desintegración de la mezcla. Además, se preparan muestras siguiendo la metodología Marshall y se examina el impacto de la temperatura y el agua en la cohesión de la mezcla.[15]

1.9.2.2. Ensayo de Susceptibilidad a la Humedad - Lottman Modificado ASHTTO T 283

El ensayo de Lottman modificado evalúa la resistencia a la fatiga de las mezclas asfálticas, crucial para determinar su durabilidad y rendimiento bajo cargas repetidas, como las que experimentan las carreteras en servicio. La fatiga en las mezclas asfálticas puede llevar a la formación de grietas y fallas prematuras, lo que resulta en un deterioro significativo de la superficie de la carretera.

El ensayo de Lottman modificado simula las condiciones de carga y deformación cíclica que experimenta una MAC en servicio. Para este ensayo se necesita una muestra cilíndrica, la cual es sometida a cargas cíclicas hasta que se produce la falla por fatiga. La vida útil de esta se determina contando el número de ciclos hasta la falla.[25]

1.10. Relleno mineral o filler

El polvo mineral es la fracción del agregado que pasa por el tamiz #200, según el Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS). Puede ser un producto comercial como cemento, cenizas volantes o un polvo calizo especialmente preparado. Este material mejora la cohesión y fortalece las propiedades mecánicas del asfalto.[10]

1.10.1. Características del filler

Las características del filler más interesantes son:

a) Finura.

El polvo mineral reduce el volumen de vacíos en la mezcla al ocupar los espacios vacíos en la estructura granular compactada.

b) Modificación del comportamiento reológico.

La resistencia a la deformación se ve incrementada en la mezcla sin cambiar la viscosidad del ligante, mejorando la resistencia al corte.

c) Acción estabilizante frente al agua.

La durabilidad de la mezcla mejora ante el agua al reducir la porosidad y mejorar la afinidad del ligante con el asfalto, dependiendo del relleno y su composición química, también de la forma y tamaño de partículas.

d) Procedencia del polvo mineral

El polvo mineral puede obtenerse de los agregados o añadirse por separado como un producto comercial. Debe cumplir con las normativas en cuanto a cantidad y características para lograr una mezcla óptima.[8]

1.10.2. Interacción filler – asfalto

La matriz de asfalto se ve afectada por las partículas de filler a través de la absorción de una película de asfalto para recubrirlas y la influencia en un adicional, de asfalto no absorbido, de volumen. [8]

1.10.3. Tipos de filler

Según las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013, se pueden usar diversos materiales como filler, tales como cemento Portland, polvo de escoria y cal hidratada. [14]

Los usados mayormente son:

a. Cal Hidratada

Obtenida a partir de un tratamiento de la cal viva con agua, resultando en hidróxido de calcio. Es preferida por ser menos riesgosa en su manejo y uso.

b. Cemento Portland

Tipo de cemento que, al mezclarse con áridos, agua y fibras de acero, forma hormigón. Empleado ampliamente en la construcción y es valorado por sus propiedades de unión y durabilidad. [12]

1.10.4. Vidrio primario pulverizado como filler o relleno mineral

1.10.4.1. Vidrio primario

El vidrio es un material conocido por su facilidad de mantenimiento. Los envases de vidrio son completamente reciclables, lo que significa que se pueden utilizar para fabricar nuevos envases con las mismas características a partir de envases usados. Además, los envases de vidrio permiten que estas operaciones de reciclaje se realicen según las necesidades. [27]

El vidrio es un material resistente, generalmente transparente, que es duro y quebradizo. También es resistente al agua, la luz y los productos químicos. Se forma a partir de la solidificación de aleaciones relativamente complejas de silicatos y, a veces, boratos. Después de solidificarse, la masa del vidrio permanece amorfa y pasa por varios estados intermedios, desde muy líquida a unos 1000 °C hasta más espesa o viscosa a unos 400 °C. Estos últimos estados pueden adquirir diferentes formas mediante diversos procesos.

Las materias primas utilizadas principalmente en la fabricación de vidrio son aproximadamente un 70% de cuarzo (arena), un 20% de álcali (soda cáustica o potasa) y un 10% de caliza o creta. Se pueden agregar diversos aditivos como bórax, óxido de aluminio, ácido fosfórico, sales y compuestos de plomo.[26]

1.10.4.2. Características y Propiedades del vidrio

El principal desafío al analizar las características de los vidrios radica en que no poseen una composición ni estructura uniforme, lo que resulta en una variabilidad significativa de sus propiedades entre diferentes tipos de vidrio. Las propiedades mencionadas a continuación son valores teóricos, ya que las características del vidrio están fuertemente influenciadas por el estado de su superficie. La presencia de imperfecciones, como átomos distintos (impurezas) o irregularidades en la estructura cristalina (defectos), puede modificar las propiedades macroscópicas del vidrio, tales como su resistencia mecánica, resistencia al agua y a los ácidos. [26]

| Características y Propiedades del Vidrio | Descripción |
|--|--|
| Transparencia | El vidrio es generalmente transparente, lo que permite la transmisión de la luz. |
| Dureza | Es relativamente duro pero puede rayarse con facilidad. |
| Fragilidad | A pesar de su dureza, el vidrio es quebradizo y tiende a fracturarse en fragmentos afilados cuando se rompe. |
| Resistencia al Agua | Es impermeable al agua y no se ve afectado por la humedad. |
| Resistencia a la Corrosión Química | El vidrio es resistente a la mayoría de los productos químicos. |
| Aislamiento Térmico y Acústico | Puede proporcionar un buen aislamiento térmico y acústico, dependiendo de su espesor y tipo. |
| Reciclabilidad | Es completamente reciclable y puede ser fundido y reutilizado sin perder sus propiedades. |
| Estabilidad Dimensional | Mantiene su forma y tamaño con el tiempo, incluso cuando está expuesto a cambios de temperatura. |

Tabla 16. Cuadro de características y propiedades del vidrio.

Materiales y métodos

1. Tipo y Nivel de investigación

- Según el fin, es aplicativa debido a que se ocupan los conocimientos implantados al investigador durante su formación universitaria. [27]
- De acuerdo con los datos establecidos es cuantitativa ya que la variable independiente aportará estadísticamente a la investigación. [27]

Nivel: Explicativa.

- Investigación donde existe un balance entre la causa y el efecto. Se necesita demostrar la hipótesis y llegar a conocer el aporte como resultado a partir de una modificación. [27]

2. Diseño de investigación

Por la metodología es una investigación experimental porque se realizaron ensayos en laboratorio de manera que la variable independiente cumpla el rol por el cual es integrado a la investigación. [27]

3. Hipótesis

La adición del vidrio pulverizado como filler mejora las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente.

4. Población, muestra y muestreo

Se realizaron 172 briquetas de mezcla asfáltica en caliente de forma cilíndrica.

4.1.Muestra

Se considera como muestra de la investigación a las briquetas elaboradas por cada porcentaje de adición de vidrio primario pulverizado, haciendo un total de 172 especímenes.

| TIPO DE MEZCLA | NÚMERO DE BRIQUETAS POR CANTIDAD DE CEMENTO ASFÁLTICO | | | | |
|---------------------|---|------|----|------|----|
| | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6% |
| ASFÁLTICA | | | | | |
| MAC CONVENCIONAL | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 2% DE CEMENTO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 3% DE CEMENTO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 4% DE CEMENTO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 5% DE CEMENTO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Tabla 17. Número de briquetas de MAC con filler cemento.

| TIPO DE MEZCLA | NÚMERO DE BRIQUETAS POR CANTIDAD DE CEMENTO ASFÁLTICO | | | | |
|--------------------|---|------|----|------|----|
| | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6% |
| ASFÁLTICA | | | | | |
| MAC + 1% DE VIDRIO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 2% DE VIDRIO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 3% DE VIDRIO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 4% DE VIDRIO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| MAC + 5% DE VIDRIO | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

Tabla 18. Número de briquetas de MAC con filler vidrio.

| ENSAYO CON MAC MODIFICADA | NÚMERO DE BRIQUETAS |
|---------------------------|---------------------|
| CANTABRO | 8 |
| LOTTMAN MODIFICADA | 12 |

Tabla 19. Número de briquetas de MAC con óptimo porcentaje de filler.

4.2. Muestreo

El método de selección de la muestra es no probabilístico porque la selección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación. Según el MTC E 504 y MTC E 515, las briquetas de mezcla asfáltica en caliente tendrán forma cilíndrica, con diámetro de 102 mm (4”) y una altura de 64 mm (2.5”).[27]

5. Operacionalización de variables

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | INDICADOR | UNIDAD DE MEDIDA | RANGO DE APLICACIÓN | MÉTODO DE MEDICIÓN |
|-------------------------------|------------------|-----------|------------------|------------------------|--------------------|
| Adición de vidrio pulverizado | Independiente | Cantidad | Porcentaje (%) | 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5% | Balanza |

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADOR | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO DE MEDICIÓN |
|---|------------------|-------------|-----------------------------|------------------|---|
| Propiedades físico-mecánicas y la durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente | Dependiente | Físicas | Cotenido de asfalto | Porcentaje (%) | Balanza MTC E 502 |
| | | | Gavedad Específica | Porcentaje (%) | Ensayo Rice ASSHTO T 209/ASTM D-2041 |
| | | Mecánicas | Estabilidad | kg | Ensayo de Marshall |
| | | | Flujo | mm | ASTDM D 1559/MTC E 504 |
| | | Durabilidad | Suseptibilidad a la humedad | Porcentaje (%) | Ensayo de Lottman Modificado AASHTO T283 |
| | | | Perdida de desgaste | Porcentaje (%) | Ensayo de Cántabro MTC E 515 |

| VARIABLE | TIPO DE VARIABLE | DIMENSIONES | INDICADOR | UNIDAD DE MEDIDA | MÉTODO DE MEDICIÓN |
|----------------------|------------------|-------------|------------------|------------------|--------------------|
| Tipo de PEN y Filler | Interviniente | PEN | Pen 60/70 | Porcentaje (%) | Balanza |
| | | Filler | Filler natural | Porcentaje (%) | Balanza |
| | | | Filler de vidrio | Porcentaje (%) | Balanza |

Tabla 20. Operacionalización de Variables.

6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

6.1. Técnicas

Se aplica la observación experimental como técnica de recopilación de datos porque es deliberada y selectiva para comprender lo que se está estudiando y permite al

investigador desenvolverse de manera que emplee la variable independiente para obtener datos controlados.[27]

6.2.Instrumentos

- a) Ficha de observación: se usarán fichas para anotar y organizar la información recopilada durante el desarrollo de la investigación.[27]
- b) Instrumentación de laboratorio: equipos y herramientas destinados a llevar a cabo investigaciones, experimentos, prácticas y proyectos de índole científica, tecnológica o técnica necesarios para llevar a cabo este estudio en el medio del área de la tecnología de materiales. [27]
- c) Fichas de ensayo: estas fichas contienen los detalles informativos obtenidos en el laboratorio por medio de los ensayos realizados. [27]
- d) Equipos de registro y procesamiento de datos: se refiere a dispositivos como cámaras fotográficas, ordenadores, calculadoras, entre otros, utilizados para capturar y procesar de manera adecuada los datos obtenidos durante la investigación.[27]

7. Metodología

La metodología de diseño utilizada se basa en la sección MTC E 504 del Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2016). Esta sección describe el procedimiento para evaluar la resistencia de las mezclas bituminosas utilizando el Aparato Marshall, lo que permite obtener los parámetros necesarios para determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla. Para la mezcla convencional, se prepararon diversas muestras con cinco niveles de contenido de asfalto (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, y 6%) y se varió el porcentaje de filler entre 1% y 5%.

Fases realizadas para el desarrollo de la investigación

En esta primera fase, se preparó una mezcla asfáltica convencional. Se realizaron pruebas preliminares en los componentes necesarios: piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ", arena, cemento, y PEN 60/70. Estas pruebas ayudaron a determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico en términos de porcentaje. Los materiales se obtuvieron de las canteras Tres Tomas y Pátapo en el Departamento de Lambayeque. Todas las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo.

7.1.Los ensayos realizados a los agregados

7.1.1. Agregado grueso

- Ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles ASTM C-131, MTC E 207.
- Gravedad específica y absorción del agregado grueso, ASTM C-127, MTC E 206.
- Porcentaje De Caras Fracturadas ASTM D-5821 y MTC E 210.
- Determinación De Partículas Chatas Y Alargadas ASTM D-4791-99.
- Contenido de sales solubles en el agregado grueso NTP 339.152, USBR E-8
- Ensayo De Durabilidad ASTM C-88, NTP 400.016.

7.1.2. Agregado fino

- Análisis Granulométrico de Agregado Fino AASHTO T-27, MTC E 107.
- Ensayo De Equivalente De Arena NTP 339.146.
- Gravedad Específica En Agregados Finos, ASTM C-128
- Índice De Plasticidad NTP 339.131.
- Contenido De Sales Solubles en agregado fino NTP 339.152, USBR E-8
- Ensayo De Durabilidad ASTM C-88, NTP 400.016

7.1.3. Relleno mineral o filler

- Índice De Plasticidad (MALLA N°200) ASTM D 4318, AASHTO T 90, 89 (MTC E 111 y MTC E 100 – 2000).

DISEÑO PARA REALIZAR LAS BRIQUETAS:

| DISEÑO PATRÓN | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% | 6% |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| GRAVA (43%) | 612.75 g | 609.50 g | 606.30 g | 603.10 g | 599.90 g |
| ARENA (57%) | 812.25 g | 808.00 g | 803.70 g | 799.40 g | 795.20 g |
| PEN | 60.00 g | 67.50 g | 75.00 g | 82.50 g | 90.00 g |
| FILLER (1%) | 15.00 g | 15.00 g | 15.00 g | 15.00 g | 15.00 g |
| DISEÑO CON 2% | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% | 6% |
| GRAVA (43%) | 606.30 g | 603.10 g | 599.85 g | 596.60 g | 593.40 g |
| ARENA (57%) | 803.70 g | 799.40 g | 795.20 g | 790.90 g | 786.60 g |
| PEN | 60.00 g | 67.50 g | 75.00 g | 82.50 g | 90.00 g |
| FILLER (2%) | 30.00 g | 30.00 g | 30.00 g | 30.00 g | 30.00 g |
| DISEÑO CON 3% | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% | 6% |
| GRAVA (43%) | 599.85 g | 596.60 g | 593.40 g | 590.20 g | 586.95 g |
| ARENA (57%) | 795.20 g | 790.90 g | 786.60 g | 782.30 g | 778.05 g |
| PEN | 60.00 g | 67.50 g | 75.00 g | 82.50 g | 90.00 g |
| FILLER (3%) | 45.00 g | 45.00 g | 45.00 g | 45.00 g | 45.00 g |
| DISEÑO CON 4% | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% | 6% |
| GRAVA (43%) | 593.40 g | 590.20 g | 586.95 g | 583.70 g | 580.50 g |
| ARENA (57%) | 786.60 g | 782.30 g | 778.05 g | 773.80 g | 769.50 g |
| PEN | 60.00 g | 67.50 g | 75.00 g | 82.50 g | 90.00 g |
| FILLER (4%) | 60.00 g | 60.00 g | 60.00 g | 60.00 g | 60.00 g |
| DISEÑO CON 5% | 4% | 4.50% | 5% | 5.50% | 6% |
| GRAVA (43%) | 586.95 g | 583.70 g | 580.50 g | 577.30 g | 574.05 g |
| ARENA (57%) | 778.05 g | 773.80 g | 769.50 g | 765.20 g | 760.95 g |
| PEN | 60.00 g | 67.50 g | 75.00 g | 82.50 g | 90.00 g |
| FILLER (5%) | 75.00 g | 75.00 g | 75.00 g | 75.00 g | 75.00 g |

Tabla 21. Diseño para la muestra patrón y modificada de MAC.

De esta manera obtenemos nuestra muestra patrón con 4 %, 4.5%, 5%, 5.5% y 6% de cemento asfáltico y nuestra muestra modificada con los porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% y 5% de vidrio primario pulverizado.

7.2.Los ensayos realizados para la mezcla asfáltica convencional

- Ensayo de estabilidad y fluencia - Marshall ASTM D 1559 (MTC E 504)
- Ensayo de gravedad específica - Rice ASTM D 2041

7.3.Los ensayos realizados a la MAC convencional de porcentaje óptimo de cemento asfáltico

- Ensayo de Pérdida de desgaste – Cántabro MTC E 515
- Ensayo de Susceptibilidad a la Humedad - Lottman Modificado ASHTTO T 283

En la segunda fase del proceso, el polvo de vidrio primario se obtuvo pulverizando vidrio mediante la Máquina de Los Ángeles, usando un número específico de revoluciones durante aproximadamente 30 minutos (ver Anexo 66). Luego, el polvo se tamizó a través del Tamiz #200 (ver Anexo 67). Con el polvo de vidrio obtenido, se prepararon briquetas sustituyendo el filler convencional por el polvo de vidrio. Se fabricaron 75 briquetas, variando el porcentaje de polvo de vidrio de 1% a 5%. Estas briquetas se sometieron a ensayos Marshall para determinar el porcentaje óptimo de cemento asfáltico y comparar la mezcla convencional con la modificada. La elaboración de las briquetas se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo, y los ensayos Marshall se llevaron a cabo en el laboratorio de "Ensayos de Materiales" en Chiclayo. Los resultados obtenidos se utilizaron para calcular el porcentaje óptimo de cemento asfáltico, que se empleó en los ensayos de Cantabro y Lottman Modificado.

7.4.Los ensayos realizados para la mezcla asfáltica utilizando como relleno mineral vidrio primario pulverizado

7.4.1. Ensayo de estabilidad y fluencia - Marshall ASTM D 1559 (MTC E 504)

7.4.2. Ensayo de gravedad específica - Rice ASTM D 2041

7.5.Los ensayos realizados a la MAC convencional de porcentaje óptimo de cemento asfáltico

7.5.1. Ensayo de Pérdida de desgaste – Cántabro MTC E 515

7.5.2. Ensayo de Susceptibilidad a la Humedad - Lottman Modificado ASHTTO T 283

Resultados y Discusión

1. Análisis térmico diferencial del vidrio

Se realizó el análisis térmico diferencial del vidrio primario calcinado a 920°C, identificando componentes como sílice (Si), calcio (Ca), y sodio (Na) en altos porcentajes, además de otros elementos en menores proporciones, vistos en la Tabla 22.

| COMPOSICION QUIMICA | RESULTADOS (%) | METODO UTILIZADO |
|--|----------------|--|
| DIOXIDO DE SILICIO (Si O ₂) | 43.14 | Espectrometría de fluorescencia de rayos x |
| OXIDO DE CALCIO (Ca O) | 17.23 | |
| CARBONATO SÓDICO (Na ₂ CO ₃) | 12.68 | |
| TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al ₂ O ₃) | 6.87 | |
| TRIOXIDO DE HIERRO (Fe ₂ O ₃) | 2.16 | |
| OXIDO DE POTASIO (K ₂ O) | 1.02 | |
| OXIDO DE MAGNESIO (Mg O) | 0.89 | |
| PENTOXIDO DE FOSFORO (P ₂ O ₅) | 0.43 | |
| OXIDO DE COBRE (Cu O) | 0.12 | |
| TRIOXIDO DE AZUFRE (SO ₃) | 0.019 | |
| OXIDO DE ZINC (Zn O) | <0.01 | |
| OXIDO DE MANGANESO (Mn O) | <0.01 | |
| PÉRDIDA POR QUEMADO | 15.44 | |

Tabla 22. Resultados de los componentes del vidrio primario por medio de un análisis térmico diferencial.

2. Granulometría

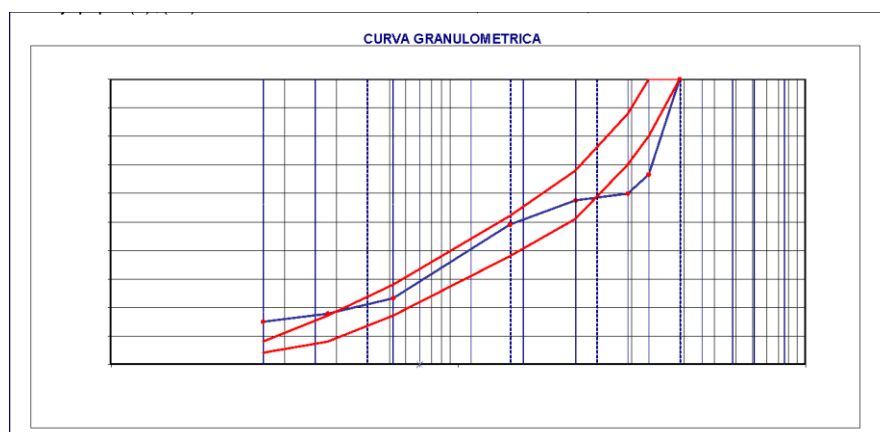


Gráfico 1. Curva granulométrica.

Se realizó un ensayo de granulometría por tamizado basado en el Manual de Ensayos de Materiales del MTC. Las curvas granulométricas obtenidas cumplen con los estándares para mezcla asfáltica en caliente según el diseño MAC-2.

3. Contenido de humedad

| | | | |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| A.- Peso de muestra húmeda | (gr.) | 9581 | 9581 |
| B.- Peso de muestra seca | (gr.) | 9546 | 9546 |
| C.- Peso de recipiente | (gr.) | 0.0 | 0 |
| D.- Contenido de humedad | (%) | 0.4 | 0.4 |
| E.- Contenido de humedad (promedio) | (%) | 0.37 | |

Tabla 23. Contenido de humedad del agregado grueso.

| | | | |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| A.- Peso de muestra húmeda | (gr.) | 5413 | 5413 |
| B.- Peso de muestra seca | (gr.) | 5349 | 5349 |
| C.- Peso de recipiente | (gr.) | 0.0 | 0 |
| D.- Contenido de humedad | (%) | 1.20 | 1.20 |
| E.- Contenido de humedad (promedio) | (%) | 1.20 | |

Tabla 24. Contenido de humedad del agregado fino.

En las tablas 23 y 24 se pueden observar los agregados gruesos y finos presentaron un contenido de humedad de 0.37% y 1.20% respectivamente, cumpliendo con la norma MTC E 215 del Manual de Ensayo de Materiales (2016).

4. Abrasión

| | | |
|----------------------------|---|-----|
| % de desgaste por abrasión | % | 7.6 |
| % de uniformidad | % | 0.6 |

Tabla 25. Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles.

La Tabla 25 evidencia los cálculos realizados para la resistencia a la degradación mediante la Máquina de Los Ángeles mostraron un resultado de 7.6% y un porcentaje de uniformidad de 0.6%, ambos dentro del rango permitido por el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG-2013.

5. Gravedad específica y absorción

| | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA | (g/cm ³) | 2.649 |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm ³) | 2.674 |
| C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE | (g/cm ³) | 2.715 |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN | (%) | 0.92 |

Tabla 26. Absorción del agregado grueso.

Cumpliendo con lo estipulado en el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción – EG-2013.

| | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECÍFICO DE MASA | (g/cm ³) | 2.528 |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm ³) | 2.550 |
| C.- PESO ESPECÍFICO APARENTE | (g/cm ³) | 2.584 |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN | (%) | 0.87 |

Tabla 27. Absorción del agregado fino.

La tabla 26 y 27 muestra los resultados para el peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso fueron 2649 g/m³ y 0.92%, mientras que para el agregado fino fueron 2528 g/m³ y 0.87%, cumpliendo con la norma MTC E 206 del Manual de Ensayo de Materiales (2016).

6. Porcentaje De Caras Fracturadas

| TAMIZ | | PESO MÍNIMO REQUERIDO | PESO MUESTRA A | PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA C = ((B/A)*100) | PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS E = C * D |
|--------|---------|-----------------------|----------------|--------------------------------------|--|--------------------------------------|---|
| PASA | RETIENE | | | | | | |
| 3" | 2 1/2" | 30000.0 g. | 0.0 | --- | --- | 0.0 % | --- |
| 2 1/2" | 2" | 15000.0 g. | 15124.0 | 11875.0 | 78.5 % | 15124.0 % | 11875.0 % |
| 2" | 1 1/2" | 7500.0 g. | 7535.0 | 7283.0 | 96.7 % | 7535.0 % | 7283.0 % |
| 1 1/2" | 1" | 3000.0 g. | 3134.0 | 2900.0 | 92.5 % | 3134.0 % | 2900.0 % |
| 1" | 3/4" | 1500.0 g. | 1535.0 | 929.8 | 60.6 % | 1535.0 % | 929.8 % |
| 3/4" | 1/2" | 500.0 g. | 576.0 | 383.7 | 66.6 % | 576.0 % | 383.7 % |
| 1/2" | 3/8" | 300.0 g. | 334.0 | 258.8 | 77.5 % | 334.0 % | 258.8 % |
| TOTAL | | 57800.0 g. | 28238.0 g. | 23630.3 g. | | 28238.0 % | 23630.3 % |

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 83.7%

Tabla 28. Resultado del análisis de caras fracturadas.

El porcentaje de caras fracturadas en los agregados fue de 83.7%, superando el 70% requerido según la Norma MTC E 210. Los resultados se observan en la Tabla 28.

7. Determinación De Partículas Chatas y Alargadas

| | | |
|--------------------------------------|-----|--------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | (g) | 1442.0 |
| PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS | (%) | 8.5 |

Tabla 29. Resultado del análisis de partículas chatas y alargadas.

La Tabla 29 detalla el porcentaje de partículas chatas y alargadas fue de 8.5%, cumpliendo con las normas ASTM D 4791 y MTC E 221.

8. Contenido de sales solubles en los agregados (MTC E 219 – 2000).

| | | |
|--|-----|------|
| Constituyentes de sales solubles totales | ppm | 300 |
| Constituyentes de sales solubles totales | % | 0.03 |

Tabla 30. Resultado del contenido de Sales en el agregado grueso.

| | | |
|--|-----|------|
| Constituyentes de sales solubles totales | ppm | 500 |
| Constituyentes de sales solubles totales | % | 0.05 |

Tabla 31. Resultado del contenido de sales en el agregado fino.

En las Tablas 30 y 31 respectivamente, se observan los porcentajes de sales solubles fueron 0.03% para el agregado grueso y 0.05% para el agregado fino, cumpliendo con los límites de la norma NTP 339.152.

9. Ensayo De Durabilidad ASTM C-88

I.- DATOS :

| TAMICES | | Porcentaje de pérdida pesado |
|---------|---------|------------------------------|
| Pasa | Retiene | |
| 2" | 1 1/2" | 3.0 |
| 50 mm | 37.5 mm | |
| 1 1/2" | 3/4" | 1.4 |
| 37.5 mm | 19 mm | |
| 3/4" | 1/2" | 1.1 |
| 19 mm | 12.5 mm | |
| 1/2" | 3/8" | 1.4 |
| 12.5 mm | 9.5 mm | |
| 3/8" | Nº 4 | |
| 9.5 mm | 4.75 mm | |

II.- RESULTADO :

| | | |
|----------------|-----|-----|
| DESGASTE TOTAL | (%) | 6.8 |
|----------------|-----|-----|

Tabla 32. Resultado del ensayo de durabilidad del agregado grueso.

En la Tabla 32 se muestra los cálculos obtenidos para determinar la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso fue de 6.8%, cumpliendo con la norma MTC E 209 del Manual de Ensayos de Materiales (2016).

| I.- DATOS | | TAMICES | | Porcentaje de pérdida pesado |
|-----------|---------|---------|--|------------------------------|
| Pasa | Retiene | | | |
| 3/8" | Nº 4 | | | 0.8 |
| 9.5 mm | 4.75 mm | | | |
| Nº 4 | Nº 8 | | | 0.9 |
| 4.75 mm | 2.36 mm | | | |
| Nº 8 | Nº 16 | | | 0.9 |
| 2.36 mm | 1.18 mm | | | |
| Nº 16 | Nº 30 | | | 0.7 |
| 1.18 mm | 600 µm | | | |
| Nº 30 | Nº 50 | | | 1.9 |
| 600 µm | 300 µm | | | |
| Nº 50 | Nº 100 | | | 1.8 |
| 300 µm | 150 µm | | | |

| II.- RESULTADO | |
|----------------|---------|
| DESGASTE TOTAL | (%) 7.0 |

Tabla 33. Resultado del ensayo de durabilidad del agregado fino.

En la Tabla 33 se muestra los cálculos obtenidos para determinar la durabilidad al sulfato de magnesio del agregado grueso fue de 7%, cumpliendo con la norma MTC E 209 del Manual de Ensayos de Materiales (2016).

10. Ensayo de equivalente de arena

| MUESTRA Nº | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| TAMAÑO MÁXIMA (mm.) | Nº 4 | Nº 4 | Nº 4 |
| ALTURA MÁXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.) | 7.70 | 7.30 | 7.40 |
| ALTURA MÁXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.) | 4.20 | 4.30 | 4.40 |
| ALTURA MÁXIMA DE LA ARENA (cm.) | 54.55 % | 58.90 % | 59.46 % |
| EQUIVALENTE DE ARENA (EA) | 58 % | | |

Tabla 34. Resultado del ensayo de equivalente de arena.

Se determinó un valor promedio de 58% en el contenido de polvo fino o material arcilloso, indicando un suelo poco plástico según el MTC E 114.

11. Ensayo de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

| CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Límite Líquido | 27.23 |
| Límite Plástico | 18.89 |
| Índice de Plasticidad | 8.34 |

Tabla 35. Resultados del ensayo de limite líquido, plástico e IP.

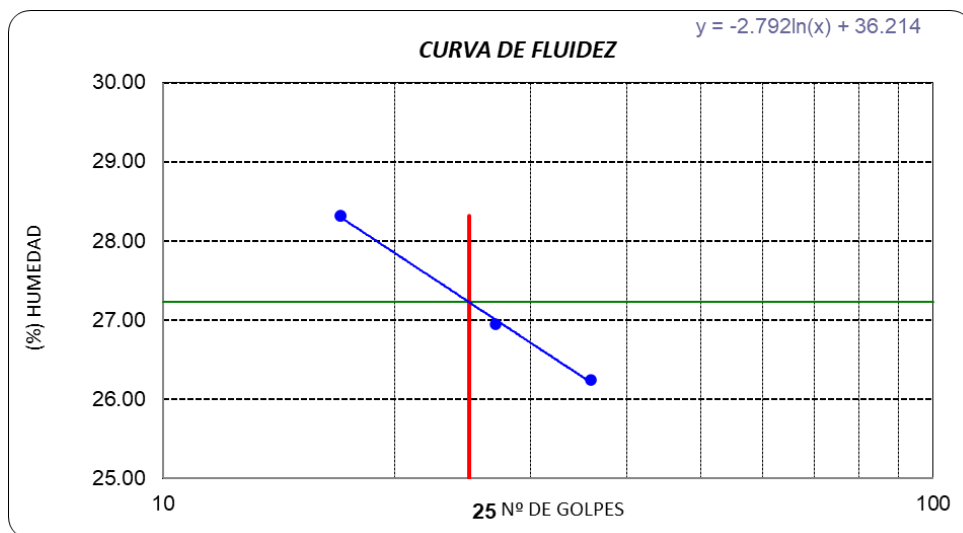


Gráfico 2. Resultado del ensayo de límite líquido.

En la Tabla 35 se observa los resultados fueron 27.23% para el límite líquido, 18.87% para el límite plástico, y un índice de plasticidad de 8.34%, cumpliendo con las normas MTC E 110 y MTC E 111.

Ensayo para las briquetas convencionales por el método Marshall

Se realizaron cinco conjuntos de pruebas para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas convencionales, variando los porcentajes de filler entre 1%, 2%, 3%, 4%, y 5%.

12. MAC con 1% de filler

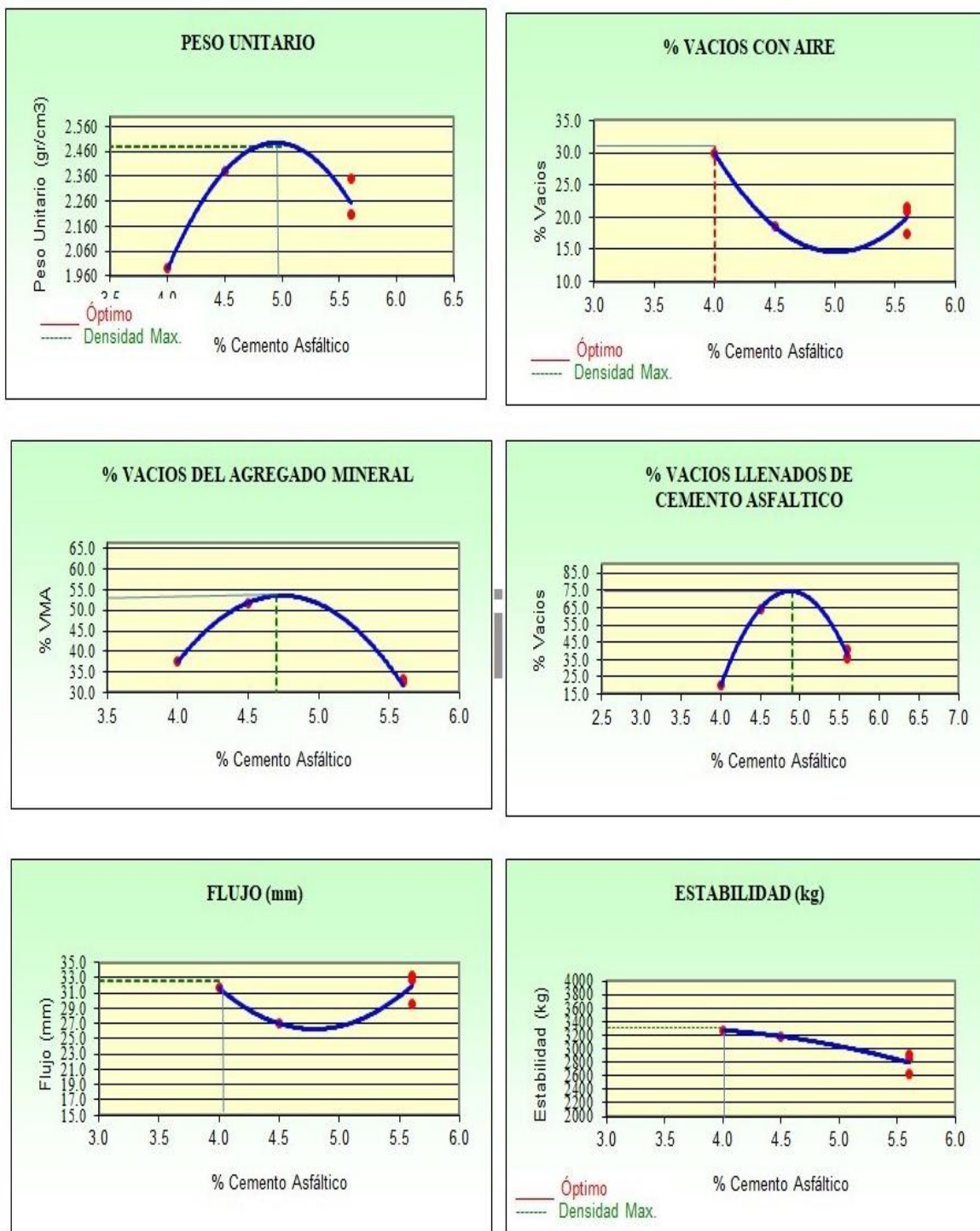


Gráfico 3. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC convencional.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

Este porcentaje representa la cantidad óptima de asfalto necesaria para lograr las mejores propiedades mecánicas y de durabilidad en la mezcla asfáltica. Un contenido de asfalto del 4.3% indica un buen equilibrio entre resistencia y flexibilidad, lo que

sugiere que la mezcla puede soportar adecuadamente las cargas del tráfico mientras mantiene una buena cohesión interna.

Peso Unitario

El peso unitario refleja la densidad compactada de la mezcla. Un valor de 2.480 gr/cm² sugiere que la mezcla ha sido compactada adecuadamente, lo que es crucial para la durabilidad y resistencia de la pavimentación. Una alta densidad generalmente se correlaciona con una mayor resistencia y menor permeabilidad.

Vacíos

El porcentaje de vacíos indica el espacio dentro de la mezcla que no está ocupado por agregados o asfalto. Un valor del 4% es adecuado, ya que permite la expansión térmica y la compactación adicional bajo tráfico sin comprometer la integridad de la mezcla. También asegura suficiente aireación para evitar daños por congelación y descongelación.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

El VMA representa el espacio entre las partículas de agregado que puede ser llenado por el asfalto. Un VMA del 54% es bastante alto, lo que indica que hay suficiente espacio para el asfalto, mejorando la adhesión entre partículas y la durabilidad de la mezcla. Sin embargo, un VMA demasiado alto podría indicar una mezcla demasiado suelta, que podría necesitar ajustes.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

El VFA muestra el porcentaje de vacíos en el agregado que está ocupado por el asfalto. Un valor del 75% es óptimo, indicando que la mayor parte de los vacíos están llenos de asfalto, lo que mejora la cohesión y resistencia a la deformación de la mezcla. Valores altos de VFA también sugieren una mezcla densa y bien compactada.

Flujo

El flujo mide la deformación plástica bajo carga. Un valor de 8.26 mm es un poco alto, lo que sugiere que la mezcla es relativamente flexible y puede deformarse bajo cargas pesadas. Esto puede ser positivo para evitar fracturas, pero demasiado flujo podría indicar una falta de rigidez y potencial para deformaciones excesivas.

Estabilidad

La estabilidad mide la resistencia máxima que la mezcla puede soportar antes de deformarse. Un valor de 3320 Kg es bastante alto, indicando que la mezcla tiene una excelente capacidad de soporte de carga, lo que es crucial para carreteras de alto tráfico. Esta alta estabilidad sugiere que la mezcla es resistente y duradera.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica la proporción entre el filler (polvo) y el asfalto. Un valor de 0.84 es adecuado, indicando que hay suficiente filler para mejorar la cohesión sin que la mezcla se vuelva demasiado rígida. Esta relación balanceada contribuye a una mezcla bien estructurada y duradera.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Lenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1% -4% | 1.99 | 30.02 | 37.45 | 19.85 | 31.67 | 3271.33 | 1.23 | 4071.20 |
| 1% -4.5% | 2.38 | 18.50 | 51.85 | 64.38 | 27.00 | 3181.03 | 1.23 | 4694.12 |
| 1% -5% | 2.35 | 21.50 | 33.41 | 36.17 | 33.33 | 2908.24 | 1.23 | 3436.09 |
| 1% -5.5% | 2.21 | 20.93 | 32.56 | 35.73 | 29.67 | 2622.81 | 1.23 | 3574.04 |
| 1% -6% | 2.20 | 17.47 | 29.41 | 40.60 | 32.67 | 2852.98 | 1.23 | 3492.64 |

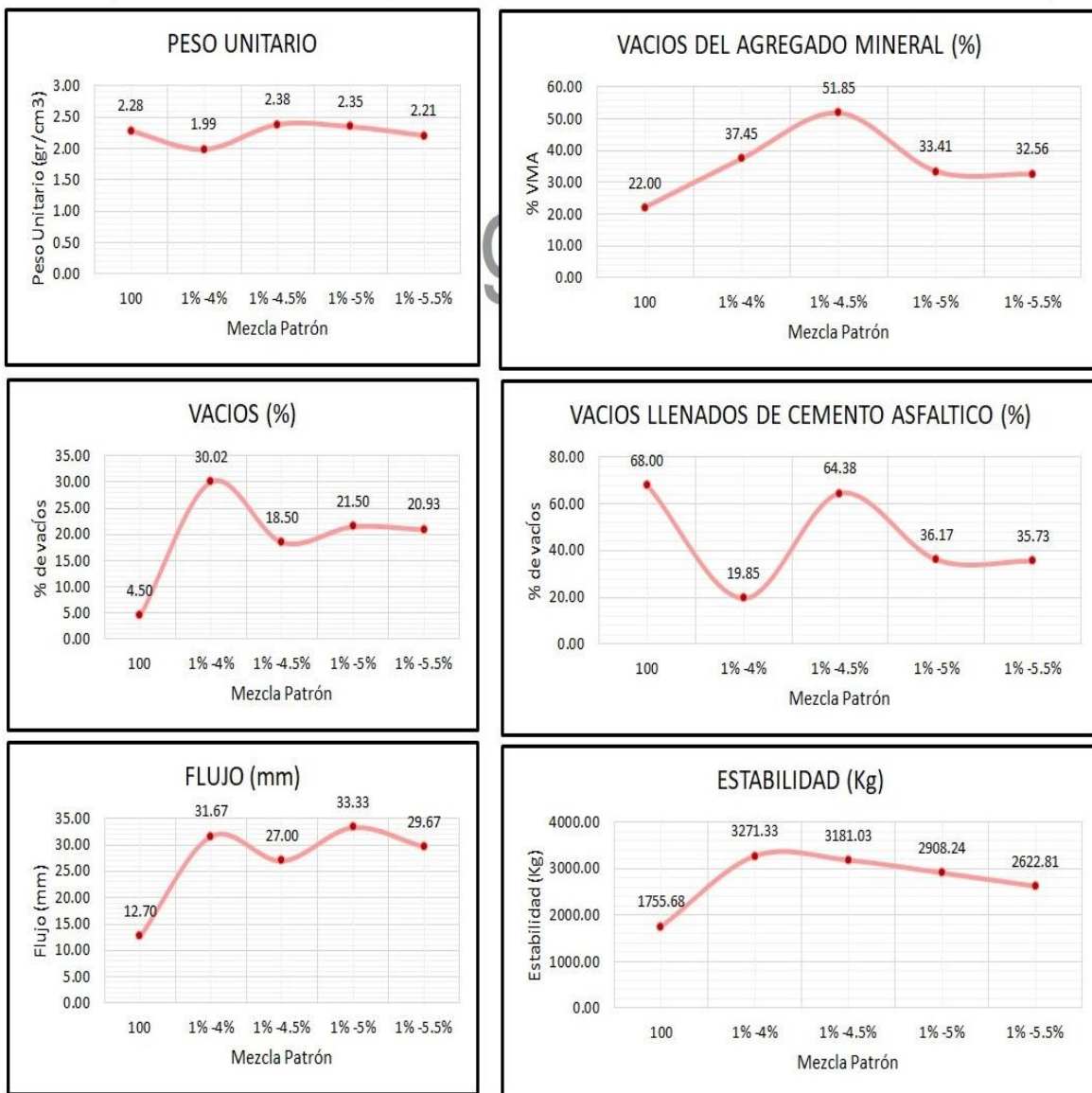


Tabla 36. Análisis de los resultados evaluando la MAC convencional.

En la tabla 36 se observa la organización por porcentaje de filler cemento con cada una de los PEN usados en esta investigación, que son de 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%. De estos se obtiene que los mejores resultados generalmente están en la mezcla de 1% filler y 4.5% PEN. Con una relación estabilidad-flujo de 4694.12 kg.

13. MAC con 2% de filler

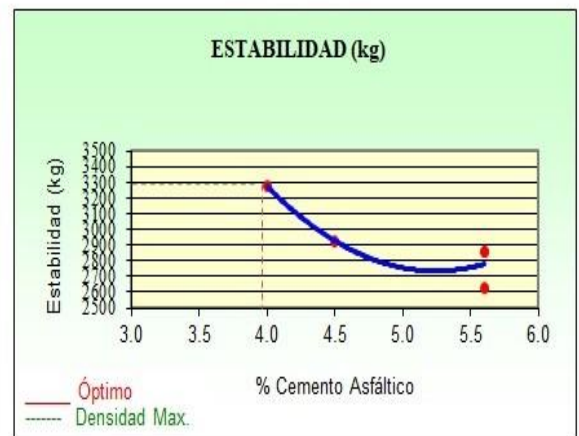
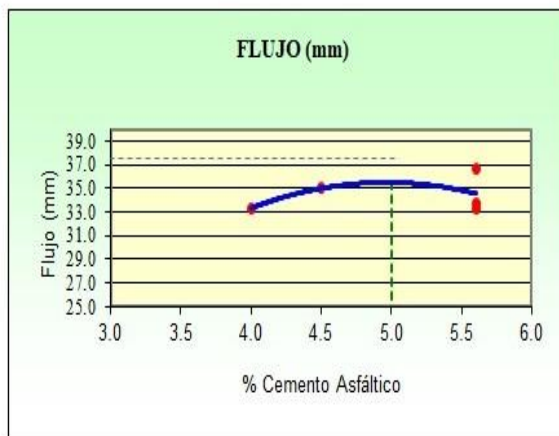


Gráfico 4. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler cemento.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

Un contenido de asfalto del 4.7% indica la cantidad necesaria de asfalto para cohesionar adecuadamente los agregados en la mezcla. Este valor sugiere un equilibrio necesario para lograr buenas propiedades mecánicas, pero puede necesitar ajuste dependiendo del comportamiento observado en otros parámetros.

Peso Unitario

Este peso unitario es relativamente bajo, lo que sugiere que la mezcla no está compactada de manera óptima. Esto puede afectar la durabilidad y resistencia de la mezcla, indicando que puede ser necesario revisar el proceso de compactación.

Vacíos

Un porcentaje de vacíos del 32% es excesivamente alto, lo que sugiere que la mezcla es muy porosa. Esto puede llevar a problemas significativos como la infiltración de agua y aire, lo cual puede acelerar el deterioro de la mezcla y reducir su vida útil.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 39% es adecuado para proporcionar espacio suficiente para el asfalto y aire. Sin embargo, en combinación con el alto porcentaje de vacíos, puede indicar que, aunque hay espacio suficiente, no está siendo utilizado de manera efectiva, probablemente debido a una falta de compactación o una mala distribución del asfalto.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 30% es bastante bajo, lo que sugiere que una gran parte de los vacíos en el agregado no está siendo llenada con asfalto. Esto puede reducir la cohesión y resistencia de la mezcla, haciéndola más susceptible a la deformación y al desgaste bajo cargas de tráfico.

Flujo

El flujo de 9.04 mm indica una alta deformación plástica bajo carga, lo cual sugiere que la mezcla es muy flexible. Aunque cierta flexibilidad es deseable para evitar fracturas, un flujo tan alto puede indicar una mezcla demasiado blanda, propensa a deformaciones permanentes bajo tráfico pesado.

Estabilidad

Una estabilidad de 3300 Kg es buena, indicando que la mezcla tiene una alta resistencia a las cargas antes de deformarse. Sin embargo, la alta porosidad y el bajo VFA pueden

comprometer esta estabilidad en condiciones de uso prolongado, especialmente bajo condiciones de tráfico y clima adversas.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación ligeramente mayor (0.91) sugiere una proporción significativa de filler en comparación con el asfalto. Esto puede ayudar a mejorar la cohesión de la mezcla, pero también podría contribuir a la rigidez excesiva si no se maneja adecuadamente.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Lenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 2% -4% | 1.99 | 31.20 | 38.19 | 18.30 | 33.33 | 3271.33 | 1.23 | 3887.37 |
| 2% -4.5% | 2.13 | 27.72 | 35.63 | 22.21 | 35.00 | 2925.58 | 1.23 | 3289.23 |
| 2% -5% | 2.22 | 24.89 | 36.23 | 31.32 | 33.67 | 2862.71 | 1.23 | 3353.20 |
| 2% -5.5% | 2.21 | 22.84 | 33.36 | 31.55 | 36.67 | 2622.81 | 1.23 | 2814.16 |
| 2% -6% | 2.20 | 24.22 | 35.03 | 30.89 | 33.33 | 2852.98 | 1.23 | 3377.13 |

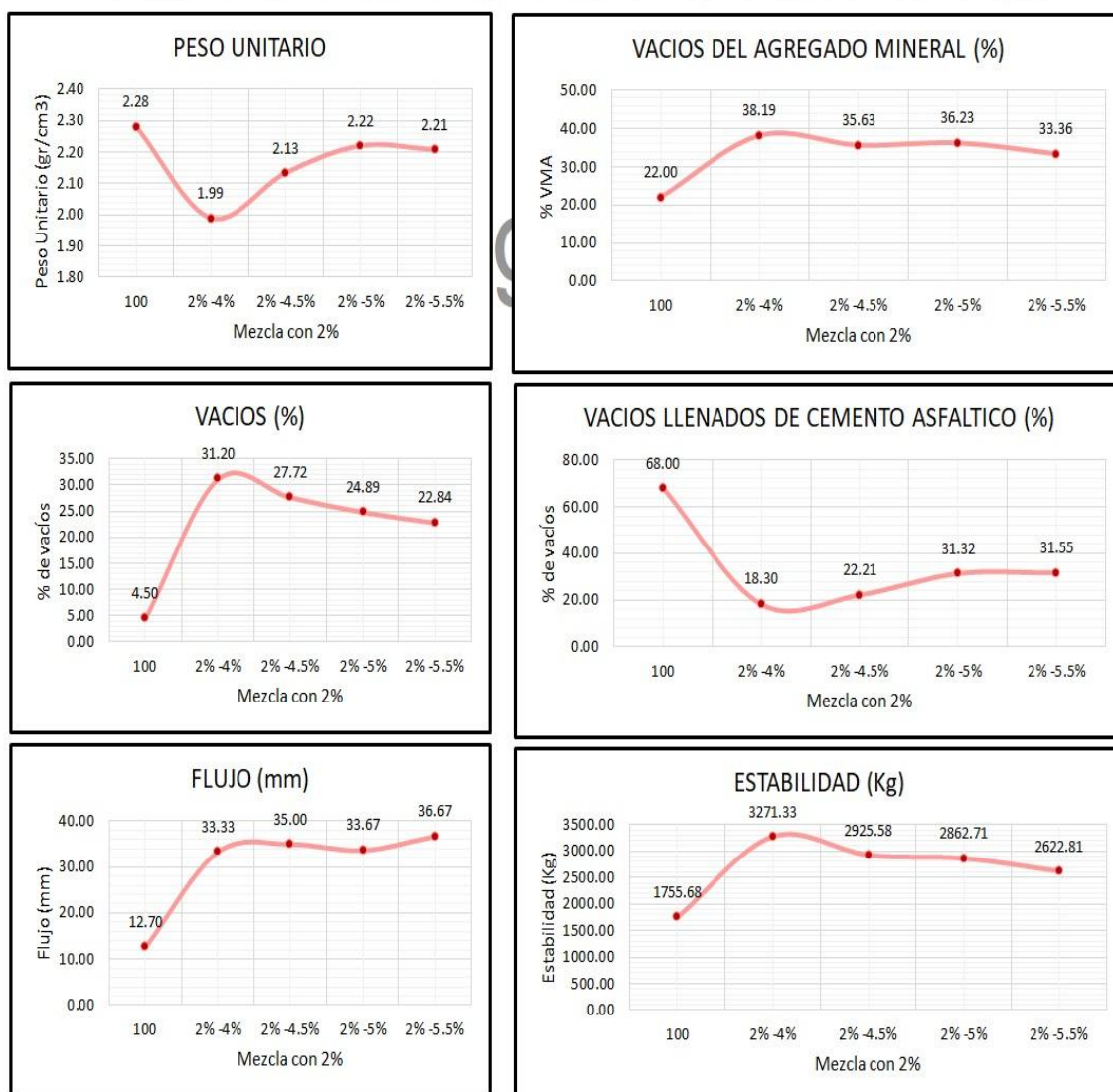


Tabla 37. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler cemento.

