



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA: INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL

TEMA:

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y
MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y
SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

AUTOR:

KARINA MARISELA CLAUDIO CHACÓN

TUTOR:

Ing. Favio Portilla

Ambato – Ecuador

2020

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Ing. Favio Portilla, certifico que el presente Trabajo Experimental bajo el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, es de autoría de la Srta. Karina Marisela Claudio Chacón, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Ambato, 19 de Diciembre 2019



Ing. Favio Portilla

AUTORÍA

Yo, Karina Marisela Claudio Chacón con CI: 0550055289, Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, es de mi completa autoría.

Ambato, Diciembre del 2019




Karina Marisela Claudio Chacón

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Diciembre 2019



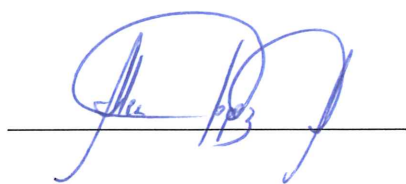
Karina Marisela Claudio Chacón

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

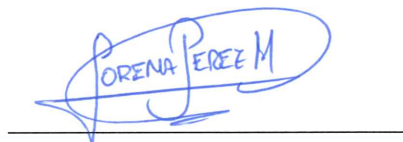
Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, de la egresada Karina Marisela Claudio Chacón, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, 19 de Diciembre 2019

Para constancia firman.



Ing. Mg. Alex López A.



Ing. Mg. Lorena Pérez

DEDICATORIA

A mis padres Eduardo y Alicia quienes con su amor y paciencia me han permitido lograr uno de mis más grandes sueños, gracias a ese esfuerzo diario y esas palabras de aliento que nunca faltaron.

A mis hermanos Eduardo y Esteban quienes me inspiraron a mejorar cada día como ser humano y profesional, para ser su ejemplo.

A mi mamita Vella porque más allá de ser mi abuelita, es mi gran amiga.

A quienes a lo largo de este camino nunca dejaron de creer que lo lograré, quienes me apoyaron cuando desganaba y me brindaron su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

En estas líneas me permito agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis amados padres quienes nunca dejaron de creer en mí y me brindaron su apoyo incondicional, a mis hermanos que me impulsaron cada día a no rendirme.

A mi tutor Ing. Favio Portilla, por compartir sus conocimientos y tiempo para desarrollar este proyecto.

A mis amigos, quienes hicieron de esta etapa una experiencia inolvidable.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
RESUMEN EJECUTIVO	XXI
ABSTRACT	XXII
CAPÍTULO I.....	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica	3
1.1.3.1. El suelo	3
1.1.3.2. Suelos Granulares	4
1.1.3.2.1. Definición	4
1.1.3.2.2. Características.....	4
1.1.3.3. Propiedades Índice.....	5
1.1.3.3.1. Contenido de Humedad	5
1.1.3.3.2. Granulometría	5
1.1.3.3.3. Relación de Vacíos (e).....	7
1.1.3.3.4. Porosidad (η).....	8
1.1.3.3.5. Grado de Saturación del Agua	9
1.1.3.3.6. Grado de Saturación del Aire.....	9
1.1.3.3.7. Límite de Atterberg (Plasticidad)	9
1.1.3.3.8. Gravedad Específica	12

1.1.3.3.9.	Densidad de Campo	13
1.1.3.4.	Clasificación de los suelos	13
1.1.3.4.1.	Sistema de Clasificación AASHTO	14
1.1.3.4.2.	Sistema de Clasificación SUCS	17
1.1.3.5.	Propiedades Mecánicas	19
1.1.3.5.1.	Penetrómetro Dinámico de Cono	19
1.1.3.5.2.	Compactación	21
1.1.3.5.3.	Próctor Modificado	24
1.1.3.5.4.	Ensayo CBR	26
1.1.3.6.	Definiciones estadísticas	28
1.1.3.6.1.	Correlación	30
1.1.3.6.2.	Correlación lineal	31
1.1.3.6.3.	Correlación Múltiple	31
1.1.3.6.4.	Correlación por medio de los mínimos cuadrados	31
1.1.3.7.	Diseño estructural del pavimento flexible	32
1.1.3.7.1.	Pavimento Flexible	32
1.1.3.7.2.	Capa base de material granular	33
1.1.3.7.3.	Capa Sub base material granular	34
1.1.3.7.4.	Capa de Rodadura	35
1.1.3.7.5.	Diseño Estructural del Pavimento Flexible	36
1.1.3.7.5.1.	Análisis del Transito	36
1.1.3.7.5.2.	Diseño de la estructura de pavimento método AASHTO 1993	37
1.1.4.	Hipótesis	44
1.2.	OBJETIVOS	44
1.2.1.	Objetivo General	44
1.2.2.	Objetivos Específicos	44
CAPÍTULO II		46
2.1.	Niveles de investigación	46
2.1.1.	Investigación Experimental	46
2.1.2.	Investigación de laboratorio	46
2.1.3.	Investigación analítica	46

2.1.4.	Investigación de campo	46
2.2.	Población y Muestra.....	46
2.2.1.	Población	46
2.2.2.	Muestra	48
2.3.	Equipos y Materiales.....	49
2.4.	Métodos.....	51
2.4.1.	Plan de Recolección de Datos	51
2.4.2.	Ensayos de Campo y Laboratorio.....	52
2.4.3.	Plan de Procesamiento y Análisis de Información	55
CAPÍTULO III.....		60
3.1.	Análisis y discusión de los resultados.....	60
3.1.1.	Propiedades Índice.....	60
3.1.1.1.	Densidad de Campo.....	60
3.1.1.2.	Gravedad Específica	61
3.1.1.3.	Granulometría	62
3.1.1.4.	Límites de Atterberg	63
3.1.2.	Clasificación de los suelos.....	64
3.1.3.	Propiedades Mecánicas	66
3.1.3.1.	Próctor.....	66
3.1.3.2.	CBR	67
3.1.3.3.	DCP.....	68
3.1.4.	Propiedades Índice y CBR.....	68
3.1.5.	Nomenclatura	69
3.1.5.1.	Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio.....	70
3.1.6.	Correlaciones.....	72
3.1.7.	Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93	101
3.1.7.1.	Conteo Vehicular	101
3.1.7.2.	Cálculo Eje equivalente según el periodo de diseño (W18)	107
3.1.8.	Diseño del pavimento con el CBR obtenido de la correlación.....	122
3.2.	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	128

CAPÍTULO IV	129
4.1. CONCLUSIONES	129
4.2. RECOMENDACIONES	131
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132
ANEXOS.....	135
A. Ensayos Realizados.....	136
B. TPDA.....	242
C. Pesos y Dimensiones (MTOPI).....	243
D. Archivo fotográfico.....	245

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo.....	4
Tabla 2. Cantidades Mínimas de Muestra Húmeda	5
Tabla 3. Valores característicos de porosidad, en distintos suelos	8
Tabla 4. Valores Característicos de Gravedad Específica de los Suelos	12
Tabla 5. Rangos Característicos de Densidad Seca in-situ	13
Tabla 6. Sistema de Clasificación AASHTO.....	15
Tabla 7. Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos.....	18
Tabla 8. Comparación Próctor Estándar y Modificado.....	24
Tabla 9. Próctor Modificado Especificaciones	25
Tabla 10. Relación Carga Unitaria Patrón - Penetración	27
Tabla 11. Clasificación típica de los suelos en función del valor CBR	28
Tabla 12. Recomendaciones para uso de material base	33
Tabla 13 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para base clase 1, 2, 3 y 4.....	34
Tabla 14. Áridos para Sub-Base.....	35
Tabla 15. Índice de crecimiento vehicular	37
Tabla 16. Periodo de diseño de acuerdo al tipo de Vía.....	38
Tabla 17. Factor de Distribución por Carril	38
Tabla 18. Niveles de Confiabilidad.....	39
Tabla 19. Desviación Estándar Normal	39
Tabla 20. Característica Índice de Serviciabilidad.....	40
Tabla 21. Espesores mínimos de las capas de un pavimento flexible.....	41
Tabla 22. Capacidad de drenaje	43
Tabla 23. Coeficiente de drenaje.....	44
Tabla 24. Equipos y Materiales.....	49
Tabla 25. Plan de Recolección de Datos.....	51
Tabla 26. Formato hoja de cálculo para correlación lineal múltiple.....	56
Tabla 27. Sistema de ecuaciones correlación lineal múltiple	56
Tabla 28. Formato hoja de cálculo para correlación logarítmica múltiple	57
Tabla 29. Sistema de ecuaciones correlación logarítmica múltiple	57
Tabla 30. Formato hoja de cálculo para correlación potencial múltiple	58
Tabla 31. Sistema de ecuaciones correlación Potencial múltiple	58

Tabla 32. Formato hoja de cálculo para correlación exponencial múltiple	59
Tabla 33. Sistema de ecuaciones correlación exponencial múltiple	59
Tabla 34. Resultados Ensayo Densidad de Campo	60
Tabla 35. Resultados Ensayo Gravedad Específica	61
Tabla 36. Resultados Ensayo Granulométrico	62
Tabla 37. Resultados límites de Atterberg	63
Tabla 38. Resultados del tipo de suelos según SUCS y AASHTO	64
Tabla 39. Resultados próctor	67
Tabla 40. Resultados CBR	67
Tabla 41. Resultados DCP	68
Tabla 42. Nomenclatura	69
Tabla 43. Propiedades de los suelos estudiados	70
Tabla 44. Propiedades de los suelos estudiados	71
Tabla 45. Ecuaciones Propiedades Índice	72
Tabla 46. Correlaciones entre DN vs Propiedades Índice	72
Tabla 47. Correlaciones entre CBR vs. Propiedades Índice	73
Tabla 48. Volumen vehicular hora pico	101
Tabla 49. Tráfico actual del proyecto	104
Tabla 50. Índice de crecimiento vehicular	105
Tabla 51. Tráfico proyectado para el periodo de diseño	106
Tabla 52. Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado-Proyecto ...	107
Tabla 53. Período de diseño según la vía- Proyecto	107
Tabla 54. Factor de daño según tipo de automotor (FD).	107
Tabla 55. Factor de distribución por carril - Proyecto	108
Tabla 56. Cálculo del número de ejes equivalentes (W18).....	109
Tabla 57. Espesores mínimos según ejes equivalentes - Proyecto.....	110
Tabla 58. Nivel de confiabilidad “R” - Proyecto	110
Tabla 59. Desviación Estándar Normal “Zr”-Proyecto.....	111
Tabla 60. Determinación de valores a1-Proyecto	112
Tabla 61. Determinación de valores a2 - Proyecto	113
Tabla 62. Determinación de valores a3 - Proyecto	114
Tabla 63. Calidad de drenaje - Proyecto	115
Tabla 64. Corrección de coeficientes m_2 y m_3 en base al drenaje - Proyecto	115

Tabla 65. Datos para el diseño del pavimento con, W18 calculado	116
Tabla 66. Diseño de pavimento flexible, W18 calculado	117
Tabla 67. Tráfico proyectado 20 años con incremento de volumen de tráfico	118
Tabla 68. Cálculo del número de ejes equivalente (W18), con mayor tráfico.....	119
Tabla 69. Datos para el diseño del pavimento con, W18 Impuesto	120
Tabla 70. Diseño de pavimento flexible W18 Impuesto	121
Tabla 71. Valores de CBR obtenido de las correlaciones	123
Tabla 72. Datos para el diseño del pavimento con CBR correlacionado.....	124
Tabla 73. Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado.....	125
Tabla 74. Datos para el diseño del pavimento con, CBR correlacionado.....	126
Tabla 75. Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado.....	127
Tabla 76. Resultados del diseño del pavimento flexible.....	128
Tabla 77. Ensayo DCP pozo 1	136
Tabla 78. Ensayo DCP pozo 2	137
Tabla 79. Ensayo DCP pozo 3	139
Tabla 80. Ensayo DCP pozo 4	140
Tabla 81. Ensayo DCP pozo 5	141
Tabla 82. Ensayo DCP pozo 6	142
Tabla 83. Ensayo DCP pozo 7	143
Tabla 84. Ensayo DCP pozo 8	144
Tabla 85. Ensayo DCP pozo 9	145
Tabla 86. Ensayo DCP pozo 10	146
Tabla 87. Ensayo DCP pozo 11	148
Tabla 88. Ensayo DCP pozo 12	150
Tabla 89. Ensayo Densidad de Campo pozo 1.....	152
Tabla 90. Ensayo Densidad de Campo pozo 2.....	153
Tabla 91. Ensayo Densidad de Campo pozo 3.....	154
Tabla 92. Ensayo Densidad de Campo pozo 4.....	155
Tabla 93. Ensayo Densidad de Campo pozo 5.....	156
Tabla 94. Ensayo Densidad de Campo pozo 6.....	157
Tabla 95. Ensayo Densidad de Campo pozo 7.....	158
Tabla 96. Ensayo Densidad de Campo pozo 8.....	159
Tabla 97. Ensayo Densidad de Campo pozo 9.....	160

Tabla 98. Ensayo Densidad de Campo pozo 10.....	161
Tabla 99. Ensayo Densidad de Campo pozo 11.....	162
Tabla 100. Ensayo Densidad de Campo pozo 12.....	163
Tabla 101. Ensayo Granulométrico 1.....	164
Tabla 102. Ensayo Granulométrico 2.....	165
Tabla 103. Ensayo Granulométrico 3.....	166
Tabla 104. Ensayo Granulométrico 4.....	167
Tabla 105. Ensayo Granulométrico 5.....	168
Tabla 106. Ensayo Granulométrico 6.....	169
Tabla 107. Ensayo Granulométrico 7.....	170
Tabla 108. Ensayo Granulométrico 8.....	171
Tabla 109. Ensayo Granulométrico 9.....	172
Tabla 110. Ensayo Granulométrico 10.....	173
Tabla 111. Ensayo Granulométrico 11.....	174
Tabla 112. Ensayo Granulométrico 12.....	175
Tabla 113. Ensayo Límite Líquido 1.....	176
Tabla 114. Ensayo Límite Líquido 2.....	177
Tabla 115. Ensayo Límite Líquido 3.....	178
Tabla 116. Ensayo Límite Líquido 4.....	179
Tabla 117. Ensayo Límite Líquido 5.....	180
Tabla 118. Ensayo Límite Líquido 6.....	181
Tabla 119. Ensayo Límite Líquido 7.....	182
Tabla 120. Ensayo Límite Líquido 8.....	183
Tabla 121. Ensayo Límite Líquido 9.....	184
Tabla 122. Ensayo Límite Líquido 10.....	185
Tabla 123. Ensayo Límite Líquido 11.....	186
Tabla 124. Ensayo Límite Líquido 12.....	187
Tabla 125. Ensayo Límite Plástico 1.....	188
Tabla 126. Ensayo Límite Plástico 2.....	188
Tabla 127. Ensayo Límite Plástico 3.....	189
Tabla 128. Ensayo Límite Plástico 4.....	189
Tabla 129. Ensayo Límite Plástico 5.....	190
Tabla 130. Ensayo Límite Plástico 6.....	190

Tabla 131. Ensayo Límite Plástico 7.....	191
Tabla 132. Ensayo Límite Plástico 8.....	191
Tabla 133. Ensayo Límite Plástico 9.....	192
Tabla 134. Ensayo Límite Plástico 10.....	192
Tabla 135. Ensayo Límite Plástico 11.....	193
Tabla 136. Ensayo Límite Plástico 12.....	193
Tabla 137. Ensayo Gravedad Específica 1.....	194
Tabla 138. Ensayo Gravedad Específica 2.....	195
Tabla 139. Ensayo Gravedad Específica 3.....	196
Tabla 140. Ensayo Gravedad Específica 4.....	197
Tabla 141. Ensayo Gravedad Específica 5.....	198
Tabla 142. Ensayo Gravedad Específica 6.....	199
Tabla 143. Ensayo Gravedad Específica 7.....	200
Tabla 144. Ensayo Gravedad Específica 8.....	201
Tabla 145. Ensayo Gravedad Específica 9.....	202
Tabla 146. Ensayo Gravedad Específica 10.....	203
Tabla 147. Ensayo Gravedad Específica 11.....	204
Tabla 148. Ensayo Gravedad Específica 12.....	205
Tabla 149. Ensayo Próctor Modificado 1	206
Tabla 150. Ensayo Próctor Modificado 2	207
Tabla 151. Ensayo Próctor Modificado 3	208
Tabla 152. Ensayo Próctor Modificado 4	209
Tabla 153. Ensayo Próctor Modificado 5	210
Tabla 154. Ensayo Próctor Modificado 6	211
Tabla 155. Ensayo Próctor Modificado 7	212
Tabla 156. Ensayo Próctor Modificado 8	213
Tabla 157. Ensayo Próctor Modificado 9	214
Tabla 158. Ensayo Próctor Modificado 10	215
Tabla 159. Ensayo Próctor Modificado 11	216
Tabla 160. Ensayo Próctor Modificado 12	217
Tabla 161. Ensayo CBR 1	218
Tabla 162. Ensayo CBR 2.....	220
Tabla 163. Ensayo CBR 3.....	222

Tabla 164. Ensayo CBR 4.....	224
Tabla 165. Ensayo CBR 5.....	226
Tabla 166. Ensayo CBR 6.....	228
Tabla 167. Ensayo CBR 7.....	230
Tabla 168. Ensayo CBR 8.....	232
Tabla 169. Ensayo CBR 9.....	234
Tabla 170. Ensayo CBR 10.....	236
Tabla 171. Ensayo CBR 11.....	238
Tabla 172. Ensayo CBR 12.....	240
Tabla 173. Conteo Vehicular (TPDA).....	242
Tabla 174. Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones.....	243
Tabla 175. Tabla nacional de pesos y dimensiones combinada.....	244

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Granulométrica	6
Figura 2. Curva Granulométrica de Suelos de Grano Grueso	6
Figura 3. Límites de Atterberg	10
Figura 4. Curva de Flujo	11
Figura 5. Rangos de Clasificación AASHTO	16
Figura 6. Índice de Grupo	16
Figura 7. Rangos de Plasticidad para la Clasificación de Suelos según la SUCS	17
Figura 8. Equipo de Cono Dinámico de Penetración	19
Figura 9. Curva DCP	20
Figura 10. Curva de Compactación	23
Figura 11. Tipos de curvas de compactación encontradas en suelos	23
Figura 12. Curva CBR para distintos suelos	28
Figura 13. Diagrama de Dispersión	30
Figura 14. Capas que forman en general un pavimento flexible	33
Figura 15. Ábaco para Estimación de Coeficiente a1	42
Figura 16. Ábaco para la estimación de Coeficiente a2	42
Figura 17. Ábaco para la estimación del coeficiente a3	43
Figura 18. Mapa de ubicación de la Parroquia San Antonio de Pasa	47
Figura 19. Mapa de Ubicación de la Parroquia San Fernando	48
Figura 20. Ubicación de los Pozos en las Parroquias Pasa y San Fernando	49
Figura 21. Pozo a cielo abierto	52
Figura 22. Deslizamiento de la arena de Ottawa	53
Figura 23. Ensayo DCP	53
Figura 24. Eliminación de aire del picnómetro	53
Figura 25. Colocación de la muestra en la tamizadora	54
Figura 26. Ensayo límite líquido	54
Figura 27. Rollitos de 3 mm de diámetro	54
Figura 28. Ejecución ensayo próctor modificado	55
Figura 29. Ensayo CBR	55
Figura 30. Rango Granulométrico	62
Figura 31. Carta de Plasticidad	64
Figura 32. Muestras con clasificación AASHTO	65

Figura 33. Muestras con clasificación SUCS.....	66
Figura 34. Correlación LL vs LP	74
Figura 35. Correlación γd <i>in – situ</i> vs. $W_{\text{ópt}}$	75
Figura 36. Correlación γd <i>máx</i> vs. $W_{\text{ópt}}$	76
Figura 37. Correlación γd <i>máx</i> vs. LL.....	77
Figura 38. Correlación γd <i>in – situ</i> vs. W_{nat}	78
Figura 39. Correlación γh <i>in situ</i> vs. W_{nat}	79
Figura 40. Correlación Gw vs. W_{nat}	80
Figura 41. Correlación Ga vs W_{nat}	81
Figura 42. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. LP - LL.....	82
Figura 43. Correlación γd <i>máx</i> vs. LP, y W_{nat}	83
Figura 44. Correlación γd <i>máx</i> vs. LP, y LL.....	84
Figura 45. Correlación γd <i>máx</i> vs. %Ppasa (200) , y LL.....	85
Figura 46. Correlación γd <i>in – situ</i> vs. $W_{\text{ópt}}$ - γd <i>in – situ</i>	86
Figura 47. Correlación DN vs. LP.....	87
Figura 48. Correlación DN vs. LL.....	88
Figura 49. Correlación DN vs. LL - LP.....	89
Figura 50. Correlación CBR vs. DN.....	90
Figura 51. Correlación CBR vs. LL.....	91
Figura 52. Correlación CBR Vs. $W_{\text{ópt}}$	92
Figura 53. Correlación CBR vs. γd <i>máx</i>	93
Figura 54. Correlación CBR vs. LL - LP.....	94
Figura 55. Correlación CBR vs. W_{nat} - γd <i>in – situ</i>	95
Figura 56. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - γd <i>in – situ</i>	96
Figura 57. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - LL.....	97
Figura 58. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - IP.....	98
Figura 59. Correlación CBR vs. LL - % IP.....	99
Figura 60. Correlación CBR vs. γd <i>máx</i> - Gs.....	100
Figura 61. Nomograma para determinar coeficiente a_1	112
Figura 62. Nomograma para determinar coeficiente a_2	113
Figura 63. Nomograma para determinar coeficiente a_3	114
Figura 64. Cálculo de SN para W18 calculado.....	116
Figura 65. Cálculo de SN para W18 impuesto.....	120

Figura 66. Valor de CBR Correlacionado.....	122
Figura 67. Cálculo de SN para CBR correlacionado	124
Figura 68. Cálculo de SN para CBR correlacionado	126
Figura 69. Señalamiento de la ubicación del pozo.....	245
Figura 70. Excavación del pozo z cielo abierto	245
Figura 71. Ejecución Ensayo DCP.....	245
Figura 72. Extracción del suelo, hueco del ensayo cono y arena.....	246
Figura 73. Preparación de muestra para límites de Atterberg.....	246
Figura 74. Medición de temperatura	246
Figura 75. Colocación del picnómetro + agua en el baño María	247
Figura 76. Toma de muestra para contenido de humedad	247
Figura 77. Colocación de las muestras en el horno.....	247
Figura 78. Colocación de la muestra para ensayo granulométrico	248
Figura 79. Extracción de material que pasa tamiz N° 40	248
Figura 80. Muestra para la determinación del Límite Líquido	248
Figura 81. Muestra ensayo Próctor Modificado (7 Kg)	249
Figura 82. Muestra CBR, con contenido de humedad óptima.....	249
Figura 83. Colocación de la muestra para ensayo CBR.....	249

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

TEMA: “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”

AUTOR: Karina Marisela Claudio Chacón

TUTOR: Ing. Favio Portilla

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene como objetivo desarrollar correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del cantón Ambato. Para ello se procede a la toma de 12 muestras, 6 en cada parroquia, ubicados en 3 vías establecidas por el investigador, la muestra tomada será lo suficiente para la realización de los ensayos de laboratorio.

Ya finalizados los ensayos de campo y laboratorio se realizó el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados obtenidos, permitiendo determinar el tipo de suelo, y sus características.

En la determinación de las correlaciones entre dos variables se aplicó el análisis de regresión, mientras que para correlacionar tres variables se utilizó el método de mínimos cuadrados, la correlación es aceptable si su coeficiente de determinación es mayor a 50 por ciento.

Consecuentemente se obtuvo 27 correlaciones, cuyo coeficiente de determinación oscila entre 50 por ciento a 96.13 por ciento, mismas que permitieron obtener un valor de CBR bastante cercano al CBR de laboratorio, por lo que en el diseño del pavimento flexible los espesores requeridos en cada capa son los mismos.

ABSTRACT

This Experimental work, aims to correlations development between CBR Laboratory tested. (California Bearing Ratio) and Soil's Mechanical and Properties Index from "Pasa" and "San Fernando" (parishes closer to Ambato City).

I have taken 12 samples: 6 from each parish located in 3 different roads choose by the investigator, every sample have enoguh amount of material for testing procedures in the Lab. Once completed, we obtained the Analysis Results for its interpretation allowing to determinate Soil Types and its characteristics.

In the Determination process for correlations between two rates, we applied Analysis by Regression, and for the correlation between three different rates we used the Minimun Squared Method (MCO) so The Correlation is aceptable if its Coefficient Determination is higher than 50 percent.

As a result we obtained 27 correlations with a Coefficient Determination ranges between 50 percent – 96.13 percent this results subsecuently allowed us to obtain the CBR quite close to the Laboratory Tested CBR Results.

So the Required Flexible Pavement Design Thickness in each Capes are the same ones.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

1.1.1. Antecedentes

La presente investigación cuenta con diversos trabajos investigativos a nivel mundial que han logrado excelentes resultados al momento de obtener el valor de CBR (California Bearing Ratio).

Los valores de CBR y otras características de compactación de los suelos son propiedades muy importantes para la planificación, diseño y construcción de estructuras de tierra, de ya que permite medir la capacidad de soporte de la sub-rasante, base y sub-base [1].

Según D. A. Jaleel Rasool en su investigación, “Correlation of CBR value with particles size and compaction characteristics of cohesionless soil” obtuvo el CBR correlacionado con el contenido de humedad óptima, granulometría, coeficiente de uniformidad y curvatura, a través del análisis de regresión lineal múltiple desarrolló una fórmula empírica que dio como resultado un coeficiente $R^2 = 0.95$ [2].

Kuttah D. en su investigación “Strong correlation between the laboratory dynamic CBR and the compaction characteristics of sandy soil”, determinó: “...A general best-fit multiple regression model was developed that can reliably predict the CBR values from the molding water contents and the dry densities data with high multiple correlation coefficient of 0.91 for the tested soil...” que traducido al idioma español es “...Se desarrolló un modelo general de regresión múltiple de mejor ajuste que puede predecir de manera confiable los valores de CBR a partir del contenido de agua de moldeo y los datos de densidades secas con un alto coeficiente de correlación múltiple de 0.91 para el suelo analizado...” [1], pudiendo utilizar este modelo para suelos con propiedades, características y condiciones de compactación similares.

Por otro lado, en el artículo “Strength Modelling of Soil Geotechnical Properties from Index Properties” realizado por O. Aderemi y O. Diran, determinaron que el tipo de suelo A-2-6 arrojó un valor de R^2 que varía entre 0.83 a 1 al realizar las correlaciones entre el contenido de humedad óptimo, la densidad seca máxima, el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y CBR [3].

En el país vecino de Colombia se ha desarrollado una investigación sobre la “Estimación del valor de CBR usando penetrómetro de cono dinámico”, el mismo que permite correlacionar el valor de CBR sumergido obtenido en laboratorio y los valores de DCP (Dinamic Cone Penetrometer), los autores C.H. Florez G. y otros encontraron un coeficiente de correlación $r=0.93$, esto mediante un modelo lineal, mismo que permite describir la relación entre el CBR y DCP, según las condiciones geotécnicas del área de estudio, correspondiente a suelos finos saturados [4] .

En Ecuador se ha desarrollado varias investigaciones que permiten realizar correlaciones entre el CBR de laboratorio, ensayo DCP (Dinamic Cone Penetrometer) y propiedades índice de los suelos; de las cuales como antecedentes de esta investigación es pertinente traer a mención que estudiantes de diferentes Universidades han realizado trabajos investigativos referentes a la correlación entre los índices DCP in situ y el índice CBR de laboratorio, como es el caso de la Universidad de Cuenca en el que J. León determina en su trabajo una correlación con un coeficiente R cuadrado de 0.80 [5].

En la Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Pillajo y Portilla, en su investigación “Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlación con el DCP para la aplicación en el diseño de pavimentos de caminos vecinales”, realizado en el suelo correspondiente a la sierra norte y centro del país, determinaron varias correlaciones positivas entre las propiedades índice-mecánicas y CBR, las mismas que varía entre el 61% y 86 % [6].

1.1.2. Justificación

En la actualidad la importancia del estudio de suelos y sus propiedades ha alcanzado mayor relevancia, ya que es el punto de partida para la planificación, diseño y construcción de un proyecto ingenieril, sea este estructural, vial o hidráulico.

Al momento de realizar un estudio de suelos se encontró varias propiedades, tales como la determinación del CBR, que es la capacidad de resistencia al corte que posee el suelo, determinando la idoneidad o no para la construcción de estructuras u obras civiles [7]. Permite también evaluar la capacidad de soporte de las diferentes capas que componen la estructura de una vía como son la sub-rasante, base y sub-base [1].

La correlación entre el ensayo CBR y las Propiedades Índice de suelos ha sido utilizada en varios países del mundo ya que permite reducir tiempo, esfuerzo y costo en la determinación de las mismas, obteniendo resultados confiables y eficaces [3]

Este trabajo de investigación se complementará con el estudio macro para la obtención de correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias rurales del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, en particular en las parroquias Pasa y San Fernando.

De esta manera se pretende que la obtención del CBR, sea más rápida y permita optimizar costos, a través de la utilización de correlaciones empíricas determinadas, ya que este valor es uno de los principales factores en el diseño de un pavimento flexible.

1.1.3. Fundamentación Teórica

1.1.3.1. El suelo

El suelo está definido de varias maneras en función del ámbito en el que se lo utilice, en el caso de la ingeniería civil, el suelo es una capa delgada de la corteza terrestre de material terroso producto de la alteración y desintegración de las rocas, ya sea por la acción de la intemperie o producto de las actividades de los seres humanos [8].

1.1.3.2. Suelos Granulares

1.1.3.2.1. Definición

Los suelos granulares también llamados fricciónantes están delimitados en función de la cantidad de material retenido en el tamiz N° 200, utilizando éste como un punto divisorio. La fracción granular está comprendida por: grava, arena y limo, cuyas partículas son de grano intermedio a grueso [9].

Al poseer una mínima o ninguna cohesión las fuerzas intergranulares o atractivas del suelo son despreciables en su comportamiento mecánico. Entre sus propiedades se encuentran una compresibilidad y permeabilidad bajas, así como un excelente comportamiento de drenaje [10].

1.1.3.2.2. Características

➤ Tamaño

Indistintamente del origen de las partículas de suelo, el tamaño de las mismas varía en un amplio rango. Según el límite de separación establecido por varias organizaciones se tiene principalmente; grava, arena, limo y arcilla como se muestra en la tabla N° 1. Considerando material granular cuyo tamaño de partículas oscile entre 2 y 0.075 mm [11].

Tabla 1. Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la Organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	> 2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	> 2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (Limos y Arcillas) < 0.075	

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das

➤ Forma

La forma característica de las partículas del suelo granular es la equidimensional, dentro de ésta están; la redondeada, subredondeada, angulosa y subangulosa, las mismas que influyen de manera considerable en las propiedades del suelo [10].

1.1.3.3. Propiedades Índice

1.1.3.3.1. Contenido de Humedad

El contenido de humedad (w), es la cantidad de agua presente en una masa de suelo y se define como la razón del peso de agua al peso de los sólidos del suelo dado, si se lo realiza con la muestra tomada in situ sin alterarla, se denomina contenido de humedad natural [11].

La determinación de esta propiedad del suelo es de gran importancia ya que se relaciona directamente con otras, por ello para obtener un resultado confiable se recomienda utilizar la cantidad mínima de muestra húmeda como se muestra en la tabla N° (2) [9].

Tabla 2. Cantidades Mínimas de Muestra Húmeda

Tamaño máximo de partículas de muestra (95-100 para el tamiz dado)	Peso mínimo recomendado de la muestra (g)
No. 4 (4.75 mm)	100
No. 40 (0.420 mm)	10 a 50
12.5 mm	300
50.0 mm	1000

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

1.1.3.3.2. Granulometría

El análisis granulométrico permite determinar la gama de tamaños de partículas presentes en una masa de suelo dada [11]. Los diferentes métodos únicamente agrupan las partículas de suelo por rangos de tamaño ya que no es posible determinar el tamaño real de cada una [9].

Generalmente para encontrar la distribución de tamaño de partículas del suelo se lo divide en dos fracciones; granular y fina. Para la fracción granular cuyas partículas son mayores a 0.075 mm de diámetro se utiliza un análisis a través de tamices, mientras para partículas menores a 0.075 mm de diámetro se utiliza un análisis a través de hidrómetro [11].

La curva granulométrica está definida en el eje de ordenadas por el porcentaje en peso de las partículas de suelo y el tamaño de las mismas en el eje de las abscisas, este último en escala logarítmica. La forma que adopta la curva, genera una idea inmediata de la distribución granulométrica del suelo [10].