En la tabla 37 se observa la organización por porcentaje de filler cemento con cada una de los PEN usados en esta investigación, que son de 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%. De estos se obtiene que los mejores resultados generalmente están en la mezcla de 1% filler y 4% PEN. Con una relación estabilidad-flujo de 3887.37 kg.

MAC con 3% de filler

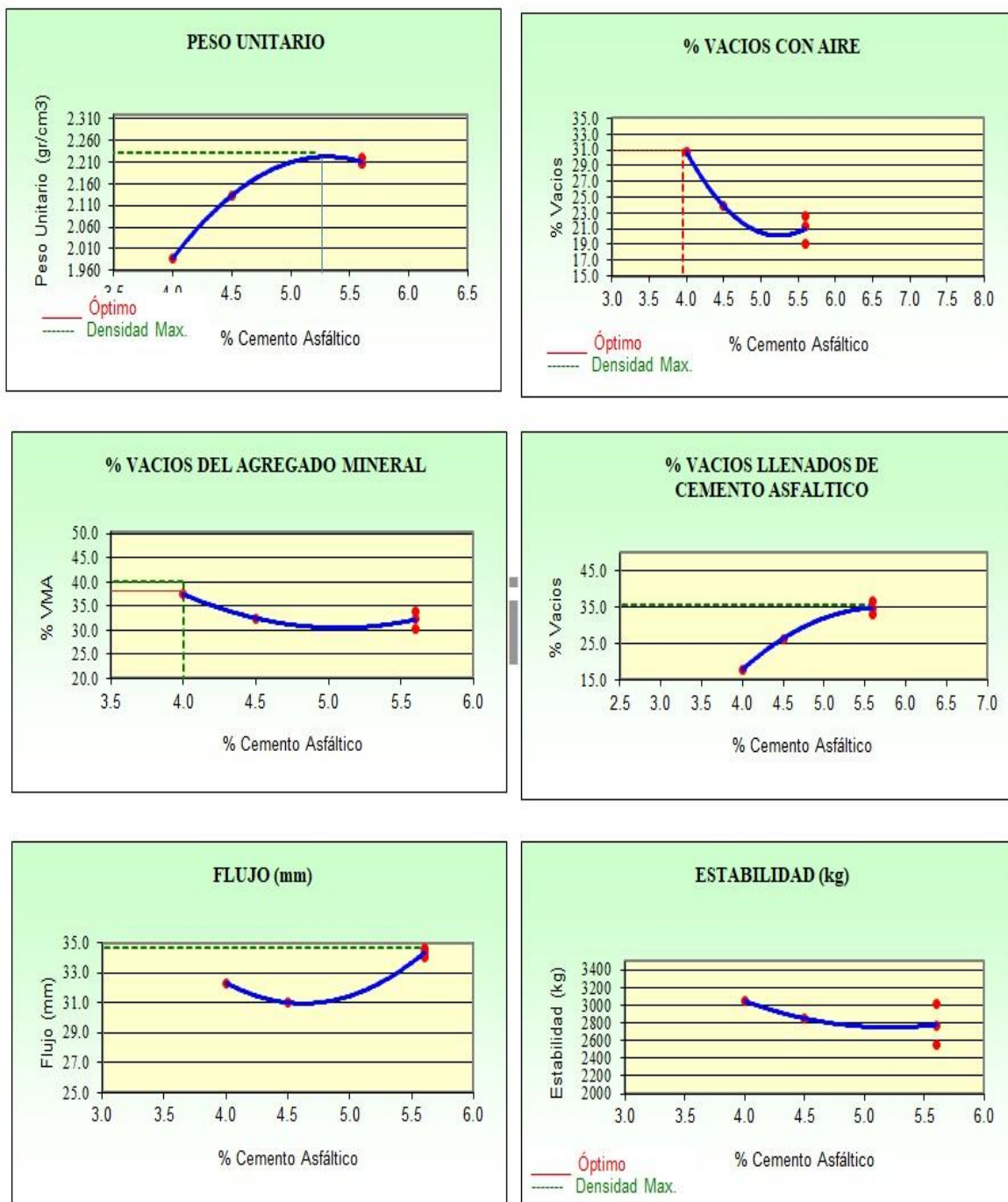


Gráfico 5. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler cemento.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

Un contenido óptimo de asfalto del 4.9% sugiere que esta cantidad es necesaria para cohesionar adecuadamente los agregados en la mezcla. Este valor es ligeramente mayor que los típicos valores de contenido de asfalto, lo que puede ser necesario para mejorar la cohesión dado el alto contenido de vacíos observado.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.230 gr/cm² indica una densidad relativamente baja. Esto puede sugerir que la mezcla no está completamente compactada, lo cual puede afectar su durabilidad y resistencia.

Vacíos

Un porcentaje de vacíos del 31.00% es excesivamente alto, lo que indica una mezcla muy porosa. Esto puede resultar en una mayor susceptibilidad a la infiltración de agua y aire, lo que puede llevar a un deterioro prematuro de la mezcla.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 40.00% es adecuado para proporcionar suficiente espacio para el asfalto y aire. Sin embargo, el alto porcentaje de vacíos totales sugiere que, aunque hay espacio suficiente, no está siendo utilizado de manera efectiva, probablemente debido a una falta de compactación o una distribución inadecuada del asfalto.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 35.50% es bastante bajo, lo que indica que una gran parte de los vacíos en el agregado no está siendo llenada con asfalto. Esto puede reducir la cohesión y resistencia de la mezcla, haciéndola más susceptible a la deformación y al desgaste bajo cargas de tráfico.

Flujo

Un flujo de 8.81 mm indica una deformación plástica moderada bajo carga. Este valor es relativamente alto, sugiriendo que la mezcla es algo flexible, pero podría deformarse más de lo deseado bajo tráfico pesado.

Estabilidad

Una estabilidad de 1500 Kg es baja en comparación con otros valores típicos de mezclas asfálticas. Esto sugiere que la mezcla puede no ser suficientemente resistente a las cargas antes de deformarse, lo cual es una preocupación importante para la durabilidad y rendimiento bajo tráfico.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación sugiere una proporción adecuada de filler en comparación con el asfalto. Sin embargo, dado el alto porcentaje de vacíos y la baja estabilidad, puede ser necesario ajustar esta relación o mejorar la compactación para mejorar el desempeño de la mezcla.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacíos (%) | Vacíos del agregado Mineral (%) | Vacíos Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 3% -4% | 1.99 | 30.75 | 37.45 | 17.90 | 32.33 | 3043.33 | 1.23 | 3719.13 |
| 3% -4.5% | 2.13 | 23.90 | 32.48 | 26.43 | 31.00 | 2849.72 | 1.23 | 3638.42 |
| 3% -5% | 2.22 | 21.21 | 32.50 | 34.79 | 34.00 | 3017.05 | 1.23 | 3506.88 |
| 3% -5.5% | 2.21 | 22.69 | 33.84 | 32.99 | 34.67 | 2546.88 | 1.23 | 2923.45 |
| 3% -6% | 2.20 | 19.11 | 30.21 | 36.76 | 34.33 | 2771.40 | 1.23 | 3182.03 |

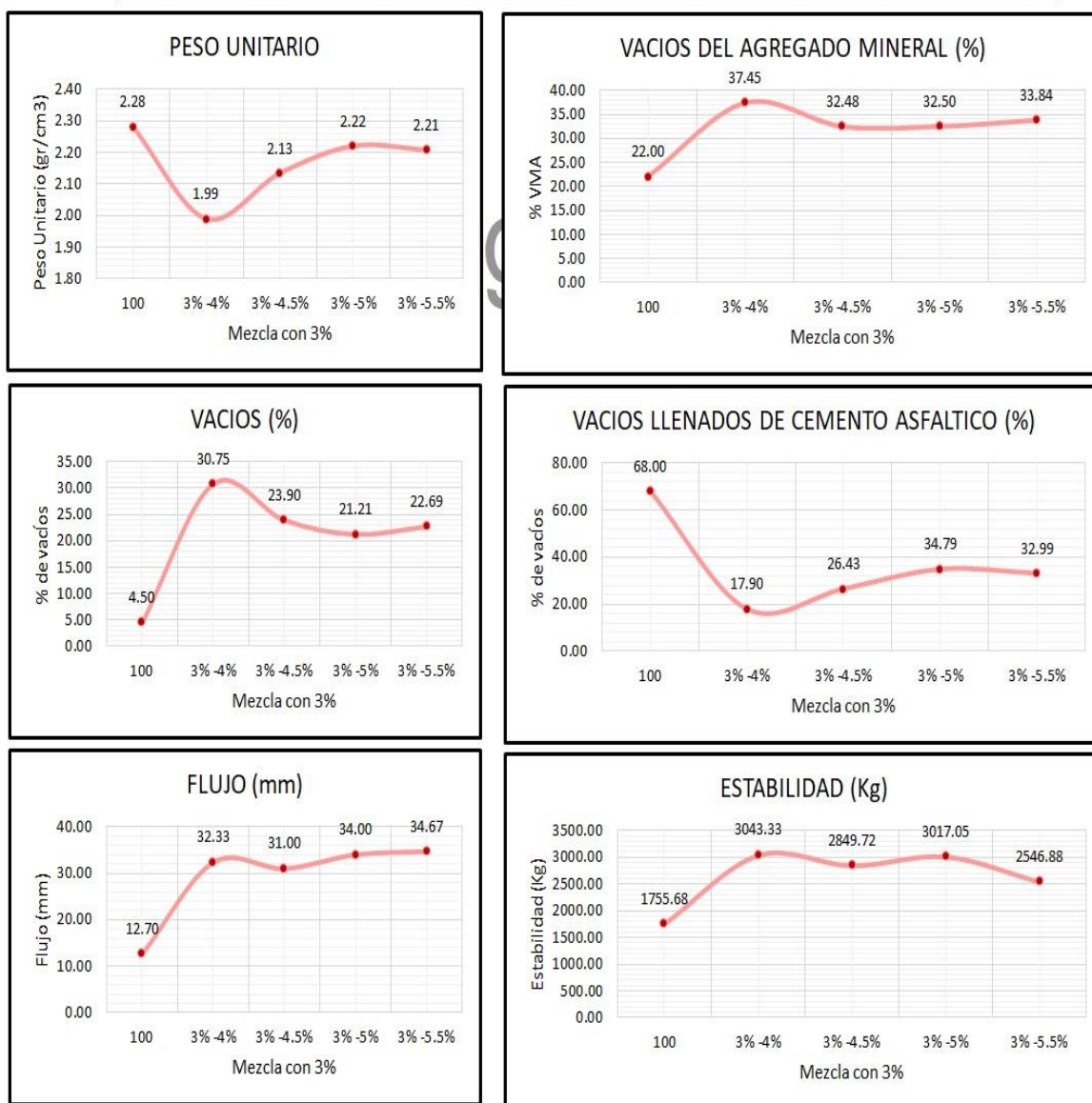


Tabla 38. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler cemento.

14. MAC con 4% de filler

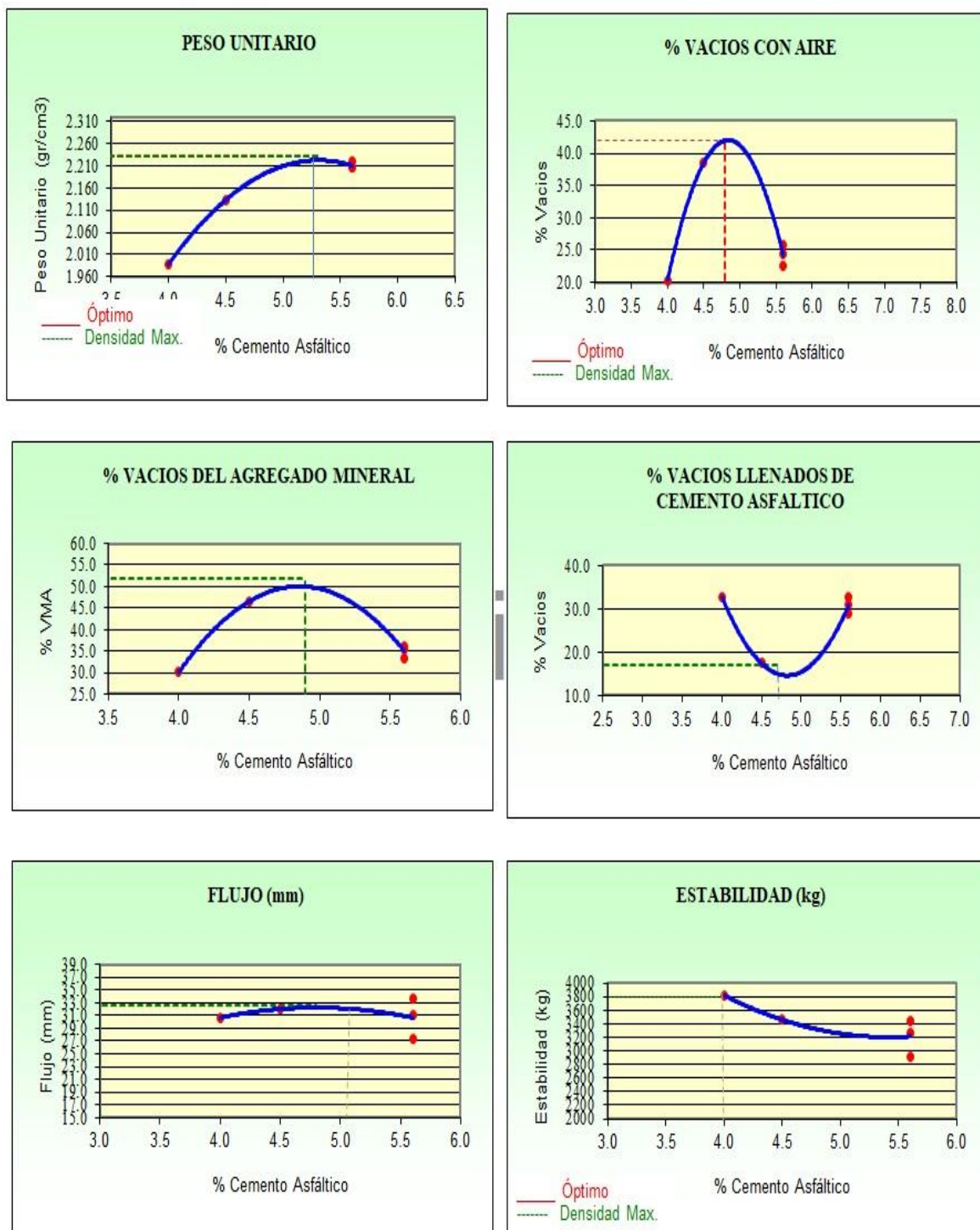


Gráfico 6. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler cemento.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El óptimo contenido de asfalto de 4.7% es adecuado para cohesionar los agregados y proporcionar flexibilidad a la mezcla. Este valor asegura que el asfalto está

suficientemente presente para envolver los agregados y llenar parte de los vacíos, mejorando la adhesión y durabilidad de la mezcla.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.230 gr/cm² indica una mezcla bien compactada y con una densidad adecuada. Esto sugiere que la mezcla puede soportar cargas significativas sin problemas estructurales, contribuyendo a la durabilidad del pavimento.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 3.00% es óptimo para mezclas asfálticas en caliente. Este bajo valor de vacíos implica que la mezcla tiene buena densidad, lo que se traduce en mayor durabilidad y menor susceptibilidad a daños por agua y aire. Los vacíos dentro de este rango permiten un equilibrio entre resistencia y flexibilidad.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 51.90% es relativamente alto, lo que indica que los agregados tienen suficiente espacio para acomodar el asfalto y los vacíos de aire necesarios. Un alto VMA es deseable porque asegura que hay suficiente espacio en la mezcla para permitir una buena compactación y una adecuada adhesión del asfalto a los agregados.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 17.00% es bajo, indicando que una menor cantidad de los vacíos en el agregado están llenos de asfalto. Esto sugiere que la mezcla es más rígida y menos susceptible a deformaciones plásticas. Sin embargo, podría beneficiarse de una mayor cantidad de asfalto para mejorar la cohesión entre los agregados y reducir la posibilidad de fisuración.

Flujo

Un flujo de 8.26 mm indica una deformación moderada bajo carga. Este valor sugiere que la mezcla tiene cierta flexibilidad, lo cual es beneficioso para absorber tensiones sin fracturarse, pero no es excesivamente alto para comprometer la estabilidad. Un flujo moderado es indicativo de una mezcla que puede deformarse bajo carga sin perder su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 3800 Kg es alta, indicando que la mezcla es capaz de soportar grandes cargas sin deformarse significativamente. Esto es crucial para la durabilidad del pavimento, especialmente en vías con tráfico pesado. Una alta estabilidad asegura que la mezcla asfáltica puede resistir deformaciones y fallas bajo condiciones de tráfico intenso.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una proporción adecuada de filler en comparación con el asfalto, contribuyendo a una mezcla balanceada con buena cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada asegura que la mezcla tiene suficiente filler para mejorar la rigidez sin comprometer la flexibilidad necesaria para absorber tensiones.

| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | RESULTADOS | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| | | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 4% -4% | 1.99 | 20.21 | 30.08 | 32.82 | 30.67 | 3816.67 | 1.23 | 4900.11 |
| 4% -4.5% | 2.13 | 38.45 | 46.57 | 17.43 | 32.00 | 3457.76 | 1.23 | 4252.13 |
| 4% -5% | 2.22 | 22.58 | 33.47 | 32.59 | 33.67 | 3441.09 | 1.23 | 4020.14 |
| 4% -5.5% | 2.21 | 24.45 | 35.37 | 30.88 | 27.33 | 2920.44 | 1.23 | 4240.76 |
| 4% -6% | 2.20 | 25.72 | 36.24 | 29.02 | 31.00 | 3275.39 | 1.23 | 4231.41 |

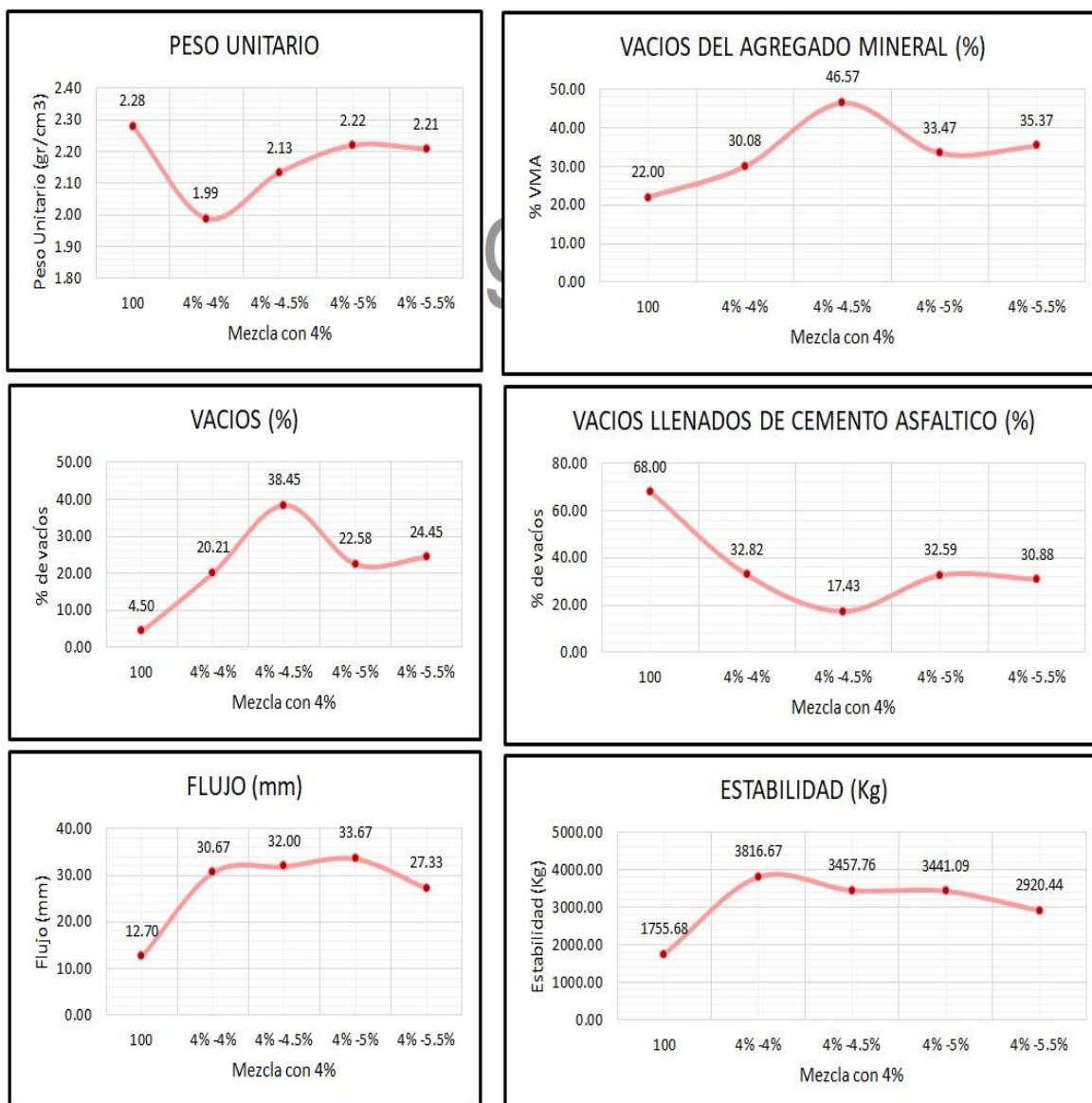


Tabla 39. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler cemento.

15. MAC con 5% de filler

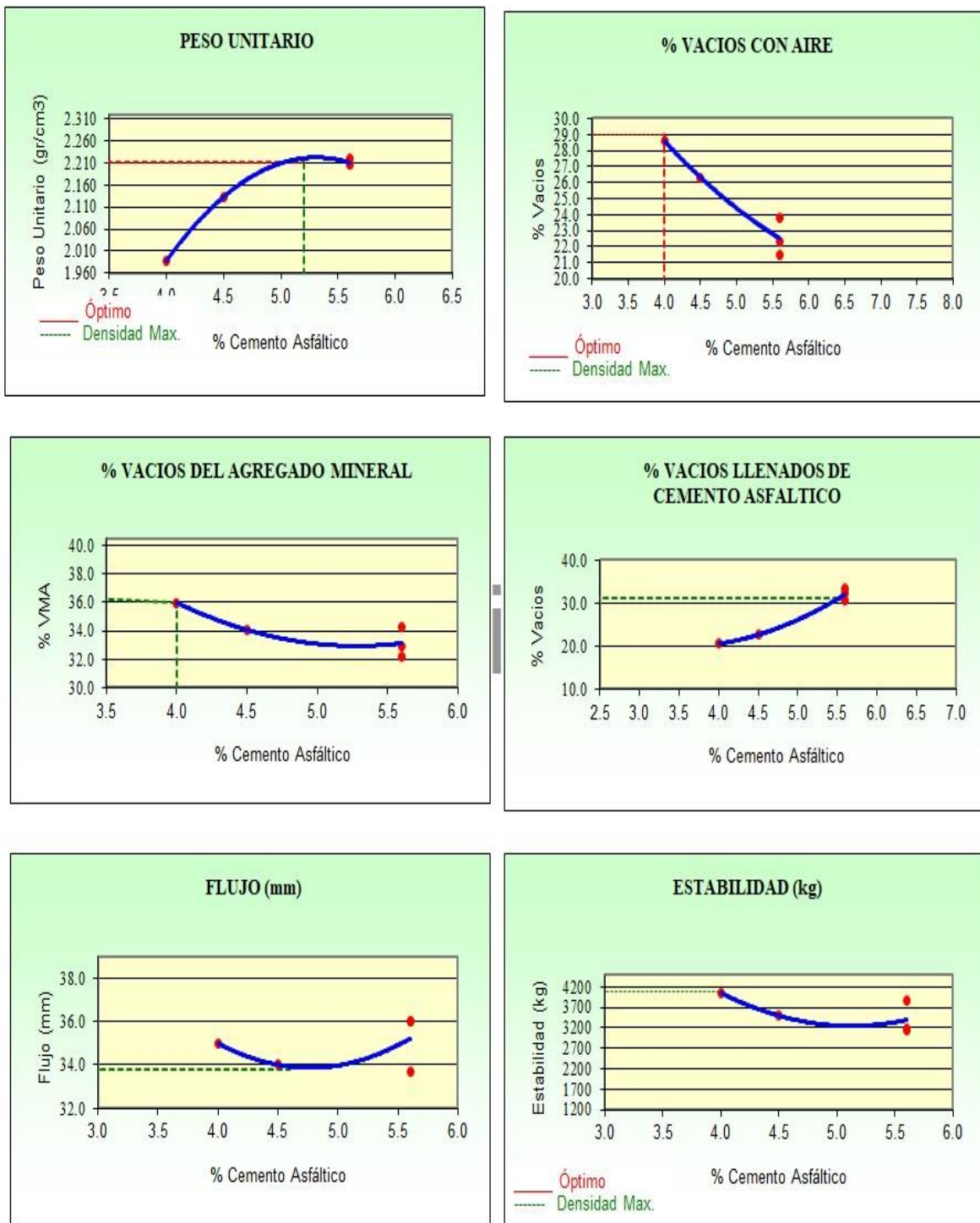


Gráfico 7. Representación gráfica de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler cemento.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.4% sugiere que esta cantidad es suficiente para cohesionar los agregados y proporcionar la necesaria flexibilidad a la mezcla. Este porcentaje asegura una adecuada cobertura del asfalto sobre los agregados, mejorando la durabilidad y la resistencia de la mezcla.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.210 gr/cm² indica una densidad razonable, lo cual es fundamental para la resistencia y durabilidad del pavimento. Un peso unitario adecuado sugiere que la mezcla ha sido bien compactada, lo que contribuye a una mayor estabilidad estructural.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 29.00% es bastante alto, lo que puede indicar que la mezcla no está lo suficientemente compactada. Un alto contenido de vacíos puede llevar a una mayor susceptibilidad a la penetración de agua y aire, lo que podría acelerar el deterioro del pavimento. Es crucial asegurar una mejor compactación para reducir los vacíos y mejorar la durabilidad.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 38.00% es relativamente adecuado, asegurando que hay suficiente espacio dentro del agregado para el asfalto y el aire. Sin embargo, el alto valor de vacíos totales sugiere que no todo este espacio está siendo utilizado de manera efectiva.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 31.00% indica que solo una parte de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto. Este valor es bajo, lo que sugiere que podría haber un margen para mejorar la cohesión entre los agregados y el asfalto, posiblemente aumentando el contenido de asfalto o mejorando la compactación.

Flujo

Un flujo de 8.59 mm es moderado y sugiere que la mezcla tiene una flexibilidad adecuada para absorber tensiones sin fracturarse. Este valor indica que la mezcla puede deformarse bajo carga sin comprometer significativamente su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 4100 Kg es muy alta, indicando que la mezcla es capaz de soportar grandes cargas sin deformarse. Este valor es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, lo cual contribuye a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Lenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 5% -4% | 1.99 | 28.59 | 35.97 | 20.52 | 35.00 | 4051.67 | 1.23 | 4569.86 |
| 5% -4.5% | 2.13 | 26.34 | 34.06 | 22.66 | 34.00 | 3493.63 | 1.23 | 4063.84 |
| 5% -5% | 2.22 | 21.44 | 32.18 | 33.43 | 36.00 | 3870.68 | 1.23 | 4243.07 |
| 5% -5.5% | 2.21 | 22.34 | 32.96 | 32.24 | 36.00 | 3141.84 | 1.23 | 3433.75 |
| 5% -6% | 2.20 | 23.78 | 34.23 | 30.53 | 33.67 | 3163.15 | 1.23 | 3710.06 |

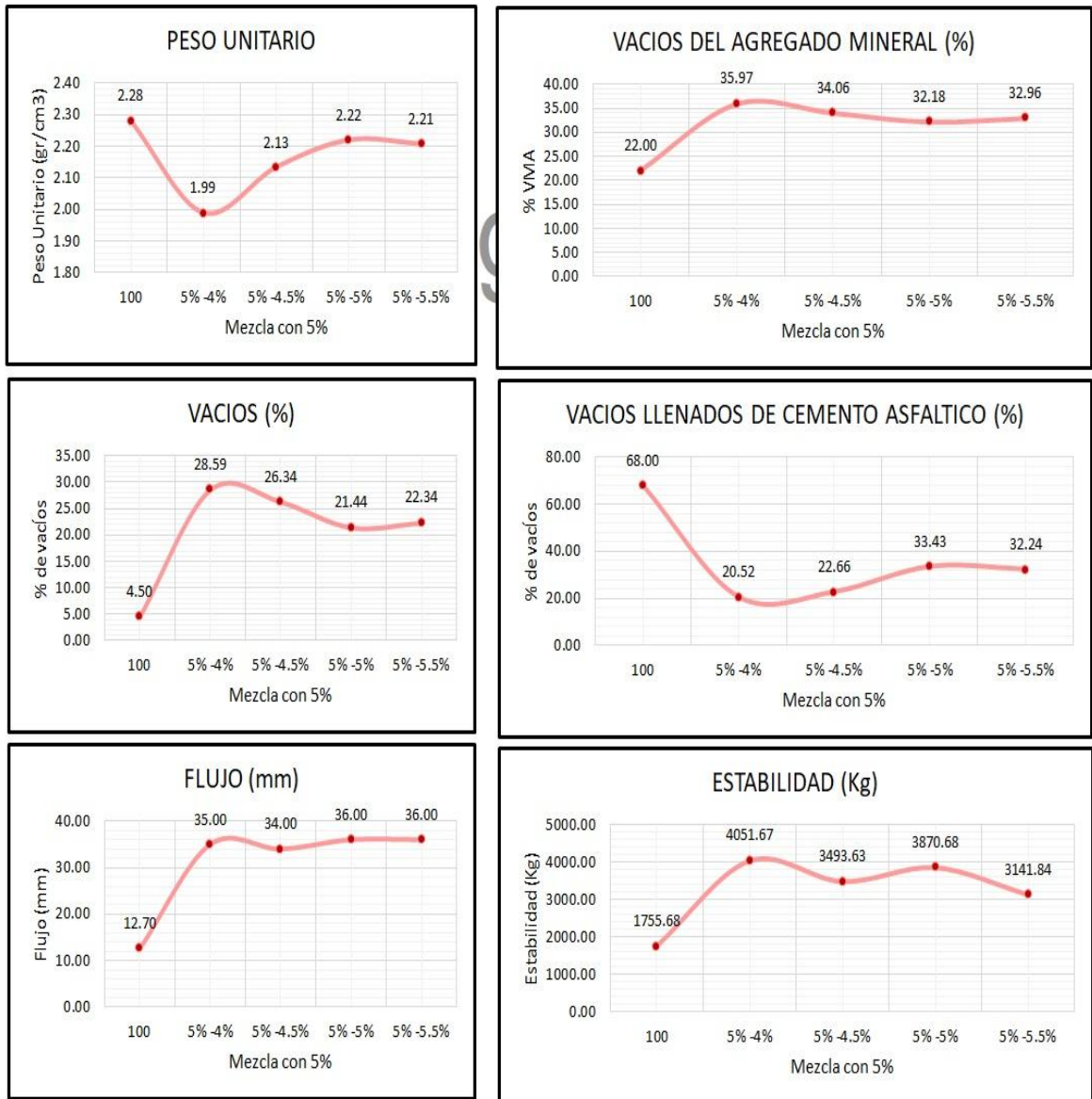


Tabla 40. Análisis de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler cemento.

A continuación, se presenta el gráfico 8. En él se observa cual es el porcentaje óptimo de cemento asfáltico que fue obtenido luego de evaluar la variación de filler cemento con los múltiples PEN que se presentaron en esta investigación. Los cuales fueron:

Para el promedio de la muestra patrón con 1% de filler, el CA Óptimo fue de 4.3; para el promedio de la muestra con 2% de filler, el CA Óptimo fue de 4.7; para el promedio de la muestra con 3% de filler, el CA Óptimo fue de 4.9; para el promedio de la muestra con 4% de filler, el CA Óptimo fue de 4.7; para el promedio de la muestra con 5% de filler, el CA Óptimo fue de 4.4.

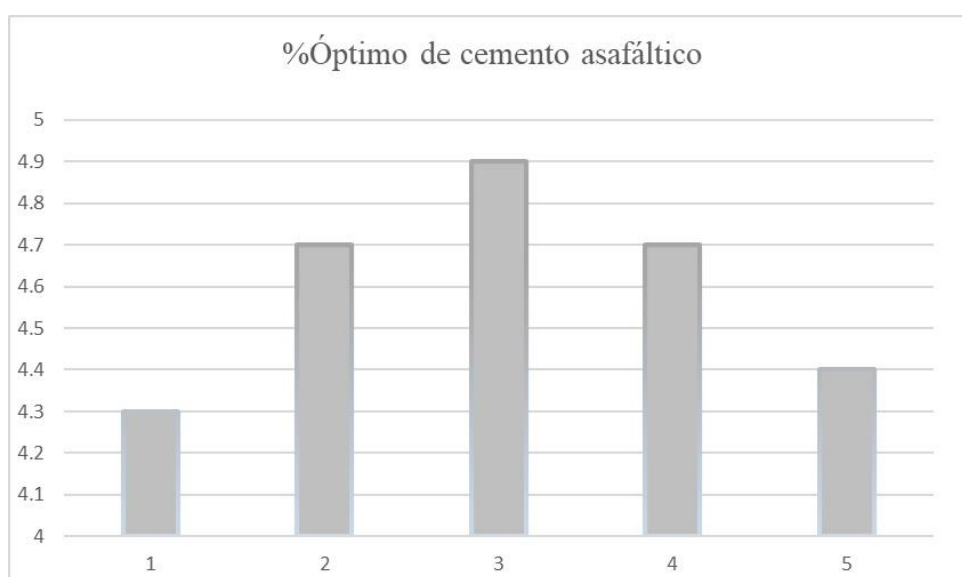


Gráfico 8. Representación gráfica del porcentaje óptimo de cemento asfáltico.

Analizando los resultados antes expuestos, se concluye que el CA óptimo para una MAC convencional es de 4.9 con 3% de filler cemento. Para fines de investigación se redondeará y tomará como porcentaje de CA óptimo 5%.

Ensayos para las briquetas convencionales con el Contenido de Asfalto Óptimo

16. Ensayo de Cantabro

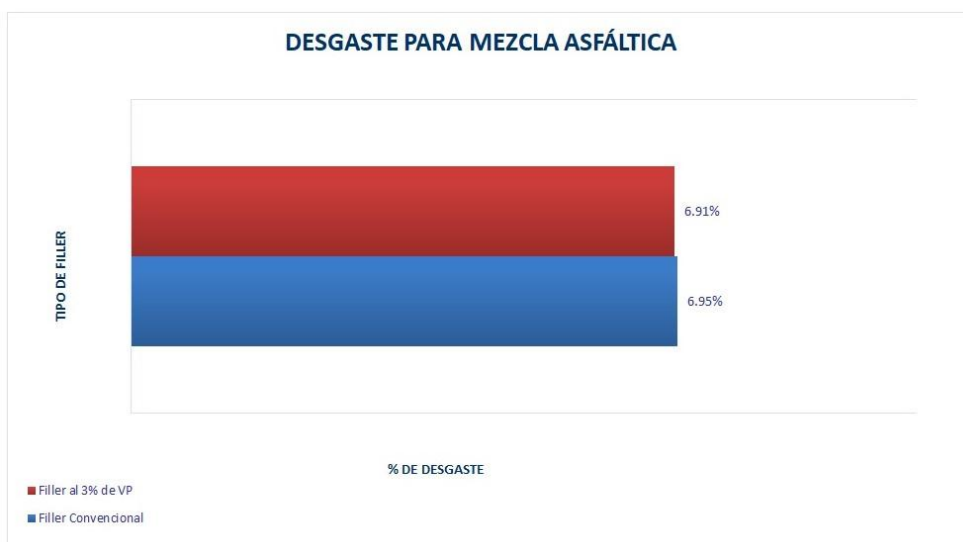


Gráfico 9. Porcentaje de desgaste para MAC a 25°C.

El gráfico 9 muestra los porcentajes de desgaste de una MAC a 25°C. El gráfico cuenta con 2 porcentajes de desgaste, el de color azul es de un MAC convencional y por otro lado el de color rojo es de una MAC modificada con 3% de filler vidrio. Esto al igual que la modificada.

Por tanto, según el Ensayo de Cantabro a 25°C tenemos que la MAC convencional supera a la MAC modificada en 0.04% más de desgaste.

17. Ensayo de Lottman Modificado

| | |
|--------------------------------------|---------|
| RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSION (TRS) = | 86.157% |
|--------------------------------------|---------|

Tabla 41. Porcentaje del esfuerzo a tensión según Lottman Modificado.

La tabla 41 nos muestra el porcentaje de razón del esfuerzo a tensión que se obtuvo de las muestras convencionales. Tenemos un total de 86.157% lo que indica que cumple con el parámetro mínimo que es de un 80%.

Ensayos para las briquetas modificadas por el método Marshall

Para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los compuestos asfálticos, se realizaron cinco conjuntos de comparaciones, el primer conjunto es una mezcla asfáltica modificada, a la cual se le variará los porcentajes de vidrio primario pulverizado, ya que este será el filler sustituto, Los porcentajes que se usaran de son de 1%, 2 %, 3 %, 4 % y 5 %.

18. MAC con 1% de filler

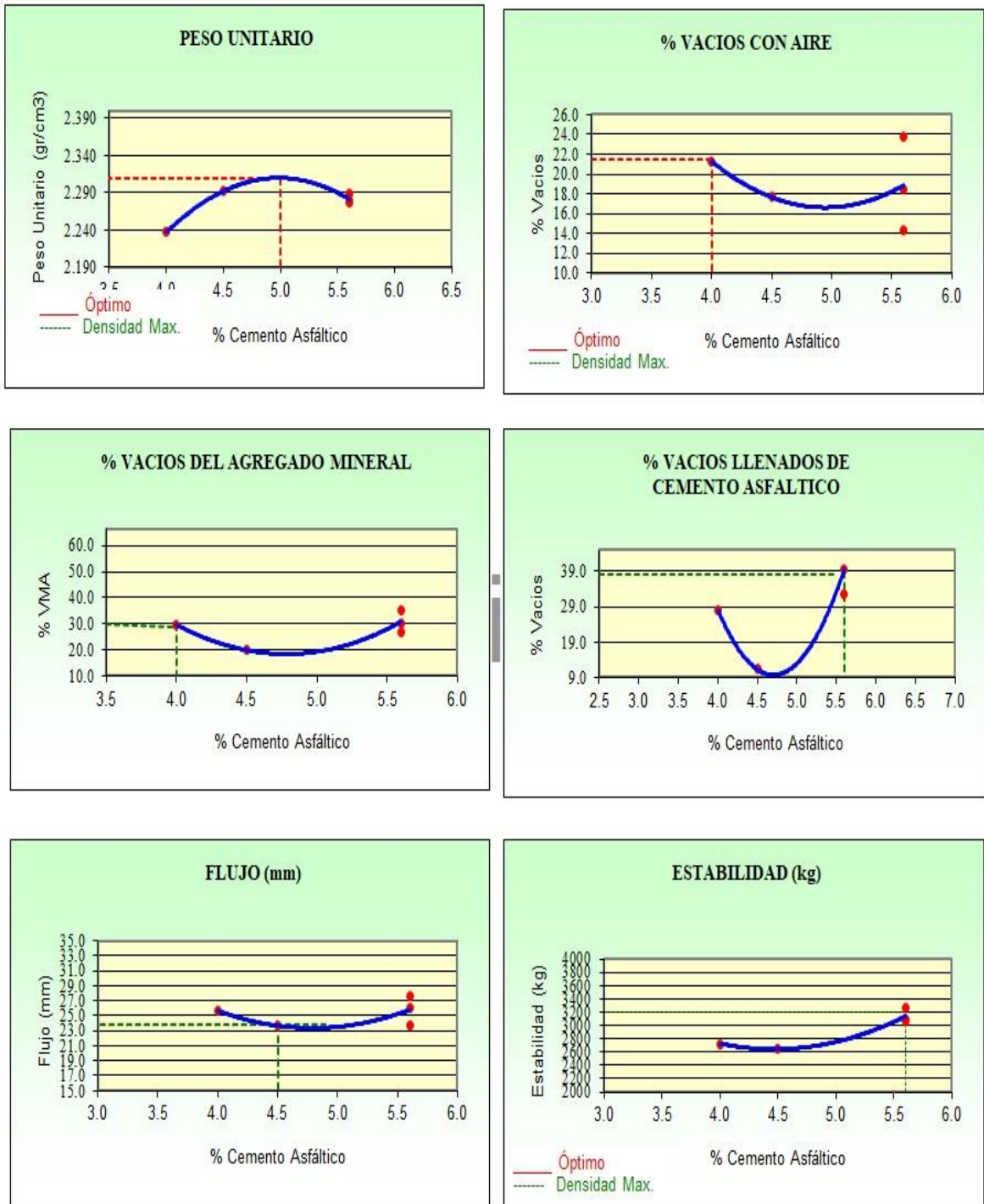


Gráfico 10. Resumen de los resultados evaluando la MAC modificada.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.3% garantiza una adecuada cohesión y durabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar 1% de filler cemento. Este porcentaje permite que el asfalto envuelva adecuadamente los agregados, optimizando la adhesión y flexibilidad del pavimento.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.480 gr/cm² sugiere una buena densidad, lo cual es fundamental para la resistencia estructural y durabilidad del pavimento. Una densidad adecuada indica que la mezcla ha sido bien compactada, reduciendo la presencia de vacíos y mejorando la capacidad de carga del pavimento.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 4.00% es bajo, lo cual es deseable ya que implica una buena compactación. Un menor contenido de vacíos reduce la susceptibilidad a la penetración de agua y aire, mejorando la durabilidad del pavimento y minimizando el riesgo de daños prematuros.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 30.00% asegura que hay suficiente espacio dentro del agregado para el asfalto y el aire. Este valor es adecuado para mantener la flexibilidad y resistencia de la mezcla, asegurando que los vacíos dentro del agregado estén adecuadamente llenados por el asfalto.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 39.00% indica que una parte significativa de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto. Este valor sugiere que la mezcla tiene una buena cohesión, aunque hay margen para mejorar, posiblemente aumentando ligeramente el contenido de asfalto o mejorando la compactación.

Flujo

Un flujo de 6.05 mm es moderado, indicando que la mezcla tiene una flexibilidad adecuada para absorber tensiones sin fracturarse. Este valor sugiere que la mezcla puede deformarse bajo carga sin comprometer su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 3190 Kg es alta, indicando que la mezcla puede soportar grandes cargas sin deformarse. Esto es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, lo cual contribuye a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada es esencial para mejorar la rigidez de la mezcla sin comprometer su flexibilidad.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Lenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1% -4% | 2.24 | 21.30 | 29.66 | 28.20 | 25.67 | 2725.67 | 1.23 | 4180.96 |
| 1% -4.5% | 2.29 | 17.64 | 19.85 | 11.29 | 23.67 | 2642.98 | 1.23 | 4360.30 |
| 1% -5% | 2.28 | 23.84 | 35.40 | 32.65 | 23.67 | 3075.47 | 1.23 | 5180.86 |
| 1% -5.5% | 2.28 | 18.40 | 30.39 | 39.53 | 26.00 | 3262.50 | 1.23 | 4926.62 |
| 1% -6% | 2.29 | 14.33 | 26.72 | 46.38 | 27.67 | 3080.47 | 1.23 | 4408.76 |

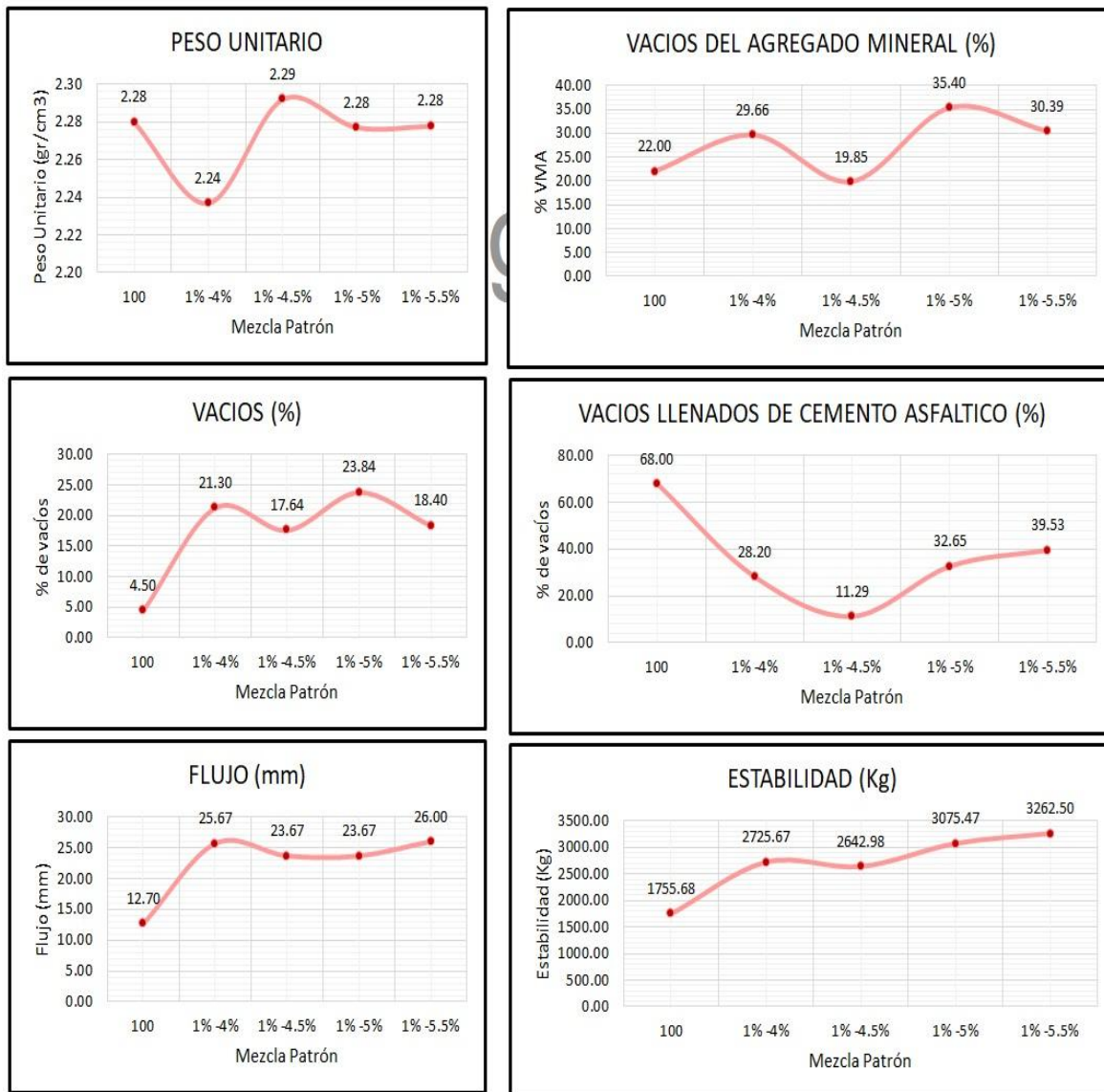


Tabla 42. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 1% de filler vidrio.

19. MAC con 2% de filler

En la gráfica podemos observar que para la mezcla con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico se obtiene el valor más alto de estabildades en el 5.5% de CA que cumple con los criterios de diseño para una carpeta asfáltica.