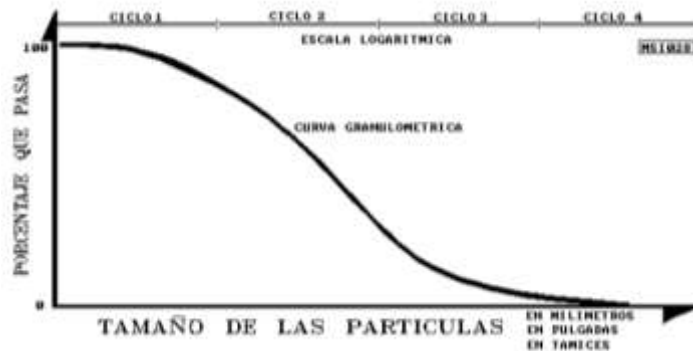


Figura 1. Curva Granulométrica

Fuente: Mecánica de Suelos, Juárez Badillo

En el análisis granulométrico es necesario establecer la uniformidad del mismo, para ello se establece los diámetros característicos:

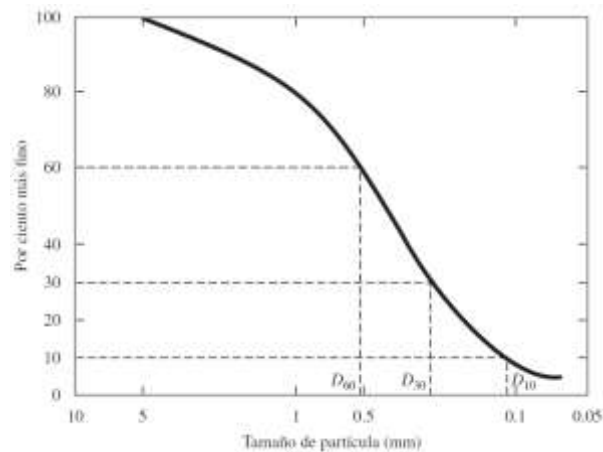


Figura 2. Curva Granulométrica de Suelos de Grano Grueso

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

1. D_{10} = Denominado diámetro efectivo, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm, mismas que corresponden al 10% de la muestra de suelo en peso que pasa dicho tamiz.
2. D_{30} = Diámetro equiparable, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm que corresponde al 30% de la muestra en peso que pasa dicho tamiz.
3. D_{60} = Diámetro dimensional, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm que corresponde al 60% de la muestra en peso que pasa dicho tamiz.

Con los diámetros característicos es posible determinar los parámetros que intervienen en el análisis granulométrico.

✓ **Coefficiente de Uniformidad (CU)**

El coeficiente de uniformidad del suelo se determina mediante la siguiente relación:

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

A través de este coeficiente es posible determinar el tipo de granulometría del suelo. Si $Cu < 5$ el suelo posee granulometría uniforme, si Cu oscila entre 5 y 20 es poco uniforme, y si $Cu > 20$ es un suelo bien graduado. Por lo que mientras más uniforme es la granulometría, más uniforme será el tamaño de sus poros y por ende tendrá densidades bajas o menores, consecuentemente es un suelo que se erosiona con gran facilidad [12].

✓ **Coefficiente de Curvatura (CC)**

El coeficiente de curvatura del suelo se determina mediante la siguiente relación:

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} * D_{60}}$$

Cuando el valor de esta relación oscila entre 1 y 3, corresponde a un suelo bien graduado. Pero también indica un gran margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio [10].

1.1.3.3.3. Relación de Vacíos (e)

La relación de vacíos es la relación entre el volumen de suelo no ocupado (huecos) y el volumen ocupado por el suelo. [11]

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Donde:

- e = Relación de vacíos.
- V_v = Volumen no ocupado.
- V_s = Volumen ocupado por el suelo.

En suelos granulares la relación de vacíos depende de la forma de las partículas ya que influyen en su organización, es así que en arenas bien graduadas la relación de vacíos oscila entre 0.43 – 0.67, mientras en arenas de tamaño uniforme varía entre 0.51 – 0.85. Para determinar si un suelo se encuentra en estado “suelto o denso” es necesario comparar la relación de vacíos en estado natural con la relación de vacíos máxima y mínima [13].

1.1.3.3.4. Porosidad (η)

La porosidad permite determinar los vacíos en un volumen de muestra de suelo. Está definida como la relación entre el volumen de espacios vacíos de un suelo y el volumen total de la muestra, como lo indica la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{V_v}{V_m} * 100\%$$

Donde:

- η = Relación de vacíos.
- V_v = Volumen de espacio vacío.
- V_m = Volumen total de la muestra.

En un suelo la porosidad oscila entre 0% – 100 %, siendo en un sólido perfecto $\eta=0$, mientras más alto sea este valor, el suelo tiene más espacios vacíos o poros, mismo que hacen que el suelo sea más flojo o blando y mayor sea su deformabilidad [12].

Tabla 3. Valores característicos de porosidad, en distintos suelos

Tipo de suelo	Porosidad (η)
Arena limpia y uniforme	29 – 50
Arena limosa	23 – 47
Arena micácea	29 – 55
Limo inorgánico	29 – 52
Arena limosa y grava	12 – 46
Arena fina a gruesa	17 – 49

Fuente: Mecánica de los suelos, MS Lambe

1.1.3.3.5. Grado de Saturación del Agua

Permite determinar la existencia de agua en los huecos o poros del suelo. Está definida como la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos [10], como lo indica la siguiente ecuación:

$$G_w = \frac{V_w}{V_v} * 100\%$$

Donde:

- G_w = Grado de saturación del agua.
- V_w = Volumen del agua.
- V_v = Volumen de vacíos.

En un suelo el grado de saturación del agua oscila entre 0% – 100 %, en la naturaleza $G_w \neq 0$, aunque se considera 0% en suelo seco y a medida que incrementa la cantidad de agua mientras el suelo se ira saturando hasta 100% [12].

1.1.3.3.6. Grado de Saturación del Aire

Permite determinar la existencia de aire en los huecos o poros del suelo. Está definida como la relación entre el volumen de aire y el volumen de vacíos [10], como lo indica la siguiente ecuación:

$$G_a = \frac{V_a}{V_v} * 100\%$$

Donde:

- G_a = Grado de saturación del aire.
- V_a = Volumen del aire.
- V_v = Volumen de vacíos.

En un suelo el grado de saturación del aire oscila entre 0% – 100 %, los suelos sin cantidad de aire y compactados están cerca del 0%, por lo que mientras se incrementa el porcentaje, el volumen de suelo tendrá más aire [12].

1.1.3.3.7. Límite de Atterberg (Plasticidad)

Desde el punto de vista de la mecánica de suelos la plasticidad es la propiedad que permite al suelo soportar deformaciones rápidas, sin efecto elástico, sin alteración volumétrica perceptible y sin desmoronarse ni agrietarse al remodelarse. Además se

relaciona de forma cualitativa con otras propiedades como: la resistencia del suelo, la compresibilidad, la permeabilidad entre otras [10].

Estados de consistencia

Atterberg determinó que la plasticidad es una propiedad no permanente ya que depende del contenido de humedad, por lo tanto, según su contenido de agua en orden ascendente el suelo puede estar en estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido. Por otra parte considerando la humedad establece límites de plasticidad, siendo estos: límite de cohesión, de pegajosidad, de contracción, plástico y líquido [10].

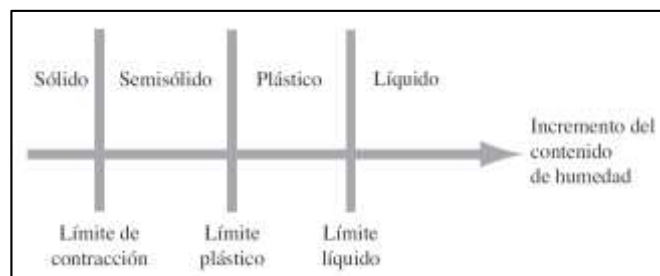


Figura 3. Límites de Atterberg

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

Se determinará con mayor énfasis el límite líquido e índice plástico, razón por la cual permiten identificar y clasificar el suelo tomando en cuenta su plasticidad.

Límite Líquido

El límite líquido (LL) es el contenido de agua por debajo del cual el suelo actúa como un material plástico, al límite de cambiar su comportamiento a un fluido viscoso [9]. A este límite también se lo conoce como la frontera entre los estados semi-líquido y plástico [10].

En suelos plásticos el límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de agua, es así que A. Casagrande determinó la correspondencia del límite líquido a una resistencia al corte de 25 gr/cm² a través de una gráfica semilogarítmica, cuyo eje de las ordenadas representa el porcentaje de agua mientras el eje de las abscisas representa el número de golpes necesarios para cerrar la ranura de la copa, esta última es escala logarítmica [10].

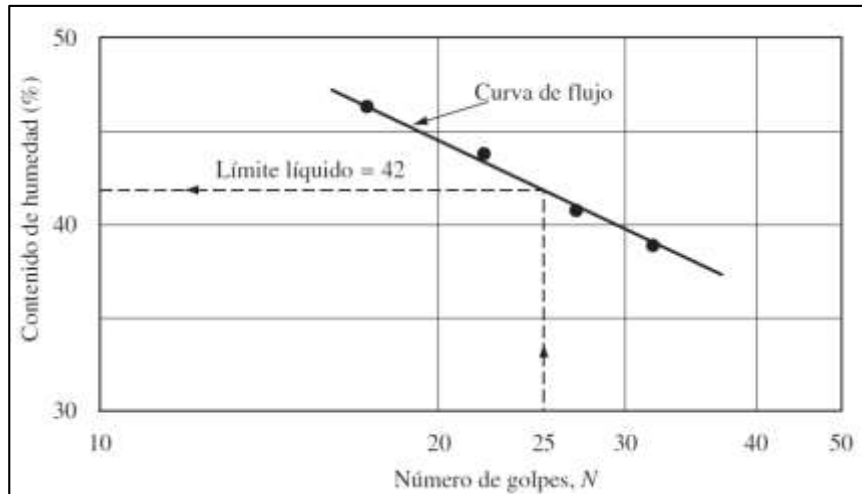


Figura 4. Curva de Flujo

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

Es muy importante acotar que el límite líquido aumenta en función de la disminución del tamaño de las partículas de suelo [10].

Límite Plástico

El límite plástico (LP) es el contenido de agua necesario para romper o desmoronar un rollito de suelo cuyo diámetro es aproximadamente 3 mm, además de ser la frontera entre los estados plástico y semi-sólido [10].

A medida que el tamaño de grano o partículas de suelo disminuyen, el límite plástico incrementa. Por medio de varias pruebas de laboratorio se determinó que al encontrar el límite plástico de un mismo suelo realizado por diferentes laboratoristas varía en un rango del 1 al 3% [9].

Índice Plástico

El índice plástico (IP) de un suelo cohesivo está definido como la diferencia numérica entre su límite líquido y su límite plástico [10].

En ciertos casos es imposible determinar el límite plástico de algunos suelos, o éste es mayor al límite líquido, dando como resultado un índice plástico negativo; a este tipo de suelos se determinan no plásticos (NP) [10].

Índice de Liquidez (IL)

O índice de fluidez, está definido por la relación entre la diferencia del contenido de humedad natural del suelo con su correspondiente valor de límite líquido y el índice de plástico, siendo un valor adimensional [12].

$$IL = \frac{W_{nat} - LP}{IP}$$

Donde:

- IL = Índice de liquidez
- W_{nat} = Contenido de humedad natural
- LP = Límite plástico
- IP = Índice plástico

Permite determinar la consistencia inicial del suelo, por lo que su valor oscila entre 0 y 1, pudiendo ser negativo en suelos muy secos [12].

1.1.3.3.8. Gravedad Específica

Gravedad específica (Gs) de un suelo es la relación entre el peso de un volumen de sólidos a una temperatura determinada y el peso del mismo volumen de agua libre de aire y a una misma temperatura [9].

Es necesario aclarar que el valor de la gravedad específica del agua decrece a en función del aumento o disminución de la temperatura [9].

Tabla 4. Valores Característicos de Gravedad Específica de los Suelos

Tipo de Suelo		Gravedad específica (G)
Inorgánico	Grava	2,65
	Arena gruesa a media	2,65
	Arena fina (limosa)	2,65
	Loess, polvo de piedra y limo arenoso	2,67
Inorgánico	Arena algo arenosa	2,65
	Limo arenoso	2,66
	Limo	2,67 – 2,70
	Arena arcillosa	2,67
	Limo arcillo arenoso	2,67
	Arcilla arenosa	2,70
	Arcilla limosa	2,75
	Arcilla	2,72 – 2,80
Orgánico	Limos con trazos de materia orgánica	2,30
	Lodos aluviales orgánicos	2,13 – 2,60
	Turba	1,50 – 2,15

Fuente: Djoenaidi (1985), Apud Bardet (1997)

1.1.3.3.9. Densidad de Campo

El ensayo de densidad de campo determina si el grado de compactación relativa del suelo se encuentra en óptimas condiciones. El método del cono y arena permite obtener el peso de suelo húmedo de una excavación algo irregular llamada “agujero” hecha en el terreno, así como el volumen del mismo a través de la arena de Ottawa cuya densidad es conocida [9].

$$\gamma_{Hum} = \frac{\text{Peso del suelo húmedo}}{\text{Volumen del agujero}}$$

La densidad seca del suelo en estado natural parte de la densidad de campo, pero además es necesario es necesario conocer el contenido de humedad (w) del suelo, debido a que esta última es inversamente proporcional a la densidad seca

$$\gamma_{seca\ in-situ} = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + w}$$

Tabla 5. Rangos Característicos de Densidad Seca in-situ

Tipo de suelo	γ_{seca} (g/cm ³)
Arena (limpia y uniforme)	1,330 – 1,890
Arena (limosa)	1,390 – 2,030
Arena (micácea)	1,220 – 1,920
Limo inorgánico	1,280 – 1,890
Arena (limosa y grava)	1,420 – 2,340
Arena (fina a gruesa)	1,360 – 2,210

Fuente: Mecánica de los suelos, MS Lambe

1.1.3.4. Clasificación de los suelos

Existen varios métodos y sistemas que permiten clasificar a los suelos, siendo estos: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO), el Sistema de la ASTM [9].

Todos los sistemas de clasificación de suelos mencionados están en función de los límites Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad) y análisis del tamaño de partículas [9].

1.1.3.4.1. Sistema de Clasificación AASHTO

En el sistema AASHTO los suelos se clasifican ubicándose en 7 grupos principales: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, algunos de estos tienen a su vez subgrupos.

Al realizar una clasificación general los 3 primeros grupos son denominados suelos granulares debido que el 35% o menos pasa el tamiz N° 200, mientras que 4 últimos son suelos limo-arcillosos ya que más del 35% pasa el tamiz N° 200.

En la tabla N°4 indica el sistema de clasificación AASHTO, en la que utiliza el límite líquido e índice plástico para la clasificación en grupos y subgrupos del suelo fino. Es importante mencionar que este sistema utiliza también un índice de grupo, con el objetivo de identificar diferentes suelos con distintas características dentro de un mismo grupo [9].

Tabla 6. Sistema de Clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
GRUPOS	A-1		A-3	A-2				A-A	A-5	A-6	A-7
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
Porcentaje de material que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido índice de			NO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Plasticidad	6máx	6 máx.	PLASTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

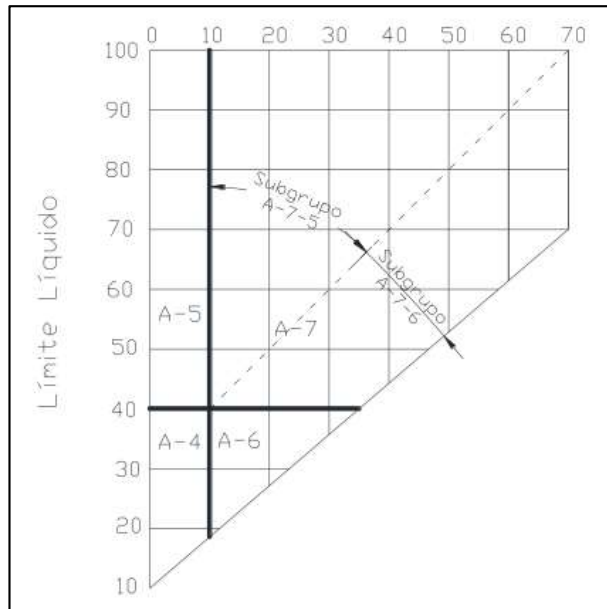


Figura 5. Rangos de Clasificación AASHTO

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

Rangos de límite líquido e índice de plasticidad para los grupos de suelos A-4, A-5, A-6 Y A-7.

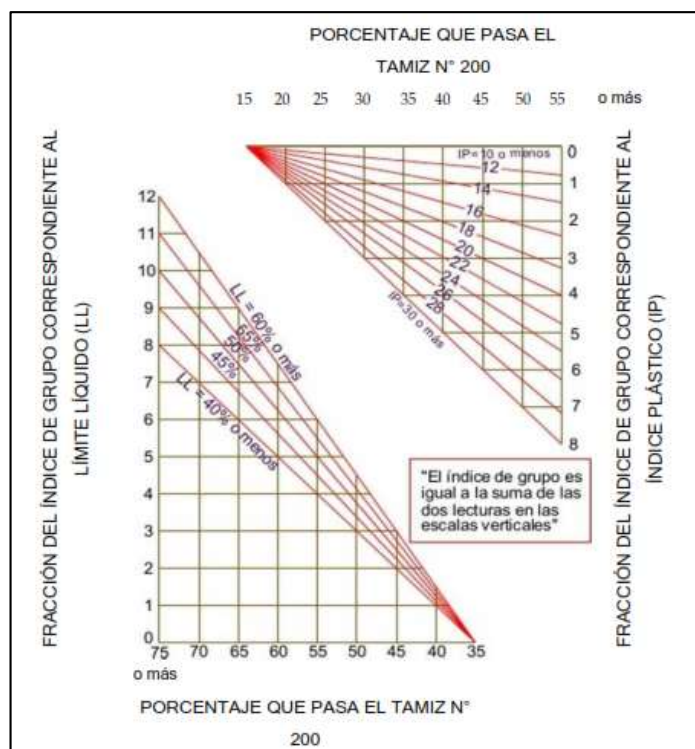


Figura 6. Índice de Grupo

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

1.1.3.4.2. Sistema de Clasificación SUCS

Este sistema detalla de una manera más amplia la clasificación de los suelos, dando mayor énfasis a la granulometría del mismo. En la tabla 7 se muestra la clasificación del suelo con el sistema Unificado de Clasificación de Suelos [9].

Gravas o arenas:

Si menos de 5% de material pasa el tamiz N° 200; se considera GW, GP, SW o SP, siendo G= grava; S=arena; W=bien graduada; P=pobremente graduada, los dos últimos en función del análisis granulométrico. Si más del 12% del material pasa el tamiz N° 200 se considera GM, GC, SM o SC, siendo M= limo; C=arcilla; determinando si es limo o arcilla en función de los límites Atterberg (límite líquido y plástico) de la fracción menor al tamiz N° 40 bajo los criterios de la carta de plasticidad (Figura 7). Si entre el 5% y 12% del material pasa el tamiz N° 200 se considera GW-GC, GW-GM, SW-SC, SW-SM, GP-GC, GP-GM, SP-SC, SP-SM [9]

Suelos de grano fino:

Si el mas del 50% de material pasa el tamiz N° 200 y los límites líquidos son menores que 50% se consideran: ML, OL ò CL, siendo O= suelos orgánicos, mientras que si los límites líquidos son superiores a 50% se consideran: MH, OH, ò CH; siendo H= mayor que 50% [9].

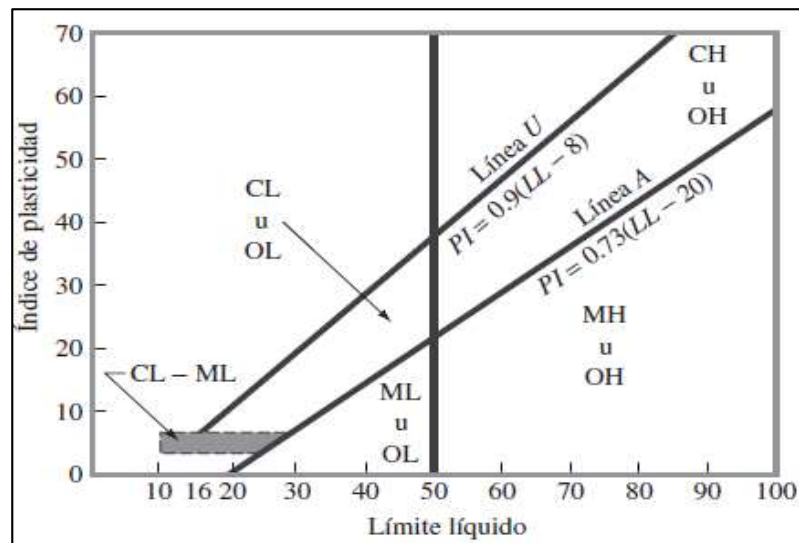


Figura 7. Rangos de Plasticidad para la Clasificación de Suelos según la SUCS

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

Tabla 7. Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos

Divisiones Mayores		Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para Suelos granulares		
Suelos de Grano grueso (más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N°. 4)	Gravas Limpias (Pocos o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezcladas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = 1 < D_{2330}/D_{10} \times D_{60} < 3$	
		Gravas Limpias (Pocos o ningún fino)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas grava - arena, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para GW	
			GM	Gravas limosas, mezcla grava arena- limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $A < 4 < I_p < 7$ se considera frontera y se asigna doble símbolo
		GC	Gravas arcillosas, mezcla grava - arena - arcillosa	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p > 7$		
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N°. 4)	Arenas Limpias (Poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = 1 < D_{2330}/D_{10} \times D_{60} < 3$	
			SP	Arenas pobremente graduadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de graduación para SW	
		Arenas con finos (Cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p < 4$	A los materiales sobre la línea A con $A < 4 < I_p < 7$ se considera frontera y se asigna doble símbolo
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o $I_p > 7$	
	Suelos de Grano Fino (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (Límite líquido WL <50)	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría. 2.-Dependiendo del porcentaje de fino puede clasificarse como: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP Mas del 12% - GM, GC, SM, SC de 5% a 12% - Casos de frente que requieren doble símbolo	
			CL	Arcillas inorgánicos de plasticidad baja a mediana, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas,		
OL			Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad			
Limos y arcillas líquido WL <50)		MH	Limos inorgánicos, suelos limosos arenosos finos, suelos elásticos			
		CH	Arcillas inorgánicos de alta plasticidad, arcillas grasas			
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos			
Suelos altamente orgánicos		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

1.1.3.5. Propiedades Mecánicas

1.1.3.5.1. Penetrómetro Dinámico de Cono

El ensayo del Cono Dinámico de Penetración (DCP) es un método de sondeo para conocer el subsuelo, espesor de los estratos y otras características del material. La profundidad del ensayo depende del tipo de suelo y así como del tipo de obra a realizar [10].

El ensayo DCP permite determinar la resistencia en situ de suelos no disturbados, compactados o ambos, estimar la capacidad estructural de las capas de un pavimento y del valor CBR (Relación de soporte de California) en campo [12].

A diferencia del ensayo CBR, este permite reducir tiempo y costo por la simplicidad de ejecución. Comúnmente se lo aplica en superficies horizontales, permitiendo evaluar las propiedades del material, hasta una profundidad de 1000 mm (39 in), en caso de ser mayor puede utilizar extensiones de barra de arrastre tomando en cuenta la fricción a lo largo de la misma [12].

El equipo consiste de un martillo deslizante de 8 kg que cae desde una altura de 575 mm a través de una barra de 16 mm de diámetro en cuyo extremo inferior tiene un cono de 60° que se va introduciendo en el suelo a medida que se suelta el martillo. La penetración del cono está dada en mm/golpe [12].

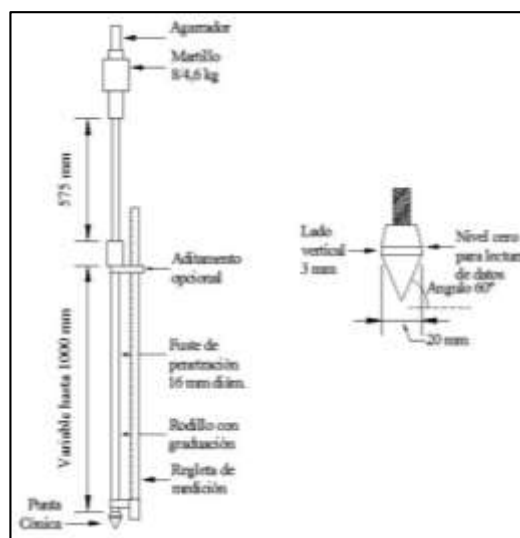


Figura 8. Equipo de Cono Dinámico de Penetración

Fuente: Norma ASTM- D 6951

La curva DCP

La curva DCP es una gráfica que indica el número de golpes acumulados en función de la penetración acumulada cuya unidad es mm/golpe. A través de la curva DCP se puede visualizar el número de estratos existente y sus pendientes, el cambio de pendiente determina la resistencia de cada estrato [12].

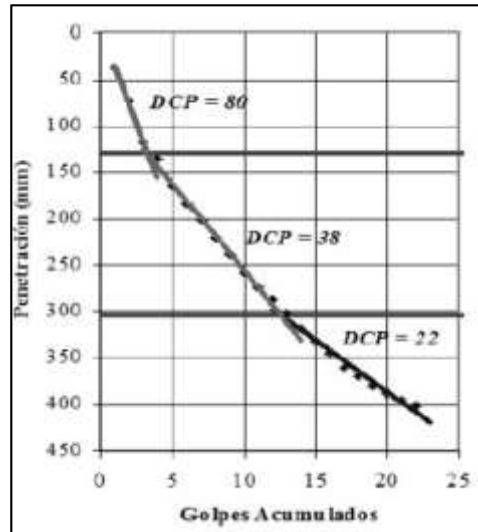


Figura 9. Curva DCP

Fuente: El Cono Dinámico de Penetración y su aplicación en suelos, Vizcaya, 2006

Diagrama Estructural

El diagrama estructural muestra la capacidad de soporte del pavimento en situaciones de tráfico liviano, mediano y pesado, la variación o la uniformidad depende mucho de las propiedades del material (o un cambio de estrato) [12].

Significado y uso

El ensayo DCP se utiliza en gran medida para conocer la resistencia en condiciones de campo, de los diferentes tipos de suelo estén estos compactados o en estado natural. Por medio de éste se puede estimar el valor de CBR in situ, establecer espesor de estratos y su resistencia, así como otras características del suelo [12].

EL peso del martillo de 8kg, produce una penetración excesiva en suelos blandos, por ello se lo utiliza para estimar la resistencia en suelo de partículas finas y gruesas, materiales granulares y suelos estabilizados o modificados [12].

Cuando el suelo está altamente estabilizado, cementado, o es de material granular con gran porcentaje de agregados mayores a 50 mm (2 in), no se puede utilizar el DCP de 8 kg. Si el ensayo se va a realizar en una capa subyacente o altamente compactada se debe realizar primeramente una perforación u orificio que sirva como punto de acceso [12].

1.1.3.5.2. Compactación

La compactación de los suelos permite mejorar las propiedades mecánicas del mismo, haciéndolas satisfactorias para obras de ingeniería. La importancia de la determinación de esta propiedad radica en el aumento de la resistencia y reducción de la capacidad de deformación a través del aumento de su peso específico al disminuir sus vacíos. Esta técnica se aplica comúnmente en rellenos artificiales, muelles, pavimentos etc. En el caso de tener suelo de material suelto es necesario compactar el terreno natural [10].

Los métodos y equipos utilizados están en función del tipo de material, por ello para suelos altamente friccionantes el mejor método de compactación es el vibratorio, mientras para suelos plásticos el método de carga estática [10].

Factores que afectan la compactación del suelo

La compactación de los suelos se ve afectada por una serie de factores, entre los principales son:

Tipo de suelo

El tamaño de las partículas y otras propiedades definen el tipo de suelo, así como el método y equipo adecuado para realizar la compactación.

Energía de Compactación

Es la energía proporcionada al suelo por unidad de volumen durante la compactación a través de repetidos golpes de un pistón normalizado, está relacionada directamente con el número de capas, el número de golpes en cada una, el peso del martillo y la altura de caída del mismo [10], está representada por la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{NnWh}{V}$$

Donde:

E_c =Energía de Compactación

W =Peso del Pistón

h =Altura de Caída

N =Número de capas

V =Volumen del suelo compactado

Contenido de Humedad

La cantidad de agua en el suelo durante la compactación es el principal factor para alcanzar un máximo peso específico por lo que se observa que el peso específico crece a medida que aumenta el contenido de humedad, llegando a un límite llamado contenido de humedad óptima, con la cual alcanza un peso específico seco máximo, a partir de ese punto con el aumento de agua el peso específico decrece [10].

Los valores de peso específico seco son mayores cuando el ensayo se realiza en suelo relativamente seco y no húmedo. Esto debido a que las partículas de suelo seco absorben el agua manteniendo una humedad superficial mayor a la interna, mientras que en suelos húmedos la cantidad de agua disminuye por efecto de la evaporación durante la ejecución de la prueba [10].

Para realizar la curva de compactación es necesario 5 puntos bien espaciados, por ello es recomendable iniciar el ensayo con una humedad de entre 4 y 5 % menor al contenido de humedad óptimo. Añadiendo en cada ensayo sucesivo alrededor del 2% de humedad por peso, ubicándose el último punto entre un 4 y 5 % del pico de la curva. Es posible estimar el contenido de humedad óptimo agregando agua a cierta cantidad de suelo en la mano, hasta una consistencia en que el suelo se deforme dejando la huella de los dedos cada vez que se somete a un esfuerzo de amasamiento promedio, y que el suelo moldeado de esta manera se resiste al rompimiento en pedazos [9].

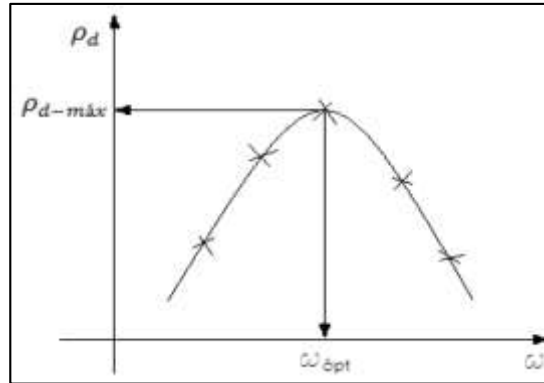


Figura 10. Curva de Compactación

Fuente: Compactación de suelos, Armas Novoa, 2016

El límite líquido al ser también un contenido de humedad interviene en el tipo de curva resultante como lo muestra la figura 12, correspondiendo la curva A, a suelos cuyo LL esta entre 30 y 70, la curva B y C corresponde a suelos cuyo LL es inferior a 30 y la curva D no tiene un pico definido, las curvas C y D con poco comunes y corresponden a suelos cuyo LL aproximadamente mayor a 70 [11].

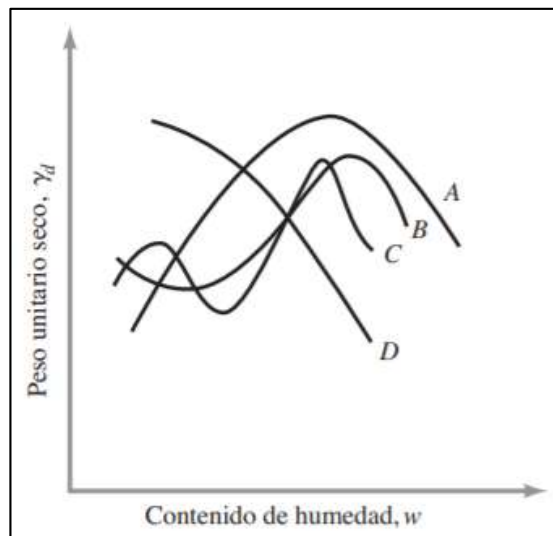


Figura 11. Tipos de curvas de compactación encontradas en suelos

Fuente: Compactación de suelos, Armas Novoa, 2016

Al momento de realizar el ensayo, por lo general se reutiliza la muestra de suelo para obtener todos los puntos de la curva, a ello se denomina “recompactación”, esto trae como consecuencia que los pesos específicos obtenidos sean mucho mayores que al realizar con muestra virgen para cada punto de la curva de compactación [10].

1.1.3.5.3. Próctor Modificado

El ensayo consiste en compactar el suelo en cinco capas, dentro del molde especificado por la norma, a través de repetitivos golpes de un pistón especificado, que cae libremente a una altura definida. Esta prueba es aplicable únicamente en suelos finos plásticos, o que contienen una porción considerable de estos [10].

El ensayo del próctor modificado determina un valor mayor de peso específico seco máximo y menor contenido de humedad que el próctor estándar, ya que poseen algunas diferencias, la misma que están establecidas por la AASHTO T180 mostrada en la tabla 8 [13].

Tabla 8. Comparación Próctor Estándar y Modificado

	T -99	T - 180
Volumen del molde , m3	Método A, C:0,000943 ±0,000008	Método A, C:0,000943 ±0,000008
	Método B, D C:0,002124 ±0,000021	Método B, D:0,002124 ±0,000021
Diámetro del molde, mm	Método A, C: 101,6 ±0,41	Método A, C: 101,6 ±0,41
	Método B, D: 152,4 ±2,54	Método B, D: 152,4 ±2,54
Altura del molde, mm	116,43 ±0,13	116,43 ±0,13
Altura del collar desmontable, mm	50,80 ±0,64	50,80 ±0,64
Diámetro del pistón, mm	50,8	50,8
Masa del pistón, kg	2,495	4,536
Altura de caída	305	457
Capas	3	5
Golpes por capas	Método A, C: 25	Método A, C: 25
	Método B, D:56	Método B, D:56
Tamaño del material, mm	Método A, C: mínimo 4,75	Método A, C: mínimo 4,75
	Método B, D: mínimo 19,0	Método B, D: mínimo 19,0
Tamaño de la muestra, Kg	Método A: 3 Método A: 5(1)	Método A: 7 Método A: 11(1)
Energía KN -m / m ³	592	2693

Fuente: AASHTO T-180

El método A o B se aplica en suelos que tienen un 40 por ciento o menos de partículas retenidas en el tamiz No. 4 (4.75 mm), y el método C o D si el 30 por ciento o menos de las partículas de suelo son retenidas en el tamiz ¾ in (19 mm). El material retenido en los tamices mencionados se considera que sus partículas son de gran tamaño, por lo cual en ciertos casos es necesario realizar una corrección de la densidad seca máxima y el óptimo contenido de humedad [13].