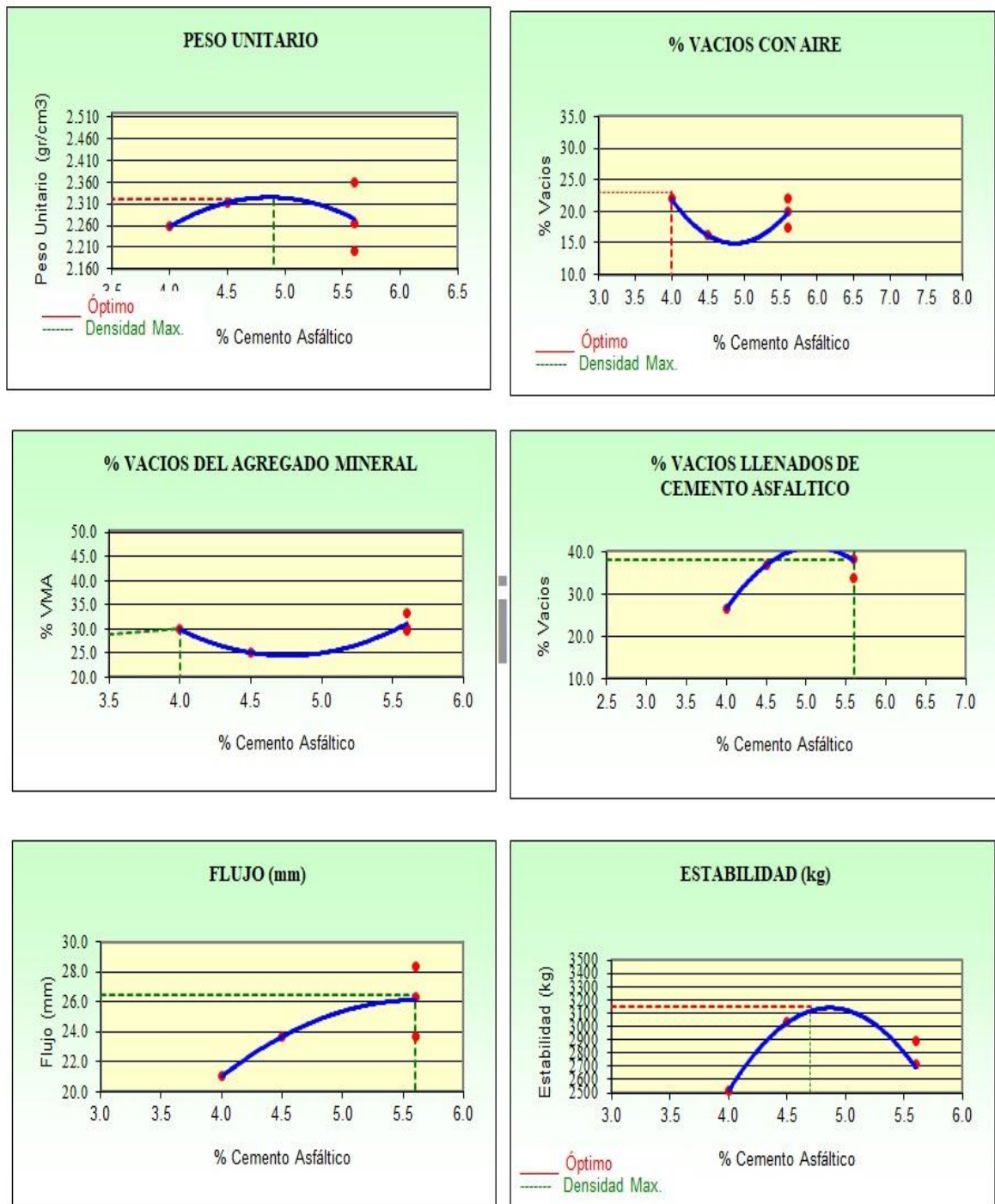


Gráfico 11. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 2% de filler vidrio.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.4% asegura una adecuada cohesión y durabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar 2% de filler cemento. Este porcentaje permite una

buena adhesión del asfalto a los agregados, optimizando la resistencia y flexibilidad del pavimento.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.320 gr/cm² indica una buena densidad, lo que sugiere que la mezcla ha sido bien compactada. Una densidad adecuada contribuye a la resistencia estructural y durabilidad del pavimento, reduciendo la presencia de vacíos y mejorando la capacidad de carga.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 23.00% es relativamente alto, lo cual podría indicar que la mezcla no está completamente compactada. Un contenido elevado de vacíos puede aumentar la susceptibilidad a la penetración de agua y aire, acelerando el deterioro del pavimento. Mejorar la compactación podría reducir los vacíos y aumentar la durabilidad.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 30.00% asegura que hay suficiente espacio dentro del agregado para el asfalto y el aire. Sin embargo, el alto porcentaje de vacíos totales sugiere que no todo este espacio está siendo utilizado de manera óptima. Es necesario optimizar la compactación y el contenido de asfalto para mejorar la cohesión interna.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 40.00% indica que una parte significativa de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto. Este valor sugiere que la mezcla tiene una buena cohesión, aunque hay margen para mejorar, posiblemente aumentando ligeramente el contenido de asfalto o mejorando la compactación.

Flujo

Un flujo de 6.60 mm es moderado, indicando que la mezcla tiene una flexibilidad adecuada para absorber tensiones sin fracturarse. Este valor sugiere que la mezcla puede deformarse bajo carga sin comprometer su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 3100 Kg es alta, indicando que la mezcla puede soportar grandes cargas sin deformarse. Esto es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, lo cual contribuye a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada es esencial para mejorar la rigidez de la mezcla sin comprometer su flexibilidad.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 2% -4% | 2.26 | 21.92 | 29.85 | 26.58 | 21.00 | 2515.00 | 1.23 | 4817.31 |
| 2% -4.5% | 2.31 | 16.19 | 25.10 | 36.82 | 23.67 | 3028.12 | 1.23 | 5060.37 |
| 2% -5% | 0.00 | 19.94 | 30.33 | 38.37 | 23.67 | 2447.55 | 1.23 | 4114.73 |
| 2% -5.5% | 2.36 | 17.47 | 29.59 | 41.35 | 28.33 | 2719.23 | 1.23 | 3744.79 |
| 2% -6% | 2.27 | 22.13 | 33.41 | 33.78 | 26.33 | 2895.64 | 1.23 | 4351.96 |

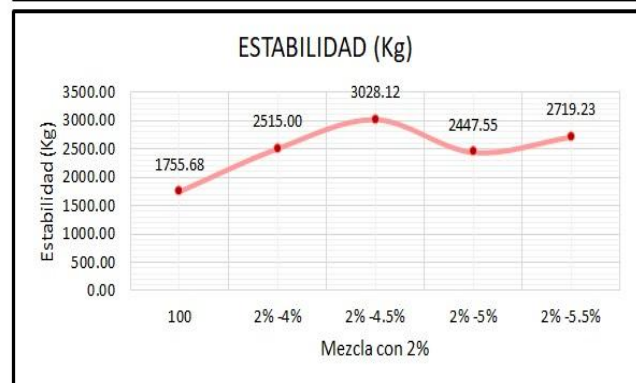
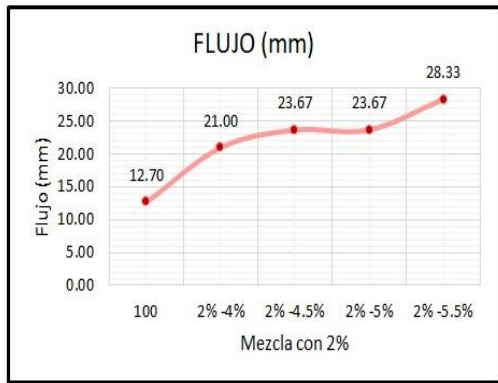
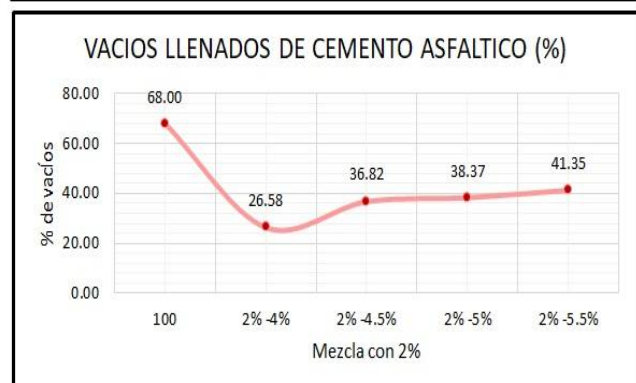
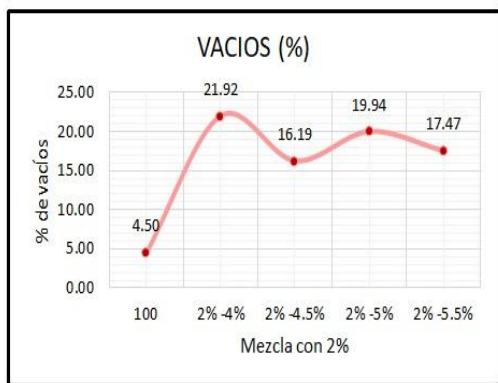
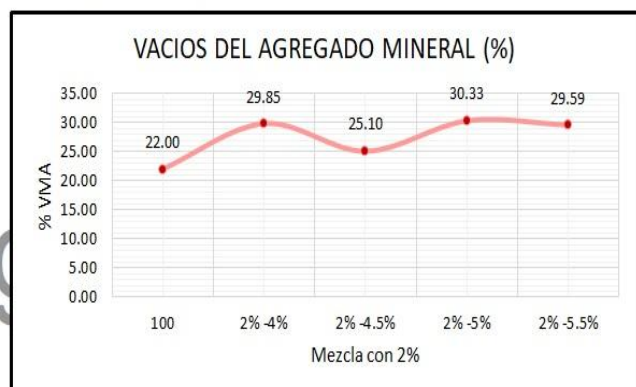


Tabla 43. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 2% de filler vidrio.

20. MAC con 3% de filler

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.5% indica que esta cantidad es necesaria para lograr la mejor cohesión y durabilidad de la mezcla asfáltica con la adición de 5% de filler cemento. Este porcentaje asegura una cobertura adecuada del asfalto sobre los agregados, optimizando la adhesión y flexibilidad del pavimento.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.290 gr/cm² sugiere una densidad adecuada, lo cual es fundamental para la resistencia estructural y durabilidad del pavimento. Una densidad adecuada indica que la mezcla ha sido bien compactada, reduciendo la presencia de vacíos y mejorando la capacidad de carga del pavimento.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 20.50% es relativamente alto, lo que puede implicar que la mezcla no está completamente compactada. Un alto contenido de vacíos puede resultar en mayor susceptibilidad a la penetración de agua y aire, lo cual podría acelerar el deterioro del pavimento. Es crucial mejorar la técnica de compactación para reducir los vacíos y aumentar la durabilidad.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 31.00% asegura que hay suficiente espacio dentro del agregado para el asfalto y el aire. Sin embargo, el alto porcentaje de vacíos totales sugiere que no todo este espacio está siendo utilizado eficazmente. Es necesario optimizar la compactación y el contenido de asfalto para mejorar la cohesión interna.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 38.00% indica que una parte significativa de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto, pero hay margen para mejorar. Este valor sugiere que la cohesión entre los agregados y el asfalto podría ser optimizada, posiblemente aumentando ligeramente el contenido de asfalto o mejorando la compactación.

Flujo

Un flujo de 6.50 mm es moderado, indicando que la mezcla tiene una flexibilidad adecuada para absorber tensiones sin fracturarse. Este valor sugiere que la mezcla puede deformarse bajo carga sin comprometer su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 3200 Kg es alta, indicando que la mezcla puede soportar grandes cargas sin deformarse. Este valor es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, lo cual contribuye a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada es esencial para mejorar la rigidez de la mezcla sin comprometer su flexibilidad.

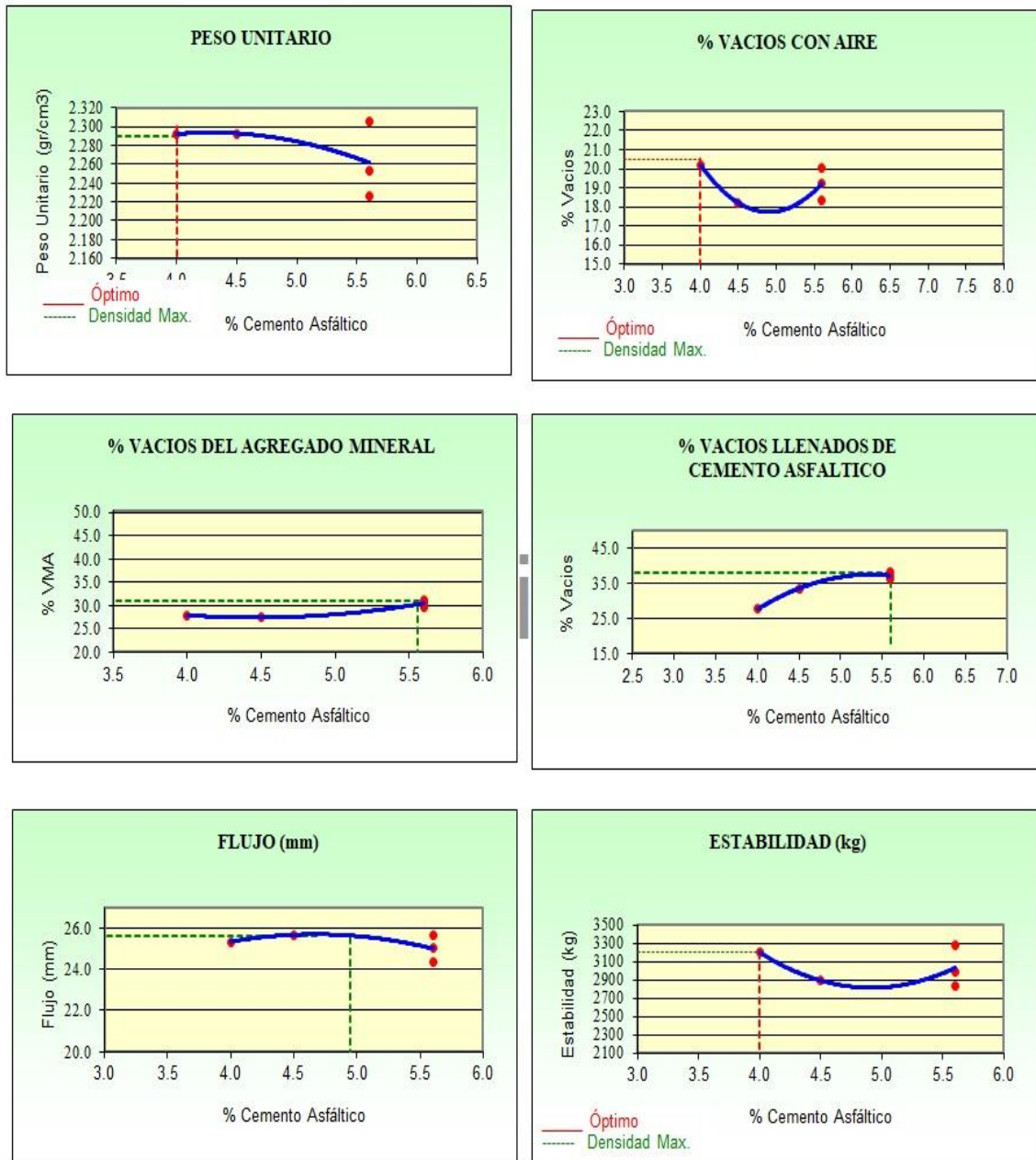


Gráfico 12. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 3% de filler vidrio.

Para la Tabla 44 decimos que, es la que muestra el resumen de los resultados obtenidos en el análisis de una MAC con filler vidrio de 3% y diferentes porcentajes de cemento asfáltico, los cuales son expuestos por separado a continuación de haber plasmado la Tabla en cuestión.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|---------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Lenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 3% -4% | 2.29 | 20.21 | 27.93 | 27.66 | 25.33 | 3195.33 | 1.23 | 4976.19 |
| 3% -4.5% | 2.29 | 18.21 | 27.44 | 33.62 | 25.67 | 2889.79 | 1.23 | 4430.64 |
| 3% -5% | 2.25 | 20.02 | 31.27 | 36.22 | 25.67 | 2833.12 | 1.23 | 4416.13 |
| 3% -5.5% | 2.31 | 19.25 | 30.65 | 37.20 | 24.33 | 3274.53 | 1.23 | 5375.84 |
| 3% -6% | 2.23 | 18.33 | 29.54 | 38.17 | 25.00 | 2984.08 | 1.23 | 4690.31 |

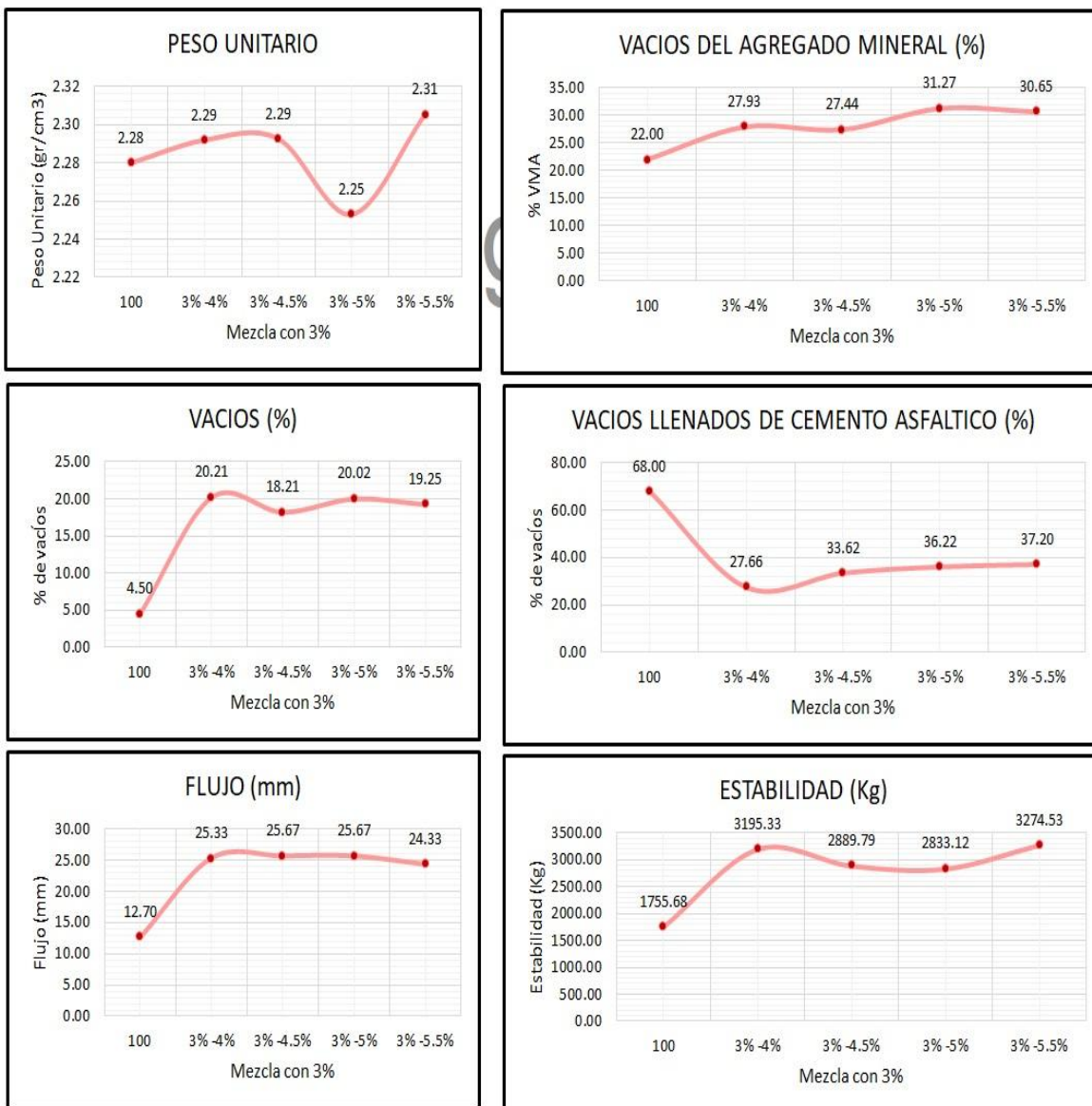


Tabla 44. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 3% de filler vidrio.

21. MAC con 4% de filler

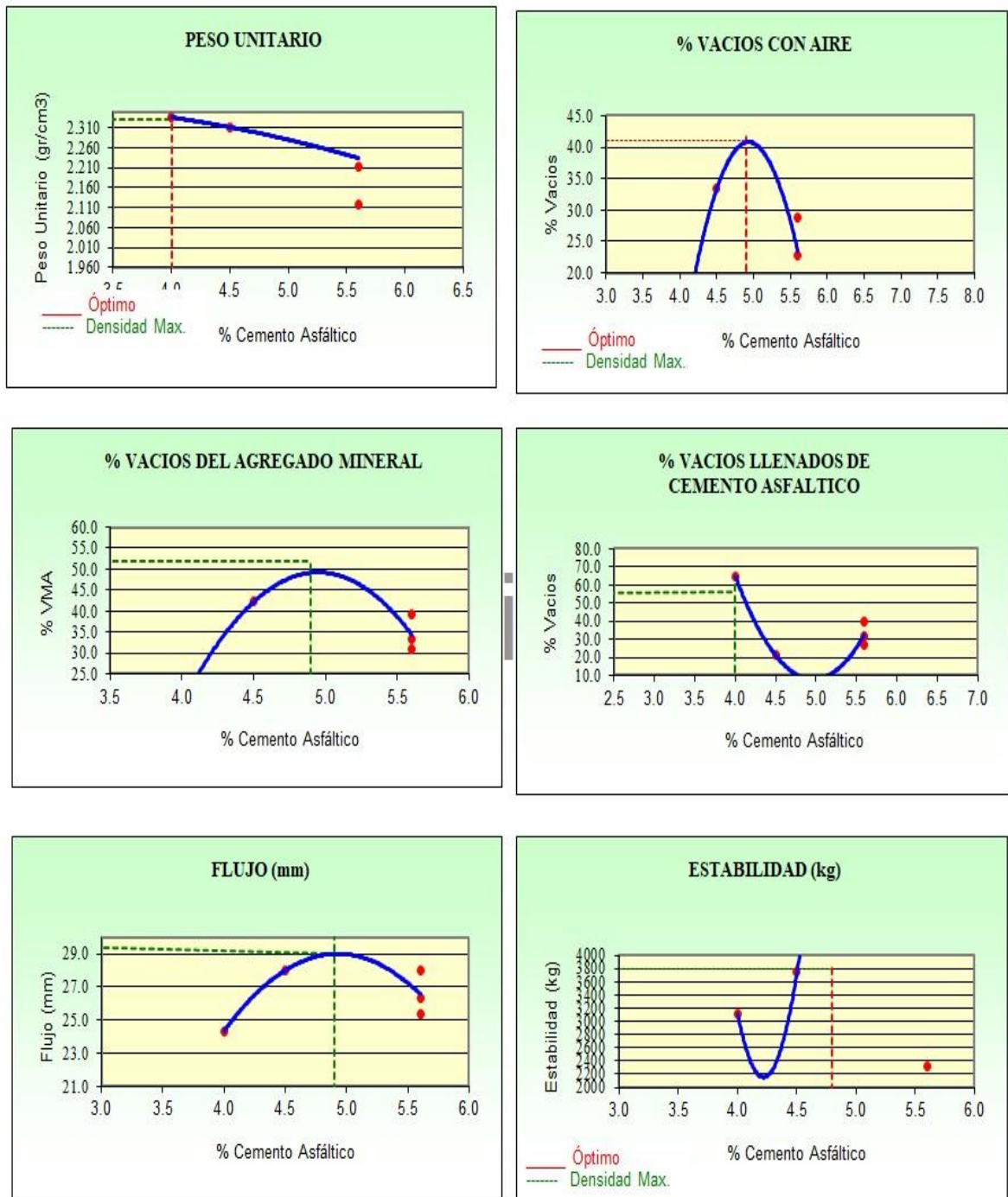


Gráfico 13. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 4% de filler vidrio.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.3% garantiza una adecuada cohesión y durabilidad de la mezcla asfáltica al incorporar 1% de filler cemento. Este porcentaje permite una

buena adhesión del asfalto a los agregados, optimizando la resistencia y flexibilidad del pavimento.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.330 gr/cm² sugiere una buena densidad, lo cual es fundamental para la resistencia estructural y durabilidad del pavimento. Una densidad adecuada indica que la mezcla ha sido bien compactada, reduciendo la presencia de vacíos y mejorando la capacidad de carga del pavimento.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 41.00% es extremadamente alto, lo que indica una compactación insuficiente. Un contenido tan elevado de vacíos puede aumentar la susceptibilidad a la penetración de agua y aire, acelerando el deterioro del pavimento. Mejorar la técnica de compactación es crucial para reducir los vacíos y aumentar la durabilidad del pavimento.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 51.90% es muy alto, lo cual puede indicar una mezcla con un contenido excesivo de vacíos, afectando negativamente la estabilidad y durabilidad del pavimento. Es necesario optimizar la compactación y el contenido de asfalto para mejorar la cohesión interna y reducir los vacíos.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 55.00% indica que una parte significativa de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto, pero el valor alto de los vacíos totales sugiere que esta relación no es suficiente para garantizar una mezcla compacta y duradera. Aumentar el contenido de asfalto o mejorar la compactación podría ayudar a aumentar el VFA, mejorando la cohesión y la resistencia a la fisuración.

Flujo

Un flujo de 7.62 mm es alto, lo cual indica que la mezcla tiene una flexibilidad considerable, pero podría ser excesiva. Un flujo demasiado alto puede resultar en deformaciones permanentes bajo cargas pesadas. Es importante encontrar un balance adecuado entre flexibilidad y rigidez.

Estabilidad

Una estabilidad de 3800 Kg es muy alta, indicando que la mezcla puede soportar grandes cargas sin deformarse. Esto es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, contribuyendo a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada es esencial para mejorar la rigidez de la mezcla sin comprometer su flexibilidad.

| | | RESULTADOS | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ²) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 4% -4% | 2.34 | 6.30 | 17.89 | 64.90 | 24.33 | 3101.67 | 1.23 | 5109.98 |
| 4% -4.5% | 2.31 | 33.32 | 42.20 | 21.03 | 28.00 | 3742.49 | 1.23 | 5894.49 |
| 4% -5% | 2.21 | 22.87 | 33.24 | 31.59 | 25.33 | 2325.93 | 1.23 | 3661.84 |
| 4% -5.5% | 2.37 | 18.74 | 30.91 | 39.39 | 28.00 | 4608.19 | 1.23 | 6479.46 |
| 4% -6% | 2.12 | 28.70 | 39.18 | 26.88 | 26.33 | 113968.36 | 1.23 | 166317.34 |

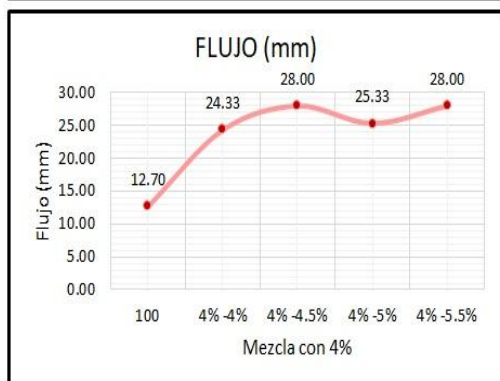
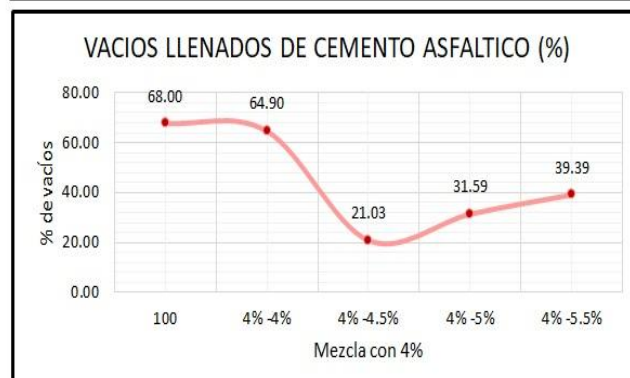
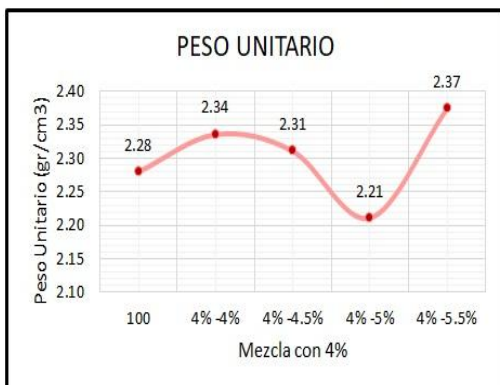


Tabla 45. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 4% de filler vidrio.

22. MAC con 5% de filler

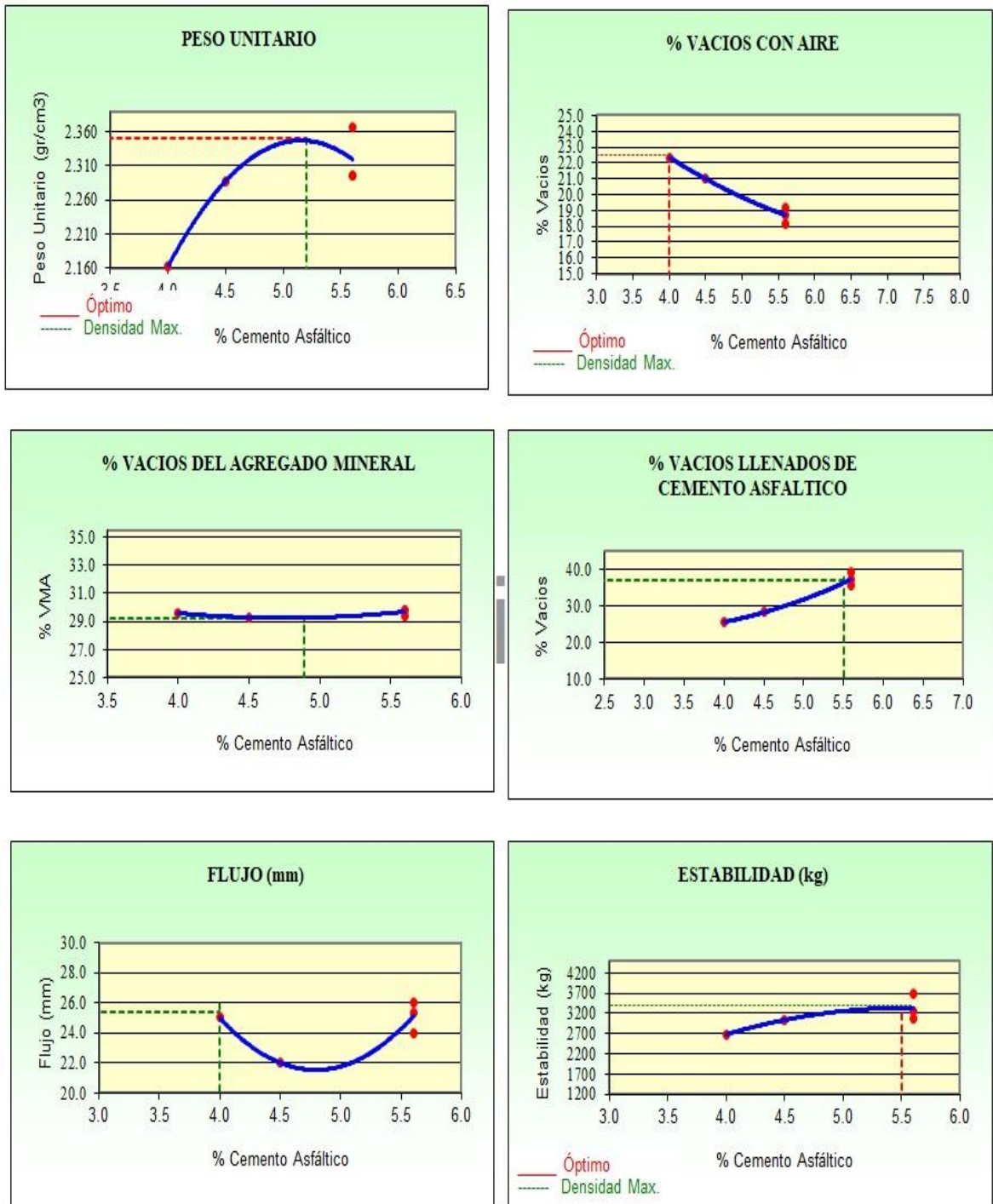


Gráfico 14. Resumen de los resultados evaluando la MAC con 5% de filler vidrio.

Óptimo Contenido de Asfalto (C.A)

El contenido óptimo de asfalto del 4.4% asegura que la mezcla tenga una cohesión y durabilidad adecuadas, permitiendo que el asfalto envuelva suficientemente los agregados y proporcionando una buena resistencia y flexibilidad al pavimento.

Peso Unitario

Un peso unitario de 2.350 gr/cm² indica una buena densidad, lo que es esencial para la resistencia estructural del pavimento. Una densidad adecuada sugiere que la mezcla ha sido correctamente compactada, lo que mejora su capacidad de carga y reduce la formación de vacíos.

Vacíos Totales

Un porcentaje de vacíos del 22.50% es bastante alto, lo que indica una compactación insuficiente. Un contenido tan elevado de vacíos puede aumentar la susceptibilidad a la penetración de agua y aire, lo que puede acelerar el deterioro del pavimento. Mejorar la técnica de compactación es crucial para reducir los vacíos y aumentar la durabilidad del pavimento.

Vacíos del Agregado Mineral (VMA)

Un VMA del 29.20% indica que hay suficiente espacio dentro del agregado para el asfalto y el aire. Este valor es adecuado, pero hay margen para mejorar la compactación y el contenido de asfalto para optimizar la cohesión interna y reducir los vacíos.

Vacíos Llenados de Asfalto (VFA)

Un VFA del 37.00% indica que una parte significativa de los vacíos del agregado está siendo llenada por el asfalto, pero el valor alto de los vacíos totales sugiere que esta relación no es suficiente para garantizar una mezcla compacta y duradera. Aumentar el contenido de asfalto o mejorar la compactación podría ayudar a aumentar el VFA, mejorando la cohesión y la resistencia a la fisuración.

Flujo

Un flujo de 6.45 mm es moderado, indicando que la mezcla tiene una flexibilidad adecuada para absorber tensiones sin fracturarse. Este valor sugiere que la mezcla puede deformarse bajo carga sin comprometer su integridad estructural.

Estabilidad

Una estabilidad de 3410 Kg es alta, indicando que la mezcla puede soportar grandes cargas sin deformarse. Esto es especialmente importante para pavimentos que deben soportar tráfico pesado, asegurando que la mezcla asfáltica mantendrá su forma y funcionalidad a lo largo del tiempo.

Relación Polvo-Asfalto

Esta relación indica una buena proporción de filler en comparación con el asfalto, lo cual contribuye a una mezcla bien equilibrada con adecuada cohesión y estabilidad. Una relación polvo-asfalto adecuada es esencial para mejorar la rigidez de la mezcla sin comprometer su flexibilidad.

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pen-Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 5% -4% | 2.16 | 22.35 | 29.58 | 25.63 | 25.00 | 2681.33 | 1.23 | 4230.16 |
| 5% -4.5% | 2.29 | 21.00 | 29.27 | 28.27 | 22.00 | 3036.15 | 1.23 | 5456.52 |
| 5% -5% | 2.30 | 18.72 | 29.83 | 37.25 | 24.00 | 3062.89 | 1.23 | 5063.81 |
| 5% -5.5% | 2.30 | 19.20 | 29.83 | 35.64 | 25.33 | 3704.14 | 1.23 | 5747.76 |
| 5% -6% | 2.37 | 18.17 | 29.39 | 39.24 | 26.00 | 3244.53 | 1.23 | 4921.56 |

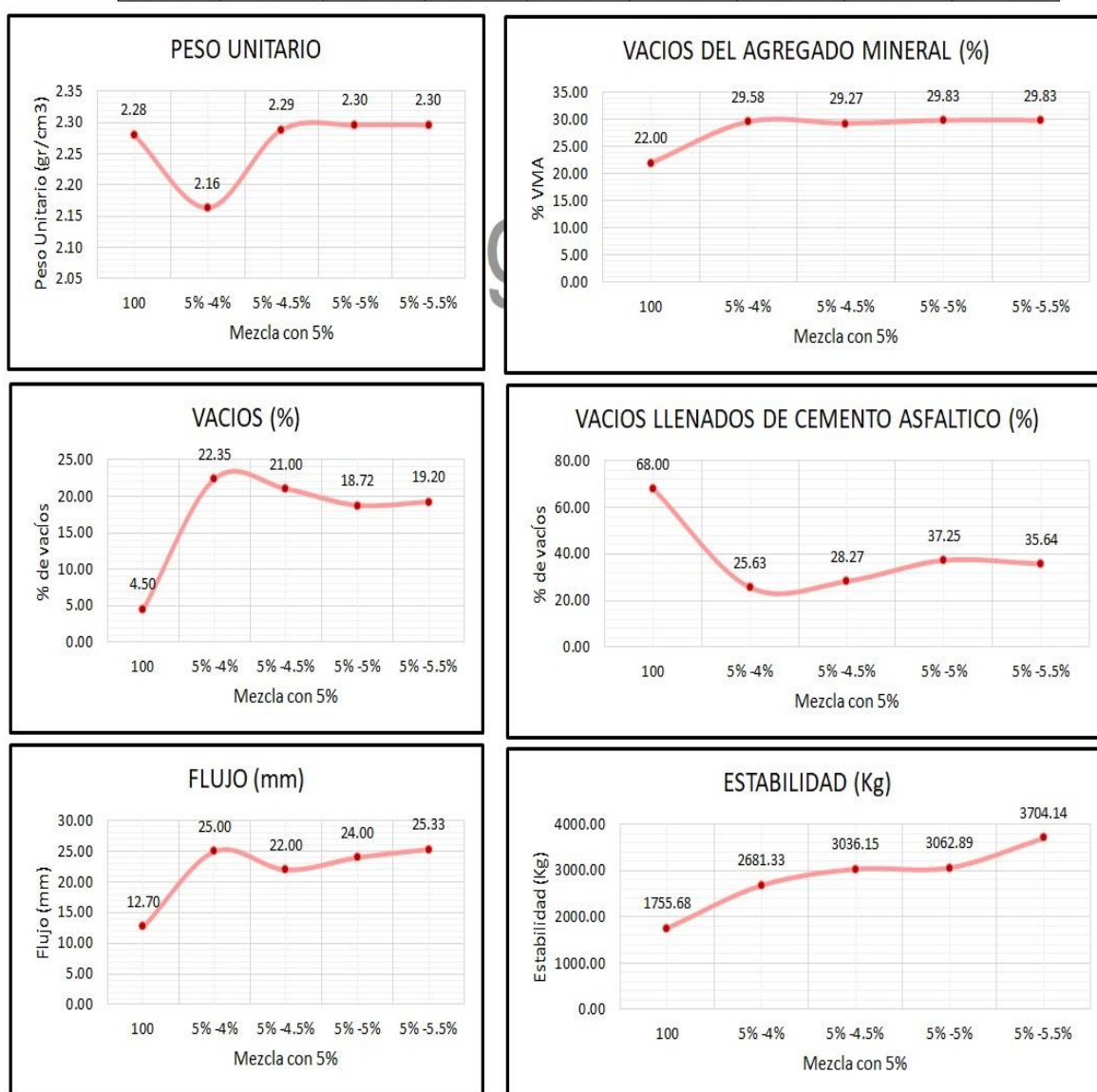


Tabla 46. Resultados del análisis de estabilidad de la MAC al 5% de filler cemento.

Ensayos para las briquetas modificadas con el Contenido de Asfalto Óptimo

23. Ensayo de Cantabro

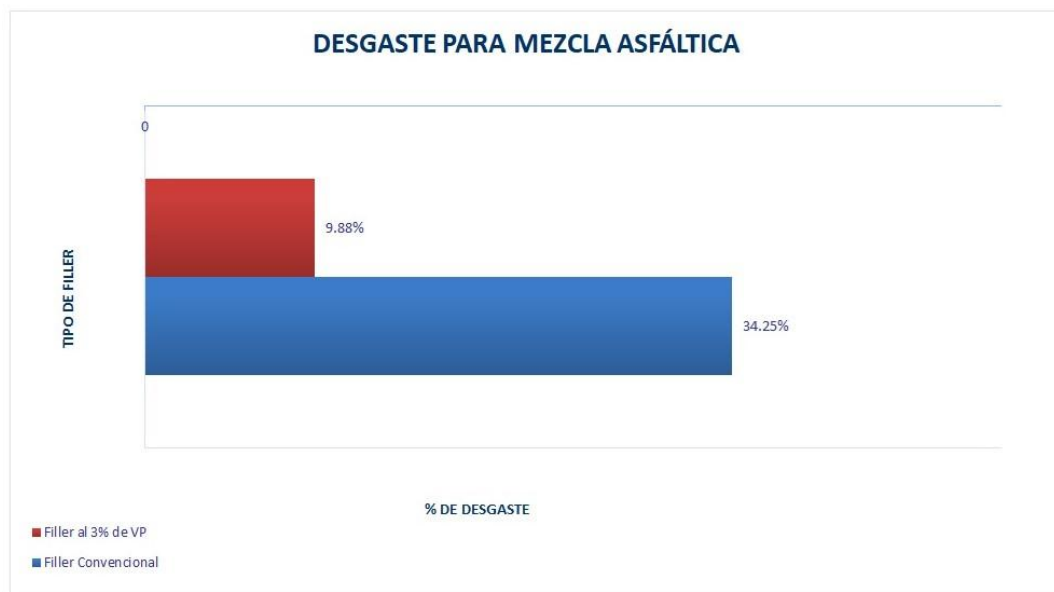


Gráfico 15. Porcentaje de desgaste para MAC a 60°C.

El gráfico 15 muestra los porcentajes de desgaste de una MAC a 60°C. El gráfico cuenta con 2 porcentajes de desgaste, el de color azul es de un MAC convencional y por otro lado el de color rojo es de una MAC modificada con 3% de filler vidrio. Esto al igual que la modificada.

Por tanto, según el Ensayo de Cantabro a 60°C tenemos que la MAC convencional supera a la MAC modificada en 24.4% más de desgaste.

24. Ensayo de Lottman Modificado

| | |
|--------------------------------------|---------|
| RAZÓN DEL ESFUERZO A TENSIÓN (TRS) = | 81.376% |
|--------------------------------------|---------|

Tabla 47. Porcentaje del esfuerzo a tensión según Lottman Modificado.

La tabla 47 nos muestra el porcentaje de razón del esfuerzo a tensión que se obtuvo de las muestras convencionales. Tenemos un total de 81.376% lo que indica que cumple con el parámetro mínimo que es de un 80%.

Costo de Fabricación por m3 con los porcentajes óptimos de Filler y Cemento asfáltico

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO | | | | | |
|---|--------|-----------|----------|---------|--------------|
| POR M3 DE VIDRIO PULVERIZADO | | | | | |
| Rendimiento: | 25 | m3/día | EQ | 100.00 | |
| DENOMINACIÓN | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | SUB-TOTAL |
| MANO DE OBRA | | | | | 35.41 |
| OPERARIO | hh | 1.000 | 0.320 | 24.220 | 7.750 |
| PEÓN | hh | 5.000 | 1.600 | 17.290 | 27.664 |
| MATERIALES | | | | | 11.00 |
| RECOLECCIÓN DE VIDRIO RECICLADO | m3 | | 1.100 | 10.000 | 11.000 |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | 32.00 |
| MAQUINA DE LOS ÁNGELES | hm | 1.000 | 0.320 | 100.000 | 32.000 |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % | | 5.000 | 35.414 | 0.530 |
| COSTO DIRECTO /m3 | | | | | 78.41 |
| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO - m3 | | | | | |
| PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA | | | | | |

Tabla 48. Costo unitario por m3 de vidrio pulverizado.

- **Dosificación de la MAC según porcentaje óptimo**

- Datos del laboratorio

| DATOS DEL DISEÑO | % |
|------------------|----|
| GRAVA | 43 |
| ARENA | 57 |
| PEN | 5 |
| FILLER | 3 |

- Cantidad de material por m3

| DTOS DEL DISEÑO | m3 |
|-----------------|------|
| GRAVA | 0.43 |
| ARENA | 0.57 |
| PEN | 0.05 |
| FILLER | 0.03 |

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO - m3 | | | | | |
|--|--------|-----------|----------|---------|----------------|
| PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE | | | | | |
| Rendimiento: | 100 | m3/día | e = | 2" | |
| DENOMINACIÓN | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | SUB-TOTAL |
| MANO DE OBRA | | | | | 6.64 |
| OPERARIO | hh | 2.000 | 0.160 | 24.220 | 3.875 |
| PEÓN | hh | 2.000 | 0.160 | 17.290 | 2.766 |
| MATERIALES | | | | | 308.89 |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.570 | 45.000 | 25.650 |
| CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70 | gln | | 13.209 | 10.000 | 132.086 |
| FILLER (CEMENTO) | m3 | | 0.030 | 250.000 | 7.500 |
| GASOLINA 90 | gln | | 4.800 | 25.000 | 120.000 |
| PIEDRA CHANCADA 3/4" - 1/2" | m3 | | 0.430 | 55.000 | 23.650 |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | 93.33 |
| CARGADOR FRONTAL 125 - 155 HP 3YDS-3 | hm | 1.000 | 0.080 | 140.000 | 11.200 |
| | hm | 2.000 | 0.160 | 70.000 | 11.200 |
| GRUPO ELECTRÓGENO DE 150 KW | hm | 1.000 | 0.080 | 80.000 | 6.400 |
| PLANTA ASFÁLTICA EN CALIENTE | hm | 1.000 | 0.080 | 800.000 | 64.000 |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % | | 5.000 | 6.642 | 0.530 |
| COSTO DIRECTO /m3 | | | | | 408.858 |

Tabla 49. Costo Unitario por m3 de una MAC convencional.[28]

- **Dosificación de la MAC modificada según porcentaje óptimo**

- Datos del laboratorio

| DATOS DEL DISEÑO | % |
|------------------|-----|
| GRAVA | 43 |
| ARENA | 57 |
| PEN | 4.5 |
| FILLER | 3 |

- Cantidad de material por m3

| DTOS DEL DISEÑO | m3 |
|-----------------|-------|
| GRAVA | 0.43 |
| ARENA | 0.57 |
| PEN | 0.045 |
| FILLER | 0.03 |

| ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO - m3 | | | | | |
|---|--------|-----------|----------|---------|----------------|
| PREPARACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE MODIFICADA | | | | | |
| Rendimiento: | 100 | m3/día | e = | 2" | |
| DENOMINACIÓN | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | SUB-TOTAL |
| MANO DE OBRA | | | | | 6.64 |
| OPERARIO | hh | 2.000 | 0.160 | 24.220 | 3.875 |
| PEÓN | hh | 2.000 | 0.160 | 17.290 | 2.766 |
| MATERIALES | | | | | 290.53 |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.570 | 45.000 | 25.650 |
| CEMENTO ASFÁLTICO PEN 60/70 | gl | | 11.888 | 10.000 | 118.877 |
| FILLER (VIDRIO) | m3 | | 0.030 | 78.414 | 2.352 |
| GASOLINA 90 | gl | | 4.800 | 25.000 | 120.000 |
| PIEDRA CHANCADA 3/4" - 1/2" | m3 | | 0.430 | 55.000 | 23.650 |
| EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | 92.80 |
| CARGADOR FRONTAL 125 - 155 HP 3YDS-3 | hm | 1.000 | 0.080 | 140.000 | 11.200 |
| GRUPO ELECTRÓGENO DE 75 KW | hm | 2.000 | 0.160 | 70.000 | 11.200 |
| GRUPO ELECTRÓGENO DE 150 KW | hm | 1.000 | 0.080 | 80.000 | 6.400 |
| PLANTA ASFÁLTICA EN CALIENTE | hm | 1.000 | 0.080 | 800.000 | 64.000 |
| HERRAMIENTAS MANUALES | % | | 5.000 | 6.642 | 0.530 |
| COSTO DIRECTO /m3 | | | | | 389.971 |

Tabla 50. Costo Unitario por m3 de una MAC modificada.

Conclusiones

- El vidrio pulverizado presentó una granulometría adecuada para su uso como filler en mezclas asfálticas, con partículas suficientemente finas para llenar los vacíos en la mezcla. También, la prueba química indicó que el vidrio pulverizado no reacciona de manera adversa con los componentes del asfalto y no absorbe el agua, características favorables para su uso en mezclas asfálticas.
- El Contenido de asfalto óptimo fue de 5% para la mezcla patrón y de 4.5% para la mezcla modificada.
- La Estabilidad y Flujo de la muestra patrón y la modificada fue de 3017.05 kg - 34 mm y de 2889.79 kg - 25.67 mm respectivamente.
- En cuanto a los Vacíos de la mezcla con filler cemento fue 21.21% y de la mezcla con filler vidrio fue 18.21%.
- La Susceptibilidad a la humedad de MAC convencional fue de 86.16% y la modificada fue de 81.38%, mostrando que la durabilidad difiere en un 0.5% más, en comparación a la muestra modificada.
- La Pérdida de Desgaste de MAC con filler cemento fue de 34.28% y de MAC modificada de 9.04%, demostrando ser un 24% más resistente y durable, comparada con la MAC convencional.
- El costo de fabricación por m³ para una mezcla asfáltica con filler vidrio ofrece un total de S/. 389.971 y para la MAC convencional el costo de fabricación sería de S/. 408.858.
- La MAC modificada fue aproximadamente 5% más económica en comparación a la mezcla convencional, ofreciendo una mejor relación costo-beneficio.

Recomendaciones

- Realizar pruebas en diferentes condiciones climáticas y ambientes geográficos para evaluar cómo afectan factores como la temperatura extrema, la humedad y la exposición a diferentes agentes químicos a las mezclas asfálticas con vidrio pulverizado.
- Aunque el 3% de vidrio pulverizado mostró los mejores resultados en este estudio, es recomendable explorar una gama más amplia de porcentajes para encontrar la proporción óptima en diferentes tipos de mezclas y aplicaciones específicas.
- Realizar un análisis detallado del ciclo de vida y el impacto ambiental del uso de vidrio pulverizado como filler. Esto incluiría la evaluación de la reducción de residuos de vidrio y la comparación de la huella de carbono de las mezclas asfálticas con y sin vidrio pulverizado.
- Ampliar la investigación sobre la interacción química entre el vidrio pulverizado y otros componentes de la mezcla asfáltica para asegurar la compatibilidad a largo plazo y evitar posibles problemas de degradación o reacción adversa.
- Realizar un análisis económico detallado, considerando no solo los costos de fabricación sino también los costos de mantenimiento y reparación a lo largo del ciclo de vida del pavimento. Esto ayudará a justificar económicamente el uso de vidrio pulverizado en proyectos de infraestructura.
- Promover el desarrollo de normas y estándares específicos para el uso de vidrio pulverizado en mezclas asfálticas. Esto facilitará su adopción en la industria y asegurará la calidad y consistencia del material utilizado.
- Implementar programas de capacitación y sensibilización para ingenieros, constructores y tomadores de decisiones sobre los beneficios y técnicas de utilización del vidrio pulverizado en mezclas asfálticas. Esto ayudará a fomentar su adopción y correcta aplicación en proyectos de infraestructura.
- Fomentar la colaboración con la industria del reciclaje de vidrio y la construcción para desarrollar prácticas y tecnologías que faciliten la integración del vidrio pulverizado en las mezclas asfálticas. Esto puede incluir la inversión en maquinaria adecuada y procesos de reciclaje eficientes.

- Considerar la investigación de otras posibles aplicaciones del vidrio pulverizado en el sector de la construcción, como en concreto o materiales compuestos, para maximizar su uso y beneficios ambientales.