Tabla 9. Próctor Modificado Especificaciones

ENSAYO: Modificado AASHTO T – 180 y ASTM D1557				
Pisón: Martillo cilíndrico de 10 lb				
Impacto: Altura de Caída de 18"				
MÉTODOS	A	B	C	D
Diámetro del molde	4"	6"	4"	6"
Número de capas	5	5	5	5
Número de golpes	25	56	25	56
Volumen estándar	1/30 ft ³	1/13,33 ft ³	1/30 ft ³	1/13,33 ft ³
Energía de Compactación	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³	2700 kNm/m ³

Fuente: AASHTO T-180

La curva de compactación está definida en el eje de las abscisas el contenido de humedad en porcentaje, mientras en el eje de las ordenadas la densidad seca. Indica como el esfuerzo de compactación va incrementando hasta un cierto contenido de humedad (llamado óptimo) y a partir del mismo va decreciendo [9].

Las muestras necesarias para la determinación del contenido de humedad son dos, las mismas que deben ser tomadas; una en la parte superior del molde y otra en la parte inferior, cuya cantidad de material sea representativa (más o menos 100 g) [10].

Errores posibles en el ensayo de compactación

Los resultados del ensayo se ven afectados en gran medida por algunos errores cometidos en la realización del mismo.

- La destrucción incompleta de los grumos del suelo, así como su mezclado con el agua.
- No repartir uniformemente los golpes con el martillo en la muestra.

- Las muestras tomadas para el contenido de humedad no sean representativas del material compactado.
- No determinar los puntos suficientes que permiten definir correctamente la curva de compactación.
- Usar la misma muestra para todo el ensayo [10].

1.1.3.5.4. Ensayo CBR

El ensayo CBR (Californi Baring Ratio) determina la resistencia a corte de un suelo, cuyas condiciones de densidad y humedad son conocidas, además permite medir la capacidad de la sub-rasante o del material utilizado como base y sub-base [9].

- Muestra

El material a ensayar debe ser tomado bajo los procedimientos del ensayo de próctor, sea este estándar o modificado. Si toda la muestra de suelo pasa el tamiz $\frac{3}{4}$ in (19 mm), se utiliza toda la gradación, si un porcentaje de la muestra es retenida en dicho tamiz, de debe retirar y reemplazar por un igual [14].

En lo referente al número de muestras el ensayo requiere tres, las mismas que van a ser compactadas en 3 o 5 capas, con 11, 27 y 56 golpes del martillo.

- Remojo

Realizar el ensayo CBR en muestra saturada permite determinar la expansión o hinchamiento del suelo, así como considerar la saturación del suelo en campo [9].

Para determinar lo mencionado, se debe colocar una sobrecarga que representa la masa de las capas de base, sub-base y el pavimento, esta no será menor a 4.54 kg [14].

La norma AASHTO T 193-13 establece colocar las muestras en remojo por 96 horas, las mismas que deben estar totalmente cubiertas permitiendo el acceso libre del agua arriba y abajo del molde, el nivel de agua sobre el molde debe ser aproximadamente 25mm [14].

El tiempo más corto que las muestras deberán estar sumergidas no será menor a 24 horas, esto en suelos no expansivos, mientras los suelos arcillosos pueden requerir un tiempo de remojo mayor a 4 días [14].

- **Prueba de penetración,**

El CBR se obtiene a través de la relación de la carga unitaria (lb/plg²) que se requiere para alcanzar una profundidad de penetración del pistón dentro de una muestra de suelo cuyas condiciones de humedad y densidad están dadas con respecto a la carga patrón requerido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado [9].

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \times 100\%$$

Determinando que el valor CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón.

Tabla 10. Relación Carga Unitaria Patrón - Penetración

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	Penetración (MPA)	Carga Unitaria (PSI)
2,5	0,10	6,9	1,000
5,0	0,20	10,3	1,500
7,5	0,20	13,0	1,900
10,0	0,30	16,0	2,300
12,7	0,50	18,0	2,600

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

El ensayo se realiza en una máquina se penetración, cuya deformación unitaria es de 1.27 mm/min. Los valores tomados serán cada 0.5 mm hasta los 5 mm y cada 2.5 mm hasta una profundidad de 12.7 mm (0.5 in) [9].

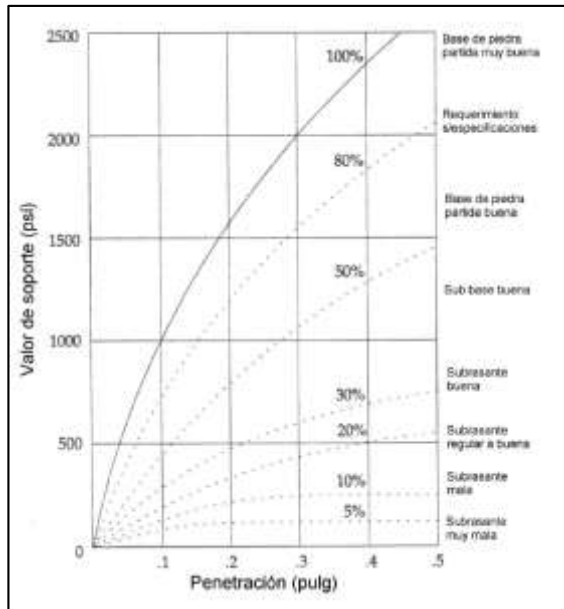


Figura 12. Curva CBR para distintos suelos

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El valor CBR permite también establecer el comportamiento y resistencia de los suelos utilizados como subrasante, base y sub-base, en función del tipo de suelo, como lo muestra la tabla 11 [9].

Tabla 11. Clasificación típica de los suelos en función del valor CBR

No. CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			Unificado	AASHTO
0-3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3-7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7-20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20-50	Bueno	Base, Sub base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Bae	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

1.1.3.6. Definiciones estadísticas

- **Media Aritmética**

Es un valor promedio de la muestra tomada, es el método más utilizado para representar las características del conjunto de datos de la muestra [17].

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

- \bar{x} = Media aritmética
- $\sum x_i$ = Sumatoria de los datos
- n = Total de datos

- **Varianza**

Es una medida de dispersión, de echo una de las más utilizadas. Está definida como la media aritmética de los cuadrados de las diferencias entre valores que toma la variable y su media aritmética [17].

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}$$

Donde:

- S^2 = Varianza
- $\sum x_i$ = Sumatoria de los datos
- \bar{x} = Media aritmética
- n = Número de datos

- **Desviación Típica**

Es la medida de dispersión más aplicada, fácil de determinar ya que está definida como la raíz cuadrada de la varianza [17].

$$s = +\sqrt{S^2}$$

Donde:

- S = desviación típica
- S^2 = varianza

- **Covarianza**

Permite determinar la variación conjunta de dos o más variables. Está definida como la media aritmética del producto de las desviaciones entre los valores que toman las

variables y sus correspondientes medias aritméticas, tomando signo positivo o negativo, mismo que indica el tipo de relación [17] .

$$\text{Cov} = \frac{\sum x_i * y_i}{n} - \bar{x} * \bar{y}$$

Donde:

- Cov = Covarianza
- n = Número de datos
- \bar{x}, \bar{y} = Medias aritméticas.

1.1.3.6.1. Correlación

La regresión es una correspondencia o relación entre dos o más variables, estudia el grado y sentido de la asociación entre varias variables. Por medio del diagrama de dispersión se puede encontrar la forma de la curva que mejor se aproxime a los datos, entre las cuales se tiene: línea recta, parábola o curva cuadrática, curva cubica, curva cuartica, curva de grado n; aunque en la práctica también se utilizan la hipérbola, curva exponencial, geométrica, curva de Gompertz entre otras. Todas las variables son aleatorias por lo que se mide la covarianza de estas [18].

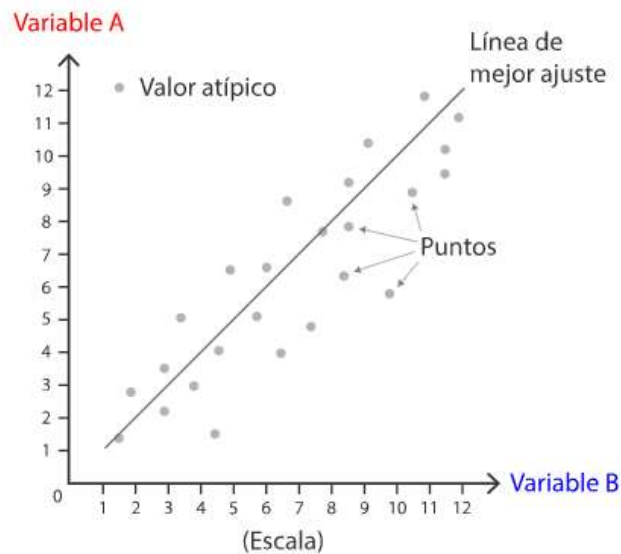


Figura 13. Diagrama de Dispersión

Fuente: Estadística y muestreo, Ciro Martínez

1.1.3.6.2. Correlación lineal

Ésta se da cuando se tiene únicamente dos variables, una independiente o predictoria y otra dependiente o respuesta. Al correlacionar ambas variables, la recta que mejor se ajuste a los datos es la que minimiza las diferencias al cuadrado de los puntos con respecto a la recta de ajuste, por ello si la variable dependiente es directamente proporcional a la variable independiente la correlación es positiva o directa, mientras si es inversamente proporcional la correlación es negativa o indirecta.

1.1.3.6.3. Correlación Múltiple

La correlación múltiple es cuando se tiene una variable dependiente y varias independientes, resultando una suma algebraica de las variables independientes ponderadas por su coeficiente beta como se muestra en la siguiente expresión: [16]

$$y = a + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_n X_n$$

La correlación múltiple (R), determina un coeficiente beta para cada variable independiente [16].

1.1.3.6.4. Correlación por medio de los mínimos cuadrados

El punto de partida es una correlación a través de una ecuación lineal; $y=ax+b$, donde los coeficientes a y b son determinados por a través de la técnica de mínimos cuadrados en un sistema de ecuaciones [18].

El método de mínimos cuadrados fija distintos valores de la variable independiente que permite encontrar el valor de la variable dependiente, formando una serie de puntos que deberán ajustarse a una línea recta. Los coeficientes a y b se determinan a través de las siguientes expresiones:

$$a = \frac{n(\sum X_i Y_i) - (\sum X_i) - (\sum Y_i)}{n(\sum X_i^2) - (\sum X_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum Y_i) - a(\sum X_i)}{n}$$

Error Típico de estimación

Si el valor estimado de la variable dependiente representa el valor obtenido mediante la ecuación de la recta para valores dados de la variable independiente, por lo que el error estimado viene dado por:

$$S_{X.Y} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y_{est})^2}{N}}$$

De igual manera puede dar el error estándar de estimación de la variable independiente sobre la variable dependiente.

Coefficiente de correlación

Para determinar el grado de relación entre las variables, se utiliza un coeficiente de correlación (r) desarrollado por Pearson, el cual se calcula como la razón de la covarianza entre las variables y la raíz del producto de sus varianzas, lo anterior se muestra en la siguiente fórmula [15]:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

El valor del coeficiente de correlación se encuentra en el rango de [-1.1] por lo que sí:

r=0 No hay correlación entre las variables propuestas.

r= -1 La correlación es perfecta y negativa.

r= 1 La correlación es perfecta y positiva.

r= [-0.5, 0.5] La correlación es mala.

1.1.3.7. Diseño estructural del pavimento flexible

1.1.3.7.1. Pavimento Flexible

Un pavimento flexible está formado por un conjunto de capas siendo éstas: la de rodadura, base y sub-base, las mismas que colocan sobre la subrasante. En este tipo de

pavimentos la capa de rodadura permite que las cargas vehiculares se distribuyan uniformemente hacia las demás capas a través de características de fricción y cohesión de las partículas de los materiales. [17]

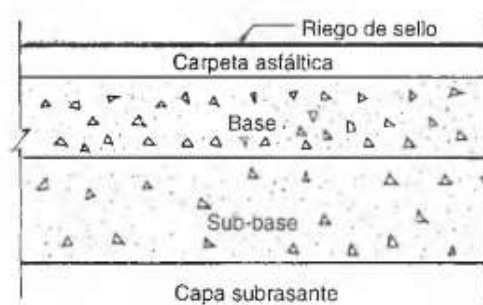


Figura 14. Capas que forman en general un pavimento flexible

Fuente: Estructuración de vías terrestres, Fernando Olivera Bustamante

1.1.3.7.2. Capa base de material granular

Para la determinación del material granular que va a formar la capa base, este debe pasar por el ensayo de abrasión, en el cual el desgaste de las partículas gruesas no sea mayor a 40%, el límite líquido debe ser menor a 25, índice de plasticidad menor a 6y el valor CBR igual o mayor al 80%. [20]

Tabla 12. Recomendaciones para uso de material base

Material Especificado	Tipo de Carretera	No. Carriles	TPDA
Base Clase 1	Para usos principalmente en aeropuertos y carreteras con intenso nivel de tráfico	8 a 12	>50.000
Base Clase 2	Carreteras de 2 hasta 6 carriles con un ancho mínimo por carril de 3.65 m. Se incluye franja central desde 2 a 4 m.	2 a 6	8.000 - 50.000
Base Clase 3	Vías internas de urbanizaciones con bajo nivel de tráfico.	2 a 4	1.000 - 8.000
Base Clase 4	Caminos Vecinales	2	< 1.000

Fuente: MTOP -003-2013

Base class 1

Está formada por agregados gruesos y finos, triturados en un 100%, con una distribución granulométrica uniforme dentro de los límites establecidos en la tabla 13. [20]

Base class 2 y 3

La base clase 2 y 3 están formadas por fragmentos de roca o grava triturada, en la base clase 2 el agregado grueso deberá estar triturado por lo menos 50% en peso, mientras en la base clase 3 al menos el 25%. La distribución granulométrica debe ser uniforme dentro de los límites establecidos en la tabla 13. [20]

Base class 4

Está formada por agregados triturados o cribados de piedras fragmentadas naturalmente o gravas. La distribución granulométrica debe ser uniforme dentro de los límites establecidos en la tabla 13. [20]

Tabla 13 Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para base clase 1, 2, 3 y 4

Tamiz		BASE CLASE 1		BASE CLASE 2	BASE CLASE 3	BASE CLASE 4
Pulgadas	Milímetros	TIPO A	TIPO B			
2"	50 mm	100	100	100	100	100
1 ½	37.5 mm	70 - 100	70 - 100	70 - 100		
1"	25 mm	55 - 85	60 - 90	55 - 85	70 - 100	
¾ "	19 mm	50 - 80	45 - 75	47 - 75	60 - 90	60 - 90
3/8 "	9.5 mm	35 - 60	30 - 60	35 - 65	40 - 75	
Nº 4	4.75 mm	25 - 50	20 - 50	25 - 55	30 - 60	20 - 50
Nº 10	2 mm	20 - 40	10 - 25	15 - 45	15 - 45	
Nº 40	0.425 mm	10 - 25	2 - 12	5 - 25	10 - 30	
Nº 200	0.075 mm	2 - 12		0 - 10	0 - 15	0 - 15

Fuente: MTOP -003-2013

1.1.3.7.3. Capa Sub base material granular

Para la determinación del material granular que va a formar la capa base, este debe pasar por el ensayo de abrasión, en el cual el desgaste de las partículas gruesas no sea

mayor a 50%, el límite líquido debe ser menor a 25, índice de plasticidad menor a 6y el valor CBR no será menor de 30% [20].

Sub base clase 1

Es la mezcla de partículas gruesas originadas por la trituración de la grava o roca y arena natural o partículas trituradas, la trituración de las partículas gruesas no será menor del 30%, de esa manera alcanza la distribución granulométrica especificada [20].

Sub base clase 2

Es la mezcla de partículas gruesas originadas por la trituración o cribado de grava o partículas fragmentadas naturalmente y arena natural o partículas trituradas, la trituración de las partículas gruesas no será menor del 30%, de esa manera alcanza la distribución granulométrica especificada [20].

Sub base clase 3

Es la mezcla de partículas gruesas originadas por el cribado de grava o roca y arena natural o partículas finamente trituradas para alcanzar la distribución granulométrica especificada [20].

Tabla 14. Áridos para Sub-Base

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada		
	CLASE 1	CLASE 2	CLASE 3
3" (76.2 mm)			100
2" (50.4 mm.)		100	-----
1 1/2 (38,1 mm.)	100	70 - 100	-----
Nº 4(4.75 mm.)	30 - 70	30 - 70	30 - 70
Nº 40 (0.425 mm.)	10 - 35	15 - 40	-----
Nº 200 (0.075 mm.)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

Fuente: MTOP -003-2013

1.1.3.7.4. Capa de Rodadura

Se encuentra en contacto directo con el ambiente, por lo cual los materiales destinados para el diseño de esta capa deben ser resistentes y de alta calidad para soportar el interperismo, se encuentra diseñada para soportar directamente las cargas de tránsito para luego transmitir las a las capas inferiores [20].

1.1.3.7.5. Diseño Estructural del Pavimento Flexible

1.1.3.7.5.1. Análisis del Tránsito

El diseño de una carretera se debe realizar a partir de datos reales de tráfico, es decir el número de vehículos y peatones que circulan o circularán por ella en función del periodo de diseño. La medición de del tránsito se lo realiza de forma manual y automática. [18]

Composición

Es importante conocer el tamaño y peso de los vehículos, por ello el Ministerio de Transporte y Obras públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, que en parte son equivalentes a los determinados por la AASHTO.

- Vehículo liviano (A): motocicletas, automóviles, camionetas y pickups, con capacidad máxima de 8 personas y eje trasero de una rueda.
- Vehículo pesado: camiones, buses, semirremolques y remolques cuyo peso es mayor a cuatro toneladas y tiene el eje trasero doble llanta.
- Buses y Busetas (B): transporte de pasajeros.
- Camiones (C): utilizado para trasportar carga, puede ser de dos ejes (C-1), tres ejes (C-2) y cuatro y cinco ejes (C-3).
- Remolque (R): formado por dos diferentes chasis, el segundo soporta únicamente la carga. [18]

Volumen

- **Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA):** es el número de vehículos que circulan durante un año dividido por 365 días, es decir el tránsito promedio por día. Es muy importantes ya que permite dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la vía. El TPDA es propio para cada sentido de circulación. [18]
- **Volumen Horario Máximo Anual (VHMD):** es la hora de mayor demanda vehicular dentro del año calendario.
- **Volumen Horario Máximo Demanda (VHMD):** es el mayor número de vehículos que pasa por la vía durante 60 min.

Tránsito Futuro

Para determinar el tránsito futuro (TF) es necesario conocer el tránsito actual (Ta), el mismo que corresponde a la suma del: tránsito generado (20% del TPDA actual), tránsito atraído (20% del TPDA actual), y el tránsito desarrollado (5% del TPDA actual).

El tránsito futuro además del tránsito actual toma en cuenta el periodo de diseño de la carretera (n) y un índice de crecimiento vehicular (i), calculándose con la siguiente formula:

$$TF = Ta * (1 + i)^n$$

Tabla 15. Índice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipos de Vehículo		
	Liviano	Buses	Camiones
2010-2015	4,47	2,22	2,18
2015-2020	3,97	1,97	1,94
2020-2025	3,57	1,78	1,74
2025-2030	3,25	1,62	1,58

Fuente: MTOP-001-F-2003

1.1.3.7.5.2. Diseño de la estructura de pavimento método AASHTO 1993

El método establecido por la AASHTO permite obtener el parámetro denominado número estructural (SN), mismo que es utilizado para determinar el espesor de las capas que conforman el pavimento. Además este método contempla la capacidad de soporte del suelo, el tráfico, el uso y condiciones ambientales [24]. Se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9,36 \log(SN+1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4,2-1,5}\right)}{0,40 + \left(\frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}\right)} + 2,32 * \log(Mr) - 8,07$$

Donde:

- W_{18} = Número de cargas de ejes equivalente de 80KN
- Z_r = Desviación estándar normal
- S_0 = Desviación estándar global
- SN = Número estructural
- ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad
- M_r = Módulo de resiliencia

- **Periodo de Diseño:** está definido como el periodo de tiempo que durará una estructura inicial, antes de alcanzar su serviciabilidad terminal, el tiempo será contado a partir de la apertura de la vía al tráfico hasta que la serviciabilidad se reduce a 2.50 o 2.00 [25].

Tabla 16. Periodo de diseño de acuerdo al tipo de Vía

Clasificación de la Vía	Periodo de Análisis (Años)
Urbana de Alto Volumen de Tráfico	30-50
Rural de Alto Volumen de Tráfico	20-50
Pavimento de bajo Volumen de Tráfico	15-25
No pavimentada de Bajo Volumen de Tráfico	10-20

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

- **Trafico Equivalente (W18):** transforma el total de las cargas transmitidas por los distintos tipos de vehículos pesados a la capa de rodadura, transformándola a una carga equivalente de 18 kip [25].

Tabla 17. Factor de Distribución por Carril

Número de carriles en una dirección	% del W18 en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

- **Niveles de confiabilidad “R”:** está definido como la probabilidad de que la serviciabilidad del pavimento se mantenga durante su periodo de diseño bajo condiciones de tráfico y medio ambiente, esta característica está asociada al tipo de carretera y la zona donde está ubicada. El valor R está directamente relacionado estadísticamente con el coeficiente de desviación estándar normal (Z_r), mediante el cual se puede obtener un valor de R a través de la desviación estándar.

Tabla 18. Niveles de Confiabilidad

Clasificación funcional	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de 1er Orden	80 - 90	75 - 95
Carreteras de 2do Orden	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales o locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

- **Desviación Estándar Normal z_r :** se encuentra directamente asociada estadísticamente con el nivel de confiabilidad R [26].

Tabla 19. Desviación Estándar Normal

Confiabilidad	Z_r	Confiabilidad	Z_r
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

- **Desviación Estándar Global “S₀”:** se encuentra directamente asociada con el nivel de confiabilidad R. Este factor representa las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la determinación del tráfico futuro [26].
- **Índice de Serviciabilidad “ΔPSI”:** este valor está obtenido bajo las medidas de rugosidad y daños, la rugosidad es la que más influye en el Índice de Serviciabilidad, además indica el estado de la carretera [26].

$$\Delta PSI = PSI \text{ inicial} - PSI \text{ final}$$

Donde:

- ΔPSI = diferencia entre los índices inicial y final
- PSI inicial = índice de servicio inicial (pavimento rígido 4,5 y para pavimento flexible 4,2)
- PSI final = índice de servicio terminal (camino secundario 2,0 y para principal 2,5 – 3)

Tabla 20. Característica Índice de Serviciabilidad

Índice de serviciabilidad	Calificación
0 – 1	Muy mala
1 – 2	Mala
2 – 3	Regular
3 – 4	Buena
4 - 5	Muy buena

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

✓ **Módulo resiliente de la subrasante**

El módulo de resiliencia es la relación del esfuerzo desviador repetido aplicado en compresión triaxial y la deformación axial recuperable, por lo que directamente está relacionado con un proceso reiterado de carga.

El módulo resiliente o módulo elástico es determinado a través de ensayos de laboratorio sobre muestras representativas bajo condiciones de humedad y esfuerzos. Como alternativa se puede correlacionar con otras propiedades del suelo como: contenido de arcilla, humedad, índice plástico, CBR entre otros. [19]

1. $Mr (PSI) = 1500 * CBR$, se aplica para $CBR < 10\%$ (AASHTO)
2. $Mr (PSI) = 3000 * CBR^{0.65}$, se aplica para CBR entre $10 - 20 \%$ (desarrollada en Sudáfrica)
3. $Mr (PSI) = 4326 * Ln (CBR) + 24$, se aplica para suelos granulare

✓ **Espesor de Capa**

La altura de las capas que forman la estructura del pavimento está en función del Número Estructural NE. La norma AASHTO establece una ecuación sencilla para determinar el espesor de cada capa. [19]

$$NE = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 = Coeficientes de capa representativos de la superficie

D_1, D_2, D_3 = Espesores reales en pulgadas

m_2, m_3 = Coeficientes de drenaje

La ecuación representada no tiene una solución única ya que diferentes valores de espesor de capa satisfacen la igualdad. El espesor de las capas de un pavimento flexible siempre debe ser aproximada a ½ pulgada.

Tabla 21. Espesores mínimos de las capas de un pavimento flexible

Trafico, ESAL's	Concreto Asfáltico	Base de Agregados
menos de 50,000	1.0 (o tratamiento superficial)	4
50,001-150,000	2.0	4
150,001-500,000	2.5	4
500,001-2,000,000	3.0	6
2,000,001-7,000,000	3.5	6
mayor que 7,000,000	4.0	6

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

Coefficientes estructurales a_1, a_2 y a_3

Están directamente relacionados con la capacidad de soporte de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido, para poder determinar estos coeficientes se utiliza los siguientes ábacos, a partir del valor del módulo de elasticidad del asfalto [26].

✓ Coeficientes Estructurales a₁

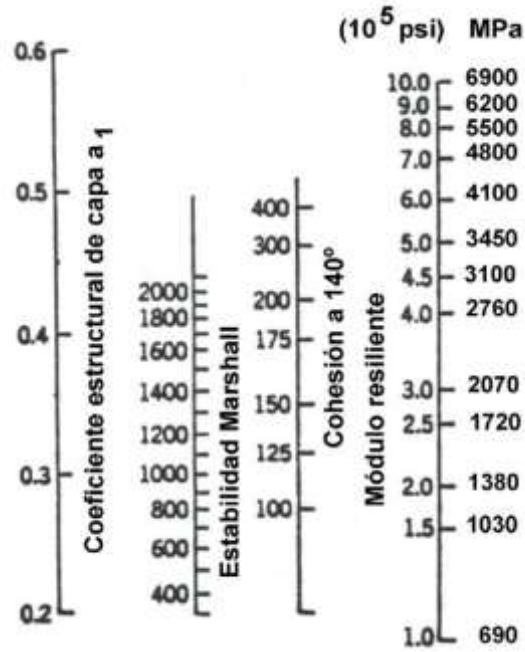


Figura 15. Ábaco para Estimación de Coeficiente a₁

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

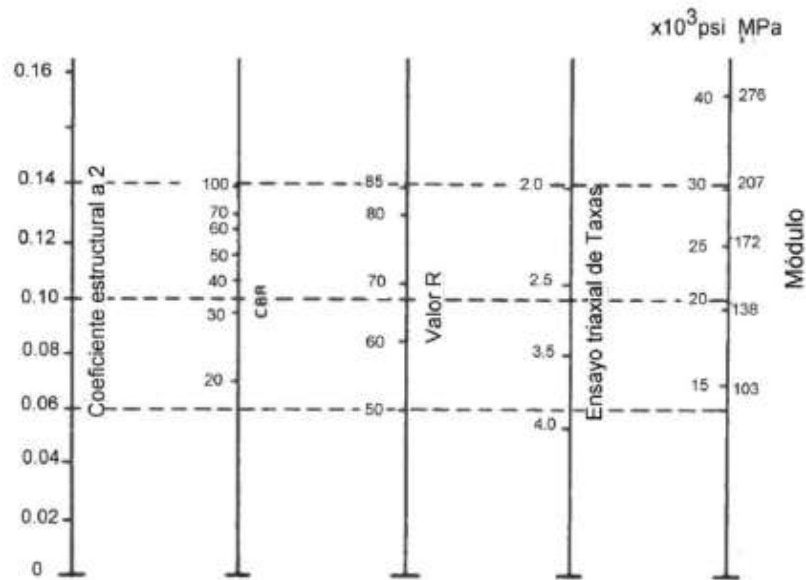


Figura 16. Ábaco para la estimación de Coeficiente a₂

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

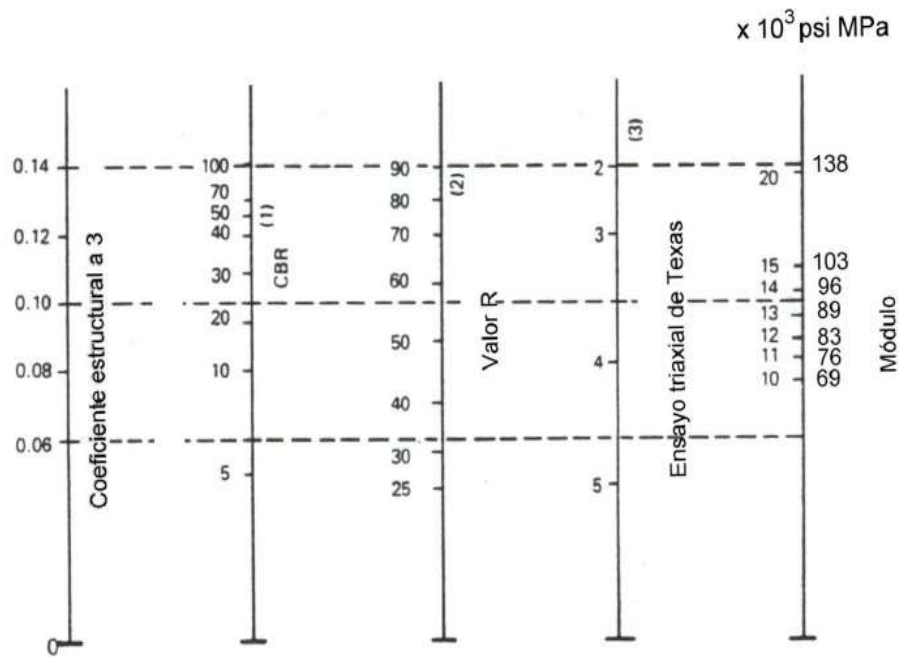


Figura 17. Ábaco para la estimación del coeficiente a3

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

✓ **Coefficiente de drenaje**

Para determinar la capacidad de drenaje, es necesario determinar el tiempo en que el agua demora en ser eliminada de la capa de base y sub-base, por ellos la AASHTO establece la calidad del drenaje en función del tiempo, como lo muestra la tabla 15.

[19]

Tabla 22. Capacidad de drenaje

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

Además, establece coeficientes de drenaje (m_2 , m_3), que describen los niveles de humedad próxima a la saturación del suelo. [19]

Tabla 23. Coeficiente de drenaje

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1,00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

Fuente: Guía AASHTO 93 para el diseño de estructuras de pavimentos

1.1.4. Hipótesis

La correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, arrojarán un coeficiente de correlación mayor a 50%.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objeto General

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del Cantón Ambato. Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del cantón Ambato.
- Obtener las correlaciones experimentales entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.

- Obtener la correlación experimental entre el factor DCP y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados.
- Aplicar los valores de las correlaciones obtenidas en el diseño de un pavimento flexible.
- Realizar una zonificación general de los diferentes tipos de suelo parroquias Pasa y San Fernando.

CAPÍTULO II

METODOLOGIA

2.1. Niveles de investigación

2.1.1. Investigación Experimental

El valor de CBR es un factor de gran importancia en el diseño de un pavimento flexible, así como en la determinación de la resistencia del suelo que trabaja como subrasante, por ello se pretende correlacionarlo con las propiedades índice y mecánicas del suelo que permitan obtener este valor de una manera mucho más rápida, además con resultados confiables.

2.1.2. Investigación de laboratorio

La investigación se desarrolla en gran medida en el laboratorio de suelos de la Carrera de Ingeniería Civil con la realización del ensayo CBR y otros que permiten determinar las propiedades granulométricas, plásticas, densidades, así como las características y tipos de suelo.

2.1.3. Investigación analítica

Una vez realizadas las correlaciones entre el CBR y las diferentes variables de estudio, se procederá al análisis del grado de correlación de las mismas, con el objetivo de determinar cuáles son las propiedades del suelo que mayormente se correlacionan con el CBR.

2.1.4. Investigación de campo

La determinación de la densidad húmeda mediante el cono y arena de Ottawa, así como el ensayo DCP que permite encontrar el nivel de resistencia del suelo fueron son realizados en situ.

2.2. Población y Muestra

2.2.1. Población

La población que se estableció para el proyecto experimental es el universo de los suelos granulares de la zona andina de las parroquias rurales del cantón Ambato como son las parroquias de Pasa y San Fernando.