Referencias

- [1] «¿Qué incide en el deterioro de una carpeta asfáltica?» Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/-1>
- [2] «Vidrio | Medio Ambiente Álor». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://medioambientealora.wordpress.com/2016/04/22/vidrio/>
- [3] «El vidrio | Terra.org - Ecología práctica». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.terra.org/categorias/articulos/el-vidrio>
- [4] «En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables | SINIA». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>
- [5] G. Técnica *et al.*, «Cómo citar el artículo Número completo Más información del artículo Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto», vol. 22, n.º 1, pp. 66-78, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.18901.55520.
- [6] H. Ziari, M. R. M. Aliha, A. Moniri, y Y. Saghafi, «Crack resistance of hot mix asphalt containing different percentages of reclaimed asphalt pavement and glass fiber», *Constr Build Mater*, vol. 230, p. 117015, ene. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.117015.
- [7] G. Mohammad Harun-Or-Rashid y M. Mohayminul Islam, «To cite this article: Gazi Mohammad Harun-Or-Rashid, Mohammad Mohayminul Islam. A Review Paper on: Effect of Different Types of Filler Materials on Marshall Characteristics of Bitumen Hot Mix», *Article in International Journal of Materials Science and Applications*, vol. 9, n.º 3, pp. 40-46, 2020, doi: 10.11648/j.ijmsa.20200903.11.
- [8] C. J. Slebi-Acevedo, P. Lastra-González, P. Pascual-Muñoz, y D. Castro-Fresno, «Mechanical performance of fibers in hot mix asphalt: A review», *Constr Build Mater*, vol. 200, pp. 756-769, mar. 2019, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.12.171.
- [9] O. Janmohammadi, E. Safa, M. Zarei, y A. Zarei, «Simultaneous effects of ethyl vinyl acetate (EVA) and glass fiber on the properties of the hot mix asphalt (HMA)», *SN Appl Sci*, vol. 2, n.º 7, pp. 1-14, jul. 2020, doi: 10.1007/S42452-020-2977-8/FIGURES/22.
- [10] «View of The Usage of Recycled Glass In Hot Mix Asphalt: A Review». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://journal.ump.edu.my/construction/article/view/6324/1339>

- [11] P. K. Gautam, P. Kalla, A. S. Jethoo, R. Agrawal, y H. Singh, «Sustainable use of waste in flexible pavement: A review», *Constr Build Mater*, vol. 180, pp. 239-253, ago. 2018, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.04.067.
- [12] «Manual suelos pavimentos | PDF». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/GuillermoSoto32/manual-suelos-pavimentos>
- [13] «62 4.1.2.1.-DENSIDAD».
- [14] «MTC 2013.pdf». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/mtc-2013pdf/252098601>
- [15] M. G. Y. Colonia, «MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/40583979/MANUAL_DE_ENSAYO_DE_MATERIALES
- [16] «ASTM D 4791-99 Forma de La Particula | PDF | Masa | Medición». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/430459036/6-ASTM-D-4791-99-Forma-de-La-Particula>
- [17] «NTP 339.152 Sales Solubles | PDF». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/658070593/NTP-339-152-Sales-Solubles>
- [18] «NTP-400.016-2011determinacion de La Inalterabilidad de Los Agregados Por Medio de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio | PDF | Cloruro de sodio | Evaporación». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/360869395/NTP-400-016-2011determinacion-de-La-Inalterabilidad-de-Los-Agregados-Por-Medio-de-Sulfato-de-Sodio-o-Sulfato-de-Magnesio>
- [19] «NTP 400.021 Densidad y Absorción Agregado Grueso-convertido - PDFCOFFEE.COM». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/ntp-400021-densidad-y-absorcion-agregado-grueso-convertido-pdf-free.html>
- [20] «NTP 400.022 | PDF | Densidad | Absorción (Química)». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/446646346/ntp-400-022-docx>
- [21] «NTP 339.129. Límite Líquido, Plástico, Ip | PDF | Agua | Destilación». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/625791422/NTP-339-129-Limite-Liquido-Plastico-Ip>

- [22] «Características de las mezclas asfálticas en frío y caliente». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/caracteristicas-de-las-mezclas-asfalticas-en-frio-y-caliente>
- [23] «ASTM D 1559 - PDFCOFFEE.COM». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/astm-d-1559-3-pdf-free.html>
- [24] «Mva 03 Rice Astm D 2041 | PDF | Laboratorios | Cemento». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/386305720/Mva-03-Rice-Astm-d-2041>
- [25] «RESISTANCE OF COMPACTED ASPHALT MIXTURES TO MOISTURE-INDUCED DAMAGE AASHTO T 283».
- [26] «Artículo 4.-VIDRIOS PRIMARIOS».
- [27] «(1) Manuel Borja Suárez | Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo - Academia.edu». Accedido: 24 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unprg.academia.edu/ManuelBorjaSu%C3%A1rez>
- [28] «01_precios_unitarios».

Anexos

Anexo 1. Formato del ensayo granulométrico de agregados.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MÓGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

| | | | | | | | |
|-------------------|--|--|--|--|--|-----------------------------|--|
| TESIS | "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler". | | | | | | |
| MATERIALES | Agregados chancados | | | | | RESP. LAB. : R. O. H | |
| MATERIAL | Mezcla de agregados | | | | | TEC. LAB. : R. O. H | |
| CANTERA | Tres Tomas - Ferreñale | | | | | FECHA : 17/11/23 | |
| TESISTA | Sabby Dorita Cruzado Lopez | | | | | | |

| TAMIZ | AASHTO T-27 | PESO | PORCENTAJE | | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | | ESPECIFICACIÓN | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|-------------|-------|------------|----------|--------------------|---------------------|----------|----------------|---------------------------|
| | [mm] | | RETENIDO | RETENIDO | | QUE PASA | QUE PASA | | |
| 3" | 76.200 | | | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1532 | | | | 100.0 | 100 | | |
| 1/2" | 12.500 | 1874 | 33.5 | 33.5 | 66.5 | 80 | 100 | | |
| 3/8" | 9.500 | 376 | 6.7 | 40.2 | 59.8 | 70 | 88 | | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.4 | 42.6 | 57.4 | 51 | 68 | | |
| Nº 10 | 2.000 | 268.0 | 8.6 | 51.1 | 48.9 | 38 | 52 | | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 25.5 | 76.6 | 23.4 | 17 | 28 | | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 5.7 | 82.3 | 17.7 | 8 | 17 | | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 2.7 | 85.0 | 15.0 | 4 | 8 | | |
| < Nº 200 | FGNDO | 470.0 | 15.0 | 100.0 | | | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA

Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 2. Formato del ensayo de contenido de humedad de los agregados.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 22 de Abril del 2022

Ensayo : Contenido de humedad del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos

| | | | |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| A.- Peso de muestra húmeda | (gr.) | 5413 | 5413 |
| B.- Peso de muestra seca | (gr.) | 5349 | 5349 |
| C.- Peso de recipiente | (gr.) | 0.0 | 0 |
| D.- Contenido de humedad | (%) | 1.20 | 1.20 |
| E.- Contenido de humedad (promedio) | (%) | 1.20 | |

Ensayo : Contenido de humedad del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-535 ó N.T.P. 339.185

Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos

| | | | |
|-------------------------------------|-------|-------------|-------------|
| A.- Peso de muestra húmeda | (gr.) | 9581 | 9581 |
| B.- Peso de muestra seca | (gr.) | 9546 | 9546 |
| C.- Peso de recipiente | (gr.) | 0.0 | 0 |
| D.- Contenido de humedad | (%) | 0.4 | 0.4 |
| E.- Contenido de humedad (promedio) | (%) | 0.37 | |


 Henry Obidos Obidos
Téc. Laboratorio USAT 


TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 3. Formato del ensayo de Abrasión.

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 20 de octubre del 2023

ENSAYO : RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37.5 mm (1 1/2") POR MEDIO DE LA MAQUINA DE LOS ANGELES

REFERENCIA : Norma MTC E 207 / ASTM C-131

Cantera : Cantera Tres Tomas
Muestra : Agregado grueso

| | | |
|----------------------------|---|-----|
| % de desgaste por abrasión | % | 7.6 |
| % de uniformidad | % | 0.6 |

Requerimiento: 40 % Maximo

OBSERVACIONES:

- Muestras provistas e identificadas por el solicitante.
- Método de ensayo a usar: Gradación "B", Nº de esferas : 11, Revoluciones : total 500


 Henry Rodeneyru
 Obilias
 S.C. Laboratorios
 USAT



 USAT
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Ensayos de Materiales

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 4. Formato del ensayo de peso específico y absorción de los agregados.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
Solicitante : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.
Fecha de emisión : Chiclayo, 22 de Abril del 2022

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-128 ó N.T.P. 400.022
Cantera : Arena Amarilla - Cantera La Victoria-Pátapo.

I.- Datos.

| | | | |
|--|-----|---------------|---------------|
| 1.- Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco + P | (g) | 1005.3 | 1005.3 |
| 2.- Pesc. Peso de la Arena Sup. Seca + Peso del Frasco | (g) | 701.38 | 701.38 |
| 3.- Peso del Agua | (g) | 303.89 | 303.89 |
| 4.- Peso de la Arena Secada al Horno + Peso del Frasco | (g) | 697.05 | 697.08 |
| 5.- Peso del Frasco | (g) | 201.38 | 201.38 |
| 6.- Peso de la Arena Secada al Horno | (g) | 496 | 496 |
| 7.- Volumen del frasco | (g) | 500 | 500 |

II.- Resultados

| | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECIFICO DE MASA | (g/cm ³) | 2.528 |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm ³) | 2.550 |
| C.- PESO ESPECIFICO APARENTE | (g/cm ³) | 2.584 |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN | (%) | 0.87 |

Ensayo : Peso específico y Absorción del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-127 ó N.T.P. 400.021
Cantera : Piedra Chancada - Tres Tomas

I.- Datos.

| | | | |
|---|-----|-------------|-------------|
| 1.- Peso de la muestra secada al horno | (g) | 3819 | 3819 |
| 2.- Peso de la muestra superficialmente seca | (g) | 3854 | 3854 |
| 3.- Peso de la muestra dentro del agua + peso del can | (g) | 3316 | 3316 |
| 4.- Peso de la canastilla | (g) | 927 | 880 |
| 5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua | (g) | 2389 | 2436 |

II.- Resultados

| | | |
|--------------------------------------|----------------------|--------------|
| A.- PESO ESPECIFICO DE MASA | (g/cm ³) | 2.649 |
| B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO | (g/cm ³) | 2.674 |
| C.- PESO ESPECIFICO APARENTE | (g/cm ³) | 2.715 |
| D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN | (%) | 0.92 |



Henry
Madeneyra
Obdías
Téc. Laboratorio
USAT





USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 5. Formato del ensayo de partículas chatas y alargadas en el agregado grueso.

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

ASMT D- 4791-99

Tesista: Sabby Dorita Cruzado Lopez
Tesis: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas estéticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

Material: : Piedra chancada
 : Tres Tomas

| MATERIAL | | AGREGADO GRUESO | | | CHATAS | | | ALARGADAS | | |
|----------|----------|-----------------|--------|--------|--------|------|-----------|-----------|------|-----------|
| TAMIZ | ABERTURA | PESO RET. | % RET. | % PASA | PESO | (%) | (%) CORR. | PESO | (%) | (%) CORR. |
| (pulg) | (mm) | | | | | | | | | |
| 3/4" | 19.00 | | | 100.00 | | | | | | |
| 1/2" | 12.50 | 922.0 | 63.94 | 36.06 | 15.3 | 1.06 | | 2.5 | 0.17 | |
| 3/8" | 9.50 | 400.0 | 27.74 | 8.32 | 44 | 3.05 | | 22.6 | 1.67 | |
| 1/4" | 6.30 | 120.0 | 8.32 | - | 23.9 | 1.66 | | 14.6 | 1.01 | |
| | | | TOTAL | | 83.2 | 5.77 | | 39.7 | 2.75 | |

| | | | |
|-------------------------------|-----|--------|-------------------------|
| PESO TOTAL DE LA MUESTRA | (g) | 1442.0 | |
| PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS | (%) | 8.5 | ESPECIFICACIÓN 12% Max. |

OBSERVACIONES: El ensayo se realizó con la relación dimensional 1:3


 Ricardo Ortega
 Obispos
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE MATERIALES Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 6. Formato del ensayo de porcentaje de caras fracturadas.



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Tecnicista: Sally Dorita Cruzado Lopez
Escuela: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tema: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"
Lugar: Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de ensayo: Chiclayo, 22 de Oct del 2023

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
(NORMA: NTC E 210; ASTM D 5811)

Centro:

Pedraza Chancata - Tres Tomas

A.- CON UNA CARA FRACTURADA.

| TAMIZ | | PESO MÍNIMO REQUERIDO | PESO MUESTRA A | PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = (B/A) * 100$ | PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C * D$ |
|--------|---------|--------------------------|-------------------|--|--|---|---|
| PASA | RETIENE | | | | | | |
| 3" | 2 1/2" | 30000.0 g | 0.0 | --- | --- | 0.0 % | --- |
| 2 1/2" | 2" | 15000.0 g | 15124.0 | 11758.0 | 77.7 % | 15124.0 % | 11758.0 % |
| 2" | 1 1/2" | 7500.0 g | 7535.0 | 7367.0 | 97.8 % | 7535.0 % | 7367.0 % |
| 1 1/2" | 1" | 3000.0 g | 3134.0 | 2165.2 | 69.3 % | 3134.0 % | 2165.2 % |
| 1" | 3/4" | 1500.0 g | 1535.0 | 996.1 | 64.9 % | 1535.0 % | 996.1 % |
| 3/4" | 1/2" | 500.0 g | 576.0 | 387.7 | 67.3 % | 576.0 % | 387.7 % |
| 1/2" | 3/8" | 300.0 g | 334.0 | 256.3 | 76.7 % | 334.0 % | 256.3 % |
| TOTAL | | 57800.0 g | 28238.0 g | 22930.3 g | | 28238.0 % | 22930.3 % |

PORCENTAJE CON UNA CARA FRACTURADA = 81.2%

B.- CON DOS CARAS FRACTURADAS.

| TAMIZ | | PESO MÍNIMO REQUERIDO | PESO MUESTRA A | PESO MATERIAL CON DOS CARAS FRACT. B | PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADA $C = (B/A) * 100$ | PORCENTAJE RET. GRADACIÓN ORIGINAL D | PROMEDIO DE CARAS FRACTURADAS $E = C * D$ |
|--------|---------|--------------------------|-------------------|--|--|---|---|
| PASA | RETIENE | | | | | | |
| 3" | 2 1/2" | 30000.0 g | 0.0 | --- | --- | 0.0 % | --- |
| 2 1/2" | 2" | 15000.0 g | 15124.0 | 11875.0 | 78.5 % | 15124.0 % | 11875.0 % |
| 2" | 1 1/2" | 7500.0 g | 7535.0 | 7185.0 | 96.7 % | 7535.0 % | 7283.0 % |
| 1 1/2" | 1" | 3000.0 g | 3134.0 | 2900.0 | 92.5 % | 3134.0 % | 2900.0 % |
| 1" | 3/4" | 1500.0 g | 1535.0 | 929.8 | 60.6 % | 1535.0 % | 929.8 % |
| 3/4" | 1/2" | 500.0 g | 576.0 | 383.7 | 66.6 % | 576.0 % | 383.7 % |
| 1/2" | 3/8" | 300.0 g | 334.0 | 258.8 | 77.5 % | 334.0 % | 258.8 % |
| TOTAL | | 57800.0 g | 28238.0 g | 23630.3 g | | 28238.0 % | 23630.3 % |

PORCENTAJE CON DOS CARAS FRACTURADAS = 83.7%


NOTA: La portulacas fracturadas fue determinado por masa.

Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT




TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 7. Formato del ensayo de índice de aplanamiento.



USAT
Laboratorio Central
Laboratorio Regional

INSTITUTO TECNOLÓGICO SANTI DOMINGO DE LOS RÍOS
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES



Técnico: Sabby Derrita Cruzado Lopez
Escuela: Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Título: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como agregado
Lugar: Dist. Chiriquín, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de ensayo: Chiclayo, 22 de Oct del 2023

ÍNDICE DE APLANAMIENTO DE LOS AGREGADOS PARA CARRETERAS
 [NORMA: MTC E 221, ASTM D 4751, NLT 354 / 91]

Centro: Piedra Chancado - Tres Tomas


PESO MUEST. SECA: 6000.0 g.

| TAMIZ | | PESO MÍN. PARA SUBDIVISIÓN | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | PORCENTAJE RET. ACUMULADO | % QUE PASA |
|------------|--------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------------------|------------|
| Pulg. | Mm. | | | | | |
| 2 1/2" | 63.000 | — | — | — | — | 100.0 |
| 2" | 50.000 | 50 kg. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 100.0 |
| 1 1/2" | 37.500 | 35 kg. | 150.0 | 2.5 | 2.5 | 97.5 |
| 1" | 25.000 | 25 kg. | 252.0 | 5.9 | 8.4 | 91.6 |
| 3/4" | 19.000 | 5 kg. | 884.5 | 14.7 | 23.1 | 76.9 |
| 1/2" | 12.500 | 2 kg. | 1196.0 | 19.9 | 43.0 | 57.0 |
| 3/8" | 9.500 | 1 kg. | 1845.0 | 30.8 | 73.8 | 26.2 |
| 1/4" | 6.300 | 0.5 kg. | 865.0 | 14.4 | 88.2 | 11.8 |
| Menor 1/4" | 4.750 | — | 352.0 | 5.9 | 94.1 | 5.9 |
| FONDO | | — | 355.5 | 5.9 | 100.0 | 0.0 |


| TAMIZ | | AGREGADO GRUESO | | | CHATAS | | | ALARGADAS | | |
|------------|--------|-----------------|---------|--------|----------|-------|---------------|-----------|-------|---------------|
| Pulg. | Mm. | PESO RET. | % RET. | % PASA | PESO | (%) | (%) CORREGIDO | PESO | (%) | (%) CORREGIDO |
| 2 1/2" | 63.000 | — | 0.0 | 100.0 | — | — | — | — | — | — |
| 2" | 50.000 | — | 0.0 | 100.0 | — | — | — | — | — | — |
| 1 1/2" | 37.500 | 150.0 | 2.5 | 97.5 | — | — | — | — | — | — |
| 1" | 25.000 | 252.0 | 5.9 | 91.6 | 247.8 | 70.4% | 4.8% | 187.6 | 52.3% | 3.7% |
| 3/4" | 19.000 | 884.5 | 14.7 | 76.9 | 387.3 | 21.2% | 2.6% | 77.8 | 8.8% | 1.5% |
| 1/2" | 12.500 | 1196.0 | 19.9 | 57.0 | 94.2 | 7.9% | 1.8% | 32.4 | 2.7% | 0.6% |
| 3/8" | 9.500 | 1845.0 | 30.8 | 26.2 | — | — | — | — | — | — |
| 1/4" | 6.300 | 0.0 | 14.4 | 11.8 | — | — | — | — | — | — |
| Menor 1/4" | | 307.5 | 11.8 | 5.9 | — | — | — | — | — | — |
| TOTAL | | 5135.0 g. | 100.0 % | 0.0 | 529.3 g. | 99.4% | 10.2% | 197.8 g. | 64.8% | 5.8% |

Nota: Las fracciones del agregado cuyo peso sea inferior al 10% de la muestra no se ensayaron.

PESO TOTAL DE LA MUESTRA = 5135.0 g.
 PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS = 16.0 %



Henry Rivas
Rivas Rivas
Obispo
Tel. 12004000
USAT



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
INGENIERO DE LABORATORIO

Anexo 8. Formato del ensayo de materia orgánica.



USAT
Universidad Católica a
servicio de la Región

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TOMÁS DE AQUINO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

INFORME DE ENSAYO



Técnica

Escuela

Tesis

Lugar

Fecha de ensayo

Sabby Dorita Cruzado Lopez

Escuela de Ingeniería Civil Ambiental

"Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas esféricas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"

Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque.

Chiclayo, 22 de Oct del 2023

MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS (Pérdida por ignición)

NORMA: MTC E-118 / AASHTO T 267

Centers

RCD

Fecha de Emisión: 22/10/2023

T.M.: <30

COLOR: Gris a plomo

FORMA: Polvo

| DATOS DEL ENSAYO | N° 1 | N° 2 |
|--|----------|----------|
| (A) Peso del crisol + suelo seco antes de la ignición. | 69.95 g. | 72.12 g. |
| (B) Peso del crisol + suelo seco después de la ignición. | 69.45 g. | 71.68 g. |
| (C) Peso del crisol. | 44.26 g. | 51.54 g. |
| (D) Pérdida por ignición. [(A-B)] | 0.50 g. | 0.44 g. |
| (E) Peso suelo seco después de la ignición. [(B-C)] | 25.19 g. | 20.14 g. |
| Materia Orgánica (DVE*100) | 2.0 % | 2.2 % |

MATERIA ORGÁNICA = 2.1 %



Henry
Rivadeneira
Obilias
Tec. Laboratorio
USAT





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

USAT

Universidad Católica
a servicio de la Región

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 9. Formato del ensayo de contenido de sales en el agregado fino.

Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 20 de octubre del 2022

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

| | | | |
|--|----------|-----|------|
| <u>Cantera</u> | : Patapo | | |
| <u>Muestra</u> | : Arena | | |
| Constituyentes de sales solubles totales | | ppm | 500 |
| Constituyentes de sales solubles totales | | % | 0.05 |

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)







 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 10. Formato del ensayo de contenido de sales en el agregado grueso.

Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Lugar : Chiclayo- Lambayeque
Fecha de ensayo : Chiclayo 20 de octubre del 2023

ENSAYO : SUELOS. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de sales solubles en suelos y aguas subterránea.

REFERENCIA : NTP 339.152 / USBR E - 8

| | | | |
|--|--------------|-----|------|
| <u>Cantera</u> | : Tres tomas | | |
| <u>Muestra</u> | : Piedra | | |
| Constituyentes de sales solubles totales | | ppm | 300 |
| Constituyentes de sales solubles totales | | % | 0.03 |

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizado por el Solicitante
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (GUÍA PERUANA INDECOPI : GP 004:1993)


 Henry
 Rivadeneyra
 Oblitas
 Tec. LABORATORIO
 USAT



Anexo 11. Formato del ensayo de durabilidad del agregado grueso.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pág. 01 de 02)

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez
ESCUELA : INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Ubicación : CHICLAYO-LAMBAYEQUE
Fecha de ensayo : Chiclayo Oct del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por método de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Tres Tomas
Muestra : Piedra chancada

I.- DATOS :

| TAMICES | | Porcentaje de pérdida pesado |
|---------|---------|------------------------------|
| Pasa | Retiene | |
| 2" | 1 1/2" | |
| 50 mm | 37.5 mm | |
| 1 1/2" | 3/4" | 3.0 |
| 37.5 mm | 19 mm | |
| 3/4" | 1/2" | 1.4 |
| 19 mm | 12.5 mm | |
| 1/2" | 3/8" | 1.1 |
| 12.5 mm | 9.5 mm | |
| 3/8" | Nº 4 | 1.4 |
| 9.5 mm | 4.75 mm | |

II.- RESULTADO :

| | |
|---------------------------|------------|
| DESGASTE TOTAL (%) | 6.8 |
|---------------------------|------------|

OBSERVACIONES :

- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.



Henry Obidias Obidias
 Tec. Laboratorio USAT





USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 12. Formato del ensayo de durabilidad del agregado fino.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



3 de 21 de 112

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez
ESCUELA : UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas acrílicas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
Lugar : DISTRITO DE SAN JOSÉ, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE
Fecha de emisión : Chiclayo, 19 de 10 del 2023

Ensayo : AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad
Referencia : de agregados por método de sulfato de sodio o sulfato de magnesio
Referencia : NORMA N.T.P. 400.016 ASTM C-88

EXAMEN CUANTITATIVO

Cantera : Cantera Patapo
Muestra : Arena gruesa

I.- DATOS

| TAMICES | | Porcentaje de pérdida pesado |
|---------|---------|------------------------------|
| Pasa | Retiene | |
| 3/8" | Nº 4 | 0.8 |
| 9.5 mm | 4.75 mm | |
| Nº 4 | Nº 8 | 0.9 |
| 4.75 mm | 2.36 mm | |
| Nº 8 | Nº 16 | 0.9 |
| 2.36 mm | 1.18 mm | |
| Nº 16 | Nº 30 | 0.7 |
| 1.18 mm | 600 µm | |
| Nº 30 | Nº 50 | 1.9 |
| 600 µm | 300 µm | |
| Nº 50 | Nº 100 | 1.8 |
| 300 µm | 150 µm | |

II.- RESULTADO

| | | |
|----------------|-----|-----|
| DESGASTE TOTAL | (%) | 7.0 |
|----------------|-----|-----|

OBSEVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.





TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 13. Formato del ensayo de equivalente de arena.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIVIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



(Pag. 01 de 01)

Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
 Escuela : ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de emisión : Chiclayo, 22 de Oct del 2023

Ensayo : SUELOS. Metodo de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino.
 Referencia : NTP 339,146 - EG - 2000

EXAMEN CUANTITATIVO

Muestra : Arena
 Cantera : Tres Tomas

I. - DATOS

| MUESTRA N° | 1 | 2 | 3 |
|---------------------------------------|-------------|---------|---------|
| TAMAÑO MAXIMA (mm.) | N° 4 | N° 4 | N° 4 |
| ALTURA MAXIMA DEL MATERIAL FINO (cm.) | 7.70 | 7.30 | 7.40 |
| ALTURA MAXIMA DE LA ARENA (cm.) | 4.20 | 4.30 | 4.40 |
| EQUIVALENTE DE ARENA | 54.55 % | 58.90 % | 59.46 % |
| EQUIVALENTE DE ARENA (EA) | 58 % | | |

ESPECIFICACION DE ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA MTC E-114 (Ref. EG-2000):
 Minimo : 60 % Minimo

OBSERVACIONES :

- Muestreo e identificación realizados por el Solicitante.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



Henry Rivadeneira Obitas
Téc. Laboratorio USAT





TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 14. Formato del ensayo de límites e índice de plasticidad.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



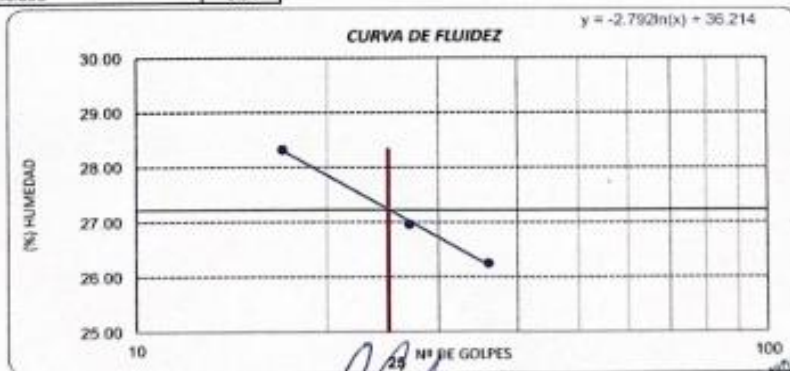
Tesista : Sabby Dorita Cruzado Lopez
 Escuela : Escuela de Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 Lugar : Chiclayo- Lambayeque
 Fecha de ensayo : Chiclayo 20 de octubre del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el limite liquido, limite plástico e indice de plasticidad del suelo

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

| Datos de ensayo. | Limite liquido | | | Limite Plástico | | |
|-----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|--|--|
| N° de tarro | 12 | 15 | 16 | 20 | | |
| N° de golpes | 36 | 27 | 17 | | | |
| Tarro + suelo húmedo | 49.26 | 45.49 | 48.06 | 9.37 | | |
| Tarro + suelo seco | 46.94 | 43.28 | 45.86 | 9.03 | | |
| Agua | 2.32 | 2.21 | 2.2 | 0.34 | | |
| Peso del tarro | 38.1 | 35.08 | 38.09 | 7.23 | | |
| Peso del suelo seco | 8.84 | 8.2 | 7.77 | 1.8 | | |
| Porcentaje de humedad | 26.24 | 26.95 | 28.31 | 18.89 | | |

| CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA | |
|-----------------------------------|-------|
| Limite Líquido | 27.23 |
| Limite Plástico | 18.89 |
| Índice de Plasticidad | 8.34 |



Observaciones:

[Signature]
 Obdías
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 15. Formato del diseño para MAC.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTA TERESITA DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TEST: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando árido primario pulverizado como filler".
MATERIAL: Agregados chancados
CANTERA: Tres Torres - Ferreñafe
 Pítopo - La Victoria
TESTEA: Sabby Danna Cruzado Lopez

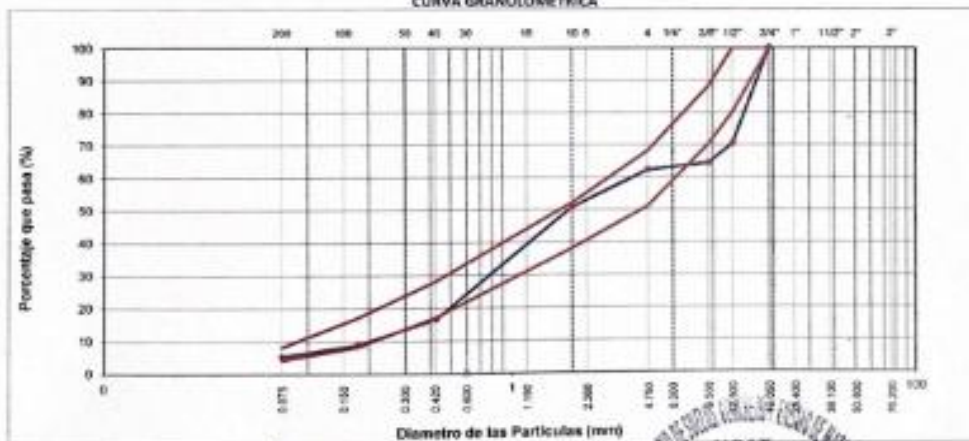
DATOS DE DISEÑO

| | |
|----------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 49% |
| Grava Chancada 1/2" | 57% |
| Cemento (Filer) | 1% |
| Vibró Pulverizado | 9% |
| COMBINACIÓN APLICADA | |

TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"
 Peso Inicial seco : 5300 g

| TAMIZ | AMBITO I.27 | PESO | PORCENTAJE | RETENIDO | PORCENTAJE | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|-------------|----------|------------|-----------|------------|----------------|---------------------------|
| | (mm) | RETENIDO | RETENIDO | ACUMULADO | QUE PASA | | |
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1532 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1374 | 28.3 | 29.7 | 39.8 | 80 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 376 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 80 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.5 | 37.8 | 62.2 | 51 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 266.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 38 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 34.5 | 83.6 | 16.4 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 170.0 | 7.6 | 96.3 | 8.7 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 54.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 8 | |
| + Nº 200 | FONDO | 520.0 | 9.3 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



[Signature]
 Nancy Rivas de Ayra Obitas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 16. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados clasificados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Filizgo - La Victoria

TESISTA : Sally Gertra Cruzado Lopez

| | |
|------------------------|-----|
| Grava Clasificada 3/4" | 43% |
| Arena Clasificada 3/4" | 57% |
| Cemento (Filer) | 1% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1415 | 812.75 | |
| Peso de C.A. | 60 | 4.00% | 812.25 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CIMENTO ASFALTICO PER 60/70

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|------------------|----------|----------|
| Grava Triangular | 32.84 | 36.33 |
| Arena | 63.16 | 44.33 |
| Filer | 1 | 19.34 |

N.º de Partes al Total

| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº100 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 300 | 70.3 | 64.5 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 300 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-26 | 8-17 | 4-8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Pres. | |
|----|---|------|-------|-------|--------|
| 1 | Número de Brinqueto | N | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | N | 36.33 | 36.33 | 36.33 |
| 3 | N.º de grava retenida en peso de la mezcla (según #4) | N | 44.31 | 44.31 | 44.31 |
| 4 | N.º de arenas combinadas en peso de mezcla (según #4) | N | 14.40 | 14.40 | 14.40 |
| 5 | N.º de filler en peso de mezcla (mínimo 63% para mezcla #200) | N | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | g/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | g/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | g/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | g/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | g/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | g/cc | 6.9 | 6.8 | 6.9 |
| 12 | Altura promedio de la brinqueta | cm | 1180 | 1170 | 1170.0 |
| 13 | Peso de la brinqueta en el aire | g | 1180 | 1170 | 1170.0 |
| 14 | Peso de la brinqueta saturada superficialmente seco | g | 106.0 | 905 | 665 |
| 15 | Peso de la brinqueta en el agua | g | 106.0 | 585 | 615 |
| 16 | Volumen de la brinqueta | c.c. | 2.000 | 2.000 | 1.767 |
| 17 | Peso unitario de la brinqueta | g/cc | 2.842 | 2.842 | 2.842 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Real) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | g/cc | 2.818 | 2.828 | 2.828 |
| 19 | Máximo densidad teórica de los agregados $100 \times (2.818 \times 37.33 + 2.828 \times 57.67) / (37.33 + 57.67)$ | g/cc | 2.828 | 2.828 | 2.828 |
| 20 | N.º de vacíos con aire $100 \times (1 - 17/18)$ | % | 29.64 | 29.64 | 30.78 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(200 \times 21/21) + (6.9 \times 15/15)$ | g/cc | 3.024 | 3.024 | 3.024 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 \times 21/21) + (4 \times 15/15)$ | g/cc | 3.039 | 3.039 | 3.039 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(1+4) \times (1/1) \times (6.9 \times 15/15)$ | g/cc | 0.19 | 0.19 | 0.19 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 \times (4 \times 21/21) + (21 \times 21)$ (ASTM D 4409, MTC E 521) | % | 62.89 | 62.89 | 61.87 |
| 25 | N.º del vol. del Agregado / Volumen Actual de la brinqueta $(1+4) \times (1/21)$ | % | 7.47 | 7.47 | 7.35 |
| 26 | N.º del volumen de asfalto efectivo / volumen de brinqueta $300 \times (21+20)$ | % | 37.33 | 37.33 | 38.53 |
| 27 | N.º vacíos del agregado mineral 100×21 | % | 3.85 | 3.85 | 3.85 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 \times (24/100) \times (1-4)$ | % | 10.84 | 10.14 | 10.14 |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) \times 100$ | % | 279.1 | 279.1 | 279.1 |
| 30 | Estabilidad sin correjo (título de calibración del asfalto) | kg | 0.81 | 0.83 | 0.81 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 2711 | 2725 | 3510 |
| 32 | Estabilidad corregido 32×82 | | 32 | 31 | 32 |
| 33 | Lectura del Reómetro $(0.01 \times 100 / 0.214)$ | | 5.1 | 5.13 | 7.87 |
| 34 | Fluencia | | 401 | 4174 | 4455 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | | | 4071 |


Henry R. Obispo






TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 17. Formato de la dosificación de 4.5 % de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESTES : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Piltapo - La Victoria


LABORATORIO : Salby Derita Cruzado Lopez

| | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Grava Chancada 3/4" | 43% | Peso de Muestra | 1417.5 | | 609.5 |
| Arena Chancada 3/4" | 57% | Peso de C.A | 67.5 | 4.5% | 808 |
| Cemento (Filler) | 1% | Peso del Cemento | 15 | | |
| CEMENTO ASFALTICO PLN 60/70 | | Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |


| Material | % Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B Arena | 61.16 | 15.43 |
| C Filler | 1 | 48.43 |

| % Que Pasa al Tamis | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |


| Mezcla | | Especificaciones IVB | |
|--------|---|----------------------|-------------------------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 2 3 Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 4.5 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.14 36.14 36.14 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 15.43 15.43 15.43 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 47.98 47.98 47.98 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 1.023 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 2.504 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 2.565 2.565 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 2.583 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 2.596 2.596 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 1.47 1.47 |
| 12 | Albura promedio de la briqueta | cm | 6.5 6.4 6.5 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1220 1230 1240.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1200 1160 1190.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 670.0 650 680.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta | c.c. | 530 510 510.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta | gr/cc | 2.302 2.412 2.431 2.382 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rise) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.922 2.922 2.922 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/3) * (1/2 + 1/3) + (1/3) * (1/3 + 1/3)]$ | gr/cc | 4.062 4.062 4.062 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [1 - 17/18]$ (ASTM D 1203, MTC E 505) | % | 21.23 17.47 16.80 18.50 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/2) + (4/3) + (5/2)]$ | gr/cc | 4.676 4.676 4.676 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3/2) + (4/3) + (5/2)]$ | gr/cc | 4.767 4.767 4.767 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/2) + (4/3) + (5/2)]$ | gr/cc | 3.170 3.170 3.170 |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 - 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | -10.39 -10.39 -10.39 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % | 46.54 48.76 49.16 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | % | 32.23 33.77 34.04 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | % | 74.46 51.24 50.84 51.85 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (2+4)$ | % | 9.86 9.86 9.86 |
| 29 | Relación betán vacíos $(26/27) * 100$ | % | 60.29 66.90 66.96 64.38 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | gr | 2998 3004 3561 |
| 31 | Factor de estabilidad | % | 0.96 1.00 1.00 |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 31$ | gr | 9294 9008 3561 3181 |
| 33 | Lectura del flexímetro $(D - 0.001) / (L / 0.254)$ | mm | 31 25 27 |
| 34 | Florescencia | gr | 7.81 6.35 |
| 35 | Relación Estabilidad | gr | 2998 3042 5608 4694 |



Henry Baudemeyra Obillos
Téc. Laboratorio USAT



USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 18. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 1% |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1410 | 606.3 |
| Peso de C.A | 75 | 3.0% |
| Peso del Cemento | 15 | 803.7 |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Material | N Mezcla | N Dibujo |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 61.16 | 36.97 |
| C Filler | 1 | 27.31 |

| N Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones - IVB

| # | Descripción | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | % | 36.97 | 36.97 | 36.97 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso moño #200) | % | 20.77 | 20.77 | 20.77 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.5 | 6.8 | 6.8 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1230 | 1250 | 1220.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1130 | 1190 | 1220.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 670.0 | 680 | 660.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-25 | c.c. | 510 | 510 | 560.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.412 | 2.451 | 2.179 | 2.347 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (flota) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.990 | 2.990 | 2.990 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100[(2.95)/(1+2/((1.37+8)/(4*2/((10+10))))] | gr/cc | 2.955 | 2.955 | 2.955 | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-12/18) (ASTM D 3023, MTC E 505) | % | 19.34 | 18.03 | 27.14 | 21.50 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21/((3/7)+(4/8)+(5/11)) | gr/cc | 3.294 | 3.294 | 3.294 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total 100-21/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc | 3.352 | 3.352 | 3.352 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/8)+8)+(4/10+10) | gr/cc | 3.341 | 3.341 | 3.341 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(21-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.44 | 0.44 | 0.44 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (14)*17/21 | % | 68.42 | 69.53 | 61.81 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 12.24 | 12.44 | 11.05 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 34.68 | 30.47 | 38.19 | 33.41 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(1+4) | % | 5.28 | 5.28 | 5.28 | |
| 29 | Relación betón variada (26/27)*100 | % | 36.75 | 36.75 | 28.94 | 36.17 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de colaboración del asfalto) | | 2814 | 2902 | 2902 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 0.86 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | 2814 | 2902 | 2496 | 2908 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (30/0.254) | | 17 | 28 | 33 | |
| 34 | Fluencia | | 9.40 | 7.11 | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | 265 | 3634 | 3509 | 3436 |




Henry Rodríguez Obillos
Res. Laboratorio USAT



USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 19. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale
 : Pálapo - La Victoria
YESISTA : Sabby Dorita Cruzado López

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 1% |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1402.5 | | 603.1 |
| Peso de C.A. | 82.5 | 5.5% | 799.4 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materiales | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 61.16 | 47.63 |
| C Filler | 1 | 21.65 |


Mezcla Especificaciones IVB

| % Que Pasa el Tamia | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|-------|-------|--------|-------|
| 1 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 2 | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 3 | 42.63 | 42.63 | 42.63 | |
| 4 | 15.10 | 15.10 | 15.10 | |
| 5 | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 6 | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 7 | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 8 | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 9 | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 10 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 11 | 6.8 | 6.8 | 6.8 | |
| 12 | 1190 | 1230 | 1210.0 | |
| 13 | 1190 | 1230 | 1210.0 | |
| 14 | 650.0 | 680 | 660.0 | |
| 15 | 540 | 550 | 550.0 | |
| 16 | 2.185 | 2.236 | 2.200 | 2.207 |
| 17 | 2.791 | 2.791 | 2.791 | |
| 18 | 2.775 | 2.775 | 2.775 | |
| 19 | 21.72 | 19.89 | 21.19 | 20.83 |
| 20 | 3.058 | 3.058 | 3.058 | |
| 21 | 3.133 | 3.133 | 3.133 | |
| 22 | 3.079 | 3.079 | 3.079 | |
| 23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | |
| 24 | 66.77 | 68.34 | 67.23 | |
| 25 | 11.51 | 11.78 | 11.59 | |
| 26 | 31.73 | 30.66 | 32.77 | 32.56 |
| 27 | 5.42 | | 5.42 | |
| 28 | 34.63 | 37.00 | 35.35 | 35.73 |
| 29 | 2740 | 2740 | 3173 | |
| 30 | 0.89 | 0.89 | | |
| 31 | 2419 | 2624 | 2623 | |
| 32 | 26 | 38 | 30 | |
| 33 | 6.60 | 9.65 | | |
| 34 | 3693 | 2926 | 3574 | |



Henry
Rodríguez
Obillos
Tec. Laboratorio
USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 20. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Solby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 3/4" | 57% |
| Cemento (Filer) | 1% |
| CIMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1195 | | 599.9 |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% | 795.2 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 61.16 | 46.41 |
| C Filler | 1 | 17.87 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 100 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones IVB

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|--------|
| 1 | Número de Briquea | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 46.41 | 46.41 | 46.41 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso real y #200) | 11.33 | 11.33 | 11.33 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del Filler | 1.47 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | Altura promedio de la briquea | 6.4 | 6.8 | 6.6 |
| 13 | Peso de la briquea en el aire | 1150 | 1220 | 1180.0 |
| 14 | Peso de la briquea saturado superficialmente seco | 1150 | 1220 | 1180.0 |
| 15 | Peso de la briquea en el agua | 25 T | 680 | 650.0 |
| 16 | Volumen de la briquea 24-15 | | 520 | 550 |
| 17 | Peso unitario de la briquea 23/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | | 2.212 | 2.218 |
| 18 | Peso específico técnico máximo (V _{max}) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508) | | 2.672 | 2.672 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2.65)(3*2/17+6)+4*2/19+100) | | 2.667 | 2.667 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505) | | 17.23 | 16.98 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/((3/7)+(4/20)+(5/11)) | | 2.919 | 2.919 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | | 2.968 | 2.968 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/8)-8)+(4*8-10) | | 2.925 | 2.925 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4405, MTC E 511) | | 0.07 | 0.07 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briquea (3+4)/17/21 | | 70.80 | 71.02 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea 100/(25+20) | | 11.97 | 12.01 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | | 79.70 | 78.98 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/300)*(3+4) | | 41.00 | 39.37 |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | | 2007 | 2185 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | | 1.88 | 2.21 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.89 | 2.21 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | 168 | 488 |
| 33 | Lechazo del flexómetro (0.01") (35/10.56) | | 37 | 33 |
| 34 | Fluencia | | 4.10 | 7.37 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | 1.22 | 4021 |

Henry Ruedeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

RECIBO DE LABORATORIO

Anexo 21. Formato del ensayo Rice para las briquetas.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelate
PÁTRON : La Victoria
TESISTA : Selby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2718 | 2657 | 2555 | 2706 | 2702 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2293 | 2238 | 2151 | 2260 | 2248 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3501.0 | 3424.0 | 3359.0 | 3505.0 | 3461.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1208 | 1166 | 1208 | 1245 | 1233 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 425 | 399 | 404 | 446 | 454 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.842 | 2.922 | 2.990 | 2.791 | 2.672 |


Henry Rivasdenegra Obillos
Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 22. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico.

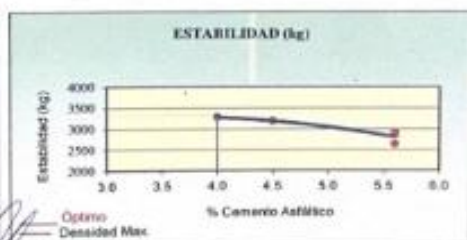
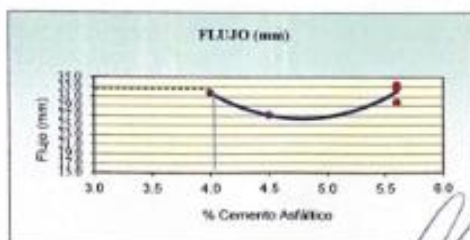
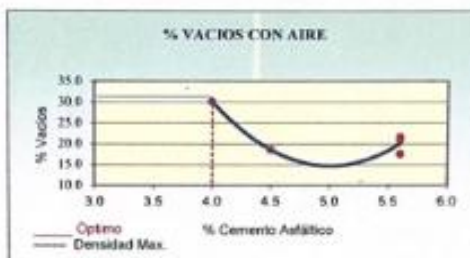
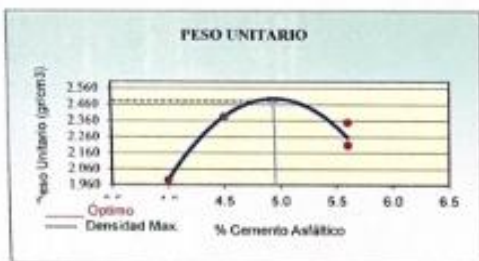


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez




| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Óptimo Contenido C.A | 4.3 |
| Peso Unitario (gr/cm ³) | 2.480 |
| Vacios (%) | 4.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 54.00 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 75.00 |
| Flujo (mm) | 8.26 |
| Estabilidad (Kg) | 3320 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.84 |


Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 23. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregado clasificador


CANTERA: Tiroc Tomac - Fariñaño

PIZAJE: La Victoria


TERSTA: Sábby Duxita Crazado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|--|
| Relación Peri-Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacío (%) | Vacío del agregado Mineral (%) | Vacío Llenado de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Pelvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo | |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 33.00 | 68.00 | 32.70 | 1755.68 | 3.73 | 1809.22 | |
| 1%-4% | 1.99 | 30.02 | 37.45 | 33.85 | 31.67 | 3273.33 | 1.23 | 4073.27 | |
| 1%-4.5% | 2.38 | 18.50 | 51.85 | 64.38 | 27.00 | 3181.03 | 1.23 | 4694.12 | |
| 1%-5% | 2.35 | 21.50 | 39.41 | 35.17 | 35.13 | 2908.24 | 1.23 | 3435.09 | |
| 1%-5.5% | 2.21 | 20.93 | 31.56 | 35.73 | 29.67 | 2622.81 | 1.23 | 3578.84 | |
| 1%-6% | 2.20 | 17.47 | 29.41 | 49.60 | 32.67 | 2952.98 | 1.23 | 3492.64 | |


PESO UNITARIO




VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)



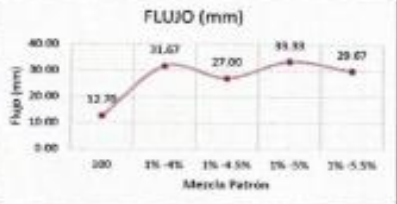
VACIOS (%)




VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)




FLUJO (mm)





ESTABILIDAD (Kg)






Henry Estadereyza Obilias
Tec. Laboratorio USAT






TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 24. Formato para diseño MAC con filler cemento de 2%.



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

NTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
Pitágoras - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO

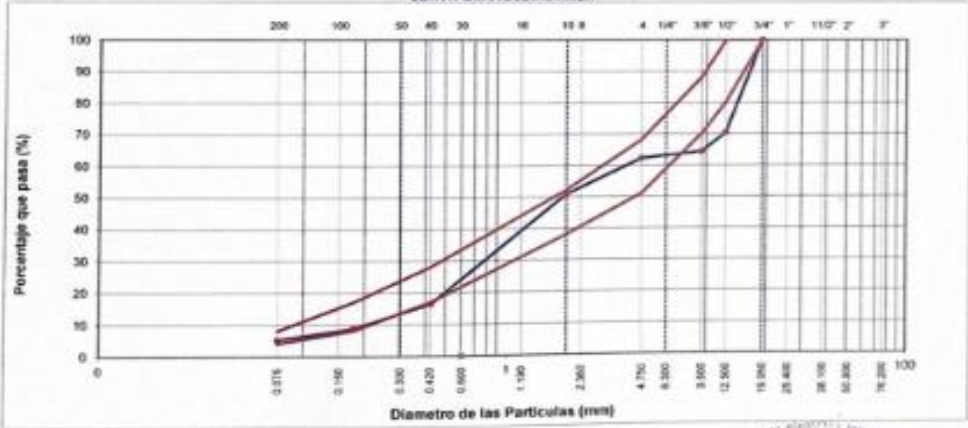
| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| Cemento | 0% |


TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"

Peso Inicial seco : 6300 g


| TAMIZ | ANCHO T 27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|-----------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 0 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1874 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 - 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 370 | 6.0 | 35.7 | 94.3 | 70 - 88 | |
| Nº 4 | 4.750 | 124 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 - 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 258.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 38 - 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 34.8 | 83.6 | 16.4 | 17 - 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 7.8 | 91.3 | 8.7 | 8 - 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 - 8 | |
| < Nº 200 | FINCDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |


CURVA GRANULOMETRICA





Henry Rivadeneyra Oblitas
Téc. Laboratorio USAT





USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBOS Y ENSAYOS
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
VILLACAY DE LABORATORIO

Anexo 25. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler
cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1410 | | 605.3 |
| Peso de C.A. | 60 | 4.00% | 803.7 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| | Material | % Mezcla | % Diseño |
|---|-----------------|----------|----------|
| A | Grava Triturada | 37.84 | 36.35 |
| B | Arena | 60.16 | 63.35 |
| C | Filler | 2 | 20.32 |


| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 80 | 51 - 60 | 30 - 52 | 17 - 28 | 0 - 17 | 4 - 8 | |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de Briqueta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.0 | 4.0 | 4.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mejor #4) | % | 36.33 | 36.33 | 36.33 | |
| 4 | % de arena combinados en peso de mezcla (mejor #4) | % | 43.35 | 43.35 | 43.35 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para mayor #200) | % | 14.40 | 14.40 | 14.40 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#60) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#60) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.9 | 6.8 | 6.9 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1180 | 1170 | 1210.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1180 | 1190 | 1220.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 590.0 | 605 | 605 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | cc | 590.0 | 585 | 615 | |
| 17 | Peso anular de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.000 | 2.000 | 1.967 | 1.989 |
| 18 | Peso específico técnico máximo (Pico) (ASTM D 2941, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.891 | 2.891 | 2.891 | |
| 19 | Módulo de elasticidad teórico de los agregados $100[(2/6)+(3/7)+(4/9)+(5/11)]$ | gr/cc | 2.858 | 2.858 | 2.858 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100*(1-1/2/16)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 30.83 | 30.83 | 31.95 | 31.70 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-21)(3/7)+(4/9)+(5/11)$ | gr/cc | 3.028 | 3.028 | 3.028 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)(3/8)+(4/10)+(5/11)$ | gr/cc | 3.111 | 3.111 | 3.111 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/(3/8-8)+(4/10-10)$ | gr/cc | 3.067 | 3.067 | 3.067 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(2-21)/(23*23)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.43 | 0.43 | 0.43 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)*12/21$ | % | 62.15 | 62.15 | 61.34 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$ | % | 7.02 | 7.02 | 6.91 | |
| 27 | % vacíos del agregado mínimo 300-25 | % | 37.85 | 37.85 | 38.86 | 38.19 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)*(3+4)$ | % | 3.85 | 3.85 | 3.85 | |
| 29 | Relación de vacíos $(26/27)*100$ | % | 28.56 | 28.56 | 17.70 | 18.30 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (trabaja de colaboración del asfalto) | gr | 2911 | 3085 | 3510 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.81 | 0.81 | 0.81 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | 2355 | 2510 | 2871 | |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01" / 1/32" = 2.54) | | 30 | 38 | 33 | |
| 34 | Fluencia | | 7.62 | 9.14 | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | 445.3 | 303.0 | 388.7 | |


Henry Obdulia Obdulia
Téc. Laboratorio USAT

USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 26. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferretafe
Pitapa - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | | |
|------------------------------------|-----|--|
| Grava Chancada 3/4" | 43% | |
| Arena Chancada 1/4" | 57% | |
| Vidrio Pulverizado | 2% | |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | | |

| | | |
|-----------------------------------|--------|------|
| Peso de Muestra | 1402.5 | |
| Peso de C.A. | 67.5 | 4.9% |
| Peso del Cemento | 30 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

| | | |
|--|--|-------|
| | | 603.1 |
| | | 799.4 |


| Material | N Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 17.84 | 36.14 |
| B Arena | 60.16 | 41.22 |
| C Filler | 2 | 22.65 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 3.7 |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 18 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 |


| Mezcla | | Especificaciones IVB | |
|--------|---|----------------------|-------------------------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 2 3 Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 4.5 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.14 36.14 36.14 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 41.22 41.22 41.22 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200) | % | 16.24 16.24 16.24 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.025 1.025 1.025 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 2.504 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 2.565 2.565 2.526 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 2.583 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 2.596 2.596 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 1.47 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.9 6.5 6.7 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1220 1160 1140.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | gr | 1250 1160 1190.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 680.0 620 650.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta | c.c. | 570 540 540.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.140 2.148 2.111 2.133 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rc) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.951 2.951 2.951 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/[(2/3)(1+3*2/(7+8))+4*2/(9+10)] (ASTM D 3203, MTC E 505) | gr/cc | 2.892 2.892 2.892 |
| 20 | % de vacíos con aire: 100*(1-17/18) | % | 27.48 27.21 28.47 27.72 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)] | gr/cc | 3.102 3.102 3.102 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)] | gr/cc | 3.187 3.187 3.187 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(3/8)-8)+(4/9)-10] | gr/cc | 3.174 3.174 3.174 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 513) | % | 0.75 0.75 0.75 |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % | 64.59 64.82 63.70 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 7.94 7.97 7.83 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 35.41 35.18 36.30 35.63 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | % | 3.94 3.94 3.92 3.92 |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | % | 31.42 32.64 31.57 31.88 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (ratio de estabilización del año) | | 3561 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.86 0.85 0.93 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | 2850 2880 3112 2926 |
| 33 | lectura del flexómetro (0.01") (45/0.254) | | 26 35 35 |
| 34 | Flección | | 9.14 8.80 |
| 35 | Relación Estabilidad / Flección | | 3157 3725 3289 |



Henry Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



USAT
Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 27. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|------|--------|
| Peso de Muestra | 1305 | | 599.85 |
| Peso de C.A. | 75 | 5.0% | 795.15 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 60.16 | 37.91 |
| C Filler | 2 | 26.37 |

Mezcla
Especificaciones IVB


| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80-100 | 70-80 | 51-60 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|-------|-------|
| 1 | Número de brigueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 37.91 | 37.91 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 18.88 | 18.88 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la brigueta | cm | 6.5 | 6.8 |
| 13 | Peso de la brigueta en el aire | gr | 1130 | 1200 |
| 14 | Peso de la brigueta saturada superficialmente seco | gr | 1130 | 1210 |
| 15 | Peso de la brigueta en el agua 25 °C | gr | 620.0 | 680 |
| 16 | Volumen de la brigueta 14-15 | c.c. | 530 | 560.0 |
| 17 | Peso unitario de la brigueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.216 | 2.264 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Mice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.955 | 2.955 |
| 19 | Máxima densidad teórica de las agregadas $100 \cdot \frac{1}{\frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5}}$ | gr/cc | 2.923 | 2.923 |
| 20 | N de vacios con aire $100 \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{1.1}}$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 25.02 | 23.30 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $\frac{100 - 2}{\frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5}}$ | gr/cc | 3.220 | 3.220 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $\frac{100 - 2}{\frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5}}$ | gr/cc | 3.309 | 3.309 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $\frac{100 - 2}{\frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5} + \frac{1}{2.5}}$ | gr/cc | 3.261 | 3.261 |
| 24 | Asfalto obtenido por el agregado total $100 - \frac{6(23-21)}{23 \cdot 21}$ (ASTM D 4409, MTC E 512) | % | 0.41 | 0.41 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la brigueta $\frac{100 - 2}{100}$ | % | 63.67 | 65.06 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de brigueta $100 - (25 + 20)$ | % | 11.31 | 11.56 |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 36.33 | 34.94 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $\frac{2 - (24/100) \cdot (3+4)}$ | % | 5.30 | 5.30 |
| 29 | Relación betún vacios $(25/27) \cdot 100$ | % | 31.13 | 29.78 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | | 2902 | 2902 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 0.36 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | 2844 | 2496 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") 75 (0.754) | | 73 | 34 |
| 34 | Fluencia | | 8.58 | 8.64 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | 391.1 | 280.0 |


Sabby Dorita Cruzado Lopez
Obliga
Laboratorio
USAT

USAT
SECCION DE LABORATORIO

Anexo 28. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler de cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Areña Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70


| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1387.5 | | 596.6 |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.5% | 790.9 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|--------------------|----------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 60.16 | 41.69 |
| C. Filler | 2 | 22.59 |


Mezcla
Especificaciones IVB

| N Que Pasa al Tamis | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |


| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|--------|
| 1 | Número de Brique | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | 41.69 | 41.69 | 41.69 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% para malla #200) | 15.10 | 15.10 | 15.10 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la brique | 6.8 | 6.8 | 6.8 |
| 13 | Peso de la brique en el aire | 1180 | 1210 | 1210.0 |
| 14 | Peso de la brique saturada superficialmente seco | 1190 | 1210 | 1210.0 |
| 15 | Peso de la brique en el agua | 650.0 | 680 | 680.0 |
| 16 | Volumen de la brique 14-25 | 540 | 550 | 550.0 |
| 17 | Peso unitario de la brique 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.385 | 2.236 | 2.200 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | 2.861 | 2.861 | 2.861 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/5) + (3/2)(7+8) + (4/2)(9+10)]$ | 2.804 | 2.804 | 2.804 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/28)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | 23.61 | 21.82 | 23.02 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$ | 3.064 | 3.064 | 3.064 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | 3.148 | 3.148 | 3.148 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(1/3)P - B] + [4 * P - 10]$ | 3.138 | 3.138 | 3.138 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (22 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.78 | 0.78 | 0.78 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la brique $(3+4) * 17/21$ | 65.98 | 67.52 | 66.42 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de brique $100 - (25 * 20)$ | 10.42 | 10.66 | 10.49 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | 34.02 | 32.48 | 33.58 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | 4.99 | 4.99 | 4.99 |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | 54.47 | 52.83 | 51.23 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | 2492 | 2460 | 3173 |
| 31 | Factor de estabilidad | 0.85 | 0.89 | 0.87 |
| 32 | Estabilidad corregido $31 * 32$ | 2496 | 2496 | 2874 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01" / 136 / 0.254) | 36 | 38 | 37 |
| 34 | Fluencia | 9.80 | 9.65 | 9.73 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | 2647 | 2926 | 2814 |



Henry Ruedeneyra Obitias
Téc. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 29. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |

| | | |
|-----------------------------------|------|--------|
| Peso de Muestra | 1380 | 593.40 |
| Peso de C.A | 90 | 786.60 |
| Peso del Cemento | 30 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

CIMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 60.16 | 39.80 |
| C Filler | 2 | 24.48 |

| % Que Paso el Tamiz | | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|--|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 | |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 85 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | | |

| Mezcla | | Especificaciones IVB | |
|--------|--|----------------------|-------------------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 2 3 Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 5.6 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 35.72 35.72 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 39.80 39.80 39.80 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para molle #200) | % | 16.99 16.99 16.99 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 1.023 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 2.504 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 2.565 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 2.583 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 2.596 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 0.00 0.00 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm. | 6.4 6.8 6.6 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr. | 1150 1220 1180 |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | gr. | 1150 1230 1190 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr. | 630 680 650 |
| 16 | Volumen de la briqueta | c.c. | 520 550 540 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta | gr/cc | 2.212 2.218 2.185 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Nica) (ASTM D 2041, AASTHO T 209 MTC E 508) | gr/cc | 2.910 2.910 2.910 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados | gr/cc | 2.862 2.862 2.862 |
| 20 | % de vacíos con aire | % | 23.99 23.76 24.92 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total | gr/cc | 3.140 3.140 3.140 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total | gr/cc | 3.227 3.227 3.227 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total | gr/cc | 3.202 3.202 3.202 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total | % | 0.63 0.63 0.63 |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta | % | 45.56 45.35 46.38 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta | % | 10.85 10.88 10.72 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral | % | 34.64 34.05 35.62 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla | % | 5.11 5.15 5.13 |
| 29 | Relación betún vacíos | kg | 31.15 31.40 30.10 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1901 1901 1901 |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 0.89 0.89 0.89 |
| 32 | Estabilidad corregida | kg | 1682 1682 1682 |
| 33 | Lectura del fleómetro | mm | 31 32 33 |
| 34 | Fluencia | mm | 2.87 2.87 2.87 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm | 2070 2044 2044 |



Henry Rivas
Rivas Obilias
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



INCHICO DE LABORATORIO

Anexo 30. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE ASIFTO T - 209 ASTM D-2041

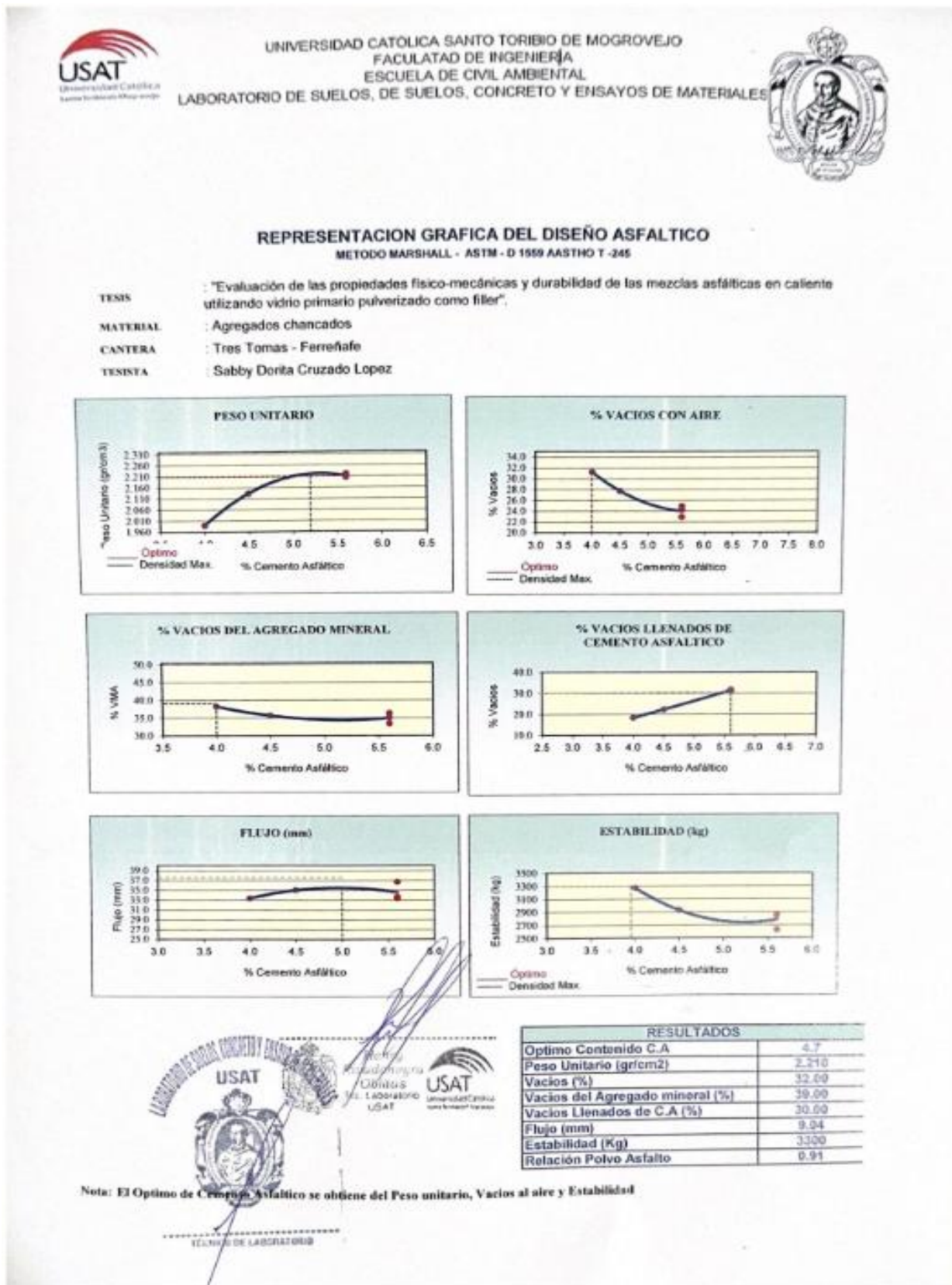
TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelale
: Píñazo - La Victoria
TESISTA : Sibby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2645 | 2743 | 2716 | 2663 | 2658 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2231 | 2512 | 2315 | 2280 | 2227 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3428.0 | 3584.0 | 3500.0 | 3450.0 | 3481.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1197 | 1272 | 1195 | 1210 | 1254 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 414 | 431 | 401 | 423 | 431 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.891 | 2.951 | 2.955 | 2.861 | 2.910 |



 Henry Rivas
 Obitos
 Tec. Laboratorio
 USAT



Anexo 31. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 2%.




Anexo 32. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico.



USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y densidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados chancados

CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe

PISTAO: La Victoria

TESISTA: Sally Dorita Cruzado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Per-Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A. (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1%-4% | 1.99 | 31.20 | 38.15 | 18.30 | 33.33 | 3275.53 | 1.23 | 3887.57 |
| 1%-4.5% | 2.13 | 27.72 | 35.03 | 22.21 | 35.00 | 2925.58 | 1.23 | 3289.23 |
| 1%-5% | 2.22 | 24.80 | 34.29 | 31.92 | 33.67 | 2982.71 | 1.23 | 3254.20 |
| 1%-5.5% | 2.21 | 22.84 | 33.39 | 31.55 | 36.67 | 2622.81 | 1.23 | 2814.16 |
| 1%-6% | 2.20 | 24.22 | 35.03 | 30.89 | 33.33 | 2852.98 | 1.23 | 3377.13 |

PESO UNITARIO

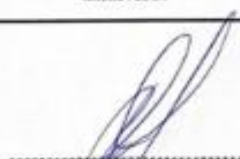
VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)

VACIOS (%)


VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)

FLUJO (mm)


ESTABILIDAD (Kg)



Henry Ruedeneyra Obilias
Téc. Laboratorio USAT



USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 33. Formato para diseño MAC con filler cemento de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tires Tomas - Ferreñafe
 : Filitapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

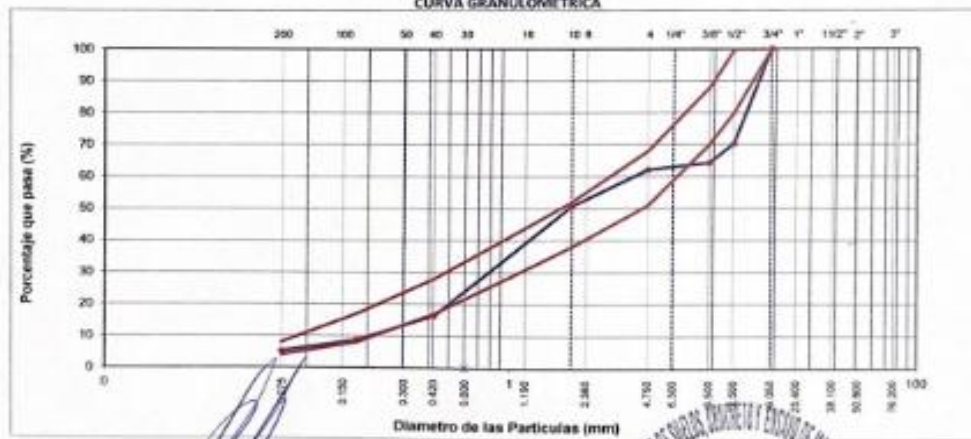
DATOS DE DISEÑO

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Areña Chancada 1/8" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |
| Vidrio Pulverizado | 8% |

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
Peso inicial seco : 6300 g

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|---------------------|------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | 100.0 | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1532 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1874 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 370 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 80 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 208.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 38 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 54.3 | 83.6 | 16.4 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 7.6 | 91.3 | 8.7 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 8 | |
| < Nº 200 | FONDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Anexo 34. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale
 : Pítapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Doris Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|--------|
| Peso de Muestra | 1595 | | 599.85 |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% | 795.15 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 40/70

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.33 |
| B Arena | 59.16 | 44.31 |
| C Filler | 3 | 19.36 |


| % Que Paso el Tamis | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.3 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|-------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 3 | % de grava (Medida en peso de la mezcla (mayor #4)) | 36.33 | 36.33 | 36.33 |
| 4 | % de arena (combinadas en peso de mezcla)(menor #4) | 44.31 | 44.31 | 44.31 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% para mezcla #200) | 12.48 | 12.48 | 12.48 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.9 | 6.9 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr. | 1180 | 1179 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr. | 1180 | 1190 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr. | 590.0 | 605 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 590.0 | 585 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.000 | 2.000 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Bica) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.872 | 2.872 |
| 19 | Máximo densidad teórica de los agregados $100 \cdot [(2/3) + (2/3) + (4/3) + (5/3)]$ | gr/cc | 2.828 | 2.828 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \cdot [(1.27/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 30.37 | 30.37 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) \cdot [(3/7) + (4/3) + (5/11)]$ | gr/cc | 2.961 | 2.961 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) \cdot [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.074 | 3.074 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(2+4) \cdot [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.013 | 3.013 |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total $100 - 6(23 - 2) \cdot [(23/23)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.59 | 0.59 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(2+4) \cdot 27/21$ | % | 62.85 | 62.89 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 \cdot (25+20)$ | % | 6.74 | 6.63 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 37.11 | 36.13 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \cdot (2+4)$ | % | 3.52 | |
| 29 | Factor de estabilidad | | 0.61 | 0.61 |
| 30 | Estabilidad corregida $11 \cdot 52$ | kg | 2991 | 3038 |
| 31 | lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254) | mm | 34 | 32 |
| 34 | Fluencia | mm | 8.64 | 8.38 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm | 343 | 3624 |

Henry Padonayra Obispo
T.C. Laboratorio USAT


USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 35. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 3%.



USAT
Universidad Católica
de Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -265

TESS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tries Tomas - Ferreñale

TESISTA : Páez - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |


| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1387.5 | 596.6 | |
| Peso de C.A | 67.5 | 4.5% | 790.9 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PER 66/70


| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| b Arena | 59.16 | 45.04 |
| C Filler | 3 | 18.83 |

| % Que Pase al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº100 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

| # | 1 | 2 | 3 | Prop. |
|----|---|--------------|-------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.14 | 36.14 | 36.14 |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | 45.04 | 45.04 | 45.04 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso máx 200#) | 11.46 | 11.46 | 11.46 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc. 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc. 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc. 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc. 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc. 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc. 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm. 6.9 | 6.5 | 6.7 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr. 1270 | 1160 | 1140.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr. 1290 | 1160 | 1190.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | gr. 680.0 | 620 | 650.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. 570 | 540 | 540.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc. 2.140 | 2.148 | 2.111 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (aire) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc. 2.803 | 2.803 | 2.803 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 300/(2/5)+(3*2)/(2*8)+(4*2)/(2*10) | gr/cc. 2.774 | 2.774 | 2.774 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % 23.65 | 23.37 | 24.69 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total 100-2/(3/7)+(4/9)+(5/11) | gr/cc. 2.927 | 2.927 | 2.927 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total 100-21/(3/8)+(4/10)+(5/11) | gr/cc. 3.038 | 3.038 | 3.038 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(13/P-8)+(4*P-10) | gr/cc. 2.962 | 2.962 | 2.962 |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | N 0.41 | 0.41 | 0.41 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % 67.74 | 67.99 | 66.82 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25*20) | N 8.61 | 8.64 | 8.49 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | N 82.28 | 82.01 | 83.18 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | N 4.16 | 4.18 | 4.16 |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | N 17.05 | 17.60 | 16.43 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del asfalto) | kg 3165 | 3008 | 3008 |
| 31 | Factor de estabilidad | kg 0.93 | 0.96 | 0.96 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*31 | kg 9941 | 9076 | 2850 |
| 33 | lectura del flexómetro (0.01") 435 (0.254) | mm 30 | 36 | 31 |
| 34 | Fluencia | m.m. 2.52 | 2.52 | 2.52 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. 366 | 363 | 364 |



Henry Cardenoya Obillos
Téc. Laboratorio
12747



TELÉFONO DE LABORATORIO

Anexo 36. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -JMS

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferretafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Derita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1380 | 593.4 | |
| Peso de C.A. | 75 | 5.0% | 786.6 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-----------------|----------|----------|
| Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| Arena | 59.16 | 42.25 |
| Filler | 3 | 22.05 |

México
Especificaciones: TVB

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 79.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.3 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 42.25 | 42.25 | 42.25 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso máx. #200) | 13.59 | 13.59 | 13.59 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Alfura promedio de la briqueta | 6.5 | 6.8 | 6.8 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | 1130 | 1200 | 1220.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | 1130 | 1210 | 1220.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | 620.0 | 680 | 660.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-15 | 510 | 580 | 560.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 18/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.216 | 2.264 | 2.179 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (línea) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | 2.817 | 2.817 | 2.817 |
| 19 | Máximo densidad teórica de los agregados 100/[(2/6)+(3*2/(7+8)+(4*2/(9+10))] | 2.787 | 2.787 | 2.787 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/28) (ASTM D 3203, MTC E 505) | 21.35 | 19.63 | 22.67 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)] | 3.011 | 3.011 | 3.011 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)] | 3.126 | 3.126 | 3.126 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/9-8)+(4*P-10)] | 3.050 | 3.050 | 3.050 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.43 | 0.43 | 0.43 |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | 67.38 | 68.86 | 66.25 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta 100-(25+20) | 11.27 | 11.52 | 11.08 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | 32.63 | 31.14 | 33.75 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/300)*(3+4) | 5.96 | 5.76 | 5.26 |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | 19.55 | 19.88 | 19.84 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | 3218 | 3065 | 3166 |
| 31 | Factor de estabilidad | 1.00 | 0.96 | 0.86 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | 3218 | 2945 | 2723 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254) | 3110 | 2723 | 3017 |
| 34 | Fluencia | 35 | 35 | 34 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | 8.89 | 8.89 | 8.89 |
| | | 3499 | 1063 | 3507 |



Henry Ruedenera Obillos
Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 37. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrolafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|------------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |
| CONCRETO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1372.5 | 590.2 | |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.5% | 782.3 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 59.16 | 41.12 |
| C Filler | 3 | 23.16 |

| | |
|------------------|-----|
| Mezcla | IVB |
| Especificaciones | IVB |

| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 79.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 57 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. | |
|----|--|-------|-------|-------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 41.12 | 41.12 | 41.12 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 14.73 | 14.73 | 14.73 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.8 | 6.8 | 6.8 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1180 | 1230 | 1210.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | gr | 1190 | 1230 | 1210.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | gr | 650.0 | 680 | 660.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-25 | c.c. | 540 | 550 | 550.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/36 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.185 | 2.236 | 2.200 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.855 | 2.855 | 2.855 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100[(2/6)+(3^*2/(7^*8))+(4^*2/(9^*10))]$ | gr/cc | 2.821 | 2.821 | 2.821 |
| 20 | % de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 23.46 | 21.66 | 22.94 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$ | gr/cc | 3.055 | 3.055 | 3.055 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)]$ | gr/cc | 3.171 | 3.171 | 3.171 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4)/[(3/8-8)+(4/10-10)]$ | gr/cc | 3.098 | 3.098 | 3.098 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.47 | 0.47 | 0.47 |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)/17/21$ | % | 65.50 | 67.03 | 65.94 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100-(25+20)$ | % | 11.05 | 11.30 | 11.12 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 34.90 | 34.90 | 34.90 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2-(24/100)*(3+4)$ | % | 5.24 | 5.24 | 5.24 |
| 29 | Relación betón asfalto $(26/27)*100$ | % | 34.19 | 34.19 | 34.19 |
| 30 | Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del anillo) | kg | 3128 | 3128 | 3128 |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 0.89 | 0.89 | 0.89 |
| 32 | Estabilidad corregida 31^*32 | kg | 274 | 274 | 274 |
| 33 | lectura del flexómetro (0.01") (35, 0.054) | mm | 1.37 | 1.37 | 1.37 |
| 34 | Fluencia | m.m | 204 | 204 | 204 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m | 2923 | 2923 | 2923 |

Henry
Rodríguez
Oblitas
Tel. Laboratorio
USAT



210442

Anexo 38. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler
cemento de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TEST : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados.
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelale
: Pátapo - La Victoria
YESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 3% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1365 | 586.95 | |
| Peso de C.A. | 90 | 6.0% | 778.05 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO EN %/O

| MATERIAL | N Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 50.16 | 45.46 |
| C Filler | 3 | 18.82 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 6.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 63 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones IVS

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|-------|-------|
| 1 | Número de briquetas | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arena combinada en peso de mezcla (menor #4) | 45.46 | 45.46 | 45.46 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% para malla #200) | 10.38 | 10.38 | 10.38 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 |
| 12 | Altura promedio de la briqueleta | cm | 6.4 | 6.8 |
| 13 | Peso de la briqueleta en el aire | gr | 1150 | 1220 |
| 14 | Peso de la briqueleta saturada superficialmente seca | gr | 1150 | 1230 |
| 15 | Peso de la briqueleta en el agua | gr | 630.0 | 680 |
| 16 | Volumen de la briqueleta | cc | 520 | 550 |
| 17 | Peso unitario de la briqueleta | gr/cc | 2.212 | 2.218 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rica) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.726 | 2.726 |
| 19 | Módulo de densidad teórica de los agregados | gr/cc | 2.694 | 2.694 |
| 20 | % de vacíos con aire | % | 18.87 | 18.62 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total | gr/cc | 2.893 | 2.893 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total | gr/cc | 3.003 | 3.003 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total | gr/cc | 2.934 | 2.934 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total | % | 0.49 | 0.49 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen bruto de la briqueleta | % | 70.00 | 70.21 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueleta | % | 11.14 | 11.17 |
| 27 | % vacíos del agregado mínimo | % | 30.00 | 30.79 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla | % | 5.20 | 5.20 |
| 29 | Relación betón vacíos | % | 17.11 | 17.49 |
| 30 | Estabilidad sin coverage (tabla de calibración del anillo) | mm | 3095 | 3005 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 0.99 |
| 32 | Estabilidad corregida | | 2055 | 2086 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") | mm | 36 | 34 |
| 34 | Fluencia | mm | 9.14 | 9.14 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm | 2924 | 2924 |

Henry Obando
Obando
Téc. Laboratorio
USAT



Anexo 39. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 3%.



USAT
Universidad Católica del Salvador
Laboratorio de Geotecnia y Ensayos

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIA : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe
: Patapa - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2626 | 2457 | 2790 | 2517 | 2590 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2211 | 2015 | 2330 | 2028 | 2287 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3403.0 | 3254.0 | 3485.9 | 3424.0 | 3251.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1392 | 1239 | 1350 | 1396 | 1064 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 415 | 442 | 410 | 489 | 383 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.872 | 2.803 | 2.837 | 2.855 | 2.726 |



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE INGENIERIA
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 40. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 3%.

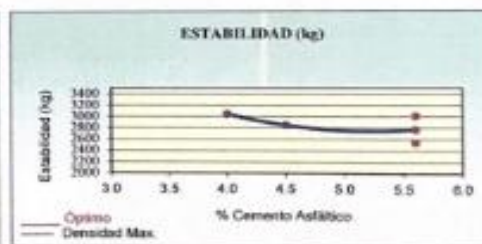
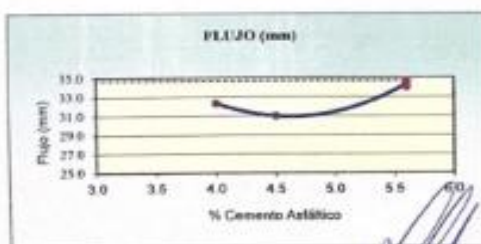


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez




USAT
 Laboratorio de Suelos, de Suelos, Concreto y Ensayos de Materiales
 Henry Obledo Obledo
 Tec. Laboratorio USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Óptimo Contenido C.A | 4.9 |
| Peso Unitario (gr/cm ³) | 2.230 |
| Vacios (%) | 31.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 40.00 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 35.50 |
| Flujo (mm) | 8.81 |
| Estabilidad (Kg) | 1500 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.96 |


Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad

TECNICO LABORATORIO

Anexo 41. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MUGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio privado pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados chocados


CANTERA: Traz Torres - Famelafe

TEXTITA: Pátape - La Victoria


TESISTA: Sabby Doolta Cruzado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|--------------------------|----------------------------|
| Relación Pm-Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del Agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A. (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfáltico | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.30 | 1755.68 | 1.23 | 1899.22 |
| 1% -4% | 1.99 | 30.75 | 37.45 | 17.90 | 32.33 | 2843.33 | 1.23 | 3719.13 |
| 1% -4.5% | 2.13 | 23.90 | 32.48 | 26.43 | 31.00 | 2849.72 | 1.23 | 3538.42 |
| 1% -5% | 2.22 | 21.21 | 32.50 | 34.79 | 34.00 | 3017.05 | 1.23 | 3506.88 |
| 1% -5.5% | 2.21 | 22.09 | 33.84 | 32.99 | 34.67 | 2546.88 | 1.23 | 2923.45 |
| 1% -6% | 2.20 | 19.11 | 30.21 | 36.70 | 34.33 | 2771.40 | 1.23 | 3182.03 |


PESO UNITARIO




VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)



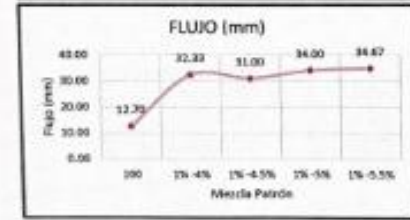
VACIOS (%)




VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)




FLUJO (mm)





ESTABILIDAD (Kg)






Henry Rabadenejra Obilgas
Tec. Laboratorio USAT






USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 42. Formato para diseño MAC con filler cemento de 4%.



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAJOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TEST: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de los morteros acrílicos en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados chancados

CANTERA: Tres Tomas - Ferrelafe

: PMayo - La Victoria

TERSTA: : Sebby Doris Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 62% |
| arena Chancada 3/8" | 57% |
| Cemento (28día) | 4% |
| Vidrio Pulverizado | 8% |

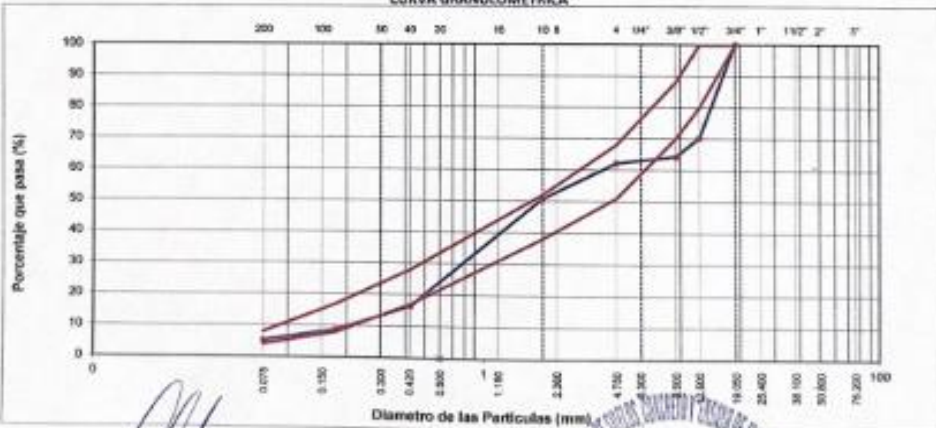
CEMENTO AGREGADO PES SECO


TAMAÑO MAXIMO : 3/4"

Peso Inicial seco : 6300 g


| TAMIZ | AASHTO T 27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICADOR | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------|---------------------------|
| 2" | 76.200 | | | | | MAC-2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1502 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1674 | 26.7 | 26.7 | 73.3 | 00 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 375 | 6.0 | 32.7 | 64.3 | 70 88 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 299.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 36 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 000.0 | 0.0 | 89.8 | 10.2 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 170.0 | 7.6 | 91.8 | 8.2 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 8 | |
| < Nº 200 | FONDO | 120.8 | 6.3 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA





Mary Rosalenyza Oblinas
Téc. Laboratorio
USAT



USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAJOS
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 43. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler
cemento de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TEMA: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados Chancados

CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe

TESTISTA: Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 4% |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1500 | 503.4 |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% |
| Peso del Cemento | 60 | 786.6 |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

CEMENTO ASFALTICO 4% 60/70

| Material | % Mezcla | % Gravel |
|-----------------|----------|----------|
| Grava Triturada | 77.84 | 36.33 |
| Arena | 58.16 | 53.91 |
| Filler | 4 | 9.76 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.5 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 200 | 70 - 85 | 51 - 60 | 38 - 52 | 17 - 25 | 0 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. | |
|----|---|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.0 | 4.0 | 4.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.33 | 36.33 | 36.33 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 53.91 | 53.91 | 53.91 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | 1.92 | 1.92 | 1.92 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.565 | 2.565 | 2.565 | |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.595 | 2.595 | 2.595 | |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | 6.9 | 6.8 | 6.9 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | 1180 | 1170 | 1220.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta sumergida superficialmente seca | 1180 | 1190 | 1220.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | 590.0 | 605 | 605 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | 25 °C | 590.0 | 585 | 615 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 15/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.000 | 2.000 | 1.967 | 1.989 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Pw) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 308) | 2.493 | 2.493 | 2.493 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/(1/2)(1/3)(1/4)(1/5)(1/6) | 2.560 | 2.560 | 2.560 | |
| 20 | Nº de vacíos con aire 100*(1-27/18) | 19.77 | 19.77 | 21.08 | 20.21 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/(1/3)(1/4)(1/5)(1/6) | 2.622 | 2.622 | 2.622 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-2)/(1/3)(1/4)(1/5)(1/6) | 2.748 | 2.748 | 2.748 | |
| 23 | Peso específico efectiva del agregado total (3+4)/(1/3)(1/4)(1/5)(1/6) | 2.548 | 2.548 | 2.548 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.84 | 0.86 | 0.84 | |
| 25 | Nº del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*12/21 | 70.31 | 70.31 | 60.16 | |
| 26 | Nº del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100 (25+20) | 9.92 | 9.92 | 9.76 | |
| 27 | Nº vacíos del agregado mineral 100-25 | 89.69 | 89.69 | 80.84 | 80.08 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | 3.14 | 3.22 | 3.24 | |
| 29 | Relación betún viscos (26/27)*100 | 11.11 | 11.11 | 11.11 | |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tablo de corrección de asfalto) | 3753 | 3753 | 3758 | |
| 31 | Factor de estabilidad | 0.81 | 0.81 | 0.81 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | 3041 | 3041 | 3041 | |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01" / 0.254) | 31 | 31 | 31 | |
| 34 | Fluencia | 7.87 | 7.87 | 7.87 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | 380 | 380 | 380 | |



Henry Rosanderya Obilias
Tec. Laboratorio USAT



USAT
Universidad Católica
Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 44. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 4%.



USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL,
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TEMA : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler",

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

TESTISTA : Pátapo - La Victoria

TESTISTA : Sebby Dorita Cruzado López

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 4% |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1372.5 | 590.2 | |
| Peso de C.A. | 62.5 | 4.5% | 782.3 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ANALTICO PER 60/70

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B Arena | 58.16 | 27.94 |
| C Filler | 4 | 35.92 |

Mezcla
Especificaciones IVB

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 26.4 | 8.7 | 5.1 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 11 - 17 | 4 - 8 |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. | |
|----|--|-------|-------|-------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.14 | 36.14 | 36.14 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 27.94 | 27.94 | 27.94 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 27.60 | 27.60 | 27.60 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.585 | 2.585 | 2.585 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Alfara promedio de la briqueta | cm | 6.9 | 6.5 | 6.7 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1220 | 1160 | 1140.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1250 | 1160 | 1190.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 680.0 | 620 | 650.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta | cc | 570 | 540 | 540.0 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta | gr/cc | 2.140 | 2.148 | 2.111 |
| 18 | Peso específico teórico máxima (Pico) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 3.466 | 3.466 | 3.466 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $200 \left[\frac{2.65}{(2.65 - P)} + \frac{P}{(2.65 - E)} + \frac{E}{(2.65 - F)} + \frac{F}{(2.65 - G)} \right]$ | gr/cc | 3.396 | 3.396 | 3.396 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \left[\frac{1 - (17/18)}{1} \right]$ (ASTM D 5103, MTC E 505) | % | 18.25 | 18.02 | 18.45 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 7) \left[\frac{1}{(3/8)} + \frac{4}{(4/10)} + \frac{5}{(5/11)} \right]$ | gr/cc | 3.640 | 3.660 | 3.660 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 7) \left[\frac{1}{(3/8)} + \frac{4}{(4/10)} + \frac{5}{(5/11)} \right]$ | gr/cc | 3.843 | 3.843 | 3.843 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(2+8) \left[\frac{1}{(3/8 - E)} + \frac{4}{(4/10 - F)} \right]$ | gr/cc | 3.749 | 3.749 | 3.749 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4069, MTC E 511) | % | 0.66 | 0.66 | 0.66 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % | 53.61 | 53.81 | 52.88 |
| 26 | % del volumen de estuco efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | % | 8.14 | 8.17 | 8.03 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 46.37 | 46.15 | 46.17 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 4.07 | 4.07 | 4.07 |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 17.54 | 17.96 | 17.04 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (Tabla de calibración del anillo) | kg | 2982 | 2982 | 2982 |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 0.93 | 0.93 | 0.93 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 2766 | 2766 | 2766 |
| 33 | Lectura del viscosímetro $(0.017 * 105) / (0.254)$ | pas | 7.03 | 7.03 | 7.03 |
| 34 | Fluviscosímetro | m.m. | 33 | 33 | 33 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluviscosímetro | m.m. | 405.4 | 405.4 | 405.4 |



Henry Rivasdenegra Obitos
Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 45. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler",
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tamas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Davita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1365 | 586.95 | |
| Peso de C.A | 75 | 5.0% | 778.05 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|--------------------|----------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 58.16 | 41.12 |
| C. Filler | 4 | 23.16 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº100 | Nº200 |
| 100 | 79.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 80 | 51 - 65 | 30 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| |
|------------------------|
| Mezcla |
| Especificaciones - IVB |

| # | Descripción | U | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | Número de bolsa | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 41.12 | 41.12 | 41.12 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso redondeo #200) | % | 13.78 | 13.78 | 13.78 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Aforo promedio de la briganta | cm | 6.5 | 6.8 | 6.8 | |
| 13 | Peso de la briganta en el aire | gr | 1130 | 1200 | 1220.0 | |
| 14 | Peso de la briganta saturado superficialmente seco | gr | 1130 | 1230 | 1220.0 | |
| 15 | Peso de la briganta en el agua | gr | 620.0 | 680 | 660.0 | |
| 16 | Volúmen de la briganta | c.c. | 500 | 530 | 560.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briganta 13/36 (ASTM D 2226, MTC E 514) | gr/cc | 2.236 | 2.264 | 2.179 | 2.219 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Bica) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 506) | gr/cc | 2.867 | 2.867 | 2.867 | |
| 19 | Módulo de densidad teórico de los agregados $100 / [(2/3) + (3/4) + (4/5) + (5/6) + (6/7) + (7/8) + (8/9) + (9/10)]$ | gr/cc | 2.821 | 2.821 | 2.821 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1 - 1/36)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 22.73 | 21.02 | 24.01 | 22.58 |
| 21 | Peso específico bulk del Agregado total $(100 - 2) / [(2/3) + (4/5) + (5/6) + (6/7) + (7/8) + (8/9) + (9/10)]$ | gr/cc | 3.023 | 3.023 | 3.023 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(2/3) + (4/5) + (5/6) + (6/7) + (7/8) + (8/9) + (9/10)]$ | gr/cc | 3.171 | 3.171 | 3.171 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / [(3/4) + (4/5) + (5/6) + (6/7) + (7/8) + (8/9) + (9/10)]$ | gr/cc | 3.082 | 3.082 | 3.082 | |
| 24 | Ajuste absorbido por el agregado total $100 * [(23 - 21) / (21 * 21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.64 | 0.64 | 0.64 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volúmen Bruto de la briganta $(3 + 4) * 13/36$ | % | 66.41 | 67.86 | 65.30 | |
| 26 | % del volúmen de asfalto efectivo / volúmen de briganta $100 - (25 + 20)$ | % | 10.87 | 11.11 | 10.69 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | % | 33.59 | 32.14 | 34.70 | 33.47 |
| 28 | Ajuste efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$ | % | 5.21 | 5.11 | 5.11 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 104.89 | 104.89 | 104.89 | 104.89 |
| 30 | Estabilidad sin corrección de asfalto | kg | 1004 | 1079 | 1070 | 1070 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.00 | 0.96 | 0.86 | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 32$ | | 0 | 37.7 | 31.82 | 34.41 |
| 33 | Lectura del Resómetro $(0.01) * (35 / 0.254)$ | | 36 | 35 | 32 | 34 |
| 34 | Fluencia | | 0.00 | 0.89 | 0.83 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | 0.00 | 43.0 | 39.15 | 40.20 |

Henry Rivasmeza Obitos
 Ing. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 46. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler de cemento de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESTES : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferseñale
 Pátapo - La Victoria
 TESTISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PFN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1357.5 | 583.7 | |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.5% | 773.8 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 58.16 | 39.33 |
| C Filler | 4 | 24.95 |

| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº20 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 |

Mezcla
 Especificaciones IVB

| # | Descripción | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 39.33 | 39.33 | 39.33 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% pasa malla #200) | % | 15.58 | 15.58 | 15.58 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.525 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.8 | 6.8 | 6.8 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1180 | 1230 | 1210.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1190 | 1230 | 1210.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 650.0 | 680 | 660.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta | cc | 540 | 550 | 550.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/26 (ASTM D 7726, MTC E 514) | gr/cc | 2.185 | 2.236 | 2.200 | 2.207 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.922 | 2.922 | 2.922 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/3) + (1/3) * (1/2 + 8) + (4/3) * (1/9 + 10)]$ | gr/cc | 2.877 | 2.877 | 2.877 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1 - 17/18)]$ (ASTM D 3303, MTC E 505) | % | 25.21 | 23.46 | 24.70 | 24.45 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/2) + (4/9) + (5/3)]$ | gr/cc | 3.095 | 3.095 | 3.095 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3/2) + (4/10) + (5/3)]$ | gr/cc | 3.247 | 3.247 | 3.247 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(1 + 4) / [(3/2) * 8] + (4 * 10)$ | gr/cc | 3.152 | 3.152 | 3.152 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 512) | % | 0.60 | 0.60 | 0.60 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(31.4) * 1.7 / 21$ | % | 63.98 | 65.48 | 64.42 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | % | 10.81 | 11.06 | 10.88 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 36.04 | 34.52 | 35.58 | 35.37 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (1 + 4)$ | % | 5.15 | 5.15 | 5.15 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 30.01 | 32.05 | 30.58 | 30.88 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del equipo) | kg | 2443 | 3156 | 2592 | |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 0.89 | 0.89 | 0.89 | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 32$ | kg | 3796 | 3809 | 3197 | 2920 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35.0-25.4) | mm | 25 | 25 | 27 | |
| 34 | Fluencia | mm | 1.11 | 1.17 | 6.35 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm | 1815 | 3813 | 5094 | 4241 |

Henry Rivas Obitos
 Tlc. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 47. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler cemento de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 3559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizada como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe
 Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|------------------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1350 | 580.5 | |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% | 769.5 |
| Peso del Cemento | 90 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| MATERIAL | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 58.16 | 38.38 |
| C Filler | 4 | 25.90 |

| N. Cua Para el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#60 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 80 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| | |
|-----------------------------|--|
| Mezcla | |
| Especificaciones IVB | |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.8 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor 48) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor 48) | % | 38.38 | 38.38 | 38.38 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso seco #200) | % | 16.52 | 16.52 | 16.52 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (>#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (>#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.4 | 6.8 | 6.6 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1350 | 1210 | 1180.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1350 | 1210 | 1190.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | gr | 630.0 | 600 | 650.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | cc | 520 | 550 | 540.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.712 | 2.218 | 2.185 | 2.205 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.969 | 2.969 | 2.969 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2.65) + (3 * 2.02 + 8) + (4 * 2.09 + 10)]$ | gr/cc | 2.908 | 2.908 | 2.908 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [1 - 17/18]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 25.50 | 25.28 | 26.39 | 25.72 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(200 - 2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.134 | 3.134 | 3.134 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(200 - 2) / [(3/9) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.288 | 3.288 | 3.288 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P_3) + (4/P_4) + (5/P_5)]$ | gr/cc | 3.212 | 3.212 | 3.212 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $200 - 6(23 - 21) / (23 + 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.80 | 0.80 | 0.80 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % | 63.95 | 64.14 | 63.19 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $200 / (23+21)$ | % | 10.55 | 10.58 | 10.42 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 36.05 | 35.86 | 36.81 | 36.34 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 5.03 | 5.03 | 5.03 | |
| 29 | Relación betón seco $(26/27) * 100$ | % | 29.26 | 29.59 | 28.31 | 29.02 |
| 30 | Estabilidad sin coque (tabla de calibración del asfalto) | kg | 3472 | 3692 | 3882 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 3.00 | 3.00 | 0.03 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 3472 | 7730 | 3611 | 3275 |
| 33 | lectura del Resómetro (0.02") (35 - 0.254) | mil | 26 | 27 | 35 | 34 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 6.60 | 6.60 | 6.60 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 525.7 | 611.8 | 462.2 | 4231 |

Henry
 Ricardo
 Obispo
 Ing. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 del Sur

USAT
 Universidad Católica
 del Sur
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 48. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BIFUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio privado pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - femefafe
 : Pátape - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2718 | 2557 | 2482 | 2635 | 2655 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2294 | 2220 | 2084 | 2201 | 2241 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3351.0 | 3188.0 | 3225.0 | 3469.0 | 3470.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1057 | 1168 | 1141 | 1268 | 1229 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 424 | 337 | 398 | 434 | 414 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.493 | 2.866 | 2.867 | 2.922 | 2.969 |



Henry Obillos
 Tsc. Laboratorio
 USAT



USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 FECHA DE LABORATORIO

Anexo 49. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 4%.



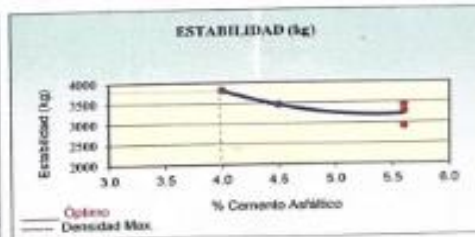
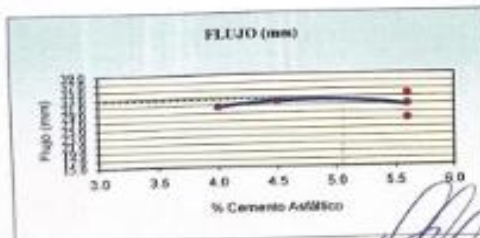
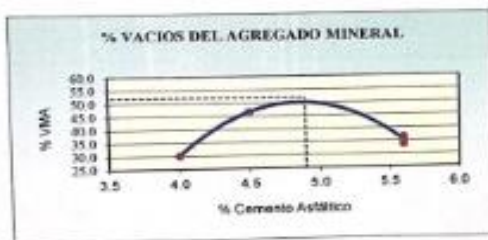
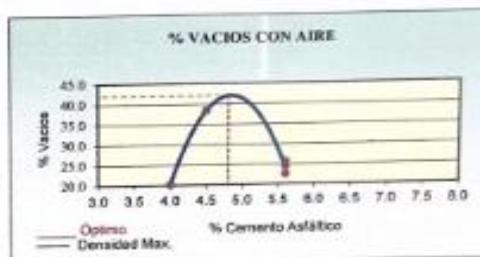
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez




USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Henry Meadensyru Obvitas
 T.E. 1200920000
 USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Optimo Contenido C.A | 4.7 |
| Peso Unitario (gr/cm ²) | 2.230 |
| Vacios (%) | 3.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 51.90 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 17.00 |
| Flujo (mm) | 8.26 |
| Estabilidad (Kg) | 3800 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.91 |

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacíos al aire y Estabilidad


TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 50. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico.



USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados chatarrados


CANTERA: Tasa Tomas - PampaFalta

TIPOLOGÍA: Píntago - La Victoria


TEXTURA: Sakiby Dorita Cruzado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pev Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A. (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.59 | 32.00 | 68.00 | 12.90 | 1755.08 | 5.27 | 1889.22 |
| 1% -4% | 1.89 | 28.21 | 30.08 | 32.82 | 33.67 | 3816.67 | 3.23 | 4909.11 |
| 1% -4.5% | 2.13 | 38.45 | 46.57 | 17.43 | 42.00 | 3457.26 | 3.25 | 4252.33 |
| 1% -5% | 2.22 | 22.58 | 33.47 | 32.59 | 33.67 | 3441.09 | 1.23 | 8039.34 |
| 1% -5.5% | 2.21 | 24.45 | 35.57 | 30.80 | 27.89 | 2929.44 | 1.23 | 6189.76 |
| 2% -6% | 2.28 | 25.72 | 36.24 | 29.02 | 31.00 | 3275.39 | 1.23 | 4212.41 |


PESO UNITARIO




VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)



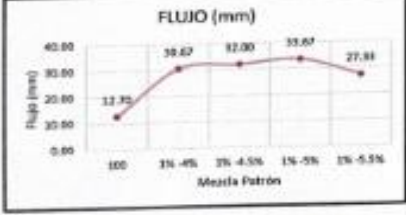
VACIOS (%)



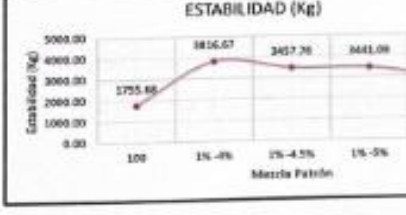
VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)




FLUJO (mm)




ESTABILIDAD (Kg)






Henry Madeneyra Oblass
Tec. Laboratorio USAT




USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
EQUINO DE LABORATORIO

Anexo 51. Formato para diseño MAC con filler cemento de 5%.



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS

MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TIPO : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Torres - Tarma
Pitapa - La Victoria

TESTEA : Sabby Dorika Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO


| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 48% |
| Grava Chancada 1/2" | 37% |
| Cemento (Filler) | 15% |
| Vidrio Pulverizado | 0% |


TAMAÑO MAXIMO : 3/4"

Peso inicial seco : 6300 g


| TAMIZ | ANILLO T-27 [mm] | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 0 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1674 | 26.7 | 26.7 | 70.3 | 80 - 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 376 | 6.0 | 32.7 | 64.3 | 70 - 88 | |
| NR 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 34.8 | 62.2 | 51 - 68 | |
| NR 10 | 2.000 | 205.0 | 11.5 | 46.3 | 50.7 | 36 - 52 | Observación: |
| NR 40 | 0.425 | 600.0 | 34.3 | 80.6 | 16.4 | 17 - 28 | |
| NR 80 | 0.177 | 178.0 | 7.4 | 88.0 | 8.7 | 8 - 17 | |
| NR 200 | 0.075 | 94.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 - 8 | |
| < NR 200 | FONDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA





USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS




USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 52. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler cemento de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferrelale
: Pátago - La Victoria

TESISTA : Sabby Doris Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 5% |

| | | | |
|----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1385 | 586.95 | |
| Peso de C.A. | 60 | 4.00% | 778.05 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso 100% de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | | |
|------------|-----------------|-------------|
| N. Muestra | N. Diseño | |
| A | Grava Triturada | 37.84 36.33 |
| B | Arena | 52.16 46.23 |
| C | Filler | 5 17.44 |


% Que Pasa el Tamiz

| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 56.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|-------|--------|
| 2 | Wúmero de briqueta | | | |
| 3 | C.A. en peso de la mezcla | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 4 | N. de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.33 | 36.33 | 36.33 |
| 5 | N. de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 46.23 | 46.23 | 46.23 |
| 6 | N. de filler en peso de mezcla (mínimo #55; peso malla #200) | 8.64 | 8.64 | 8.64 |
| 7 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 8 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 9 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 200) | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 10 | Peso específico Bulk de la arena(#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 11 | Peso específico Aparente de la arena(#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 12 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 13 | Altura promedio de la briqueta | 6.9 | 6.8 | 6.9 |
| 14 | Peso de la briqueta en el aire | 1180 | 1170 | 1210.0 |
| 15 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | 1180 | 1190 | 1210.0 |
| 16 | Peso de la briqueta en el agua | 590.0 | 605 | 605 |
| 17 | Volumen de la briqueta | 590.0 | 585 | 615 |
| 18 | Peso unitario de la briqueta | 2.000 | 2.000 | 1.967 |
| 19 | Peso específico teórico máximo (Real) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | 2.786 | 2.786 | 2.786 |
| 20 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 \frac{W_1}{2.75} + (1 - \frac{W_1}{2.75}) \frac{W_2}{2.75} + (1 - \frac{W_1}{2.75} - \frac{W_2}{2.75}) \frac{W_3}{2.75}$ | 2.770 | 2.770 | 2.770 |
| 21 | Ni de vacíos con aire $100 \frac{(1 - \frac{W_1}{2.75})}{1.023}$ | 28.21 | 28.21 | 28.27 |
| 22 | Peso específico Bulk del Agregado Total $\frac{100 - 20 \frac{W_1}{2.75} + (4 - 20 \frac{W_1}{2.75})}{1.023}$ | 2.833 | 2.833 | 2.833 |
| 23 | Peso específico Aparente del agregado total $\frac{100 - 21 \frac{W_1}{2.75} + (4 - 21 \frac{W_1}{2.75})}{1.023}$ | 3.003 | 3.003 | 3.003 |
| 24 | Peso específico efectivo del agregado total $\frac{100 - 21 \frac{W_1}{2.75} + (4 - 21 \frac{W_1}{2.75})}{1.023}$ | 2.851 | 2.851 | 2.851 |
| 25 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 62 \frac{W_1}{2.75} + 2 \frac{W_1}{2.75}$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.22 | 0.22 | 0.22 |
| 26 | Ni del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $\frac{100 - 21 \frac{W_1}{2.75}}{1.023}$ | 84.37 | 84.37 | 83.33 |
| 27 | Ni del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | 7.42 | 7.42 | 7.30 |
| 28 | Ni vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | 35.63 | 35.63 | 35.67 |
| 29 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - \frac{(24/100) \cdot (3+4)}{1.023}$ | 1.81 | 1.81 | 1.82 |
| 30 | Relación betón vacíos $\frac{25 + 20}{1.023}$ | 20.81 | 20.81 | 20.82 |
| 31 | Estabilidad sin corregir (tabla de colaboración del asfalto) | 3731 | 3731 | 3731 |
| 32 | Factor de estabilidad | 0.86 | 0.83 | 0.83 |
| 33 | Estabilidad corregida $3731 \cdot 0.86$ | 3204 | 3131 | 3131 |
| 34 | Lectura del Reómetro $\frac{100 \cdot 10^3}{3731}$ (A 254) | 27 | 27 | 27 |
| 35 | Fluencia | 9.40 | 9.40 | 9.40 |
| 36 | Relación Estabilidad / Fluencia | 470.2 | 470.2 | 470.2 |



Henry Roldenejo Obillos
Tuc. Laboratorio USAT



OFICINA DE LABORATORIO

Anexo 53. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados Chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Salby Derita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 5% |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1357.5 | 583.7 | |
| Peso de C.A. | 67.5 | 4.5% | 773.8 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Materia | % Mezcla | % Clasifg |
|-------------------|----------|-----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B Arena | 57.16 | 43.13 |
| C Filler | 5 | 20.74 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | MPA | MP10 | MP40 | MP80 | MP200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones - MB

| # | Descripción | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|---------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de Briquea | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 | 4.5 | 4.5 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.14 | 36.14 | 36.14 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 43.13 | 43.13 | 43.13 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 11.46 | 11.46 | 11.46 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico bulk de la grava (#4) (ASTM E 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.585 |
| 9 | Peso específico bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briquea | cm | 6.9 | 6.5 | 6.7 | |
| 13 | Peso de la briquea en el aire | gr | 1220 | 1160 | 1140.0 | |
| 14 | Peso de la briquea saturada superficialmente seco | gr | 1250 | 1160 | 1190.0 | |
| 15 | Peso de la briquea en el agua | gr | 680.0 | 820 | 690.0 | |
| 16 | Volumen de la briquea | c.c. | 570 | 540 | 540.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briquea 13/26 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.140 | 2.148 | 2.111 | 2.133 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.896 | 2.896 | 2.896 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $300(2.65) + (3^2 \cdot 2.7 + 8) + (4^2 \cdot 2.7) + 205$ | gr/cc | 2.832 | 2.832 | 2.832 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 26.09 | 25.82 | 27.10 | 26.34 |
| 21 | Peso específico bulk del Agregado Total $(100 - 21)(3.7) + (4.9) + (5.21)$ | gr/cc | 2.935 | 2.935 | 2.935 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21)(3.78) + (4.10) + (5.11)$ | gr/cc | 3.113 | 3.113 | 3.113 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(2+4) / (1.0 - 8) + (4 * P - 10)$ | gr/cc | 3.011 | 3.011 | 3.011 | |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total $100 - (23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.88 | 0.88 | 0.88 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briquea $(2+4) * 17/21$ | % | 66.16 | 66.41 | 65.25 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea $200 - (25 + 20)$ | % | 7.74 | 7.77 | 7.64 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | % | 31.88 | 31.79 | 34.74 | 34.06 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (2+4)$ | % | 3.30 | 3.30 | 3.80 | 3.80 |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 22.88 | 27.13 | 33.36 | 27.66 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (fórmula de calibración del ensayo) | gr | 2900 | 3014 | 3050 | |
| 31 | Factor de estabilidad | gr | 0.88 | 0.93 | 0.93 | |
| 32 | Estabilidad corregida $30 * 37$ | gr | 32.16 | 34.73 | 33.68 | 34.04 |
| 33 | Lechada del flocómetro $(200) * (1.015 / 0.254)$ | gal | 1.16 | 1.24 | 1.4 | 1.4 |
| 34 | Fluencia | ml. in. | 1.84 | 1.84 | 8.64 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | ml. in. | 18.27 | 18.27 | 18.99 | 4064 |

Henry
Rueda
Obispo
Tec. Laboratorio
USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 54. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale

TESISTA : Pátapa - La Victoria

LABORANTE : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 5% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1350 | 580.5 | |
| Peso de C.A. | 75 | 5.0% | 703.5 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.16 | 42.63 |
| C Filler | 5 | 21.65 |

| N. Que Pase el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 80 | 51 - 68 | 30 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|-------|-------|--------|-------|
| 1 | 5.8 | 5.8 | 5.8 | |
| 2 | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 3 | 42.63 | 42.63 | 42.63 | |
| 4 | 11.33 | 11.33 | 11.33 | |
| 5 | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 6 | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 7 | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 8 | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 9 | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 10 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 11 | 6.5 | 6.8 | 6.8 | |
| 12 | 1130 | 1200 | 1220.0 | |
| 13 | 1130 | 1210 | 1220.0 | |
| 14 | 620.0 | 680 | 660.0 | |
| 15 | 510 | 530 | 560.0 | |
| 16 | 2.216 | 2.264 | 2.179 | 2.219 |
| 17 | 2.825 | 2.825 | 2.825 | |
| 18 | 2.735 | 2.735 | 2.735 | |
| 19 | 21.57 | 19.80 | 22.89 | 21.44 |
| 20 | 2.935 | 2.935 | 2.935 | |
| 21 | 3.113 | 3.113 | 3.113 | |
| 22 | 2.992 | 2.992 | 2.992 | |
| 23 | 0.72 | 0.72 | 0.72 | |
| 24 | 67.70 | 69.19 | 66.57 | |
| 25 | 10.72 | 10.90 | 10.54 | |
| 26 | 32.30 | 32.30 | 32.30 | 32.18 |
| 27 | 5.05 | 5.05 | 5.05 | |
| 28 | 32.30 | 32.30 | 31.54 | 32.43 |
| 29 | 3955 | 736 | 4492 | |
| 30 | 1.00 | | 0.86 | |
| 31 | 3955 | | 0.1 | 3871 |
| 32 | 36 | | | 36 |
| 33 | 9.14 | | 1.14 | |
| 34 | | | | |
| 35 | 4175 | | 4243 | |



Ing. Sabby Dorita Cruzado Lopez
Laborante
USAT



SECCION DE LABORATORIO

Anexo 55. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler
cemento de 5%.



USAT
Universidad Católica
Santa Teresita de Jesús 1989

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale

: Pímapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 5% |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1342.5 | | 577.3 |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.5% | 765.2 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| MATERIAL | N. Ancho | % Deseo |
|-------------------|----------|---------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.36 | 42.16 |
| C Filler | 5 | 22.12 |

| % Que Paso el Tambo | | | | | | | | |
|---------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

Mezcla
Especificaciones IVB

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|---|---|-------|
| 1 | Número de brigueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | | | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | | | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | | | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | | | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | | | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 11 | Peso específico aparente del filler | | | |
| 12 | Altura promedio de la brigueta | | | |
| 13 | Peso de la brigueta en el aire | | | |
| 14 | Peso de la brigueta saturada superficialmente seca | | | |
| 15 | Peso de la brigueta en el agua 25 °C | | | |
| 16 | Volumen de la brigueta 14-15 | | | |
| 17 | Peso unitario de la brigueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 534) | | | |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Pice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | | | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100V(2/3)+(3*2/17+8)+4*2/19+100 | | | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 1203, MTC E 505) | | | |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/[(3/7)+(4/9)+(5/11)] | | | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/[(3/8)+(4/10)+(5/11)] | | | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(3/P-8)+(4*P-10)] | | | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/[23*21] (ASTM D 4489, MTC E 513) | | | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la brigueta (3+4)*17/23 | | | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de brigueta 100-(25+20) | | | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | | | |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | | | |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | | | |
| 30 | Estabilidad sin congejar (teño de calibración del anillo) | | | |
| 31 | Factor de estabilidad | | | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | | |
| 33 | Inchuro del flexómetro (0.01") (25-26/30) | | | |
| 34 | Fluencia | | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | | |



Ing. **Rivadeneiro Obispo**
Téc. Laboratorio
USAT



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 56. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler
cemento de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vítrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Cemento (Filler) | 5% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 80/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1335 | 574.05 | |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% | 760.95 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| MATERIAL | % Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.16 | 40.74 |
| C Filler | 5 | 23.54 |

| N Que Pasa al Tamis | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| |
|----------------------|
| Mezcla |
| Especificaciones IVB |

| # | Descripción | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|-------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | N | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | N | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | N | 40.74 | 40.74 | 40.74 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | N | 13.22 | 13.22 | 13.22 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Buñ de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Buñ de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.4 | 6.8 | 6.6 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1150 | 1220 | 1180.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seco | gr | 1150 | 1230 | 1190.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 610.0 | 680 | 650.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 520 | 550 | 540.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 524) | gr/cc | 2.212 | 2.218 | 2.185 | 2.205 |
| 18 | Peso específico técnico máxima (Ricc) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.893 | 2.893 | 2.890 | |
| 19 | Máxima densidad técnica de los agregados 100/((2/5)+(3*2/(7+8))+(4*2/(9+10))) | gr/cc | 2.833 | 2.833 | 2.833 | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-27/28) (ASTM D 3203, MTC E 505) | N | 23.56 | 23.33 | 24.47 | 23.78 |
| 21 | Peso específico Buñ del Agregado Total 100-2/(3/7)+(4/9)+(5/11) | gr/cc | 3.007 | 3.007 | 3.007 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total 100-21/(3/8)+(4/10)+(5/11) | gr/cc | 3.187 | 3.187 | 3.187 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(0.1/P. 8)+(4*P. 10) | gr/cc | 3.083 | 3.083 | 3.083 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6/(23-21)/(23*21) (ASTM D 4480, MTC E 511) | % | 0.84 | 0.84 | 0.84 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen finito de la briqueta (3+4)*12/23 | % | 65.97 | 66.36 | 65.18 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 10.48 | 10.51 | 10.35 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | N | 34.03 | 33.94 | 34.82 | 34.29 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | N | 3.16 | 3.16 | 3.16 | |
| 29 | Relación betón vacíos (26/27)*100 | N | 30.79 | 31.30 | 29.73 | 30.58 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tablo de calibración del ensayo) | gr | 1150 | 1220 | 1180 | |
| 31 | Factor de estabilidad | gr | 1.00 | 0.89 | 0.95 | |
| 32 | Estabilidad corregida 33*32 | gr | 1150 | 1087 | 1125 | 1108 |
| 33 | Lectura del flexómetro (9.0") (90/0.254) | mil | | | 32 | 34 |
| 34 | Fluencia | mm | | | 8.13 | |
| 35 | Relación Estabilidad | mm | | | 4079 | 3710 |

Henry Riquelme Obispo
Tel: 56-910-910
USAT Universidad Católica del Sur

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 57. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler cemento de 5%.



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D - 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregado chancado

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
Pitapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2704 | 2588 | 2498 | 2430 | 2522 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2284 | 2134 | 2069 | 1968 | 2092 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3454.0 | 3304.0 | 3281.0 | 3281.0 | 3336.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1170 | 1170 | 1212 | 1313 | 1244 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 420 | 404 | 429 | 462 | 430 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.786 | 2.896 | 2.825 | 2.842 | 2.893 |



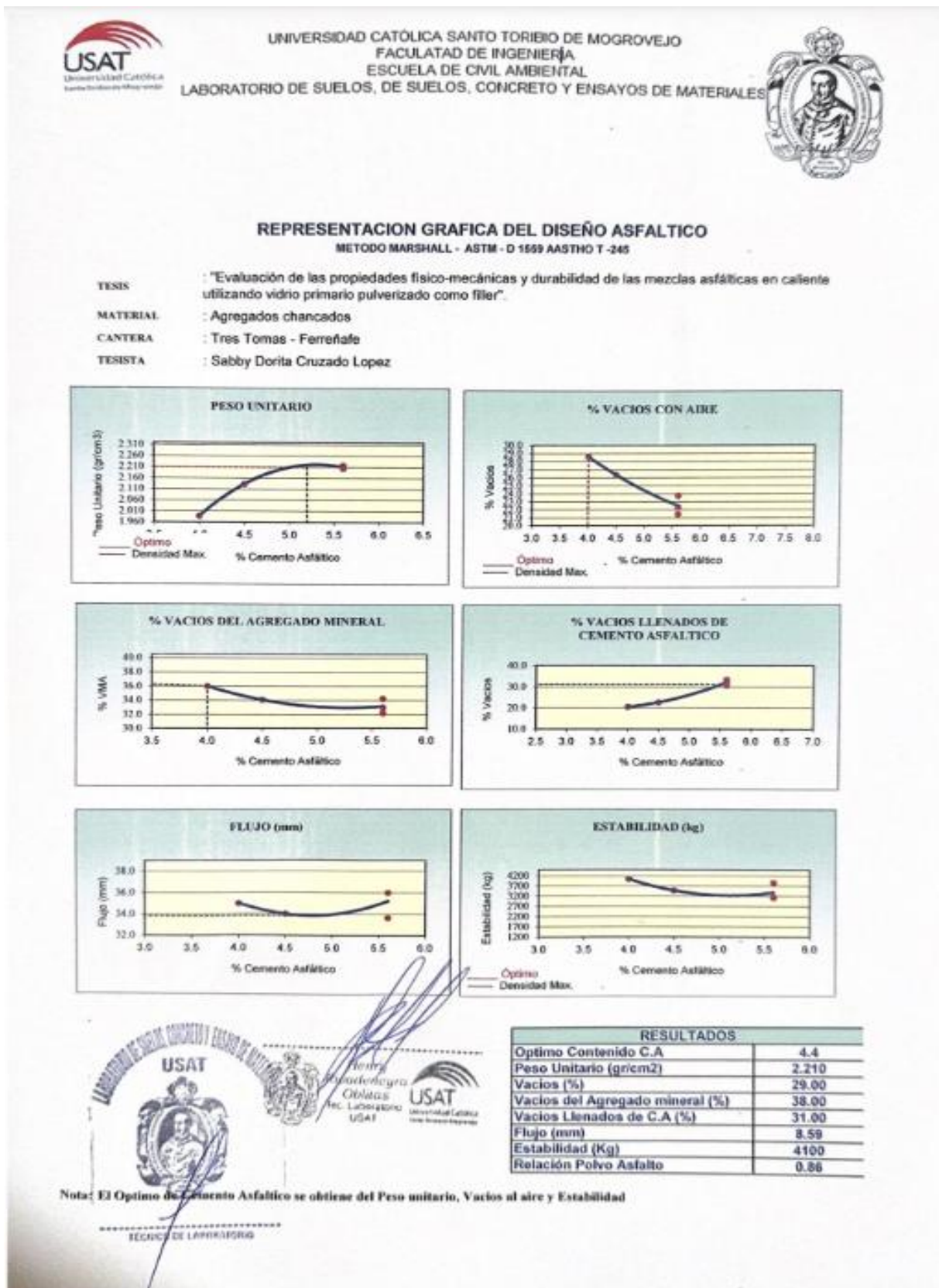
Henry Ruedeneira Obitas
Tec. Laboratorio USAT






LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
TECNICO DE LABORATORIO


Anexo 58. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler cemento de 5%.



Anexo 59. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de cemento asfáltico.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE CEMENTO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL: Agregados clasificados


CANTERA: Tics Torres - Ferrelafsa

TERRESTA: Pátape - La Victoria


TERSTA: Salby Doris Chacabdo Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pe- Filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.59 | 22.00 | 68.00 | 12.78 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1% -4% | 1.99 | 28.59 | 35.97 | 20.52 | 35.00 | 4051.67 | 1.23 | 4569.00 |
| 1% -4.5% | 2.13 | 26.34 | 34.06 | 22.66 | 34.00 | 3493.63 | 1.23 | 4563.04 |
| 1% -5% | 2.22 | 21.44 | 32.58 | 33.43 | 36.00 | 3870.68 | 1.23 | 4243.07 |
| 1% -5.5% | 2.21 | 22.34 | 32.86 | 32.24 | 36.00 | 3243.84 | 1.23 | 3473.75 |
| 1% -6% | 2.20 | 21.78 | 34.23 | 30.53 | 33.67 | 3163.15 | 1.23 | 3710.06 |


PESO UNITARIO



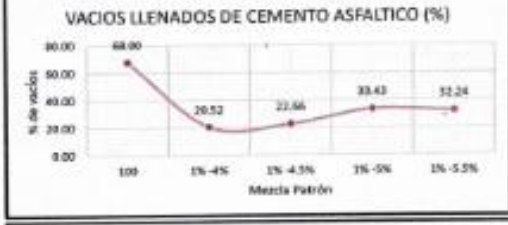
VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)



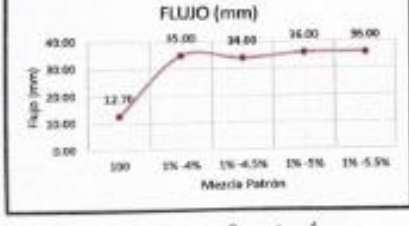
VACIOS (%)




VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)




FLUJO (mm)





ESTABILIDAD (Kg)





Henry Rivasdeygra Obilitas
 Tec. Laboratorio USAT





USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 60. Resultados del Ensayo Termo diferencial realizado al vidrio.

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

| | |
|-------------------------|---|
| SOLICITANTE | SABBY DORITA CRUZADO LOPEZ |
| TESIS | Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler |
| MUESTRA | VIDRIO PRIMARIO PULVERIZADO |
| FECHA DE INGRESO | 18 DE SETIEMBRE DEL 2023 |

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. MUESTRA: VIDRIO PRIMARIO PULVERIZADO (10.0214 g)

| Nº DE MUESTRAS | CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA | PROCEDENCIA |
|----------------|------------------------------|-------------|
| 1 | 0.5113 g | |

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C
SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C.
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 50 MG

JEFE DE LABORATORIO ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Scanned with CamScanner

Anexo 61. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"

MATERIAL : Agregados chocados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO

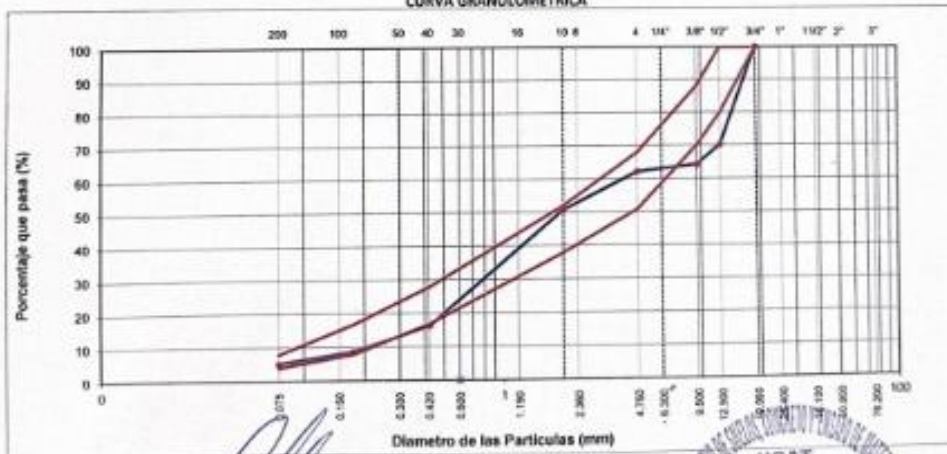
| | |
|--------------------|-----|
| Grava Chocada 3/4" | 43% |
| Arena Chocada 3/8" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| Cemento | 0% |

CEMENTO ASFALTICO FEN 50/70

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso Inicial seco : 6300 g

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1532 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 5874 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 370 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 88 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 268.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 38 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 34.3 | 85.6 | 16.4 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 7.6 | 91.3 | 8.7 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 8 | |
| = Nº 200 | FONDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Henry Rivasdeyra Obllias
 Tec. Laboratorio USAT



USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 62. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe
 Pálpato - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|--------|
| Peso de Muestra | 1425 | | 612.75 |
| Peso de C.A | 60 | 4,00% | 812.25 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Quilts |
|-----------------|----------|----------|
| Grava Triturada | 57.84 | 36.33 |
| Arena | 61.16 | 44.31 |
| Filler | 1 | 19.36 |

| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|---------|---------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.33 | 36.33 | 36.33 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 44.31 | 44.31 | 44.31 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso seco #200) | 14.40 | 14.40 | 14.40 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.62 | 6.67 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1182.32 | 1236.6 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1185.05 | 1239.26 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 651.0 | 692 |
| 16 | Volumen de la briqueta 24.15 | c.c. | 534.1 | 547.26 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.214 | 2.260 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Nce) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.842 | 2.842 |
| 19 | Máximo densidad teórica de los agregados 100*((3/4)^3+(1/2)^3+(1/4)^3+(1/8)^3) | gr/cc | 2.828 | 2.828 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*((1-17/18)) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 22.11 | 20.50 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-20/3*(2)-(14/3)+(5/3)) | gr/cc | 3.022 | 3.022 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21/(3/3)+(4/3)-(5/3)) | gr/cc | 3.074 | 3.074 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/3-8)+(4*P-20) | gr/cc | 3.039 | 3.039 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6/(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.19 | 0.19 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % | 69.62 | 71.06 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100*(25*20) | % | 8.27 | 8.44 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 30.38 | 28.94 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 7 - (24/100)*(3+4) | % | 3.85 | 3.85 |
| 29 | Relación betán vacíos (26/27)*100 | % | 27.31 | 27.31 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tablo de calibración del ensayo) | kg | 265 | 2767 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.96 | 0.85 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 265 | 2752 |
| 33 | Lectura del Reómetro (100/31)*32/P.274 | gr | 25 | 26 |
| 34 | Fluencia | mm | 25 | 26 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm.kg | 416.7 | 4181 |

Henry Obdulia Obdulia
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 63. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pitágo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1437.5 | | 609.5 |
| Peso de C.A | 67.5 | 4.5% | 808 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Muestra | % Diseño |
|-------------------|-----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B Arena | 61.16 | 53.63 |
| C Filler | 1 | 10.23 |

| N.º Que Para el Tama | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 59.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

Mezcla
 Especificaciones IVB

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------------|---------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.14 | 36.14 | 36.14 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 53.63 | 53.63 | 53.63 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | 4.78 | 4.78 | 4.78 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc. 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc. 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc. 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc. 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc. 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc. 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm. 6.8 | 6.78 | 6.24 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr. 1136.82 | 1221.44 | 1108.2 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seco | gr. 1130.12 | 1224.83 | 1111.2 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr. 650.0 | 678 | 624.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-25 | cc. 480.12 | 546.83 | 487.2 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc. 2.368 | 2.234 | 2.275 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Ries) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc. 2.783 | 2.783 | 2.783 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3*2/7+8) + (4*2/9+10)]$ | gr/cc. 2.540 | 2.540 | 2.540 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1-17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % 14.91 | 10.73 | 18.26 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $100 * [(2/3/2) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc. 2.704 | 2.704 | 2.704 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $100 * [(2/3/2) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc. 2.748 | 2.748 | 2.748 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(1/P-8) + (4*P-10)]$ | gr/cc. 2.998 | 2.998 | 2.998 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 * [(23-21) / (23*21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % 3.72 | 3.72 | 3.72 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen líquido de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % 82.80 | 78.11 | 79.55 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 * (25+20)$ | % 2.29 | 2.16 | 2.20 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 * 25$ | % 17.20 | 21.89 | 20.45 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (26/100) * (3+4)$ | % 1.16 | 1.16 | 1.16 |
| 29 | Relación betón secos $(26/27) * 100$ | % 12.35 | 12.35 | 11.29 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del asfalto) | kg 3808 | 2466 | 2466 |
| 31 | Factor de estabilidad | 1.14 | 0.86 | 1.09 |
| 32 | Estabilidad corregida 33/32 | kg 3201 | 2688 | 3013 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.05" / 135 / 0.254) | mil 26 | 14 | 24 |
| 34 | Fluencia | m.m. 6.60 | 6.10 | 6.10 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. 4847 | 1000 | 1000 |

Mery
 Rivadeneyra
 Obiñas
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica
 Santa Teresita de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 64. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TEMA : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Toros - Ferrelale
 : Mátapo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1410 | | 606.3 |
| Peso de C.A | 75 | 5.0% | 803.7 |
| Peso del Cemento | 15 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 61.16 | 36.97 |
| C Filler | 1 | 27.31 |

| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 9.1 |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 35-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 |

Mezcla
 Especificaciones 70B

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|---------|---------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 36.97 | 36.97 | 36.97 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 20.77 | 20.77 | 20.77 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.81 | 6.47 | 6.26 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1231.74 | 1158.37 | 1132.3 | |
| 14 | Peso de la briqueta totalmente superficialmente seca | gr | 1234.85 | 1160.8 | 1134.2 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 694.0 | 650 | 632.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-15 | c.c | 540.85 | 510.8 | 495.2 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.277 | 2.268 | 2.287 | 2.277 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (lícal) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.990 | 2.990 | 2.990 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/5) + (3/2)(1/8) + (4/2)(1/10)]$ | gr/cc | 2.955 | 2.955 | 2.955 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1-27/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 23.83 | 24.16 | 23.53 | 23.84 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(300-2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.294 | 3.294 | 3.294 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.352 | 3.352 | 3.352 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P-8) + (4/P-10)]$ | gr/cc | 3.341 | 3.341 | 3.341 | |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total $100 - (21-21) / (23*21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.44 | 0.44 | 0.44 | |
| 25 | % del vol del Agregado / volumen Bruto de la briqueta $(2+4) * 17/21$ | % | 64.61 | 64.34 | 64.87 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25+20)$ | % | 11.56 | 11.51 | 11.60 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 35.39 | 35.66 | 35.13 | 35.40 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 5.18 | 5.29 | 5.28 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 37.85 | 37.37 | 37.02 | 37.65 |
| 30 | Estabilidad sin corrección (tallo de calibración del asfalto) | kg | 2874 | 2864 | 2860 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.91 | 0.90 | 0.90 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*30 | | 3095 | 2904 | 3277 | 3075 |
| 33 | Lectura del Resómetro 0.05 / (45 / 0.254) | mm | 25 | 22 | 21 | 24 |
| 34 | Fluencia | mm | | | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m/m | | | 6.33 | 5181 |


Henry Roldan C. Ojeda
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 TECNICO LABORATORIO

Anexo 65. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
Pitapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| | | |
|-----------------------------------|--------|-------|
| Peso de Muestra | 1402.5 | 603.1 |
| Peso de C.A | 82.5 | 3.5% |
| Peso del Cemento | 15 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | 799.4 |

| Materiales | % Mezcla | % Desecho |
|--------------------|----------|-----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 61.16 | 42.63 |
| C. Filler | 1 | 21.63 |

Mezcla
Especificaciones IVB

| N. Que Passa al Tamiz | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---------|---------|--------|-------|
| 1 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 2 | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 3 | 42.63 | 42.63 | 42.63 | |
| 4 | 15.10 | 15.10 | 15.10 | |
| 5 | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 6 | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 7 | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 8 | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 9 | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 10 | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 11 | 6.85 | 6.61 | 6.43 | |
| 12 | 1264.11 | 1202.38 | 1145.4 | |
| 13 | 1266.05 | 1203.73 | 1177.3 | |
| 14 | 719.0 | 678 | 665.0 | |
| 15 | 547.05 | 525.73 | 512.3 | |
| 16 | 2.111 | 2.287 | 2.236 | 2.278 |
| 17 | 2.791 | 2.791 | 2.791 | |
| 18 | 2.775 | 2.775 | 2.775 | |
| 19 | 17.22 | 18.07 | 19.90 | 18.40 |
| 20 | 3.058 | 3.058 | 3.058 | |
| 21 | 3.113 | 3.111 | 3.111 | |
| 22 | 3.079 | 3.079 | 3.079 | |
| 23 | 0.23 | 0.23 | 0.23 | |
| 24 | 70.61 | 69.89 | 68.33 | |
| 25 | 12.17 | 12.04 | 11.78 | |
| 26 | 29.39 | 30.11 | 31.67 | 30.39 |
| 27 | 5.42 | 5.41 | 5.42 | |
| 28 | 40.00 | 37.09 | 39.53 | |
| 29 | 1.094 | 1.114 | 1.134 | |
| 30 | 0.89 | 0.96 | 1.00 | |
| 31 | 2754 | 3200 | 3334 | 3263 |
| 32 | 0.35 | 0.35 | 0.35 | |
| 33 | 4966 | 5334 | 5048 | 4927 |



Henry Rivadeneira Oblianos
Tec. Laboratorio USAT



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 66. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferretale
: Pácpo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1395 | 599.9 |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% |
| Peso del Cemento | 15 | 795.2 |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 61.16 | 46.41 |
| C Filler | 1 | 17.87 |

Mezcla
Especificaciones IVB

| N Que Passa el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 300 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|---------|---------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | 46.41 | 46.41 | 46.41 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | 11.33 | 11.33 | 11.33 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.585 | 2.585 | 2.585 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 0.00 | 0.00 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | 6.6 | 6.4 | 7.05 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | 1212.09 | 1163.08 | 1272.0 |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | 1214.92 | 1164.53 | 1277.8 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 75 °C | 683.0 | 656 | 725.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | 531.92 | 508.53 | 552.8 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.279 | 2.287 | 2.301 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | 2.672 | 2.672 | 2.672 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/3) + (1/3) * (2/8) + (4/3) * (2/9) + (1/3)]$ | 2.667 | 2.667 | 2.667 |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1-17/18)]$ (ASTM D 1203, MTC E 505) | 14.71 | 14.40 | 13.88 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-20) / [(2/3) + (4/9) + (1/3)]$ | 2.919 | 2.919 | 2.919 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-20) / [(2/3) + (4/9) + (1/3)]$ | 2.968 | 2.968 | 2.968 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/3) + (4/9) + (1/3)]$ | 2.925 | 2.925 | 2.925 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - [(23-21) / (23-21)]$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $[3 + 4] * 17/21$ | 72.95 | 73.22 | 73.67 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | 12.33 | 12.38 | 12.46 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | 17.05 | 15.78 | 26.33 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | 5.54 | 5.54 | 5.54 |
| 29 | Relación betún carnos $(26/27) * 100$ | 46.60 | 46.13 | 46.30 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (toda de construcción del asfalto) | 3182 | 3182 | 3182 |
| 31 | Factor de estabilidad | 0.98 | 1.00 | 0.99 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | 2809 | 2809 | 3080 |
| 33 | Carisma del flexómetro (903) / (100-254) | 28 | 28 | 28 |
| 34 | Fluencia | | | 7.11 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | 409 | 409 | 4409 |

Henry
Rivadeneira
Obispo
Tec. Laboratorio
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 67. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 1%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2961

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados charcados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
 TESISISTA : Sabby Darita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2718 | 2717 | 2555 | 2706 | 2702 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2293 | 2298 | 2151 | 2280 | 2248 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3501.0 | 3464.0 | 3359.0 | 3505.0 | 3461.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1208 | 1166 | 1208 | 1245 | 1213 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 425 | 419 | 404 | 446 | 454 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.842 | 2.783 | 2.990 | 2.791 | 2.672 |

Henry Oblihas
 Henry Oblihas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 USAT
 REGISTRO DE LABORATORIO

Anexo 68. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 1%.

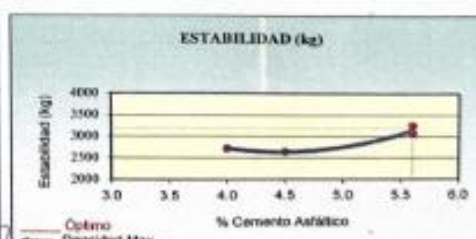
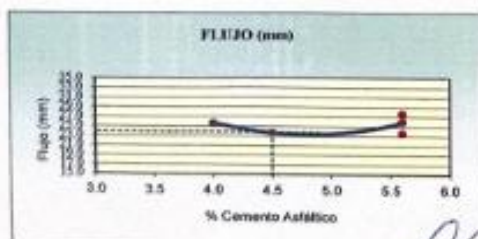
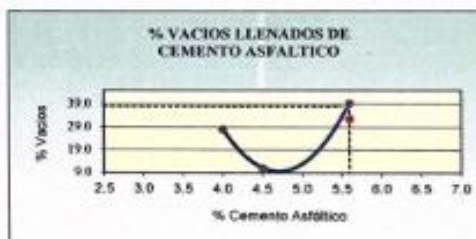
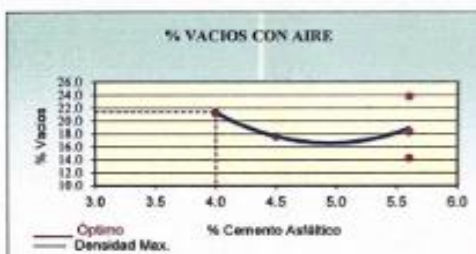


UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Obilias
 Tel. Laboratorio USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Optimo Contenido C.A | 4.3 |
| Peso Unitario (gr/cm ³) | 2.480 |
| Vacios (%) | 4.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 30.00 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 39.00 |
| Flujo (mm) | 6.05 |
| Estabilidad (Kg) | 3190 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.84 |

Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

TECNICO DE LABORATORIO

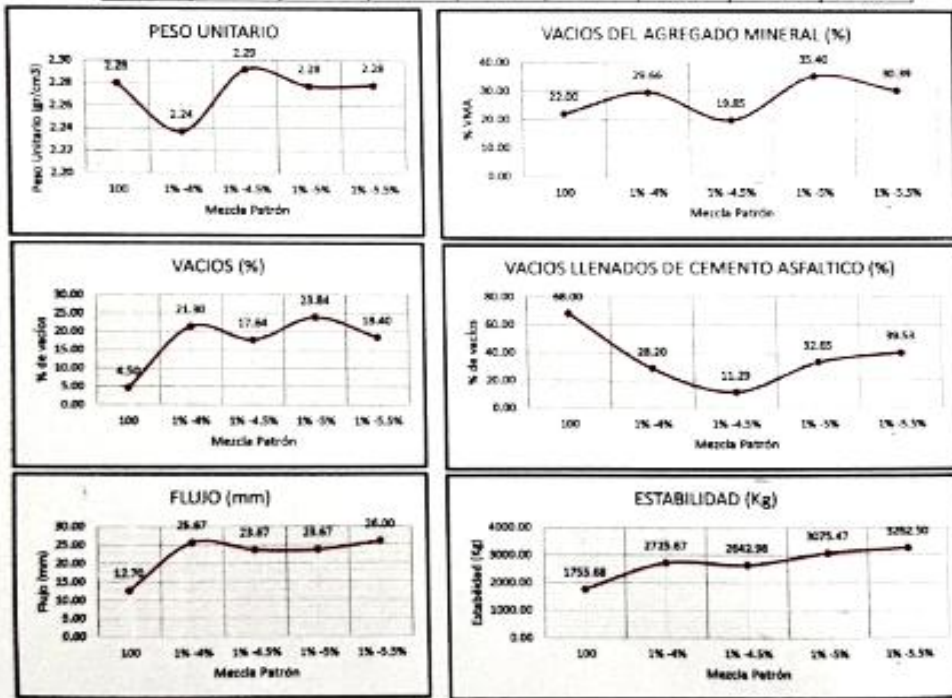
Anexo 69. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOOROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

DESCRIPCION: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las macetas esféricas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.
MATERIAL: Agregados chancados
CANTERA: Tres Tomas - Fariña de
 Pátape - La Victoria
YESITA: Sable Dorita Cruzado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|-------------------------|----------------------------|
| Relación Pav- filler | Peso Unitario (gr/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo -Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.27 |
| 1% -4% | 2.24 | 21.80 | 29.66 | 28.20 | 25.67 | 2725.67 | 1.23 | 4182.96 |
| 1% -4.5% | 2.29 | 17.64 | 19.85 | 11.29 | 24.67 | 2642.98 | 1.23 | 4862.80 |
| 1% -5% | 2.28 | 23.84 | 35.40 | 52.85 | 23.67 | 3075.47 | 1.23 | 5180.86 |
| 1% -5.5% | 2.28 | 18.40 | 30.39 | 39.53 | 26.00 | 3262.50 | 1.23 | 4926.62 |
| 1% -6% | 2.29 | 14.34 | 26.72 | 46.98 | 27.67 | 3080.47 | 1.23 | 4408.76 |



Henry Rivas Obillos
 Henry Rivas Obillos
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOOROVEJO
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 70. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS
MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TEST: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y elasticidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".
MATERIAL: Agregados chancados
CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe
VEGETA: Píllapo - La Victoria
VEGETA: Sabby Derita Cruzado Lopez

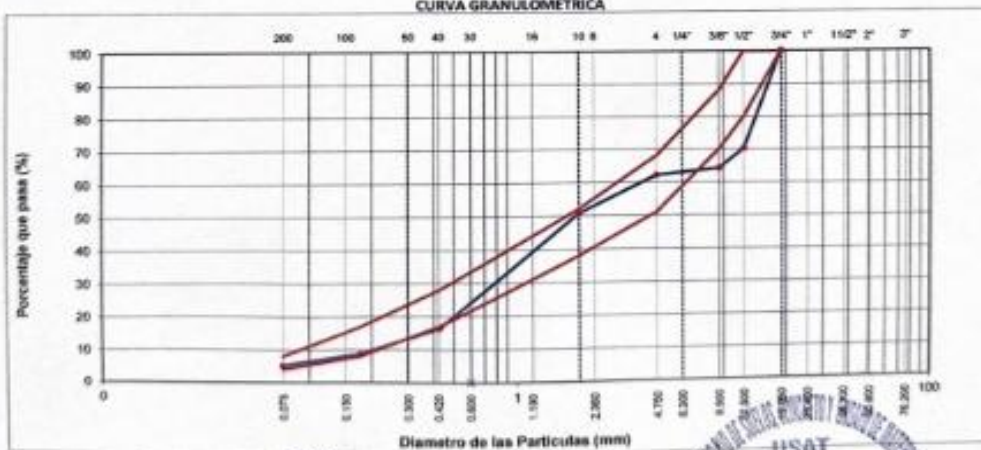
DATOS DE DISEÑO

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 48% |
| Grava Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| Cemento | 6% |

TAMAÑO MÁXIMO: 3/4"
Peso Inicial seco: 6300 g

| TAMIZ | ASHTO T 27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|----------|-----------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 0 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1674 | 29.7 | 29.7 | 70.5 | 80 | 100 |
| 3/8" | 9.500 | 376 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 | 88 |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 | 88 |
| Nº 10 | 2.000 | 298.0 | 4.8 | 42.6 | 57.4 | 38 | 52 |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 12.9 | 55.5 | 44.5 | 17 | 28 |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 2.8 | 58.3 | 41.7 | 8 | 17 |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 1.3 | 59.6 | 40.4 | 4 | 8 |
| < Nº 200 | FONDO | 120.0 | 1.9 | 61.5 | 38.5 | | |

CURVA GRANULOMÉTRICA



Henry Rivasdeneyra Obllitas
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 71. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T-245

TESIS : Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelale
Pitápo - La Victoria
TESISTA : Sabby Derita Cruzado Lopez

| | |
|----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| CEMENTO ASFALTICO EN 40/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1410 | | 606.3 |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% | 803.7 |
| Peso del Cemento | 50 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | N. Muestra | N. Diseño |
|----------------|------------|-----------|
| Grava Tamurada | 37.84 | 36.33 |
| Arena | 60.16 | 43.35 |
| Filler | 2 | 20.12 |

| N. Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| 300 | 70.3 | 64.8 | 62.2 | 58.7 | 26.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 300 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|---|---|-------|
| 1 | Número de Briquea | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | | | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | | | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | | | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% para mezcla #200) | | | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | | | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 11 | Peso específico aparente del filler | | | |
| 12 | Altura promedio de la briquea | | | |
| 13 | Peso de la briquea en el aire | | | |
| 14 | Peso de la briquea saturada superficialmente seca | | | |
| 15 | Peso de la briquea en el agua 25 °C | | | |
| 16 | Volumen de la briquea 14-15 | | | |
| 17 | Peso unitario de la briquea 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | | | |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | | | |
| 19 | Máximo densidad teórica de los agregados 100/(2/30)+(2*2)/(2*8)+(4*2)/(3*10) | | | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3263, MTC E 505) | | | |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21/(3/7)+(4/9)+(5/11) | | | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total 100-21/(3/8)+(4/10)+(5/11) | | | |
| 23 | Peso específico efectiva del agregado total (3+4)/(3/8-8)+(4*P-10) | | | |
| 24 | Asfalta absorbido por el agregado total 100-4(23-21)/(23*2) (ASTM D 4469, MTC E 511) | | | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briquea (3+4)*17/21 | | | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquea 100-(25*20) | | | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | | | |
| 28 | Asfalta efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | | | |
| 29 | Relación betún vacíos (15/27)*100 | | | |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | | | |
| 31 | Factor de estabilidad | | | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | | | |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254) | | | |
| 34 | Fluencia | | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | | |

Henry Andamerya Obiñas
Téc. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 72. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
PÍLATO - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1402.5 | | 603.1 |
| Peso de C.A | 67.5 | 4.5% | 799.4 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Ditaño |
|--------------------|----------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B. Arena | 60.16 | 46.95 |
| C. Filler | 2 | 16.92 |

| % Que Pasa el Tamis | | | | | | | |
|---------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº60 | Nº200 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 |
| | | | | | | 4 - 8 | |

| |
|----------------------|
| Mezcla |
| Especificaciones IVB |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|---------|---------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.5 | 4.5 | 4.5 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | 36.14 | 36.14 | 36.14 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | 46.95 | 46.95 | 46.95 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso malla #200) | 10.51 | 10.51 | 10.51 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 7 | Peso específico bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 8 | Peso específico aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 10 | Peso específico aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | 6.63 | 6.82 | 6.97 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | 1212.04 | 1226.53 | 1228.6 |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | 1240.78 | 1229.3 | 1263.2 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | 688.0 | 688 | 708.0 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-25 | 552.78 | 541.3 | 455.2 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 11/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.193 | 2.266 | 2.479 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (W _{max}) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508) | 2.759 | 2.759 | 2.759 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/[2.65+(1*2/(2*8))+(4*2/(9*10))] | 2.718 | 2.718 | 2.718 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3209, MTC E 505) | 20.53 | 17.88 | 16.19 |
| 21 | Peso específico bulk del Agregado Total (100-2)/[(1/7)+(4/9)+(5/11)] | 2.890 | 2.890 | 2.890 |
| 22 | Peso específico aparente del agregado total (100-21)/[(1/9)+(4/10)+(5/11)] | 2.968 | 2.968 | 2.968 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(1/9)*8]+[(4*9*10)] | 2.939 | 2.939 | 2.939 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/[(21*21)] (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.60 | 0.60 | 0.60 |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | 71.02 | 73.39 | 80.29 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | 8.45 | 8.73 | 9.55 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | 28.98 | 26.61 | 19.71 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | 4.01 | 4.01 | 4.01 |
| 29 | Relación betón vacíos (26/27)*100 | 103.9 | 118.2 | 168.2 |
| 30 | Estabilidad sin corrección (tabla de calibración del anillo) | 2584 | 2992 | 4029 |
| 31 | Factor de estabilidad | 0.89 | 0.93 | 1.0 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | 2199 | 2783 | 4028 |
| 33 | Lectura del dinamómetro (100/31) (100/0.254) | 32 | 23 | 24 |
| 34 | Fuerza | 5.94 | 5.94 | 5.94 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fuerza | 369.5 | 469.5 | 506.0 |

Henry Rivas Obilias
Ing. Civil
USAT

USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 73. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrefafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1395 | 599.85 | |
| Peso de C.A | 75 | 5.0% | 795.15 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 60.16 | 45.46 |
| C Filler | 2 | 18.82 |

| N Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/8" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| |
|----------------------|
| Mezcla |
| Especificaciones IVB |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---------------------------|---------|---------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | | | |
| 3 | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 4 | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 5 | % | 45.46 | 45.46 | 45.46 |
| 6 | % | 11.33 | 11.33 | 11.33 |
| 7 | gr/cc. | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 8 | gr/cc. | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 9 | gr/cc. | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 10 | gr/cc. | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 11 | gr/cc. | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 12 | cm. | 6.78 | 6.22 | 6.9 |
| 13 | gr. | 1257.8 | 1116.91 | 1253.7 |
| 14 | gr. | 1260.34 | 1119.96 | 1256.8 |
| 15 | gr. | 620.0 | 680 | 660.0 |
| 16 | c.c. | 640.34 | 439.96 | 596.8 |
| 17 | gr/cc. | 1.964 | 2.539 | 2.101 |
| 18 | gr/cc. | 2.749 | 2.749 | 2.749 |
| 19 | gr/cc. | 2.694 | 2.694 | 2.694 |
| 20 | % | 28.56 | 7.67 | 23.50 |
| 21 | gr/cc. | 2.923 | 2.923 | 2.923 |
| 22 | gr/cc. | 3.003 | 3.003 | 3.003 |
| 23 | gr/cc. | 2.994 | 2.994 | 2.994 |
| 24 | % | 0.83 | 0.83 | 0.83 |
| 25 | % | 62.17 | 80.35 | 66.40 |
| 26 | % | 9.27 | 11.98 | 9.92 |
| 27 | % | 37.83 | 19.65 | 33.51 |
| 28 | % | 4.92 | 4.92 | 4.92 |
| 29 | % | 24.52 | 45.89 | 29.59 |
| 30 | gr. | 2833 | 1109 | 9903 |
| 31 | gr. | 0.15 | 0.81 | 0.57 |
| 32 | gr. | 23.0 | 25.18 | 25.5 |
| 33 | gr. | 24 | 24 | 24 |
| 34 | m.m. | 6.10 | 6.10 | 6.10 |
| 35 | m.m. | 41.23 | 41.23 | 41.23 |

Henry
Rivadeneira
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 74. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 3559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrolife
 : Filátopo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1387.5 | | 596.6 |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.9% | 790.9 |
| Peso del Cemento | 30 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Material | N Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 60.16 | 40.74 |
| C Filler | 2 | 23.54 |

| N Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#100 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80-100 | 70-80 | 51-66 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

Mezcla Especificaciones INR

| N | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|---------|---------|--------|--------|
| 1 | Número de briquetas | # | 3 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arena combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 40.74 | 40.74 | 40.74 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 16.05 | 16.05 | 16.05 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena(<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.47 | 6.53 | 6.31 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1167.1 | 1190.59 | 1125.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1170.85 | 1143.8 | 1128.1 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 650.0 | 680 | 660.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 520.85 | 463.8 | 468.1 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.241 | 2.438 | 2.404 | 2.361 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.861 | 2.861 | 2.861 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de las agregados 100/((2/3)+(1/3)*2/((7+8)+(4*2/((9+10)))) | gr/cc | 2.833 | 2.833 | 2.833 | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*((1-17)/18) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 21.67 | 14.78 | 15.98 | 17.47 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-2)/((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc | 3.102 | 3.102 | 3.102 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc | 3.187 | 3.187 | 3.187 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/8)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc | 3.138 | 3.138 | 3.138 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-G/(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.38 | 0.38 | 0.38 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % | 66.84 | 72.71 | 71.69 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 11.50 | 12.51 | 12.33 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 33.16 | 27.29 | 28.11 | 29.59 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | % | 5.33 | 5.33 | 5.31 | |
| 29 | Relación betón vacíos (25/27)*100 | % | 44.52 | 45.88 | 43.56 | 43.35 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 2003 | 2863 | 2700 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.09 | 1.19 | 1.08 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 2003 | 3407 | 2748 | 2719 |
| 33 | Lectura del flexímetro (1/01) (35 / 0.254) | mm | 20 | 29 | 28 | |
| 34 | Fluencia | m.m | 2003 | 2748 | 2719 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m | 100.15 | 141.1 | 137.0 | 137.45 |

Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

RECIBO DE LABORATORIO

Anexo 75. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sebby Dorila Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 49% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 2% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1380 | 593.40 | |
| Peso de C.A. | 90 | 6.0% | 786.60 |
| Peso del Cemento | 90 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | N Mezcla | N Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 57.84 | 35.72 |
| B Arena | 60.16 | 39.61 |
| C Filler | 2 | 24.67 |

| N Que Pasa al Tambo | | | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|--|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 | |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | | |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | | |

| Mezcla |
|----------------------|
| Especificaciones IVB |

| | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|---|-------|---------|---------|--------|-------|
| 1 Número de briqueta | | | | | |
| 2 C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 39.61 | 39.61 | 39.61 | |
| 5 % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 17.18 | 17.18 | 17.18 | |
| 6 Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 | |
| 12 Altura promedio de la briqueta | cm | 6.91 | 7.16 | 6.66 | |
| 13 Peso de la briqueta en el aire | gr | 1246.5 | 1279.61 | 1213.2 | |
| 14 Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1249.05 | 1283.94 | 1216.8 | |
| 15 Peso de la briqueta en el agua | gr | 703.0 | 713 | 683.0 | |
| 16 Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 546.05 | 570.94 | 533.8 | |
| 17 Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.283 | 2.241 | 2.271 | 2.266 |
| 18 Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.910 | 2.910 | 2.910 | |
| 19 Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/5) + (3 * 2 / (7 + 8)) + (4 * 2 / (9 + 10))]$ | gr/cc | 2.868 | 2.868 | 2.868 | |
| 20 % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 21.54 | 22.97 | 21.88 | 22.13 |
| 21 Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(3/7) + (4/8) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.148 | 3.148 | 3.148 | |
| 22 Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.235 | 3.235 | 3.235 | |
| 23 Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / [(3/P - 8) + (4 * P - 10)]$ | gr/cc | 3.202 | 3.202 | 3.202 | |
| 24 Asfalto absorbido por el agregado total $100.6 / (2.9 - 2.1) / (2.3 * 2.1)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.55 | 0.55 | 0.55 | |
| 25 % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 17/21$ | % | 67.09 | 65.87 | 66.80 | |
| 26 % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | % | 11.37 | 11.16 | 11.32 | |
| 27 % vacíos del agregado mineral $100 - 75$ | % | 32.91 | 34.13 | 33.70 | 33.41 |
| 28 Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$ | % | 5.19 | 5.19 | 5.19 | |
| 29 Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 16.54 | 16.00 | 16.10 | 16.78 |
| 30 Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 3043 | 3342 | 3179 | |
| 31 Factor de estabilidad | | 0.93 | 0.86 | 0.90 | |
| 32 Estabilidad corregida 31*32 | kg | 2827 | 2874 | 2901 | 2896 |
| 33 Lectura del flexómetro (0.01") (25 20, 25) | mil | 40 | 40 | 25 | 26 |
| 34 Fluencia | mm/mm | 1.65 | 1.65 | 6.35 | |
| 35 Relación Estabilidad / Fluencia | mm/mm | 1650 | 1650 | 4702 | 4852 |

Henry Rivasdenegra Obitos
Tec. Laboratorios USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 76. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 2%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
ENSAYO RICE AASHTO T-209 ASTM D-2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregado chancado
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelate
 : Patapo - La Victoria
TESISTA : Sebby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2605 | 2703 | 2716 | 2663 | 2658 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2191 | 2342 | 2285 | 2240 | 2227 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3388.0 | 3514.0 | 3470.0 | 3450.0 | 3481.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1197 | 1272 | 1385 | 1230 | 1254 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 434 | 461 | 431 | 423 | 431 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.891 | 2.759 | 2.749 | 2.861 | 2.910 |

Henry
Revadenegra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 77. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 2%.