La parroquia rural de San Antonio de Pasa cuenta con una extensión de 4884 ha, de las cuales el 44.98 % es paramo, la altitud varía entre 2713 msnm y 4465 msnm, cuya temperatura media anual oscila entre los 13.3 °C y 26.3 °C en la zona media, mientras en la zona alta varían entre 11.7 °C y 19 °C, con mínimo de 4°C, en las dos zonas. [21]

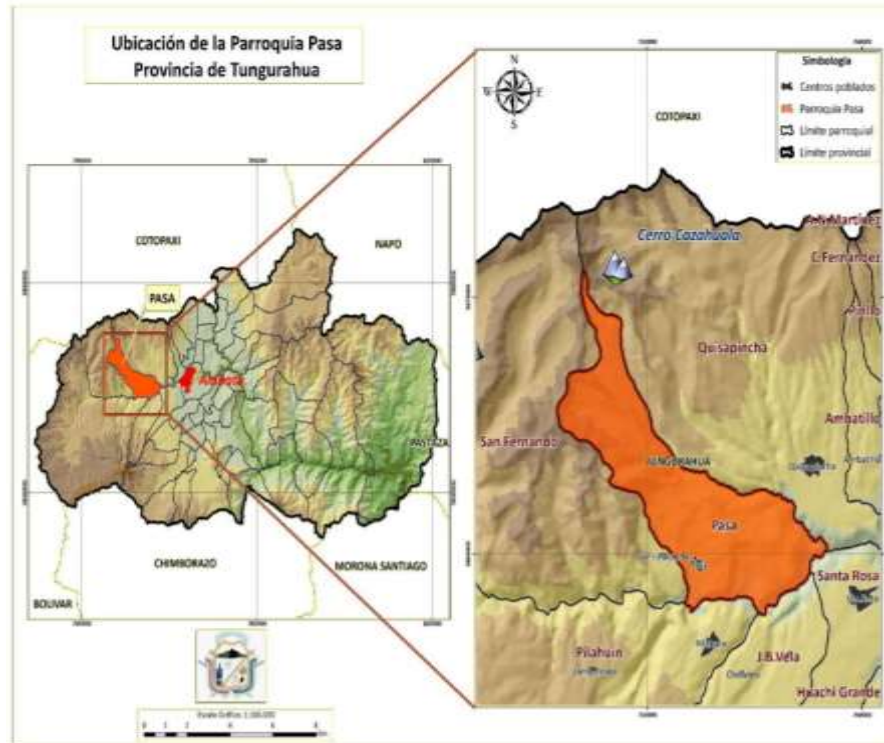


Figura 18. Mapa de ubicación de la Parroquia San Antonio de Pasa

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pasa

La parroquia rural de San Fernando se encuentra ubicada en la Cuenca del Río Calamaca, la misma que posee una extensión territorial de 10637.37 ha, dividida en zona alta y baja la primera se encuentra a 3100 msnm, mientras que la zona del páramo se extiende desde los 3600 msnm hasta 4650 msnm. Por la ubicación geográfica el clima característico es frío, cuya temperatura oscila entre 6°C a 8°C en toda la parroquia. [22]

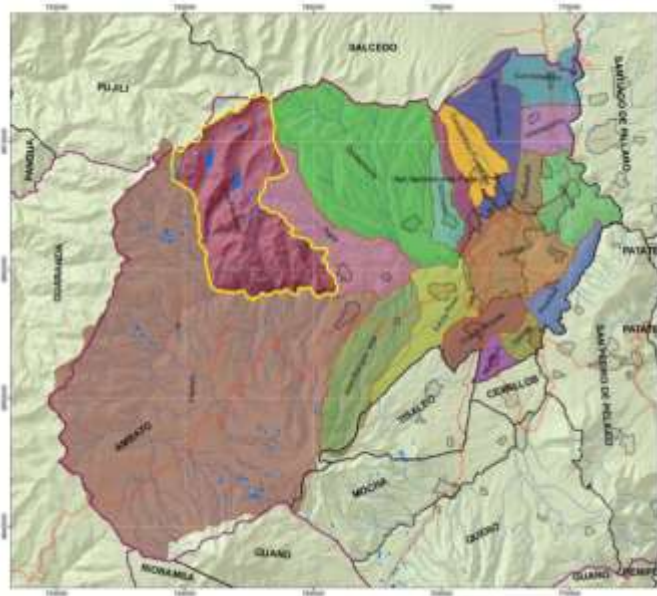


Figura 19. Mapa de Ubicación de la Parroquia San Fernando

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural “San Fernando”

2.2.2. Muestra

El proyecto experimental se desarrolló en las Parroquias Rurales Pasa y San Fernando perteneciente al Cantón Ambato, realizando seis pozos a cielo abierto en cada parroquia a lo largo de las vías que comunican al casco urbano con varios poblados.

Dentro de la parroquia San Fernando se tomaron muestras de suelo a lo largo de las vías; Puauelo - Chaguarhuayco, San Fernando - Loma Yanashon, La Libertad Muspata (La Dolorosa) – Culac, mientras tanto en la parroquia Pasa las muestras fueron tomadas en las vías; Cuatro Esquinas - Llillagua, Cashapotrero - Cuatro Esquinas, Pasa- Mogato.

Los pozos estuvieron ubicados a una distancia aproximada de entre 500 a 600 metros uno a otro a lo largo de cada una de las vía, esto con el objetivo de obtener una muestra representativa del suelo de la zona.

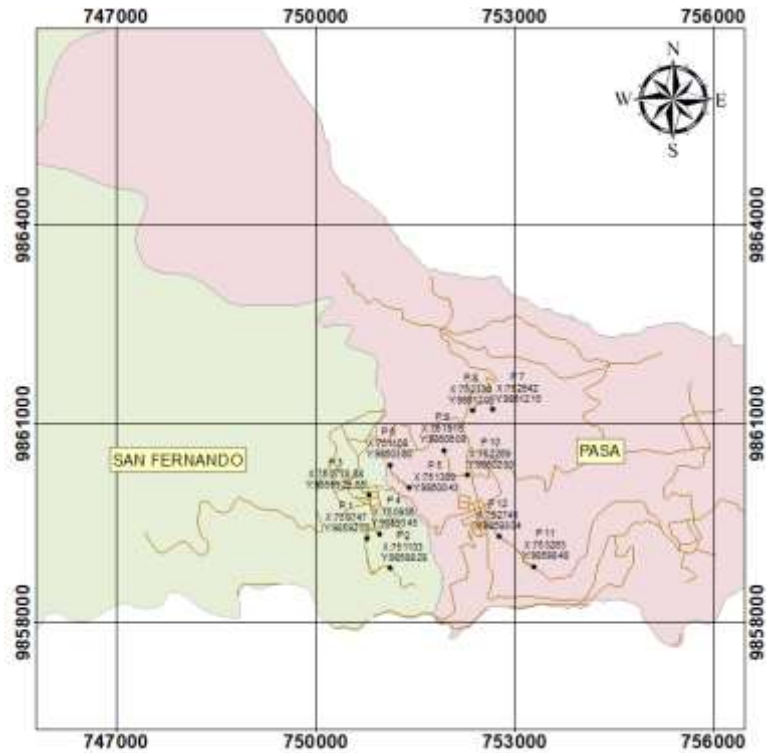


Figura 20. Ubicación de los Pozos en las Parroquias Pasa y San Fernando

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

2.3. Equipos y Materiales

Tabla 24. Equipos y Materiales

ENSAYOS	MATERIALES	EQUIPOS	NORMA
Pozo a Cielo Abierto	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)	Muestras in situ	Cono Cincel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
Dinamic Cone Penetrometer (DCP)	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTMD 6951-03

Gravedad específica de sólidos	50 gr de suelo que pasa tamiz # 4	Tamiz #4 Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
Granulometría	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013
Límite Líquido (Copa Casagrande)	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Copa Casagrande Espátula Acanalador Recipientes de aluminio	AASHTO T 89 2013
Límite Plástico	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey	AASHTO T 90 2016
Próctor Modificado Tipo B	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	Bandeja metálica cuadrada Martillo de compactación Molde Ø 6" con extensión y base Probeta graduada Palustre Regleta Metálica	AASHTO T 180 2018
California Bearing Ratio (CBR)	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

2.4. Métodos

2.4.1. Plan de Recolección de Datos

Tabla 25. Plan de Recolección de Datos

PREGUNTAS BASICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índices y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
¿A quiénes?	A las muestras tomadas en las parroquias Pasa y San Fernando
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los diferentes ensayos de campo y laboratorio, así como el valor del CBR obtenido del ensayo de relación de soporte de California.
¿Quien?	La Investigadora.
¿Cuándo?	Ensayos de campo del 16 de junio al 07 de julio, ensayos de laboratorio del 08 de julio al 05 de septiembre, procesamiento y análisis de información desde septiembre a noviembre.
¿Dónde?	Parroquias Pasa y San Fernando para la muestra en situ, y el Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	<p>Se retira la capa vegetal y se procede a realizar el ensayo DCP bajo la norma ASTM D 6951-03 y la Densidad de Campo por el método de Cono y Arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos ensayos realizados en situ.</p> <p>Posterior a ello se toma la muestra de suelo aproximadamente 50 kg, esto para los ensayos de laboratorio. La muestra de suelo es pasada a través del tamiz rectangular # 4 y colocada en la bandeja para su secado.</p> <p>Para el análisis granulométrico se toma una muestra representativa de suelo, la misma que debe estar totalmente seca y se la coloca en la tamizadora con el juego de tamices en forma descendente como lo establece la norma AASHTO T 88 2013.</p>

	<p>Los límites de Atterberg son realizados bajo las normas AASHTO T 89 2013 y AASHTO T 90 2016, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015, los ensayos mencionados anteriormente requieren una muestra de suelo que pase el tamiz #40.</p> <p>En la determinación del óptimo contenido de humedad es necesario mínimo cuatro puntos, tres de ellos deberán generar un pico y el otro menor al máximo, esto mediante la norma AASHTO T 180 2018 del ensayo del Próctor Modificado, este contenido de humedad es utilizado para realizar el ensayo de relación de soporte de California (CBR) este último normado mediante AASHTO T 193 2013</p>
--	---

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

2.4.2. Ensayos de Campo y Laboratorio

- **Pozo a cielo abierto**



Figura 21. Pozo a cielo abierto

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Densidad de Campo**



Figura 22. Deslizamiento de la arena de Ottawa

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Cono dinámico de Penetración**



Figura 23. Ensayo DCP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Gravedad específica de los solidos**



Figura 24. Eliminación de aire del picnómetro

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Granulometría**



Figura 25. Colocación de la muestra en la tamizadora

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Límite Líquido (Copa Casa Grande)**



Figura 26. Ensayo límite líquido

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Límite Plástico**



Figura 27. Rollitos de 3 mm de diámetro

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **Próctor Modificado**



Figura 28. Ejecución ensayo próctor modificado

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

- **California Bearing Ratio (CBR)**



Figura 29. Ensayo CBR

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

2.4.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información

Una vez recolectada la información en situ y realizado los ensayos de laboratorio, se procesará dicha información a través de los formatos establecidos por el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, los mismos que presentan la información de una manera clara y comprensible para el lector.

Posterior a ellos, se realizaron las correlaciones entre dos y tres variables con sus correspondientes gráficas, cuyo objetivo es obtener un valor alto de coeficiente de

correlación ($r^2 > 50\%$). La realización de este tipo de correlaciones implica la utilización de Excel para generar las gráficas y determinar el coeficiente de correlación.

En las correlaciones de tres variables o variables múltiples se utilizó el criterio estadístico de mínimos cuadrados, a través de tablas generando un sistema de tres ecuaciones, las mismas que son resueltas por el método de la matriz inversa, encontrando el valor de los tres coeficientes necesarios para generar la ecuación de correlación.

2.4.3.1. Metodología para la determinación de las correlaciones

Correlación lineal múltiple

Tabla 26. Formato hoja de cálculo para correlación lineal múltiple

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$					
X_1	X_2	Y	$X_1 * Y$	$X_2 * Y$	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2	Y^2
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma(X_1 * Y)$	$\Sigma(X_2 * Y)$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(Y^2)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El sistema de ecuaciones para resolver a través de mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 = \Sigma Y$$

$$a \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma(X_1 * X_2) = \Sigma(X_1 * Y)$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma(X_1 * X_2) + b_2 \Sigma(X_2)^2 = \Sigma(X_2 * Y)$$

El sistema de ecuaciones es resuelto a través del método de matriz inversa, encontrando los tres factores y generando la ecuación de correlación:

Tabla 27. Sistema de ecuaciones correlación lineal múltiple

a	b₁	b₂	=
n	ΣX_1	ΣX_2	ΣY
ΣX_1	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1 * Y)$
ΣX_2	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(X_2 * Y)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \sum Y + b_1 * \sum(X_1 * Y) + b_2 * \sum(X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\sum Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

Correlación Múltiple de Tipo Logarítmica

Tabla 28. Formato hoja de cálculo para correlación logarítmica múltiple

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO LOGARÍTMICA			$Y = a + b_1 * \log(X_1) + b_2 * X_2$			
X_1	X_2	Y	$X_1' = \log(X_1)$	$X_1' * Y$	$X_2 * Y$	$X_1' * X_2$	$X_1'^2$	X_2^2	Y^2
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma X_1'$	$\Sigma(X_1' * Y)$	$\Sigma(X_2 * Y)$	$\Sigma(X_1' * X_2)$	$\Sigma(X_1'^2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(Y^2)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El sistema de ecuaciones para resolver a través de mínimos cuadrados es: $a * n + b_1 \sum X_1' + b_2 \sum X_2 = \sum Y$

$$a \sum X_1' + b_1 \sum X_1'^2 + b_2 \sum(X_1' * X_2) = \sum(X_1' * Y)$$

$$a \sum X_2 + b_1 \sum(X_1' * X_2) + b_2 \sum(X_2^2) = \sum(X_2 * Y)$$

El sistema de ecuaciones es resuelto a través del método de matriz inversa, encontrando los tres factores y generando la ecuación de correlación:

Tabla 29. Sistema de ecuaciones correlación logarítmica múltiple

a	b ₁	b ₂	=
n	$\Sigma X_1'$	ΣX_2	ΣY
$\Sigma X_1'$	$\Sigma(X_1'^2)$	$\Sigma(X_1' * X_2)$	$\Sigma(X_1' * Y)$
ΣX_2	$\Sigma(X_1' * X_2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(X_2 * Y)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$Y = a + b_1 * \log(X_1) + b_2 * X_2$$

Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \sum Y + b_1 * \sum(X_1' * Y) + b_2 * \sum(X_2 * Y) - n * (Y_{med})^2}{\sum Y^2 - n * (Y_{med})^2}$$

Correlación Múltiple de Tipo Potencial

Tabla 30. Formato hoja de cálculo para correlación potencial múltiple

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO POTENCIAL			$Log(Y) = Log(a) + b_1 * Log(X_1) + b_2 * Log(X_2)$					
X_1	X_2	Y	$X_1' = LOG(X_1)$	$X_2' = LOG(X_2)$	$Y' = LOG(Y)$	$X_1' * Y'$	$X_2' * Y'$	$X_1' * X_2'$	$X_1'^2$	$X_2'^2$	Y'^2
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2'$	$\Sigma Y'$	$\Sigma(X_1' * Y')$	$\Sigma(X_2' * Y')$	$\Sigma(X_1' * X_2')$	$\Sigma(X_1'^2)$	$\Sigma(X_2'^2)$	$\Sigma(Y'^2)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El sistema de ecuaciones para resolver a través de mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1' + b_2 \Sigma X_2' = \Sigma Y'$$

$$a \Sigma X_1' + b_1 \Sigma X_1'^2 + b_2 \Sigma(X_1' * X_2') = \Sigma(X_1' * Y')$$

$$a \Sigma X_2' + b_1 \Sigma(X_1' * X_2') + b_2 \Sigma(X_2')^2 = \Sigma(X_2' * Y')$$

El sistema de ecuaciones es resuelto a través del método de matriz inversa, encontrando los tres factores y generando la ecuación de correlación:

Tabla 31. Sistema de ecuaciones correlación Potencial múltiple

a	b ₁	b ₂	=
n	$\Sigma X_1'$	$\Sigma X_2'$	$\Sigma Y'$
$\Sigma X_1'$	$\Sigma(X_1'^2)$	$\Sigma(X_1' * X_2')$	$\Sigma(X_1' * Y')$
$\Sigma X_2'$	$\Sigma(X_1' * X_2')$	$\Sigma(X_2'^2)$	$\Sigma(X_2' * Y')$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$Log(Y) = Log(a) + b_1 * Log(X_1) + b_2 * Log(X_2)$$

Eliminando el logaritmo se tiene:

$$Y = ln(a) + (X_1)^{b_1} + (X_2)^{b_2}$$

Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y' + b_1 * \Sigma(X_1' * Y') + b_2 * \Sigma(X_2' * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\Sigma Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$

Correlación Múltiple de Tipo Exponencial

Tabla 32. Formato hoja de cálculo para correlación exponencial múltiple

Variable Dependiente	Variable Dependiente	Variable Independiente	ECUACIÓN MÚLTIPLE DE TIPO EXPONENCIAL			$\ln(Y) = \ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$			
X_1	X_2	Y	$Y'=\text{LOG}(Y)$	$X_1 * Y'$	$X_2 * Y'$	$X_1 * X_2$	X_1^2	X_2^2	Y'^2
ΣX_1	ΣX_2	ΣY	$\Sigma Y'$	$\Sigma(X_1 * Y')$	$\Sigma(X_2 * Y')$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(Y'^2)$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El sistema de ecuaciones para resolver a través de mínimos cuadrados es:

$$a * n + b_1 \Sigma X_1 + b_2 \Sigma X_2 = \Sigma Y'$$

$$a \Sigma X_1 + b_1 \Sigma X_1^2 + b_2 \Sigma(X_1 * X_2) = \Sigma(X_1 * Y')$$

$$a \Sigma X_2 + b_1 \Sigma(X_1 * X_2) + b_2 \Sigma(X_2)^2 = \Sigma(X_2 * Y')$$

El sistema de ecuaciones es resuelto a través del método de matriz inversa, encontrando los tres factores y generando la ecuación de correlación:

Tabla 33. Sistema de ecuaciones correlación exponencial múltiple

a	b ₁	b ₂	=
n	ΣX_1	ΣX_2	$\Sigma Y'$
ΣX_1	$\Sigma(X_1^2)$	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_1 * Y')$
ΣX_2	$\Sigma(X_1 * X_2)$	$\Sigma(X_2^2)$	$\Sigma(X_2 * Y')$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\ln(Y) = \ln(a) + b_1 * X_1 + b_2 * X_2$$

Posteriormente se calcula el coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a \Sigma Y' + b_1 * \Sigma(X_1 * Y') + b_2 * \Sigma(X_2 * Y') - n * (Y'_{med})^2}{\Sigma Y'^2 - n * (Y'_{med})^2}$$

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

En este capítulo se presentará los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos de campo y laboratorio, mismos que permitieron el desarrollo de la presente investigación. La información corresponde a las 12 muestras de suelo tomadas en las parroquias Pasa y San Fernando, para determinar las diferentes propiedades índice y mecánicas.