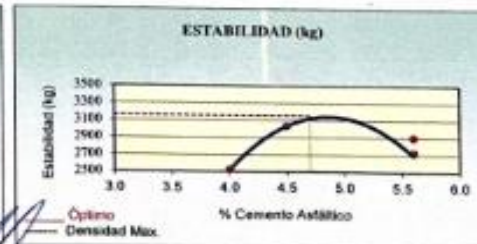
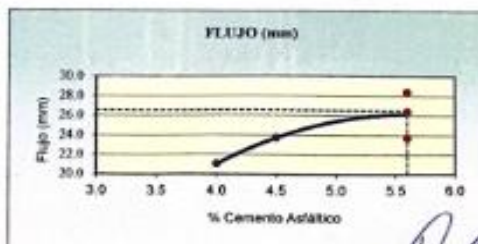
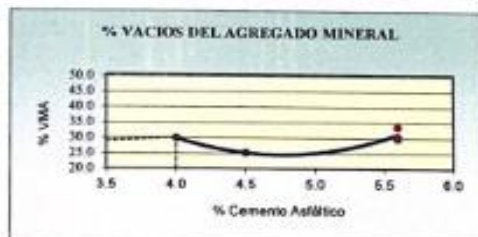
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TECNISTA : Saby Dorita Cruzado Lopez



USAT
 Henry
 Avadenegra
 Obilias
 Tec. Laboratorio
 USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Óptimo Contenido C.A | 4.4 |
| Peso Unitario (gr/cm ²) | 2.320 |
| Vacios (%) | 23.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 30.00 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 40.00 |
| Flujo (mm) | 6.60 |
| Estabilidad (Kg) | 3100 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.86 |

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 78. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio.



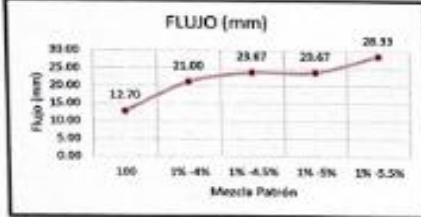
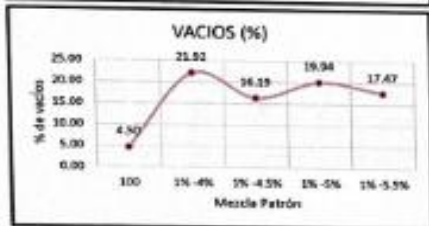
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE VIDRIO PULVERIZADO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio pulverizado como filler".
MATERIAL: Agregados chancados
CANTERA: Tres Tomas - Ferreñafe
 Filitapo - La Victoria
TESISTA: Sabby Dorca Cruzada Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| Relación Pasa Fierro | Peso Unitario (g/cm ³) | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.28 | 1809.22 |
| 1% -4% | 2.26 | 21.92 | 29.85 | 26.58 | 21.00 | 2515.00 | 1.23 | 4817.31 |
| 1% -4.5% | 2.31 | 16.22 | 25.10 | 36.82 | 28.67 | 3028.12 | 1.23 | 5060.37 |
| 1% -5% | 0.00 | 19.94 | 30.33 | 28.37 | 23.67 | 2447.55 | 1.28 | 4114.78 |
| 1% -5.5% | 2.26 | 17.47 | 29.59 | 41.35 | 28.33 | 2719.23 | 1.23 | 5764.79 |
| 1% -6% | 2.27 | 22.13 | 33.41 | 35.78 | 25.33 | 2893.64 | 1.23 | 4351.96 |



Henry Rivasdeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

RECTOR DE LABORATORIO

Anexo 79. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Torres - Ferrel/ale

TERRESTA : Sabby Doña Cruzado Lopez

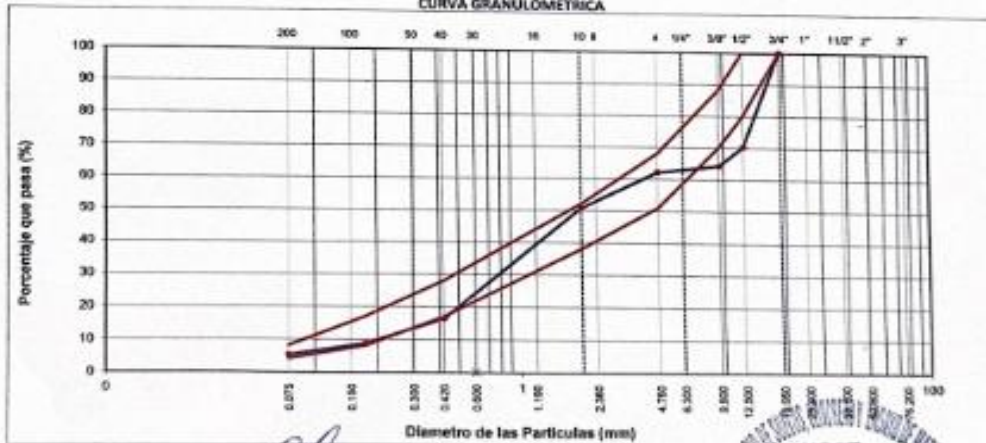
DATOS DE DISEÑO

| | |
|---------------------|-----|
| Graza Chancada 3/4" | 43% |
| Areña Chancada 3/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| Cemento | 0% |

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso inicial seco : 6300 g

| TAMIZ | RAMBO T-47 [mm] | PESO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|-----------------|-------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | 100.0 | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1502 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1674 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 100 | |
| 5/8" | 9.500 | 375 | 6.0 | 55.7 | 64.3 | 70 85 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 60 | |
| Nº 10 | 2.000 | 209.0 | 13.5 | 49.3 | 50.7 | 38 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 600.0 | 34.3 | 83.6 | 16.4 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 170.0 | 7.6 | 91.3 | 8.7 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 9 | |
| < Nº 200 | POWDER | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA



Henry Roldanegra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

 VICARIO DE LABORATORIO

Anexo 80. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSEIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferretafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/8" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 8% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1395 | 599.85 | |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% | 795.15 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | N. Medida | N. Diseño |
|-----------------|-----------|-----------|
| Grava Triturada | 37.84 | 35.33 |
| Arena | 59.16 | 44.31 |
| Filler | 3 | 19.36 |

| N. Qui Pasó el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº20 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| 100 | 79.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 200 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

| N | Descripción | U | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|------|--------|---------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | # | 3 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.0 | 4.0 | 4.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.33 | 36.33 | 36.33 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 44.31 | 44.31 | 44.31 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso seco #200) | % | 12.48 | 12.48 | 12.48 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | g/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | g/cc | 2.506 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | g/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | g/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | g/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | g/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.74 | 6.38 | 6.5 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr. | 1219.4 | 1166.59 | 1126.3 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr. | 1222.4 | 1168.73 | 1198.5 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr. | 691.0 | 662 | 674 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-25 | cc | 531.4 | 506.73 | 524.5 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 534) | g/cc | 2.295 | 2.302 | 2.279 | 2.292 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Nica) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | g/cc | 2.872 | 2.872 | 2.872 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / ((2/3) + (2/3) * (1/2) + (1/3) * (1/3) + (1/3) * (1/3))$ | g/cc | 2.828 | 2.828 | 2.828 | |
| 20 | % de vacías con aire $100 * (1 - 17/28)$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 20.11 | 19.85 | 20.66 | 20.21 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / ((3/7) + (4/9) + (5/11))$ | g/cc | 2.961 | 2.961 | 2.961 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / ((3/9) + (4/10) + (5/11))$ | g/cc | 3.074 | 3.074 | 3.074 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / ((3/9) + (4/10) + (5/11))$ | g/cc | 3.013 | 3.013 | 3.013 | |
| 24 | Agulto absorbido por el agregado total $100 * (23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 521) | % | 0.59 | 0.59 | 0.59 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % | 72.16 | 72.19 | 71.66 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 * (25+20)$ | % | 7.73 | 7.76 | 7.88 | |
| 27 | % vacías del agregado menor 100-25 | % | 27.84 | 27.61 | 28.34 | 27.93 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 3.52 | 3.52 | 3.52 | |
| 29 | Relación betón vacías $(26/27) * 100$ | % | 27.73 | 28.00 | 27.10 | 27.66 |
| 30 | Estabilidad sin correjir (Tabla de calibración del anillo) | kg | 3274 | 3267 | 3267 | |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 3274 | 3267 | 3267 | 3267 |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 32$ | kg | 3274 | 3267 | 3267 | 3267 |
| 33 | Lectura del flexómetro $(200^2) / (35 / 0.254)$ | psi | 24 | 26 | 25 | |
| 34 | Fluencia | m.m. | 6.40 | 6.40 | 6.40 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 5.17 | 5.17 | 5.17 | 4976 |

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 81. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL,
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrolife
: Pítapo - la Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1387.5 | 596.6 | |
| Peso de C.A | 67.5 | 4.5% | 790.9 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | N. Doble |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.34 |
| B Arena | 59.16 | 45.04 |
| C Filler | 3 | 18.83 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones - BVB

| # | Descripción | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|---------|--------|--------|
| 1 | Número de briqueta | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | 4.5 | 4.5 | 4.5 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor 64) | 36.14 | 36.14 | 36.14 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor 64) | 45.04 | 45.04 | 45.04 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para roño #200) | 11.46 | 11.46 | 11.46 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | 6.74 | 6.38 | 6.5 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | 1219.4 | 1166.59 | 1195.3 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | 1222.4 | 1168.7 | 1198.1 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | 691.0 | 662 | 674.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | 531.4 | 506.7 | 524.1 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 12/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | 2.295 | 2.302 | 2.281 | 2.293 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | 2.803 | 2.803 | 2.803 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/3) + (1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3)]$ | 2.774 | 2.774 | 2.774 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(1 - 17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | 18.14 | 17.87 | 18.63 | 18.21 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / [(1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3)]$ | 2.927 | 2.927 | 2.927 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3)]$ | 3.038 | 3.038 | 3.038 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3) + (1/3) * (2/3)]$ | 2.962 | 2.962 | 2.962 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | 0.41 | 0.41 | 0.41 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 12/21$ | 72.63 | 72.87 | 72.19 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 / (25+20)$ | 9.23 | 9.26 | 9.18 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | 27.37 | 27.13 | 27.81 | 27.44 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | 8.16 | 8.16 | 8.16 | |
| 29 | Relación betón varios $(26/23) * 100$ | 113.71 | 114.44 | 113.00 | 113.62 |
| 30 | Estabilidad sin corrección (tránsito de corrección del orillo) | 2631 | 2635 | 2633 | |
| 31 | Factor de estabilidad | 0.98 | 1.04 | 1.01 | |
| 32 | Estabilidad corregida $41 * 32$ | 2735 | 2735 | 2735 | 2890 |
| 33 | 26 | 26 | 26 | | |
| 34 | Fluencia | 6.60 | 6.60 | 6.60 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Mezcla | 4485 | 4485 | 4485 | 4431 |

Henry Rivadeneyra Obilias
Ing. Laboratorio USAT

USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 82. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Torres - Ferretate
 Píltapo - La Victoria
 TESISTA : Sebby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancado 3/4" | 43% |
| Arena Chancado 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 10/70 | |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1380 | 593.4 |
| Peso de C.A | 75 | 786.6 |
| Peso del Cemento | 45 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

| Materia | N. Muestra | % Diseño |
|--------------------|------------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 59.16 | 42.49 |
| C. Filler | 3 | 21.79 |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 3/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| | |
|------------------|-----|
| Muestra | IVB |
| Especificaciones | IVB |

| # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|---|---|-------|
| 1 | Número de Briquete | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | | | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | | | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | | | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso malla #200) | | | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | | | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | | | |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | | | |
| 11 | Peso específico aparente del filler | | | |
| 12 | Altura promedio de la Briquete | | | |
| 13 | Peso de la briquete en el aire | | | |
| 14 | Peso de la briquete saturado superficialmente seco | | | |
| 15 | Peso de la briquete en el agua | | | |
| 16 | Volumen de la briquete 14-15 25 °C | | | |
| 17 | Peso unitario de la Briquete 13/25 (ASTM D 2726, MTC E 534) | | | |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | | | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 \frac{(3+4)}{100} + (3+4) + (4+10) + (5+11)$ | | | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \frac{(1-17/18)}{100}$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | | | |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 \frac{(1)(3+4)}{100} + (4+9) + (5+11)$ | | | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $100 - 2 \frac{(1)(3+4)}{100} + (4+9) + (5+11)$ | | | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) \frac{(3+4)}{100} + (4+9) + (5+11)$ | | | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6 \frac{(23-21)}{100} + (4+9) + (5+11)$ (ASTM D 4469, MTC E 533) | | | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Briquete $(3+4) \frac{13}{25}$ | | | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briquete $100 - (25+20)$ | | | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | | | |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/300) \frac{(3+4)}{100}$ | | | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) \frac{(3+4)}{100}$ | | | |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del analí) | | | |
| 31 | Factor de estabilidad | | | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 \cdot 32$ | | | |
| 33 | Lectura del Dinómetro (0.05") (35 / 0.254) | | | |
| 34 | Frecuencia | | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Muestra | | | |

Henry Rivas Encaya Obiñas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica del Ecuador
 Laboratorio de Geotecnia, Caminos y Ensayos

Anexo 83. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 49% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 50/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1372.5 | 596.2 | |
| Peso de C.A. | 82.5 | 5.5% | 782.3 |
| Peso del Cemento | 45 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 17.84 | 35.72 |
| B Arena | 59.16 | 41.40 |
| C Filler | 3 | 22.88 |

Mezcla
 Especificaciones IVB

| N.º Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.8 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| N.º | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|-----|---|----------|---------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | # | 3 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 41.40 | 41.40 | 41.40 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 14.44 | 14.44 | 14.44 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.96 | 6.79 | 6.63 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1282.23 | 1245 | 1235.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1284 | 1248 | 1237.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 728.0 | 708 | 701.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | cc | 556 | 540 | 536.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.306 | 2.306 | 2.304 | 2.305 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Dens) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.855 | 2.855 | 2.855 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 \left[\frac{1}{2.5} + \frac{1}{3.2} + \frac{1}{4.2} + \frac{1}{5.0} \right]$ | gr/cc | 2.812 | 2.812 | 2.812 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \left[\frac{1}{2.306} - \frac{1}{2.812} \right]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 19.22 | 19.24 | 19.25 | 19.25 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $\frac{100 - 21}{(1/3.2) + (4/5) + (5/11)}$ | gr/cc | 3.044 | 3.044 | 3.044 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $\frac{100 - 21}{(1/3.2) + (4/5) + (5/11)}$ | gr/cc | 3.160 | 3.160 | 3.160 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $\frac{100 - 6(23 - 21)}{(23 - 21) + (4/5) + (5/11)}$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | gr/cc | 3.098 | 3.098 | 3.098 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 - 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.59 | 0.59 | 0.59 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) / (17/22)$ | % | 69.38 | 69.36 | 69.31 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 (25+20)$ | % | 11.41 | 11.40 | 11.40 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral $100 - 25$ | % | 30.62 | 30.64 | 30.69 | 30.65 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3+4)$ | % | 5.14 | 5.14 | 5.14 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(25/27) * 100$ | % | 37.74 | 37.73 | 37.74 | 37.70 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (Tabla de calibración del ensayo) | kg | 3348 | 4076 | 3783 | |
| 31 | Factor de estabilidad | gr | 622.94 | 693 | 693 | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 3$ | kg | 1868.82 | 3791 | 3791 | 3275 |
| 33 | Lectura del flexómetro $(A * 0.1) / (S / 0.254)$ | mil | 26 | 26 | 24 | |
| 34 | Fluencia | relacion | 10.10 | 6.80 | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | relacion | 10.10 | 46.73 | 5876 | |

Henry Rivasdegrua Obiñas
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica del Salvador

LABORATORIO

Anexo 84. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferretafe
 Pátago - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorla Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | |
|-----------------------------------|------|--------|
| Peso de Muestra | 1365 | 586.95 |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% |
| Peso del Cemento | 45 | 778.05 |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-----------------|----------|----------|
| Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| Arena | 59.16 | 45.46 |
| Filler | 3 | 18.82 |

| |
|----------------------|
| Mezcla |
| Especificaciones IVB |

| % Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº100 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80-100 | 70-88 | 51-68 | 38-52 | 17-28 | 8-17 | 4-8 | |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|--------|---------|---------|--------|-------|
| 1 | Número de Biqueto | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 45.46 | 45.46 | 45.46 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso seco #200) | % | 10.38 | 10.38 | 10.38 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASTHO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASTHO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 | |
| 12 | Altura promedio de la biqueto | cm | 6.59 | 6.69 | 6.76 | |
| 13 | Peso de la biqueto en el aire | gr | 1161.41 | 1197.81 | 1190.0 | |
| 14 | Peso de la biqueto saturada superficialmente seco | gr | 1161.9 | 1199 | 1192.0 | |
| 15 | Peso de la biqueto en el agua | gr | 630.0 | 680 | 650.0 | |
| 16 | Volumen de la biqueto 24-25 | cc | 533.9 | 519 | 542.0 | |
| 17 | Peso unitario de la biqueto 24/25 (ASTM D 2725, MTC E 514) | gr/cc | 2.175 | 2.308 | 2.196 | 2.226 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rico) (ASTM D 2041, AASTHO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.726 | 2.726 | 2.726 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 \times [(2.65) + (3 \times 2.7) + 8] + (4 \times 2.9) + 10]$ | gr/cc | 2.694 | 2.694 | 2.694 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \times [(1 - 17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 20.20 | 15.33 | 19.45 | 18.33 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 21) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc | 2.893 | 2.893 | 2.893 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.003 | 3.003 | 3.003 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / [(3/P - 8) + (4 \times P - 10)]$ | gr/cc | 2.934 | 2.934 | 2.934 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 \times 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.49 | 0.49 | 0.49 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la biqueto $(3 + 4) \times 17/21$ | % | 68.85 | 73.05 | 69.49 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de biqueto $100 - (25 \times 20)$ | % | 30.95 | 11.62 | 11.06 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 31.15 | 26.95 | 30.51 | 29.54 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) \times (3 + 4)$ | % | 5.20 | 5.20 | 5.20 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) \times 100$ | % | 10.38 | 10.38 | 10.38 | 10.38 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1095 | 1408 | 1270 | 38.17 |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 2963 | 2408 | 2582 | 2984 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254) | mm | 24 | 24 | 23 | 25 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 6.19 | 5.94 | 5.94 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 495.0 | 419.0 | 469.0 | |

Henry Rivas Obispo
 Tec. Laboratorio USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 T. (051) 051 4 4711111

Anexo 85. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 3%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2626 | 2457 | 2740 | 2517 | 2590 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2211 | 2015 | 2330 | 2028 | 2207 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3403.0 | 3254.0 | 3485.0 | 3424.0 | 3251.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1192 | 1239 | 1155 | 1396 | 1044 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 415 | 442 | 410 | 489 | 383 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.872 | 2.803 | 2.817 | 2.855 | 2.726 |

Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 86. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 3%.

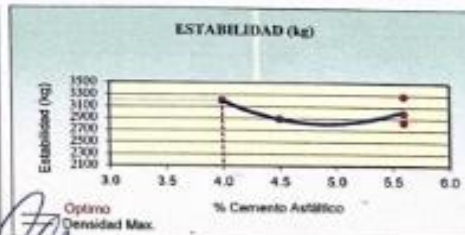
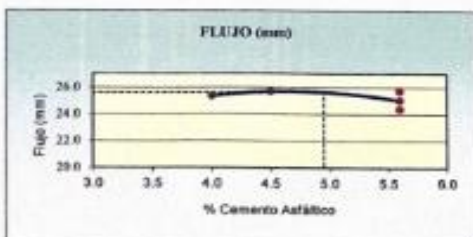
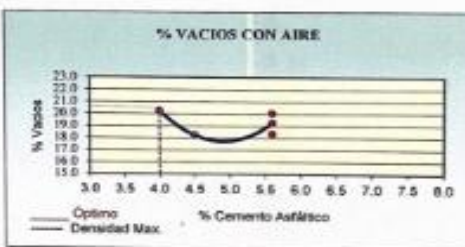
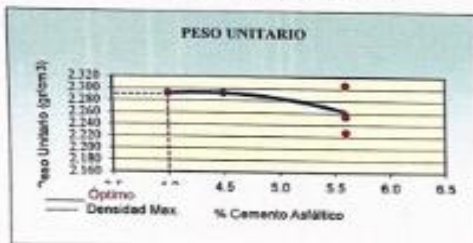


UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez



He
 Recibido
 Obtuvo
 Tec. Laboratorio
 USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Óptimo Contenido C.A | 4.5 |
| Peso Unitario (gr/cm ²) | 2.290 |
| Vacios (%) | 20.50 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 31.00 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 38.00 |
| Flujo (mm) | 6.50 |
| Estabilidad (Kg) | 3200 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.88 |

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

Anexo 87. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio.



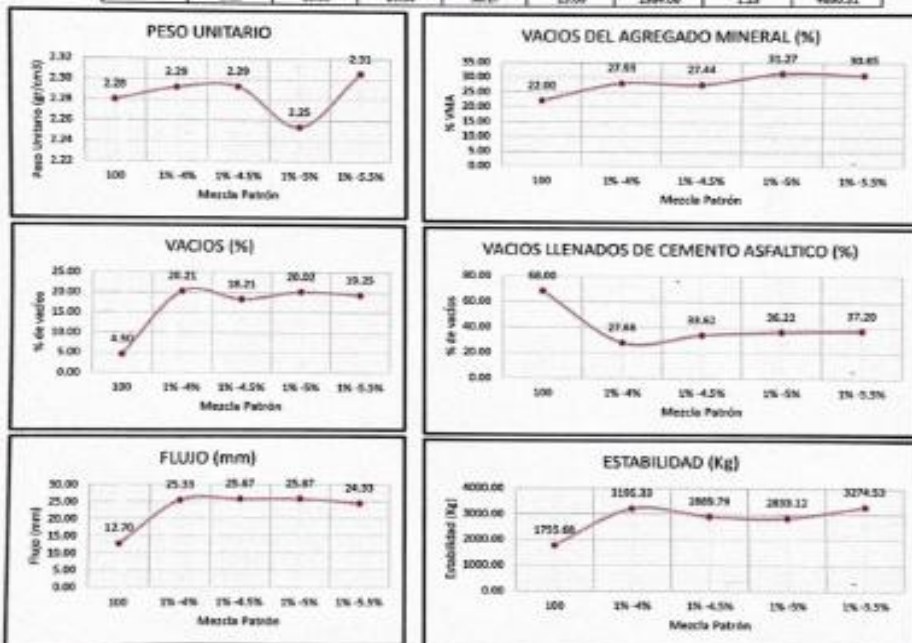
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE VIDRIO FULVERIZADO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL: Agregados charrinos
 CANTERA: Tiza Tomas - Ferrelale
 FÁBRICA: La Victoria
 TESISTA: Sebby Dorca Cruzada Lopez

| Relación Pav- Filler | Peso Unitario (g/cm ³) | RESULTADOS | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios Llenados de C.A. (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Polvo Asfalto | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 66.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1% -4% | 2.29 | 20.21 | 27.05 | 27.66 | 25.33 | 3195.33 | 1.23 | 4976.19 |
| 1% -4.5% | 2.29 | 18.21 | 27.44 | 48.67 | 25.67 | 2889.70 | 1.23 | 4430.64 |
| 1% -5% | 2.25 | 20.02 | 31.27 | 36.22 | 25.67 | 2819.12 | 1.23 | 4416.17 |
| 1% -5.5% | 2.31 | 19.26 | 30.05 | 27.20 | 24.33 | 3274.53 | 1.23 | 5375.84 |
| 1% -6% | 2.24 | 18.33 | 29.54 | 48.17 | 25.00 | 2984.06 | 1.23 | 4680.21 |



Henry
 Rivas
 Obispo
 Tec. Laboratorio
 USAT

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 88. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"

MATERIAL : Agregados chocados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO

| | |
|--------------------|-----|
| Grava Chocada 3/4" | 43% |
| Arena Chocada 3/8" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| Cemento | 0% |

CEMENTO ASFALTICO FEN 50/70

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso Inicial seco : 6300 g

| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 1532 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 5874 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 370 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 88 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 68 | |
| Nº 10 | 2.000 | 268.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 38 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 34.3 | 83.6 | 16.4 | 17 28 | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 7.6 | 91.3 | 8.7 | 8 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 8 | |
| = Nº 200 | FONDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |

CURVA GRANULOMETRICA




Henry Rivasdeyra Obllias
 Tec. Laboratorio USAT




USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 89. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler"

TEMA : Agregados chancados

MATERIAL : Tres Tomas - Ferrelafe

CANTERA : Píllapo - La Victoria

TESISTA : Solby Derita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 3/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 4% |

| | | |
|-----------------------------------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1180 | |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% |
| Peso del Cemento | 60 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

595.4

786.6


CEMENTO ASFALTICO PEN 80/70

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.33 |
| B Arena | 58.16 | 53.91 |
| C Filler | 4 | 9.76 |


% Que Pasa al Tamiz

| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº20 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 300 | 79.5 | 64.5 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 300 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 16 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |


| I | Número de briketa | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|--|-------|---------|---------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | N | 4.0 | 4.0 | 4.0 | |
| 3 | N. de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | N | 36.33 | 36.33 | 36.33 | |
| 4 | N. de arena combinada en peso de mezcla (menor #4) | N | 53.91 | 53.91 | 53.91 | |
| 5 | N. de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso máx. #200) | N | 1.92 | 1.92 | 1.92 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Buñ de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 205) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Buñ de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briketa | cm | 6.13 | 6.32 | 6.26 | |
| 13 | Peso de la briketa en el aire | gr | 1150.92 | 1189.44 | 1265.1 | |
| 14 | Peso de la briketa saturada superficialmente seca | gr | 1152.48 | 1191 | 1266.0 | |
| 15 | Peso de la briketa en el agua | gr | 654.0 | 687 | 725 | |
| 16 | Volumen de la briketa 14-15 | c.c | 498.5 | 504 | 541 | |
| 17 | Peso unitario de la briketa 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.309 | 2.360 | 2.338 | 2.336 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Pica) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.493 | 2.493 | 2.493 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100(2/2.75) + (3*2/2.75) + (4*2/2.75) + 10$ | gr/cc | 2.560 | 2.560 | 2.560 | |
| 20 | N. de vacíos con aire $100*(1-17/18)$ (ASTM D 1203, MTC E 505) | N | 7.38 | 5.33 | 6.20 | 6.30 |
| 21 | Peso específico Buñ del Agregado Total $100(2)/(3/2.75) + (4/2.75) + (5/2.75)$ | gr/cc | 2.622 | 2.622 | 2.622 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $100(21)/(3/2.75) + (4/2.75) + (5/2.75)$ | gr/cc | 2.748 | 2.748 | 2.748 | |
| 23 | Peso específico efectiva del agregado total $(3+4) / ((3/2.75) + (4/2.75) + 10)$ | gr/cc | 2.546 | 2.546 | 2.546 | |
| 24 | Asfalto observado por el agregado total $100(6(23-21))/(23*23)$ (ASTM D 4408, MTC E 513) | N | 0.84 | 0.84 | 0.75 | |
| 25 | N. del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briketa $(3+4)*12/21$ | N | 81.16 | 82.96 | 82.20 | |
| 26 | N. del volumen de asfalto efectiva / volumen de briketa $100(25+20)$ | N | 11.45 | 11.71 | 11.60 | |
| 27 | N. vacíos del agregado mineral 100-25 | N | 18.84 | 17.04 | 17.80 | 17.89 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 - (24/100)*(3+4)$ | N | 3.24 | 3.24 | 3.32 | |
| 29 | Relación betón secos $(26/27)*100$ | N | 60.80 | 65.71 | 65.18 | 64.90 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de combinación del asfalto) | gr | 1.04 | 1.04 | 1.04 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | | | | |
| 32 | Estabilidad corregida $31*32$ | | | | | 332 |
| 33 | Lectura del Plastómetro $(0.01") (35 / 0.254)$ | | | | | 24 |
| 34 | Fluencia | | | | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | | | | | 5110 |



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. LABORATORIO USAT



USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO



TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 90. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferrelafe
 : Pítipa - La Victoria
TESISTA : Sobby Davita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1372.5 | 590.2 | |
| Peso de C.A. | 67.5 | 4.5% | 782.3 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|-------------------|----------|----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.14 |
| B Arena | 58.16 | 27.85 |
| C Filler | 4 | 56.02 |

| N Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 42.2 | 56.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| | |
|----------------------|--|
| Muestra | |
| Especificaciones IVB | |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|--------|-------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | # | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 | 4.5 | 4.5 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.14 | 36.14 | 36.14 | |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | % | 27.85 | 27.85 | 27.85 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 27.70 | 27.70 | 27.70 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.75 | 6.66 | 6.52 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1231 | 1242 | 1199.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1233.9 | 1244 | 1201.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 709.0 | 708 | 682.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta | c.c | 533.9 | 536 | 519.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.306 | 2.317 | 2.310 | 2.311 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 3.466 | 3.466 | 3.466 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/3) + (1/3) * (2/8) + (1/4) * (2/9) + (1/10)]$ | gr/cc | 3.400 | 3.400 | 3.400 | |
| 20 | % de vacios con aire $100 * [(1 - 1/18)]$ (ASTM D 3207, MTC E 505) | % | 33.47 | 33.14 | 33.34 | 33.32 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $100 - 2 / [(1/7) + (1/9) + (1/11)]$ | gr/cc | 3.665 | 3.665 | 3.665 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 2) / [(3/8) + (1/4) * (3/10) + (1/5) * (1/11)]$ | gr/cc | 3.848 | 3.848 | 3.848 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3 + 4) / [(3/P - 8) + (4 * P - 10)]$ | gr/cc | 3.749 | 3.749 | 3.749 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.62 | 0.62 | 0.62 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3 + 4) * 3 / 23$ | % | 57.67 | 57.86 | 57.78 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100 - (25 + 20)$ | % | 8.85 | 8.90 | 8.87 | |
| 27 | % vacios del agregado mineral 100-25 | % | 42.33 | 42.04 | 42.22 | 42.20 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100) * (3 + 4)$ | % | 4.10 | 4.10 | 4.10 | |
| 29 | Relación betun vacios $(25/27) * 100$ | % | 20.82 | 21.12 | 21.02 | 21.03 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 4053 | 4106 | 3475 | |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 0.91 | 0.90 | 0.90 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 3688 | 3697 | 3125 | 3742 |
| 33 | Lectura del Pesímetro (0.01") (35/0.254) | gr | 70 | 71 | 28 | |
| 34 | Fluencia | m.m | 5.26 | 5.33 | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m | 642 | 642 | 5894 | |

Henry Rivasdeygra Obillos
 Tec. Laboratorio USAT

SECRETARÍA DEL LABORATORIO

Anexo 91. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|--------|--------|
| Peso de Muestra | 1365 | 586.95 | |
| Peso de C.A | 75 | 5.0% | 778.05 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Diseño |
|--------------------|----------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 58.16 | 41.69 |
| C. Filler | 4 | 22.59 |

| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 76.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 26.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 53 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

Mezcla
Especificaciones IVB

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|---------|---------|--------|-------|
| 1 | Número de briketa | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 41.69 | 41.69 | 41.69 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (máximo 65% peso malla #200) | % | 13.22 | 13.22 | 13.22 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briketa | cm | 6.5 | 6.68 | 6.43 | |
| 13 | Peso de la briketa en el aire | gr | 1194.16 | 1211 | 1161.0 | |
| 14 | Peso de la briketa saturada superficialmente seca | gr | 1197.64 | 1215.18 | 1164.0 | |
| 15 | Peso de la briketa en el agua | gr | 620.0 | 680 | 660.0 | |
| 16 | Volumen de la briketa | c.c. | 577.64 | 535.18 | 504.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briketa | gr/cc | 2.067 | 2.263 | 2.304 | 2.211 |
| 18 | Peso específico técnico máximo (Rice) (ASTM D 2042, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.867 | 2.867 | 2.867 | |
| 19 | Máxima densidad técnica de las agregados 100(2/5)+(3*2/7+8)+(4*2/9+20) | gr/cc | 2.804 | 2.804 | 2.804 | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/28) | % | 27.89 | 21.07 | 19.65 | 22.87 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11) | gr/cc | 3.002 | 3.002 | 3.002 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11) | gr/cc | 3.148 | 3.148 | 3.148 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/(3/8-8)+(4/10) | gr/cc | 3.082 | 3.082 | 3.082 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.89 | 0.89 | 0.89 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briketa (3+4)*17/21 | % | 62.42 | 68.32 | 69.55 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briketa 100-(25+20) | % | 9.69 | 10.61 | 10.80 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 37.58 | 31.68 | 30.45 | 33.24 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | % | 4.91 | 4.91 | 4.91 | |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | % | 25.74 | 29.49 | 33.43 | 31.59 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del ensayo) | kg | 2536 | 2885 | 2719 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.83 | 0.96 | 1.04 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 211 | 257 | 278 | 248 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35 / 0.254) | mil | 24 | 24 | 24 | 25 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 6.10 | 6.10 | 6.10 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 3480 | 3480 | 3480 | 3662 |

Henry Rivasdomeyza Obilias
Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 92. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Darita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 80/70 | |

| | | |
|-----------------------------------|--------|-------|
| Peso de Muestra | 1357.5 | 583.7 |
| Peso de C.A. | 82.5 | 5.5% |
| Peso del Cemento | 60 | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | 773.8 |

| Materia | N Mezcla | N Densidad |
|-------------------|----------|------------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 58.16 | 38.85 |
| C Filler | 4 | 25.42 |

| N Dens Para el Tambo | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| | |
|--------------|-----|
| Muestra | |
| Tipificación | IVB |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|---------|--------|--------|-------|
| 1 | Número de briketa | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinados en peso de mezcla (menor #4) | % | 38.85 | 38.85 | 38.85 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 16.05 | 16.05 | 16.05 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briketa | cm | 6.84 | 6.13 | 6.23 | |
| 13 | Peso de la briketa en el aire | gr | 1299.25 | 1137.4 | 1160.0 | |
| 14 | Peso de la briketa saturada superficialmente seca | gr | 1300.7 | 1138 | 1171.0 | |
| 15 | Peso de la briketa en el agua | gr | 756.0 | 560 | 679.0 | |
| 16 | Volumen de la briketa | c.c. | 544.7 | 478 | 492.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briketa | gr/cc | 2.385 | 2.379 | 2.358 | 2.374 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (flote) (ASTM D 2043, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.922 | 2.922 | 2.922 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados | gr/cc | 2.892 | 2.892 | 2.892 | |
| 20 | % de vacíos con aire | % | 18.36 | 18.56 | 19.30 | 18.74 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total | gr/cc | 3.114 | 3.114 | 3.114 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total | gr/cc | 3.267 | 3.267 | 3.267 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total | gr/cc | 3.152 | 3.152 | 3.152 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total | % | 0.39 | 0.39 | 0.39 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briketa | % | 69.41 | 69.24 | 68.61 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briketa | % | 12.23 | 12.20 | 12.09 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral | % | 30.59 | 30.76 | 31.39 | 30.91 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla | % | 5.31 | 5.31 | 5.31 | |
| 29 | Relación betún vacíos | % | 39.67 | 39.67 | 39.67 | 39.39 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del ensayo) | kg | 3136 | 3136 | 4606 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 0.93 | 0.94 | 1.09 | |
| 32 | Estabilidad corregida | kg | 3381 | 3381 | 5104 | 4606 |
| 33 | Lectura del flexómetro (0.01") (35/0.25) | mil | 28 | 28 | 28 | 28 |
| 34 | Florescencia | m.m. | 7.61 | 7.11 | 7.11 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Florescencia | m.m. | 4715 | 4715 | 7177 | 6479 |

Henry Rivas de Yra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 93. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROBANO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T-245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñale
 PÍLAPA - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 4% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1350 | 580.5 | |
| Peso de C.A | 90 | 6.0% | 769.5 |
| Peso del Cemento | 60 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Materia | % Mezcla | % Diseño |
|--------------------|----------|----------|
| A. Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B. Arena | 58.16 | 37.91 |
| C. Filler | 4 | 26.37 |

| N. Que Pasa el Tamiz | | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 59.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | 1 | 2 | 3 | Propm. | |
|----|---|-------|---------|---------|--------|
| 1 | Número de briqueta | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 37.91 | 37.91 | 37.91 |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 16.99 | 16.99 | 16.99 |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso moño #200) | % | 1.023 | 1.023 | 1.023 |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 6.45 | 6.57 | 6.79 |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 1203.9 | 1237.09 | 1269.4 |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1205.56 | 1238.36 | 1271.4 |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | gr | 630.0 | 680 | 650.0 |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 575.56 | 558.36 | 621.4 |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c | 2.092 | 2.216 | 2.043 |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.969 | 2.969 | 2.969 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.923 | 2.923 | 2.923 |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/((2/6)+(2*2/7+8)+(4*2/9+10)) | gr/cc | 29.54 | 25.37 | 31.19 |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 3.154 | 3.154 | 3.154 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/((3/7)+(4/9)+(5/11)) | gr/cc | 3.309 | 3.309 | 3.309 |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/((3/9)+(4/10)+(5/11)) | gr/cc | 3.212 | 3.212 | 3.212 |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/((3/9-8)+(4*9-10)) | gr/cc | 0.59 | 0.59 | 0.59 |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 60.10 | 63.66 | 58.70 |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % | 10.36 | 10.97 | 10.12 |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 39.90 | 36.34 | 41.30 |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 5.17 | 5.17 | 5.17 |
| 28 | Alta estabilidad / peso de la mezcla 2 - (24/300)*(3+4) | % | 25.96 | 30.19 | 24.49 |
| 29 | relación bitumen / peso de la mezcla (26/27)*100 | % | 4040 | 4301 | 4082 |
| 30 | Estabilidad sin compactar (tabla de colaboración del asfalto) | kg | 0.83 | 0.89 | 0.80 |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 1353 | 1828 | 334724 |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 26 | 26 | 27 |
| 33 | Fluencia del Pequeño (0.01") (35/0.254) | mm | 6.60 | 6.60 | 6.86 |
| 34 | Fluencia | mm | 5078 | 5796 | 488078 |
| 35 | Fluencia Estabilidad / Fluencia | mm | | | 166317 |

USAT

REGISTRO DE LABORATORIO

Henry Rivedeneyra Obllitas
 Tec. LABORATORIO USAT



Anexo 94. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 4%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA
 ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
 TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2718 | 2557 | 2482 | 2635 | 2655 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2294 | 2220 | 2084 | 2201 | 2241 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3951.0 | 3388.0 | 3225.0 | 3469.0 | 3470.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1057 | 1168 | 1141 | 1268 | 1229 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 424 | 337 | 398 | 434 | 414 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.493 | 3.466 | 2.867 | 2.922 | 2.969 |

Henry Rivadeneira Obitas
 Tec. Laboratorio
 USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 95. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 4%.



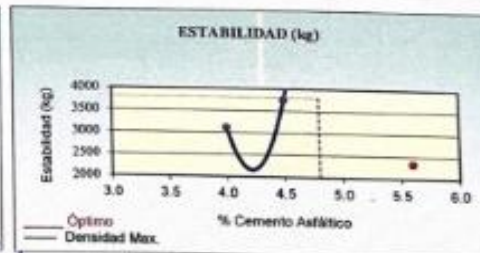
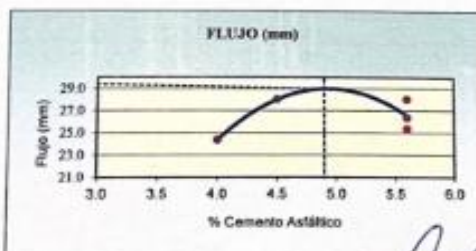
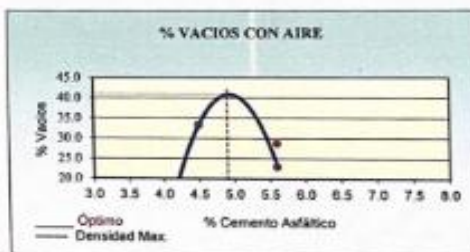
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1558 AASTHO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISTA : Sabby Doris Cruzado Lopez



Henry Rivadeneira Obilias
 Tec. Laboratorio USAT

| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Óptimo Contenido C.A | 4.3 |
| Peso Unitario (gr/cm ²) | 2.330 |
| Vacios (%) | 41.00 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 51.90 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 55.00 |
| Flujo (mm) | 7.62 |
| Estabilidad (Kg) | 3800 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.84 |

Nota: El Óptimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 96. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio.



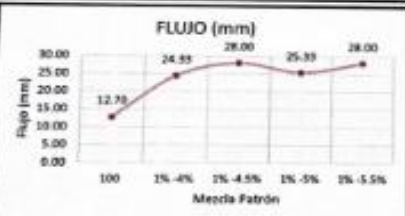
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE VIDRIO PULVERIZADO

DESCRIPCIÓN: "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL: Agregados chatarrados
CANTERA: Tres Tomas - Ferrolfale
Filippo - La Victoria
TENDISTA: Sally Doris Cruzado Lopez

| RESULTADOS | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------------|------------|---------------------------------|----------------------------|------------|------------------|--------------------------|----------------------------|
| Relación Pasa-Finera | Peso Unitario (p/conv2) | Vacíos (%) | Vacíos del agregado Mineral (%) | Vacíos llenados de C.A (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Puntos de Falla | Relación Estabilidad Flujo |
| 100 | 2.38 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1%-4% | 2.34 | 6.30 | 17.89 | 66.90 | 24.33 | 3101.67 | 1.23 | 1709.98 |
| 1%-4.5% | 2.31 | 55.52 | 42.20 | 21.03 | 28.00 | 3742.43 | 1.23 | 5894.45 |
| 1%-5% | 2.21 | 22.87 | 33.24 | 31.59 | 25.33 | 2325.93 | 1.23 | 1663.84 |
| 1%-5.5% | 2.37 | 18.74 | 30.91 | 39.39 | 28.00 | 4008.19 | 1.23 | 6479.46 |
| 1%-6% | 2.12 | 28.77 | 39.18 | 29.88 | 26.53 | 11994.36 | 1.23 | 16617.34 |



Henry Rivasdeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMBIOS Y ENSAYOS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
RECORD DE LABORATORIO

Anexo 97. Formato para diseño MAC con filler vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS
 MTC E204 - ASTM C136 - AASHTO T27

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tires Tomas - Ferreñafe
 : Píllapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

DATOS DE DISEÑO

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 42% |
| arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 1% |
| Cemento | 0% |

TAMAÑO MAXIMO : 3/4"
 Peso inicial saco : 6300 g


| TAMIZ | AASHTO T-27 (mm) | PESO RETENIDO | PORCENTAJE RETENIDO | RETENIDO ACUMULADO | PORCENTAJE QUE PASA | ESPECIFICACION | DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|----------|------------------|---------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| 3" | 76.200 | | | | | MAC - 2 | |
| 3/4" | 19.000 | 0 | | | 100.0 | 100 | |
| 1/2" | 12.500 | 1074 | 29.7 | 29.7 | 70.3 | 80 - 100 | |
| 3/8" | 9.500 | 370 | 6.0 | 35.7 | 64.3 | 70 - 80 | |
| Nº 4 | 4.750 | 134 | 2.1 | 37.8 | 62.2 | 51 - 60 | |
| Nº 10 | 2.000 | 298.0 | 11.5 | 49.3 | 50.7 | 30 - 52 | Observación: |
| Nº 40 | 0.425 | 800.0 | 34.3 | 83.6 | 16.4 | 17 - 20 | |
| Nº 80 | 0.177 | 178.0 | 7.6 | 91.3 | 8.7 | 8 - 17 | |
| Nº 200 | 0.075 | 84.0 | 3.6 | 94.9 | 5.1 | 4 - 8 | |
| < Nº 200 | FONDO | 120.0 | 5.1 | 100.0 | | | |




Henry Rivadeneira Obilpas
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
 SERVICIO DE LABORATORIO

Anexo 98. Formato de la dosificación de 4% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T -265

TEMA : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferrellafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 5% |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|--------|
| Peso de Maestra | 1395 | | 586.95 |
| Peso de C.A | 60 | 4.00% | 778.05 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |


CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70

| Material | N Mezcla | N Clase |
|-------------------|----------|---------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.33 |
| B Arena | 57.16 | 47.19 |
| C Filler | 5 | 16.48 |


N Que Pasa el Tamiz

| 2" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | N#4 | N#10 | N#40 | N#80 | N#200 |
|-----|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 100 | 70.8 | 64.8 | 62.2 | 58.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| N | Número de briqueta | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|---------|---------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.0 | 4.0 | 4.0 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.33 | 36.33 | 36.33 | |
| 4 | % de arena combinados en peso de mezcla (menor #4) | % | 47.19 | 47.19 | 47.19 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para mezcla #200) | % | 7.68 | 7.68 | 7.68 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.48 | 6.4 | 6.32 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1188.66 | 1174.5 | 1174.2 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1191 | 1177.77 | 1178.8 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 675.0 | 661 | 641 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-25 | c.c. | 516.0 | 516.77 | 587.81 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.304 | 2.277 | 1.913 | 2.183 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rita) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.786 | 2.786 | 2.786 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100*(2.65)+(3*2.7+8)+(4*2.9+10) | gr/cc | 2.742 | 2.742 | 2.742 | |
| 20 | N de vacíos con aire 100*(1-17/16) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 17.31 | 18.41 | 31.34 | 22.35 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total 100-21/(17/16)+(4/9)+(5/11) | gr/cc | 2.801 | 2.801 | 2.801 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total 100-21/(17/16)+(4/10)+(5/11) | gr/cc | 2.968 | 2.968 | 2.968 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total (3+4)/[(3/9)-8]+(4*9-10) | gr/cc | 2.851 | 2.851 | 2.851 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.64 | 0.64 | 0.64 | |
| 25 | N del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*13/21 | % | 75.00 | 74.00 | 62.37 | |
| 26 | N del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta 100 (25+20) | % | 7.68 | 7.59 | 6.39 | |
| 27 | N vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 25.00 | 26.00 | 37.73 | 29.58 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | % | 3.47 | 3.47 | 3.47 | |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | % | 11.70 | 11.70 | 16.93 | 25.63 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1.907 | 1.887 | 2.044 | |
| 31 | Factor de estabilidad | gr/cc | 3.00 | 2.91 | 3.00 | |
| 32 | Estabilidad corregida 33*32 | kg | 2495 | 2495 | 2681 | |
| 33 | Lectura del Resímetro (0.01") (35.6/254) | mm | 25 | 25 | 25 | |
| 34 | Fluencia | m.m. | 845 | 845 | 6.10 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 1.79 | 1.79 | 4665 | 4230 |



Henry Rivadeneyra Obillos
Téc. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 99. Formato de la dosificación de 4.5% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
 METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 Pápao - La Victoria
 TESISTA : Selby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 5% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|--------|------|-------|
| Peso de Muestra | 1357.5 | | 583.7 |
| Peso de C.A. | 67.5 | 4.5% | 773.8 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | % Chancado |
|-------------------|----------|------------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 36.34 |
| B Arena | 57.16 | 43.13 |
| C Filler | 5 | 20.74 |

| | |
|--------|----------------------|
| Mezcla | Especificaciones IVB |
|--------|----------------------|

| N.º Que Para el Tamiz | | | | | | | | |
|-----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 3" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 54.3 | 62.2 | 50.7 | 36.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 83 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| I | Número de briketa | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|-------|-------|--------|-------|
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 4.5 | 4.5 | 4.5 | |
| 3 | % de grava utilizada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 36.34 | 36.34 | 36.34 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 43.13 | 43.13 | 43.13 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 11.46 | 11.46 | 11.46 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briketa | cm | 6.22 | 5.99 | 6.56 | |
| 13 | Peso de la briketa en el aire | gr | 1143 | 1105 | 1214.0 | |
| 14 | Peso de la briketa saturada superficialmente seca | gr | 1147 | 1107 | 1215.0 | |
| 15 | Peso de la briketa en el agua | gr | 647.0 | 623 | 686.0 | |
| 16 | Volumen de la briketa 14-15 | cc | 500 | 484 | 529.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briketa 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.286 | 2.283 | 2.295 | 2.288 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.896 | 2.896 | 2.896 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de las agregados $100 / [(2/6) + (3^2/2 \cdot 8) + (4^2/2 \cdot 9) + 10]$ | gr/cc | 2.832 | 2.832 | 2.832 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 \cdot [(1-17/18)]$ (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 21.06 | 21.17 | 20.76 | 21.00 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-2) / [(3/7) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc | 2.935 | 2.935 | 2.935 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-2) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.111 | 3.111 | 3.111 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(3/P-8) + (4^2/P-10)]$ | gr/cc | 3.011 | 3.011 | 3.011 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 \cdot G(23-21) / (23 \cdot 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.88 | 0.88 | 0.88 | |
| 25 | % del vol. del Agregado / Volumen Bruto de la briketa $(3+4) \cdot 17/21$ | % | 70.67 | 70.58 | 70.94 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briketa $100 \cdot (25+20)$ | % | 8.27 | 8.26 | 8.30 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 29.33 | 29.42 | 29.06 | 29.27 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla $2 \cdot (24/100) \cdot (3+4)$ | % | 3.80 | 3.80 | 3.80 | |
| 29 | Relación betón vacíos $(26/27) \cdot 100$ | % | 18.31 | 18.06 | 18.57 | 18.27 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tablo de calibración del anillo) | kg | 1172 | 1076 | 1042 | |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 1.00 | 0.96 | | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 \cdot 32$ | kg | 2873 | 2718 | | 3036 |
| 33 | Textura del pavimento $(0.01) \cdot (35 / (1+28))$ | mm | 24 | 19 | | 22 |
| 34 | Fluencia | mm | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | mm | 1113 | 1650 | | 5457 |

Henry Rivadeneira Obillos
 Ing. Laboratorio USAT



USAT
 Laboratorio

Anexo 100. Formato de la dosificación de 5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASHTO T - 245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 : Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 5% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 90/70 | |

| | | | |
|-----------------------------------|------|-------|-------|
| Peso de Muestra | 1350 | 580.5 | |
| Peso de C.A | 75 | 5.0% | 769.5 |
| Peso del Cemento | 75 | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | |

| Material | % Mezcla | N. Diseño |
|-------------------|----------|-----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.16 | 42.63 |
| C Filler | 5 | 21.65 |

| N. Que Pasa el Tamiz | | | | | | | |
|----------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº60 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |

| Mezcla | Especificaciones IVB |
|--------|----------------------|
| | |

| # | Descripción | Unidad | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|--------|---------|--------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 42.63 | 42.63 | 42.63 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 11.33 | 11.33 | 11.33 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.5 | 6.82 | 6.19 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1180.84 | 1239.9 | 1127.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturado superficialmente seco | gr | 1182 | 1241 | 1130.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | gr | 667.0 | 701 | 640.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 24-25 | c.c. | 515 | 540 | 490.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/26 (ASTM D 2726, MTC E 524) | gr/cc | 2.293 | 2.296 | 2.300 | 2.296 |
| 18 | Peso específico teórico máxima (línea) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.825 | 2.825 | 2.825 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3^2/2+8) + (4^2/9+10)]$ | gr/cc | 2.775 | 2.775 | 2.775 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * [(2-17/18) / (ASTM D 3203, MTC E 505)]$ | % | 18.84 | 18.73 | 18.59 | 18.72 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100-23)/(3/7)+(4/9)+(5/11)$ | gr/cc | 2.935 | 2.935 | 2.935 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100-23)/(3/8)+(4/10)+(5/11)$ | gr/cc | 3.111 | 3.111 | 3.111 | |
| 23 | Peso específico efectivo del agregado total $(3+4) / [(1/3)^2 + 8] + (4^2/9+10)$ | gr/cc | 2.997 | 2.997 | 2.997 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100-6(23-21)/(23^2+21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.72 | 0.72 | 0.72 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4)^2/17/21$ | % | 70.06 | 70.16 | 70.28 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectivo / volumen de briqueta $100-(25+20)$ | % | 11.10 | 11.11 | 11.13 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 29.94 | 29.84 | 29.72 | 29.83 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $2 - (24/100)^2(3+4)$ | % | 5.03 | 5.03 | 5.03 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27)^2 * 100$ | % | 32.10 | 32.10 | 32.10 | 32.25 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de corrección del anillo) | kg | 2895 | 3279 | 1024 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | |
| 32 | Estabilidad corregida $31 * 1.1$ | kg | 2883 | 3203 | 1003 | 1003 |
| 33 | Lectura del flexómetro $(0.01) / (1/100) * 0.254$ | mm | 21 | 21 | 23 | 24 |
| 34 | Fluencia | m.m. | 5.2 | 5.2 | 5.84 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 555.19 | 555.19 | 555.3 | 500.4 |

Henry Rivas Obilias
Téc. Laboratorio USAT

USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS

Anexo 101. Formato de la dosificación de 5.5% de cemento asfáltico con filler
vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Tomas - Ferreñate
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 3/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 5% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | |
|-----------------------------------|--------|-------|
| Peso de Muestra | 1342.5 | 577.3 |
| Peso de C.A | 82.5 | 5.5% |
| Peso del Cemento | 75 | 765.2 |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | |

| Material | % Mezcla | % Obtenido |
|-------------------|----------|------------|
| A Grava Triturada | 57.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.16 | 42.63 |
| C Filler | 5 | 21.65 |

Mezcla
Especificaciones IVB


| % Que Pasa al Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº80 | Nº200 |
| 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 | |
| 100 | 90 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 | |

| # | Descripción | # | 1 | 2 | 3 | Prom. |
|----|---|-------|---------|---------|--------|-------|
| 1 | Número de briqueta | | | | | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 42.63 | 42.63 | 42.63 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% para malla #200) | % | 11.33 | 11.33 | 11.33 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 1.47 | 1.47 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.16 | 6.73 | 6.63 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1134.81 | 1214.11 | 1214.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1137.02 | 1215.54 | 1216.0 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua 25 °C | gr | 642.0 | 686 | 689.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 495.02 | 529.54 | 527.0 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.292 | 2.293 | 2.304 | 2.296 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (MTC) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.842 | 2.842 | 2.842 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados 100/[(2/6)+(3*2/7+8)+(4*2/9+10)] | gr/cc | 2.775 | 2.775 | 2.775 | |
| 20 | % de vacíos con aire 100*(1-17/18) (ASTM D 3203, MTC E 505) | % | 19.34 | 19.33 | 18.94 | 19.20 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total (100-21)/(3/7)+(4/9)+(5/11)] | gr/cc | 2.935 | 2.935 | 2.935 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total (100-21)/(3/8)+(4/10)+(5/11)] | gr/cc | 3.111 | 3.111 | 3.111 | |
| 23 | Peso específico efectiva del agregado total (3+4)/(3*P-8)+(4*P-10)] | gr/cc | 3.018 | 3.018 | 3.018 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total 100-6(23-21)/(23*21) (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.96 | 0.96 | 0.96 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta (3+4)*17/21 | % | 70.05 | 70.06 | 70.40 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta 100-(25+20) | % | 10.61 | 10.61 | 10.67 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 29.95 | 29.94 | 29.60 | 29.83 |
| 28 | Asfalto efectiva / peso de la mezcla 2 - (24/100)*(3+4) | % | 4.85 | 4.85 | 4.85 | |
| 29 | Relación betún vacíos (26/27)*100 | % | 35.24 | 35.45 | 36.03 | 35.64 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del anillo) | kg | 1899 | 1899 | 1887 | |
| 31 | Factor de estabilidad | | 1.09 | 0.96 | | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 4205 | 3342 | 3704 | |
| 33 | Lectura del flexímetro (0.01" (0.25 o 0.34) | mil | 27 | 25 | 25 | |
| 34 | Fluencia | m.m. | 6.84 | 4.15 | | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m. | 6132 | 8063 | 3748 | |

Henry Rivasnueva Obdinas
Tec. Laboratorio USAT


USAT
RECUPO DE LABORATORIO

Anexo 102. Formato de la dosificación de 6% de cemento asfáltico con filler vidrio de 5%.



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



DOSIFICACION DE CONCRETO ASFALTICO
METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".

MATERIAL : Agregados chancados

CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe

: Pátapo - La Victoria

TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| | |
|---------------------|-----|
| Grava Chancada 3/4" | 43% |
| Arena Chancada 1/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 5% |


| | | | | |
|-----------------------------------|------|--------|------|--------|
| Peso de Maestra | 1335 | 574.05 | | |
| Peso de C.A | 90 | | 6.0% | 760.95 |
| Peso del Cemento | 75 | | | |
| Peso Total de la Mezcla Asfáltica | 1500 | | | |

CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70


| Materia | % Materia | N° Deseño |
|-------------------|-----------|-----------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.72 |
| B Arena | 57.16 | 40.74 |
| C Filler | 5 | 23.54 |

| % Que Para el Tamiz | | | | | | | | |
|---------------------|------|----------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
| 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | Nº4 | Nº10 | Nº40 | Nº60 | Nº200 |
| | 100 | 70.3 | 64.3 | 62.2 | 50.7 | 16.4 | 8.7 | 5.1 |
| | 100 | 80 - 100 | 70 - 88 | 51 - 68 | 38 - 52 | 17 - 28 | 8 - 17 | 4 - 8 |


| 1 | Número de briqueta | # | 1 | | | Prom. |
|----|---|-------|---------|---------|--------|-------|
| | | | 1 | 2 | 3 | |
| 2 | C.A. en peso de la mezcla | % | 5.6 | 5.6 | 5.6 | |
| 3 | % de grava triturada en peso de la mezcla (mayor #4) | % | 35.72 | 35.72 | 35.72 | |
| 4 | % de arenas combinadas en peso de mezcla (menor #4) | % | 40.74 | 40.74 | 40.74 | |
| 5 | % de filler en peso de mezcla (mínimo 65% peso malla #200) | % | 13.22 | 13.22 | 13.22 | |
| 6 | Peso específico aparente de cemento asfáltico | gr/cc | 1.023 | 1.023 | 1.023 | |
| 7 | Peso específico Bulk de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.504 | 2.504 | 2.504 | |
| 8 | Peso específico Aparente de la grava (>#4) (ASTM C 127, AASHTO T 85, MTC E 206) | gr/cc | 2.565 | 2.565 | 2.565 | 2.535 |
| 9 | Peso específico Bulk de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.583 | 2.583 | 2.583 | |
| 10 | Peso específico Aparente de la arena (<#4) (ASTM C 128, AASHTO T 84, MTC E 205) | gr/cc | 2.596 | 2.596 | 2.596 | 2.590 |
| 11 | Peso específico aparente del filler | gr/cc | 1.47 | 0.00 | 0.00 | |
| 12 | Altura promedio de la briqueta | cm | 6.48 | 6.29 | 6.03 | |
| 13 | Peso de la briqueta en el aire | gr | 1163.74 | 1132 | 1091.0 | |
| 14 | Peso de la briqueta saturada superficialmente seca | gr | 1167.74 | 1135.29 | 1095.1 | |
| 15 | Peso de la briqueta en el agua | gr | 630.0 | 680 | 650.0 | |
| 16 | Volumen de la briqueta 14-15 | c.c. | 537.74 | 455.29 | 445.1 | |
| 17 | Peso unitario de la briqueta 13/16 (ASTM D 2726, MTC E 514) | gr/cc | 2.164 | 2.486 | 2.451 | 2.367 |
| 18 | Peso específico teórico máximo (Rice) (ASTM D 2041, AASHTO T 209, MTC E 508) | gr/cc | 2.893 | 2.893 | 2.893 | |
| 19 | Máxima densidad teórica de los agregados $100 / [(2/6) + (3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 2.833 | 2.833 | 2.833 | |
| 20 | % de vacíos con aire $100 * (1 - 17/18)$ (ASTM D 3103, MTC E 505) | % | 25.19 | 14.06 | 15.26 | 18.17 |
| 21 | Peso específico Bulk del Agregado Total $(100 - 2) / [(1/7) + (4/9) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.007 | 3.007 | 3.007 | |
| 22 | Peso específico Aparente del agregado total $(100 - 21) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.187 | 3.187 | 3.187 | |
| 23 | Peso específico efectiva del agregado total $(3+4) / [(3/8) + (4/10) + (5/11)]$ | gr/cc | 3.083 | 3.083 | 3.083 | |
| 24 | Asfalto absorbido por el agregado total $100 - 6(23 - 21) / (23 * 21)$ (ASTM D 4469, MTC E 511) | % | 0.84 | 0.84 | 0.84 | |
| 25 | % del vol del Agregado / Volumen Bruto de la briqueta $(3+4) * 17/21$ | % | 64.55 | 78.16 | 73.12 | |
| 26 | % del volumen de asfalto efectiva / volumen de briqueta $100 - (25 * 20)$ | % | 10.25 | 11.78 | 11.61 | |
| 27 | % vacíos del agregado mineral 100-25 | % | 15.45 | 25.84 | 26.88 | 29.39 |
| 28 | Asfalto efectivo / peso de la mezcla $3 - (24/100) * (3+4)$ | % | 4.96 | 4.96 | 4.96 | |
| 29 | Relación betún vacíos $(26/27) * 100$ | % | 28.91 | 25.99 | 28.21 | 19.24 |
| 30 | Estabilidad sin corregir (tabla de calibración del equipo) | kg | 2965 | 2625 | 2780 | |
| 31 | Factor de estabilidad | kg | 2965 | 2625 | 2780 | |
| 32 | Estabilidad corregida 31*32 | kg | 26 | 26 | 26 | |
| 33 | lectura del flexímetro (0.01") (33 / 3-34) | mil | 6.60 | 6.60 | 6.60 | |
| 34 | Fluencia | m.m | 4489 | 4489 | 4489 | |
| 35 | Relación Estabilidad / Fluencia | m.m | 4489 | 4489 | 4489 | 4922 |



Henry
Cruzado Lopez
Ing. Civil
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

RECIBO DE LABORATORIO

Anexo 103. Formato del ensayo Rice para las briquetas con filler vidrio de 5%.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA

ENSAYO RICE AASHTO T - 209 ASTM D- 2041

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
MATERIAL : Agregados chancados
CANTERA : Tres Toros - Ferreñafe
: Pátapo - La Victoria
TESISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez

| PORCENTAJE DE ASFALTO | 4% | 4.5% | 5% | 5.5% | 6.0% |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1.- PESO DEL FRASCO | 725 | 725 | 725 | 725 | 725 |
| 2.- PESO DEL FRASCO + AGUA | 2704 | 2538 | 2498 | 2430 | 2522 |
| 3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05) | 2284 | 2134 | 2069 | 1968 | 2092 |
| 4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA | 3454.0 | 3304.0 | 3281.0 | 3281.0 | 3336.0 |
| 5.- PESO NETO DE LA MUESTRA | 1170 | 1170 | 1212 | 1313 | 1244 |
| 6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3) | 420 | 404 | 429 | 462 | 430 |
| PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5)/(6) | 2.786 | 2.896 | 2.825 | 2.842 | 2.893 |


Henry Rivadeneira Oblitas
Téc. Laboratorio USAT




Anexo 104. Formato de la presentación gráfica del diseño asfáltico con filler vidrio de 5%.



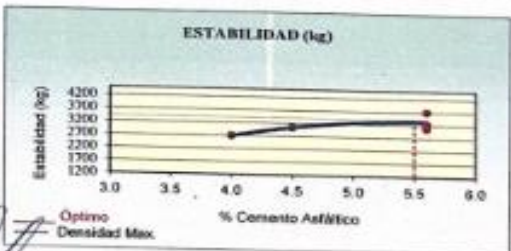
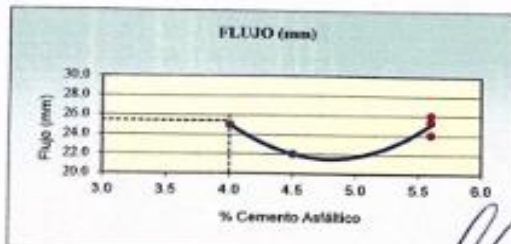
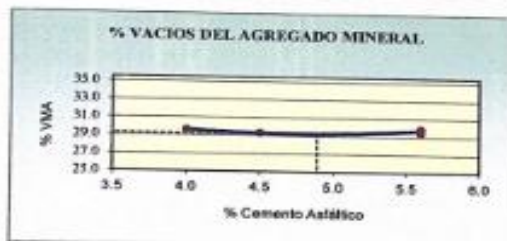
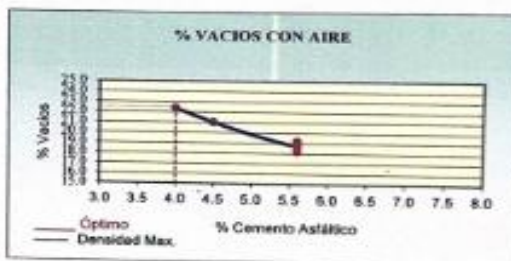
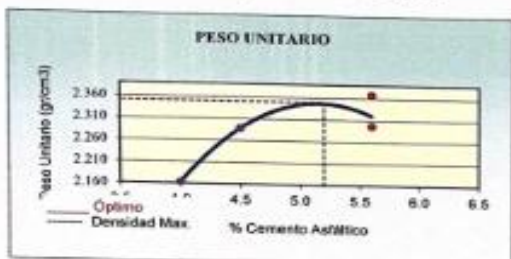
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



REPRESENTACION GRAFICA DEL DISEÑO ASFALTICO

METODO MARSHALL - ASTM - D 1559 AASTHO T -245

TESIS : "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler".
 MATERIAL : Agregados chancados
 CANTERA : Tres Tomas - Ferreñafe
 TESISISTA : Sabby Dorita Cruzado Lopez



Henry Rivadeneira Oblinas
 Tec. Laboratorio USAT




| RESULTADOS | |
|-------------------------------------|-------|
| Optimo Contenido C.A | 4.4 |
| Peso Unitario (gr/cm ³) | 2.350 |
| Vacios (%) | 22.50 |
| Vacios del Agregado mineral (%) | 29.20 |
| Vacios Llenados de C.A (%) | 37.00 |
| Flujo (mm) | 6.45 |
| Estabilidad (Kg) | 3410 |
| Relación Polvo Asfalto | 0.88 |


Nota: El Optimo de Cemento Asfáltico se obtiene del Peso unitario, Vacios al aire y Estabilidad

TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 105. Formato del análisis de resultados obtenidos en el diseño de MAC variando el porcentaje de vidrio.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS VARIANDO EL % DE VIDRIO PULVERIZADO

DESCRIPCIÓN

• Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.

MATERIAL

• Agregados chocados

CANTERA

• Tres Tomas - Fariñafile

• Pátapo - La Victoria


TESISTA

• Sabby Dorita Cruzado Lopez


RESULTADOS

| Relación Pav-Filler | Peso Unitario [gr/cm ³] | Vacios (%) | Vacios del agregado Mineral (%) | Vacios llenados de C.A. (%) | Flujo (mm) | Estabilidad (Kg) | Relación Puntos Aulaho | Relación Estabilidad Flujo |
|---------------------|-------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------|------------|------------------|------------------------|----------------------------|
| 100 | 2.28 | 4.50 | 22.00 | 68.00 | 12.70 | 1755.68 | 1.23 | 1809.22 |
| 1% -4% | 2.16 | 22.35 | 29.58 | 25.63 | 25.00 | 2681.33 | 1.23 | 4270.16 |
| 1% -4.5% | 2.29 | 21.00 | 29.27 | 28.27 | 22.00 | 3036.15 | 1.23 | 3416.57 |
| 1% -5% | 2.30 | 18.72 | 29.83 | 37.25 | 24.00 | 3062.89 | 1.23 | 5061.81 |
| 1% -5.5% | 2.30 | 19.20 | 28.83 | 35.64 | 25.33 | 3704.14 | 1.23 | 5747.76 |
| 1% -6% | 2.27 | 18.17 | 28.36 | 39.24 | 28.00 | 3244.53 | 1.23 | 4921.56 |


PESO UNITARIO




VACIOS DEL AGREGADO MINERAL (%)



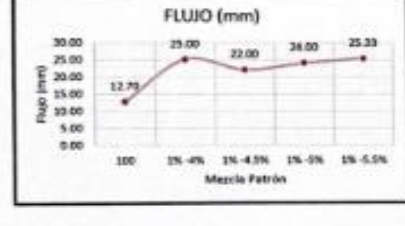
VACIOS (%)



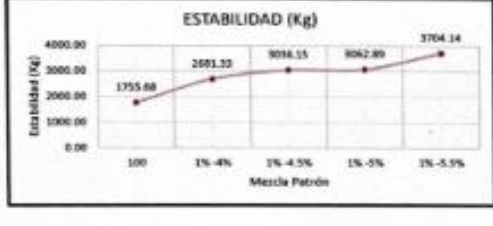
VACIOS LLENADOS DE CEMENTO ASFALTICO (%)




FLUJO (mm)




ESTABILIDAD (Kg)





Henry Rivas
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
SECCION DE LABORATORIO

Anexo 106. Formato del ensayo de Lottman Modificado con el porcentaje de filler cemento óptimo.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASHTO T 283)

| | |
|---------|---|
| TESIS | "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler" |
| MEZCLA | Agregados chancados |
| CANTERA | Tres Torres - Ferrelle Pálpato - La Victoria |
| TESISTA | Sabdy Davila Cruzado Lopez |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 1/2" | 43% |
| Arena Chancada 3/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | |
|--------------|---------|-------|
| Grava | 599.24 | |
| Arena | 843.01 | |
| Filler | 42.75 | |
| Peso de C.A. | 75.00 | 5.00% |
| Total | 1500.00 | |
| N° de Golpes | 45 | |

| Materia | N Muestra | N Desecho |
|----------------------|--------------|--------------|
| A Grava Triturada | 37.84 | 35.95 |
| B Arena | 59.16 | 56.20 |
| C Vidrio Pulverizado | 3.00 | 2.85 |
| Total | 95.00 | 95.00 |

Mezcla
 Especificaciones IVB

| DATOS | # | MUESTRAS SUMERGIDAS | | | | MUESTRAS SECAS | | | |
|--|------|---------------------|---------|---------|--------|----------------|---------|---------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | Prom. | 4 | 5 | 6 | Prom. |
| D Diámetro | cm | 10.16 | 10.16 | 10.16 | | 10.16 | 10.16 | 10.16 | |
| F Espesor | cm | 6.9 | 6.8 | 6.9 | | 6.6 | 6.7 | 6.8 | |
| A Peso de la muestra Seca al Aire | gr | 1120.0 | 1139.0 | 1110.0 | 1129.0 | 1212.6 | 1233.9 | 1259.6 | 1234.4 |
| B SSD de la Muestra | gr | 1130.00 | 1120.00 | 1120.00 | | 1213.70 | 1236.60 | 1281.20 | |
| C Peso de la Muestra en Agua | gr | 580.00 | 585.00 | 615.00 | | 792.50 | 677.90 | 694.10 | |
| E Volumen (B - C) | cc | 550.0 | 535.0 | 505.0 | | 511.2 | 558.7 | 587.1 | |
| F Peso específico Bulk de la Brújula (A/D) | g/cc | 2.154 | 2.112 | 2.188 | 2.2 | 2.372 | 2.306 | 2.221 | 2.3 |
| G Peso específico técnico máximo (B/E) | g/cc | 2.791 | 2.791 | 2.791 | 2.8 | 2.791 | 2.791 | 2.791 | 2.8 |
| H N de vacíos ((G - F)/G)*100 | % | 22.84 | 24.34 | 21.26 | 22.8 | 15.02 | 20.88 | 20.43 | 18.8 |
| I Volumen de vacíos ((H*E)/100) | cc | 118.78 | 130.20 | 107.36 | | 76.81 | 116.68 | 115.97 | |

| Muestra Saturada en Vacíos con 10 a 28" Hg. - De 3 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C | | | | | | | | | |
|--|----|---------|---------|---------|--|--|--|--|--|
| B' SSD de la Muestra | gr | 1133.27 | 1158.62 | 1131.81 | | | | | |
| C' Peso de la Muestra en Agua | gr | 560.00 | 585.00 | 565.00 | | | | | |
| E' Volumen de la Muestra (B' - C') | cc | 573.2 | 573.6 | 566.8 | | | | | |
| J' Volumen de Agua de Absorción (B' - A) | cc | 13.3 | 28.6 | 21.6 | | | | | |
| - Saturación (100*J'/I) | % | 11.2 | 22.0 | 20.1 | | | | | |
| - Hinchamiento (E' - E)*100/E | % | 30.24 | 7.22 | 12.20 | | | | | |

| Condiciones de Saturación Por 24 hrs. En Agua a 60 °C - Baño de María | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| F' Espesor | cm | 6.8 | 6.9 | 6.7 | | | | | |
| B'' SSD de la Muestra | gr | 1134.60 | 1105.20 | 1132.60 | | | | | |
| C'' Peso de la Muestra en Agua | gr | 580.00 | 536.00 | 545.00 | | | | | |
| E'' Volumen (B'' - C'') | cc | 574.6 | 629.2 | 587.6 | | | | | |
| J'' Volumen de Agua de Absorción (B'' - A) | cc | 14.6 | 35.2 | 22.6 | | | | | |
| - Saturación (100*J''/I) | % | 22.3 | 27.0 | 21.1 | | | | | |
| - Hinchamiento (E'' - E)*100/E | % | 8.52 | 16.42 | 14.58 | | | | | |
| - Carga Máxima Rg | kg | 215 | 265 | 246 | | 275 | 276 | 279 | |
| - Carga Máxima R | cc | 2108.150 | 2599.650 | 2413.260 | 2374.020 | 2697.750 | 2707.560 | 2736.990 | 2734.1 |
| - Fuerza Tensile RPA | kg/cm ² | 1.98 | 2.41 | 2.30 | 2.23 | 2.61 | 2.58 | 2.57 | 2.58 |

RAZÓN DEL ESFUERZO A FENSIÓN (TRIS) = 88.137%

NOTA:
 El valor mínimo aceptado para TSR es de 80%.

Henry Rivadeneira Obillos
 Henry Rivadeneira Obillos
 Tec. Laboratorio USAT

USAT
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE CONCRETO Y CEMENTO DE INGENIERIA
 REGISTRO DE LABORATORIOS

Anexo 107. Formato del ensayo de Lottman Modificado con el porcentaje de filler vidrio óptimo.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO DE LOTTMAN MODIFICADO TSR (MTC E - 522) (AASHTO T 283)

| | |
|-------------|--|
| TIPO | Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler. |
| MEZCLA | Agregados chancados |
| CANTERA | Troa Torres - Ferrelafe |
| TRAYECTORIA | Pilipato - La Victoria |
| TRAYECTORIA | Sabiby Dorica Cruzado Lopez |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Grava Chancada 1/2" | 43% |
| Grava Chancada 3/4" | 57% |
| Vidrio Pulverizado | 3% |
| CEMENTO ASFALTICO PEN 60/70 | |

| | | |
|--------------|---------|-------|
| Grava | 543.28 | |
| Asfalto | 847.45 | |
| Filler | 42.00 | |
| Peso de C.A. | 67.50 | 4.50% |
| Total | 1500.00 | |
| N° de Golpes | 45 | |

| Muestra | N. Muestra | N. Golpes | |
|---------|--------------------|-----------|-------|
| A | Grava Triturada | 37.84 | 30.14 |
| B | Asfalto | 59.16 | 56.50 |
| C | Vidrio Pulverizado | 3.00 | 2.87 |
| D | Total | 99.50 | 95.50 |

Muestra
Especificaciones: IV0

| DATOS | # | MUESTRAS SUMERGIDAS | | | | MUESTRAS SECAS | | | | |
|-------|--|---------------------|---------|---------|---------|----------------|---------|---------|---------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | Prom. | 4 | 5 | 6 | Prom. | |
| D | Diámetro | cm | 30.2 | 30.3 | 30.3 | | 30.16 | 30.16 | 30.16 | |
| E | Espesor | cm | 6.9 | 6.8 | 6.9 | | 6.6 | 6.7 | 6.8 | |
| A | Peso de la muestra Seca al Aire | gr | 1136.4 | 1271.4 | 1106.4 | 1155.6 | 1212.4 | 1233.5 | 1159.5 | 1235.4 |
| B | SSD de la muestra | gr | 1132.22 | 1224.80 | 1117.20 | | 1214.70 | 1216.90 | 1261.20 | |
| C | Peso de la muestra en Agua | gr | 650.00 | 676.00 | 624.00 | | 702.00 | 677.80 | 694.10 | |
| E | Volumen (B - C) | cc | 482.2 | 546.8 | 487.2 | | 511.7 | 558.7 | 567.1 | |
| F | Peso específico Bulk de la muestra (A/B) | g/cc | 2.369 | 2.284 | 2.275 | 2.3 | 2.322 | 2.209 | 2.221 | 2.3 |
| G | Peso específico teórico máximo (B/C) | g/cc | 2.413 | 2.413 | 2.413 | 2.4 | 2.413 | 2.421 | 2.413 | 2.4 |
| M | % de vacíos (V) = (F/G)*100 | % | 3.86 | 7.42 | 5.69 | 5.9 | 3.97 | 6.47 | 7.94 | 6.0 |
| J | Volumen de vacíos (V)*E/(100) | cc | 8.94 | 40.56 | 27.75 | | 8.49 | 47.80 | 45.85 | |

| Muestra Saturada en Vacío con 28" x 28" Hg. - De 5 a 15 min. En Agua Destilada a 25 °C | | | | | | | | | | |
|--|--|----|---------|---------|---------|--|--|--|--|--|
| B' | SSD de la muestra | gr | 1177.27 | 1229.62 | 1115.61 | | | | | |
| C' | Peso de la muestra en Agua | gr | 610.00 | 591.00 | 575.00 | | | | | |
| F' | Volumen de la muestra (B' - C') | cc | 528.3 | 638.6 | 540.6 | | | | | |
| J' | Volumen de Agua de Absorción (B' - A') | cc | 2.5 | 2.2 | 7.0 | | | | | |
| - | Saturación (100*(J'/F')) | % | 27.6 | 17.8 | 25.7 | | | | | |
| - | Incremento (E' - F')*100/E | % | 20.24 | 25.88 | 20.96 | | | | | |

| Condiciones de Saturación Por 24 hrs. En Agua a 60 °C - Bolla de Mercurio | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| F' | Espesor | cm | 6.8 | 6.9 | 6.7 | | | | | |
| B' | SSD de la muestra | gr | 1244.80 | 1245.20 | 1172.80 | | | | | |
| C' | Peso de la muestra en Agua | gr | 540.00 | 536.00 | 545.00 | | | | | |
| E' | Volumen (B' - C') | cc | 584.6 | 709.2 | 627.6 | | | | | |
| J' | Volumen de Agua de Absorción (B' - A') | cc | 7.8 | 23.8 | 64.8 | | | | | |
| - | Saturación (100*(J'/E')) | % | 87.2 | 38.6 | 73.8 | | | | | |
| - | Incremento (E' - F')*100/E | % | 19.74 | 25.62 | 23.97 | | | | | |
| - | Carga Máxima Kg | kg | 295 | 275 | 285 | | 315 | 350.0 | 345 | |
| - | Carga Máxima N | N | 2693.850 | 2697.750 | 2746.800 | 2779.500 | 3090.150 | 3488.500 | 3580.650 | 3868.1 |
| - | Fuerza Tensiva KPA | kg/cm² | 2.72 | 2.50 | 2.62 | 2.62 | 2.99 | 3.27 | 3.76 | 3.21 |

RAZÓN DEL ESFUERZO A TRASCURSO (TSR) = 81.376%

NOTA:
El valor máximo aceptado para TSR es de 80%.

Henry Rivadeneira Obillos
Tec. Laboratorio USAT
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS
USAT
UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 108. Formato del ensayo de Cantabro con el porcentaje de filler cemento óptimo.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS
 MTC E 515

| | |
|----------|---|
| ITEM | "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler" |
| MATERIAL | Agregados chancados |
| CANTERA | Tres Torres - Fariñate |
| | Plátopo - La Victoria |
| TESISTA | Sabby Dorla Cruzado Lopez |

DATOS DE DISEÑO CONVENCIONAL

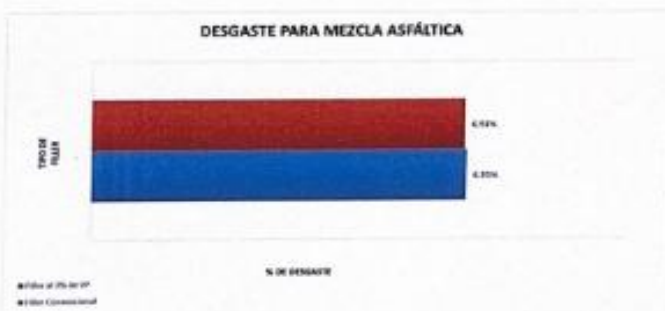
| | |
|--------------------------------|-----|
| Grava (D _{max} 12.5") | 45% |
| Grava (D _{max} 7.5") | 57% |
| Cemento (filler) | 2% |

DATOS DE DISEÑO MODIFICADO

| | |
|--------------------------------|-----|
| Grava (D _{max} 12.5") | 45% |
| Grava (D _{max} 7.5") | 57% |
| Vidrio pulverizado (filler) | 2% |

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS

| N° DE BRIGUETA | TIPO DE FILLER | % DE FILLER | N° DE REVOLUCIONES | TEMPERATURA °C | PESO INICIAL | PESO FINAL | % DESGASTE | PROMEDIO |
|----------------|----------------|-------------|--------------------|----------------|--------------|------------|------------|----------|
| 1 | COMERCIAL | 2% | 300 | 25 | 1108.01 | 1096.71 | 5.90% | 6.80% |
| 2 | COMERCIAL | 3% | 300 | 25 | 1208.78 | 1189.3 | 6.72% | |
| 3 | COMERCIAL | 2% | 300 | 25 | 1128.07 | 1065.91 | 9.24% | |
| 4 | COMERCIAL | 3% | 300 | 25 | 1118.93 | 1032.27 | 7.74% | |
| 1 | ADICIÓN | 2% | 300 | 25 | 1237.40 | 1168.19 | 6.90% | 6.81% |
| 2 | ADICIÓN | 3% | 300 | 25 | 1132.33 | 1099.54 | 8.18% | |
| 3 | ADICIÓN | 2% | 300 | 25 | 1149.83 | 1084.41 | 6.82% | |
| 4 | ADICIÓN | 2% | 300 | 25 | 1214.29 | 1114.97 | 8.13% | |



NOTA:
 El ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 25% a 25 °C
 El ensayo (MTC E 515), has ser sometidos los probetas a un procedimiento de curado 24 horas a 80°C, no podrá exceder del 40%

Henry Rivas Encaya
 Henry Rivas Encaya
 INGENIERO
 INIC LABORATORIO
 INIC 81



Anexo 109. Formato del ensayo de Cantabro con el porcentaje de filler vidrio óptimo.



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE GEOTECNIA, CAMINOS Y ENSAYOS



ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS
 MTC E 515

| | |
|----------|--|
| FECHA | "Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler". |
| MATERIAL | Agregados chancados |
| CANTERA | Tres Tomas - Ferreñafe |
| | Piñago - La Victoria |
| TECNICO | Sabby Doris Cruzado Lopez |

DATOS DE DISEÑO CONVENCIONAL

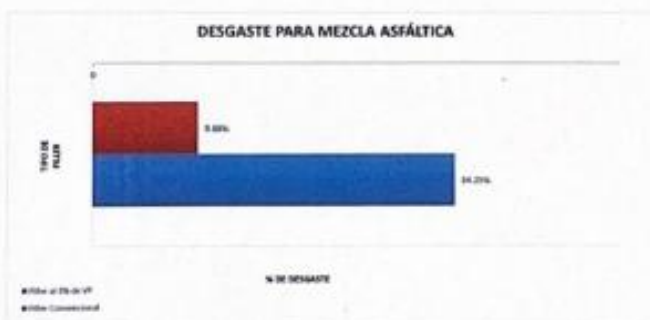
| | |
|---------------------|-----|
| Grava (tamano 10") | 43% |
| Grava (tamano 7.5") | 57% |
| Cemento (11mm) | 3% |

DATOS DE DISEÑO MODIFICADO

| | |
|--------------------------|-----|
| Grava (tamano 10") | 43% |
| Grava (tamano 7.5") | 57% |
| Vidrio pulverizado (75µ) | 3% |

ENSAYO CÁNTABRO DE DESGASTE PARA MEZCLAS

| N° DE BIVQUETA | TIPO DE FILLER | % DE FILLER | N° DE REVOLUCIONES | TEMPERATURA °C | PESO BRUTAL | PESO RIVAL | % DESGASTE | PROMEDIO |
|----------------|----------------|-------------|--------------------|----------------|-------------|------------|------------|----------|
| 1 | CONVENCIONAL | 3% | 300 | 60 | 5174.31 | 519.23 | 55.92% | 34.2% |
| 2 | CONVENCIONAL | 3% | 300 | 60 | 5158.17 | 788.56 | 29.47% | |
| 3 | CONVENCIONAL | 3% | 300 | 60 | 5135.34 | 859.75 | 24.26% | |
| 4 | CONVENCIONAL | 3% | 300 | 60 | 5115.39 | 800.12 | 28.27% | |
| 1 | ADICIÓN | 3% | 300 | 60 | 1887.82 | 928.88 | 10.48% | 9.88% |
| 2 | ADICIÓN | 3% | 300 | 60 | 5127.52 | 1019.24 | 9.60% | |
| 3 | ADICIÓN | 3% | 300 | 60 | 5123.31 | 1084.19 | 11.28% | |
| 4 | ADICIÓN | 3% | 300 | 60 | 1303.96 | 1104.85 | 8.18% | |



NOTA:
 El ensayo MTC E 515, no deberán ser superiores al 35% a 25 °C.
 El ensayo (MTC E 515), tras ser sometidas las probetas a su procedimiento de ensayo durante 24 horas a 60°C, no podrá exceder del 40%

Henry
 Obduras
 Tec. LABORATORIO
 USAT



Anexo 110. Validación de Ensayos.


USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVENTOS

INFORME N° LEM USAT 048-2024-I

FECHA: 24 de Mayo 2024

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Sabby Dorita Cruzado Lopez

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas y durabilidad de las mezclas asfálticas en caliente utilizando vidrio primario pulverizado como filler.

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:

- Contenido de humedad
- Granulometría
- Peso volumétrico
- Peso específico
- Abrasión
- Absorción
- Sales Solubles Totales
- Equivalente de Arena
- Límites de Atterberg
- Índice de Aplastamiento de los Agregados
- Método Marshall
- Cantabro
- Lottman Modificado

Ensayos en otro laboratorio

- Ensayo Térmico Diferencial (Ensayo químico realizado al vidrio)

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto




Henry
Rivadeneyra
Oblitas
Téc. LABORATORIO
USAT




Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 111. Panel fotográfico de la preparación del agregado grueso.



Anexo 112. Panel fotográfico del ensayo de granulometría.



Anexo 113. Panel fotográfico del ensayo de peso específico.



Anexo 114. Panel fotográfico del ensayo de abrasión.



Anexo 115. Panel fotográfico del ensayo de Durabilidad.



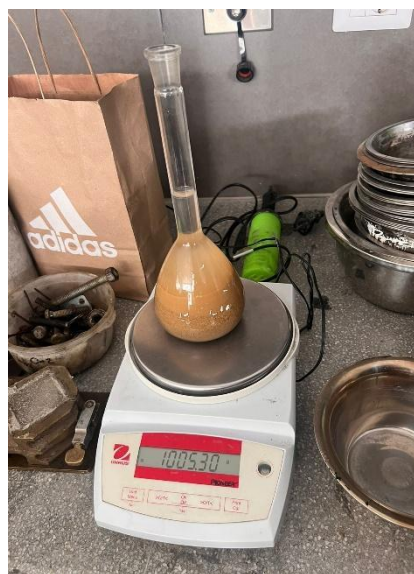
Anexo 116. Panel fotográfico de la preparación del agregado fino para los ensayos.



Anexo 117. Panel fotográfico del ensayo de granulometría.



Anexo 118. Panel fotográfico del ensayo de Peso Específico.



Anexo 119. Panel fotográfico del ensayo de Sales Solubles.



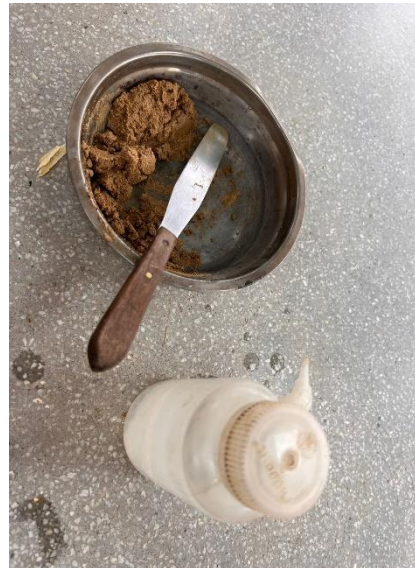
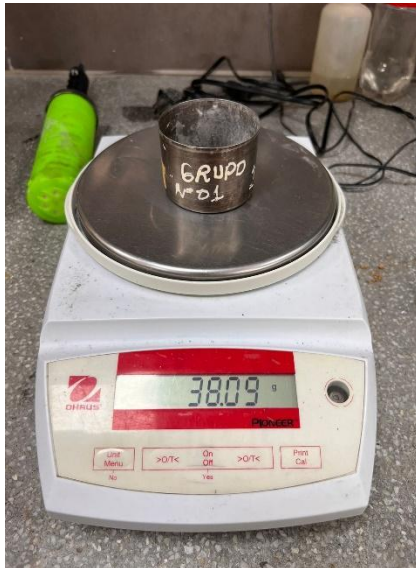
Anexo 120. Panel fotográfico del ensayo de Durabilidad.



Anexo 121. Panel fotográfico del ensayo de Equivalente de arena.



Anexo 122. Panel fotográfico del ensayo de Límites de Atterberg.





Anexo 123. Panel fotográfico de la elaboración de briquetas.



Anexo 124. Panel fotográfico de la Compactación de briquetas.



Anexo 125. Panel fotográfico del Desmolde de briquetas.



Anexo 126. Panel fotográfico de las Briquetas convencionales.



Anexo 127. Panel fotográfico del ensayo de Gravedad específico.



Anexo 128. Panel fotográfico del ensayo Marshall.



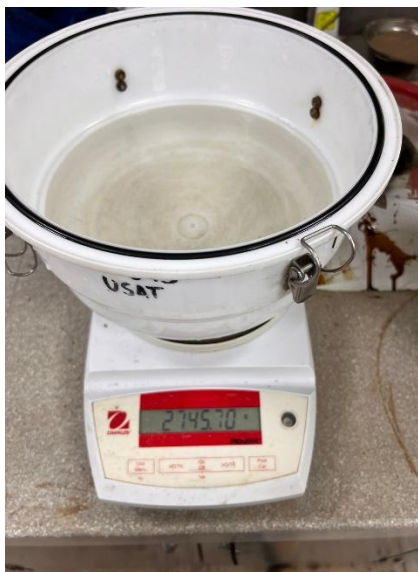
WEIGHING INDICATOR

17258 kg

| PENETRACION | | TEMP. | |
|-------------|-------|-------|-------|
| CMC | CMC | CMC | CMC |
| 0.040 | 0.050 | 0.050 | 0.050 |
| 0.075 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| 1.010 | 0.150 | 0.150 | 0.150 |
| 2.000 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |
| 3.000 | 0.250 | 0.250 | 0.250 |
| 4.000 | 0.300 | 0.300 | 0.300 |
| 5.000 | 0.350 | 0.350 | 0.350 |
| 6.000 | 0.400 | 0.400 | 0.400 |
| 7.000 | 0.450 | 0.450 | 0.450 |
| 8.000 | 0.500 | 0.500 | 0.500 |
| 9.000 | 0.550 | 0.550 | 0.550 |
| 10.000 | 0.600 | 0.600 | 0.600 |
| 11.000 | 0.650 | 0.650 | 0.650 |
| 12.000 | 0.700 | 0.700 | 0.700 |

Anexo 129. Panel fotográfico del ensayo Rice.





Anexo 130. Panel fotográfico de a caracterización del vidrio primario.



Anexo 131. Panel fotográfico del tamizado por la malla N° 200 para obtener el filler.



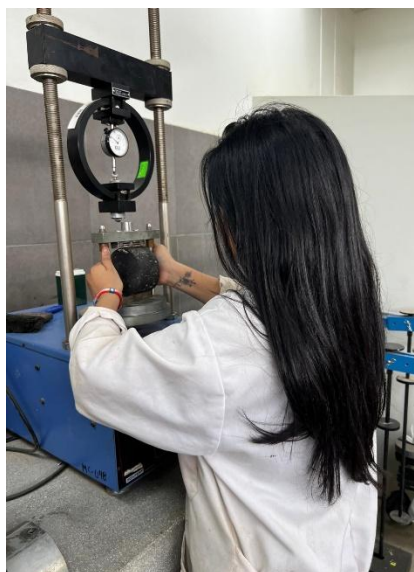
Anexo 132. Panel fotográfico del ensayo de límites para el filler vidrio primario pulverizado.



Anexo 133. Panel fotográfico de las Briquetas modificadas.



Anexo 134. Panel fotográfico del ensayo de Lottman modificado.



Anexo 135. Panel fotográfico del ensayo de Cantabro.