3.1.1. Propiedades Índice

El color de los suelos encontrados in situ varía de una tonalidad café oscura cuando éste se encuentra con un alto contenido de humedad y más claro para suelos con bajo contenido de humedad, en la parroquia San Fernando se encontraron los suelos más oscuros.

3.1.1.1. Densidad de Campo

Para la determinación de la densidad de campo, se realizó el ensayo del cono y arena de Ottawa, mismo que permite obtener otras propiedades del suelo como el contenido de agua en llamado humedad natural o in situ, relación de vacíos, porosidad, Grado de saturación del agua y del aire, así como la densidad seca in situ a partir de la densidad de campo y su correspondiente contenido de humedad.

Tabla 34. Resultados Ensayo Densidad de Campo

N°	PARROQUIA	Densidad de Campo						
		Yh in-situ (kg/m ³)	Yd in-situ (kg/m ³)	W nat (%)	Reacion de Vacios	Porosidad %	Gw (%)	Ga (%)
1	San Fernando	1,724	1,303	32,29	1,03	50,84	82,92	17,08
2	San Fernando	1,581	1,376	14,89	0,92	48,05	42,56	57,44
3	San Fernando	1,794	1,379	30,10	0,92	47,97	86,54	13,46
4	San Fernando	1,672	1,413	18,30	0,87	46,62	55,17	44,83
5	San Fernando	1,834	1,434	27,84	0,85	45,84	86,92	13,08
6	San Fernando	1,674	1,276	31,19	1,07	51,74	76,31	23,69
7	Pasa	1,722	1,288	33,66	1,07	51,66	85,31	14,69
8	Pasa	1,780	1,393	27,76	0,91	47,53	81,86	18,14
9	Pasa	1,771	1,376	28,71	0,93	48,08	82,15	17,85
10	Pasa	1,709	1,454	17,51	0,82	45,04	56,03	43,97
11	Pasa	1,906	1,505	26,67	0,74	42,61	90,43	9,57
12	Pasa	1,891	1,481	27,67	0,79	44,04	92,65	7,35

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El contenido de humedad natural de los suelos varía entre 14.89% y 33.66%, siendo las muestras de ambas parroquias las que contiene abundante cantidad de agua en su estado natural. El rango de valores obtenidos de densidad húmeda in-situ a través del Ensayo de Cono y Arena varía entre 1.581 – 2.039 kg/m³, mientras que la densidad seca in-situ varía entre 1.112 – 1.630 kg/m³. Los valores anteriormente mencionados están dentro del rango característico de suelos granulares.

La relación de vacíos oscila entre 0.71 – 1.07, mientras que la porosidad tiene un rango de 42.61 % – 51.74%, lo que significa que corresponde al rango de arenas limpias y uniformes.

El grado de saturación del agua oscila entre 42.56 % – 92.62%, la mayoría se encuentra alrededor de 85%, por lo que el suelo se encuentra saturado, el grado de saturación del aire 7.35 – 57.44, la mayoría de muestras de suelos se encuentran un poco saturados de aire.

3.1.1.2. Gravedad Específica

Tabla 35. Resultados Ensayo Gravedad Específica

Nº	PARROQUIA	Gravedad Específica Gs
1	San Fernando	2,187
2	San Fernando	2,190
3	San Fernando	2,341
4	San Fernando	2,376
5	San Fernando	2,336
6	San Fernando	2,195
7	Pasa	2,315
8	Pasa	2,304
9	Pasa	2,367
10	Pasa	2,401
11	Pasa	2,392
12	Pasa	2,157

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

La gravedad específica de las muestras de suelos ensayadas oscila entre 2.187 – 2.401, correspondiente a arenas limosas.

3.1.1.3. Granulometría

El ensayo granulométrico se realizó a través del método de mallas o tamices ya que contiene partículas gruesas, obteniéndose la siguiente distribución de sus partículas.

Tabla 36. Resultados Ensayo Granulométrico

N°	PARROQUIA	Granulometria				
		G (%)	S (%)	F (%)	CU	CC
1	San Fernando	0	93,76	6,24	3,56	1,00
2	San Fernando	0	97,36	2,64	2,62	0,82
3	San Fernando	0	88,12	11,88	3,13	0,91
4	San Fernando	0	97,60	2,40	1,93	1,03
5	San Fernando	0	85,16	14,84	6,27	0,91
6	San Fernando	0	88,12	11,88	5,00	0,57
7	Pasa	0	90,60	9,40	6,59	0,64
8	Pasa	0	83,56	16,44	10,00	0,43
9	Pasa	0	72,60	27,40	4,40	0,66
10	Pasa	0	67,64	27,40	5,95	0,69
11	Pasa	0	81,68	18,32	12,00	0,54
12	Pasa	0	97,20	2,80	10,43	0,42

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

En la siguiente gráfica se puede observar e identificar el rango de porcentaje de partículas que pasa o son retenidas en cada tamiz.

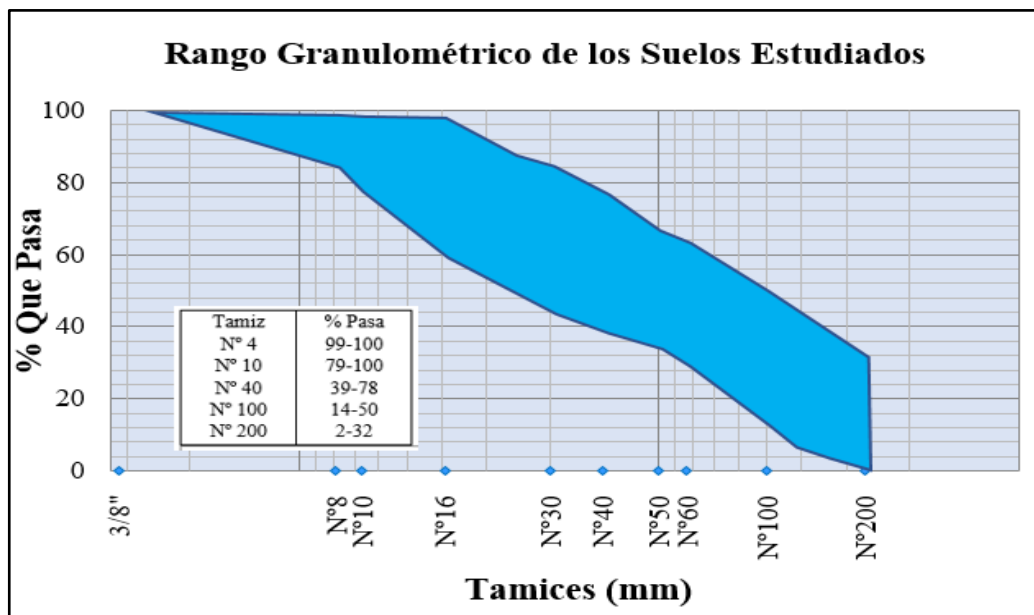


Figura 30. Rango Granulométrico

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El porcentaje de Grava en todas las muestras de suelo es nula, hallando un alto porcentaje de arena que varía entre 67.64 – 97.60 %, mientras que la fracción de material fino (limos y arcillas), varía entre 2.40 – 27.40%.

En lo correspondiente al coeficiente de uniformidad de las muestras analizadas, este varía entre 1.93 – 12.00, por lo que 7 suelos tienen una granulometría uniforme, mientras los 5 restantes presentan una granulometría poco uniforme.

El coeficiente de curvatura varía entre 0.42 a 1.03, siendo solo 2 suelos bien graduados, mientras el resto que no alcanza el rango entre 1 – 3 corresponde a suelos mal graduados.

3.1.1.4. Límites de Atterberg

A través de los límites de Atterberg es posible determinar la plasticidad del suelo, ya que es el principal factor para la clasificación del suelo.

Tabla 37. Resultados límites de Atterberg

Nº	PARROQUIA	LL (%)	LP (%)	IP	IL
1	San Fernando	39,00	38,09	0,91	-6,34
2	San Fernando	34,05	28,70	5,35	-2,58
3	San Fernando	30,85	28,48	2,37	0,68
4	San Fernando	22,00	20,89	1,11	-2,33
5	San Fernando	26,70	23,33	3,37	1,34
6	San Fernando	34,30	31,45	2,85	-0,09
7	Pasa	40,21	39,89	0,32	-19,28
8	Pasa	44,46	44,03	0,43	-37,43
9	Pasa	24,32	21,81	2,52	2,74
10	Pasa	31,03	27,60	3,43	-2,94
11	Pasa	36,69	35,17	1,52	-5,59
12	Pasa	32,61	32,13	0,48	-9,29

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

En lo que refiere a la plasticidad de los suelos el límite líquido encontrado oscila entre 22.00% a 44.46%, mientras que el límite plástico varía entre 20.89% y 44.03%, generando un rango de índice plástico de 0.32% a 5.35%. El índice de liquidez da como resultado valores negativos, mismos que se debe tomar como 0.

3.1.2. Clasificación de los suelos

El suelo se encuentra clasificado en función de los límites de Atterberg y el análisis granulométrico anteriormente descrito, la clasificación se realiza en base al sistema AASHTO y SUCS.

Tabla 38. Resultados del tipo de suelos según SUCS y AASHTO

N°	PARROQUIA	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
1	San Fernando	SM	A 2-4 (0)
2	San Fernando	SM-SC	A 2-4 (0)
3	San Fernando	SM	A 2-4 (0)
4	San Fernando	SM	A 2-4 (0)
5	San Fernando	SM	A 2-4 (0)
6	San Fernando	SM	A 2-4 (0)
7	Pasa	SM	A 2-5 (0)
8	Pasa	SM	A 2-5 (0)
9	Pasa	SM	A 2-4 (0)
10	Pasa	SM	A 2-4 (0)
11	Pasa	SM	A 2-4 (0)
12	Pasa	SM	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

En la siguiente figura se encuentra la ubicación de las muestras de suelo en la carta de plasticidad de la SUCS.

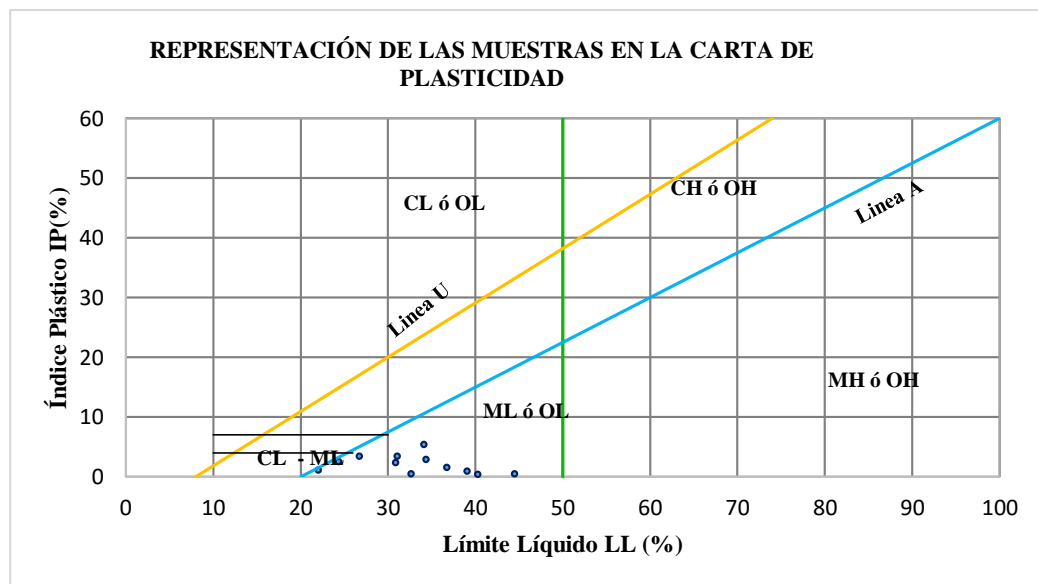


Figura 31. Carta de Plasticidad

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Según la clasificación establecida por la AASHTO, las muestras de suelo están en el grupo A-2-4(0) y solo dos muestras debido a su valor de límite líquido A-2-5(0), por lo que se encuentran en el grupo de “Grava y arena limosa”.

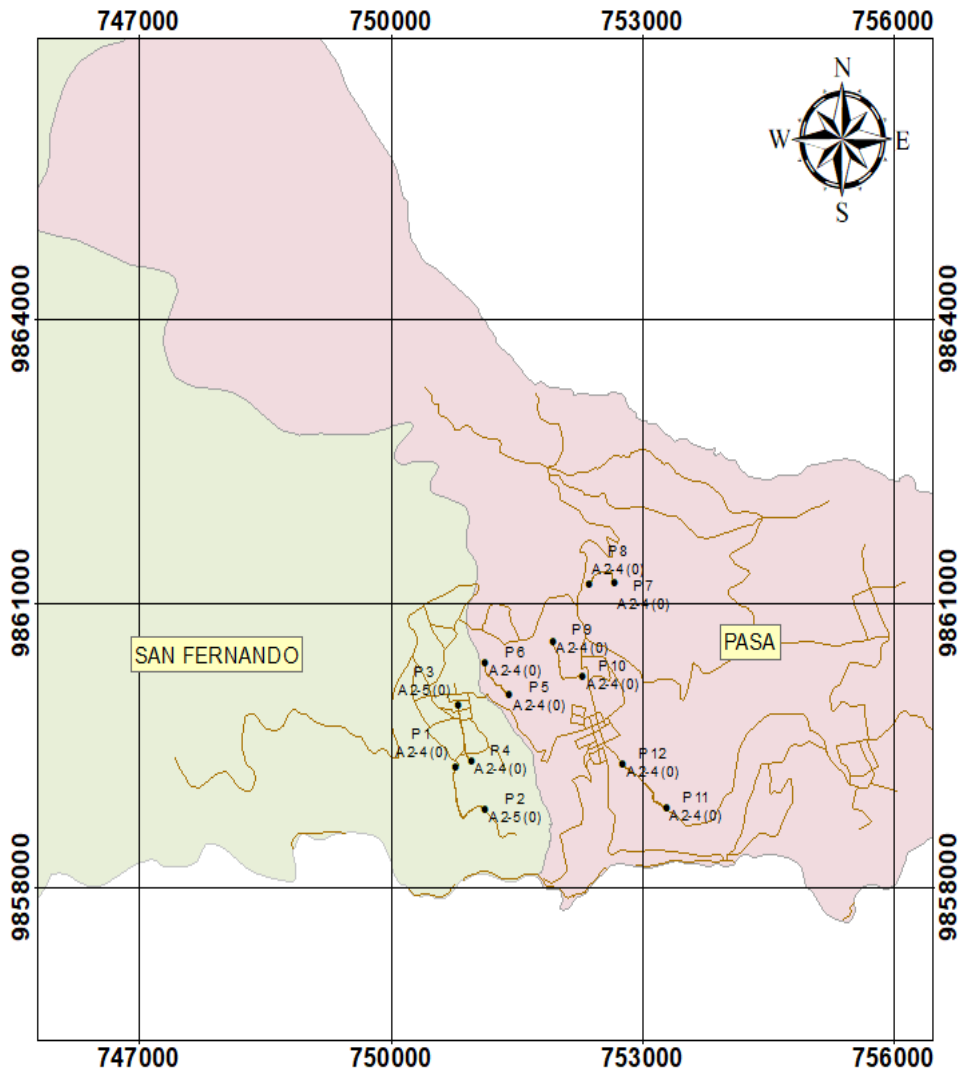


Figura 32. Muestras con clasificación AASHTO

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

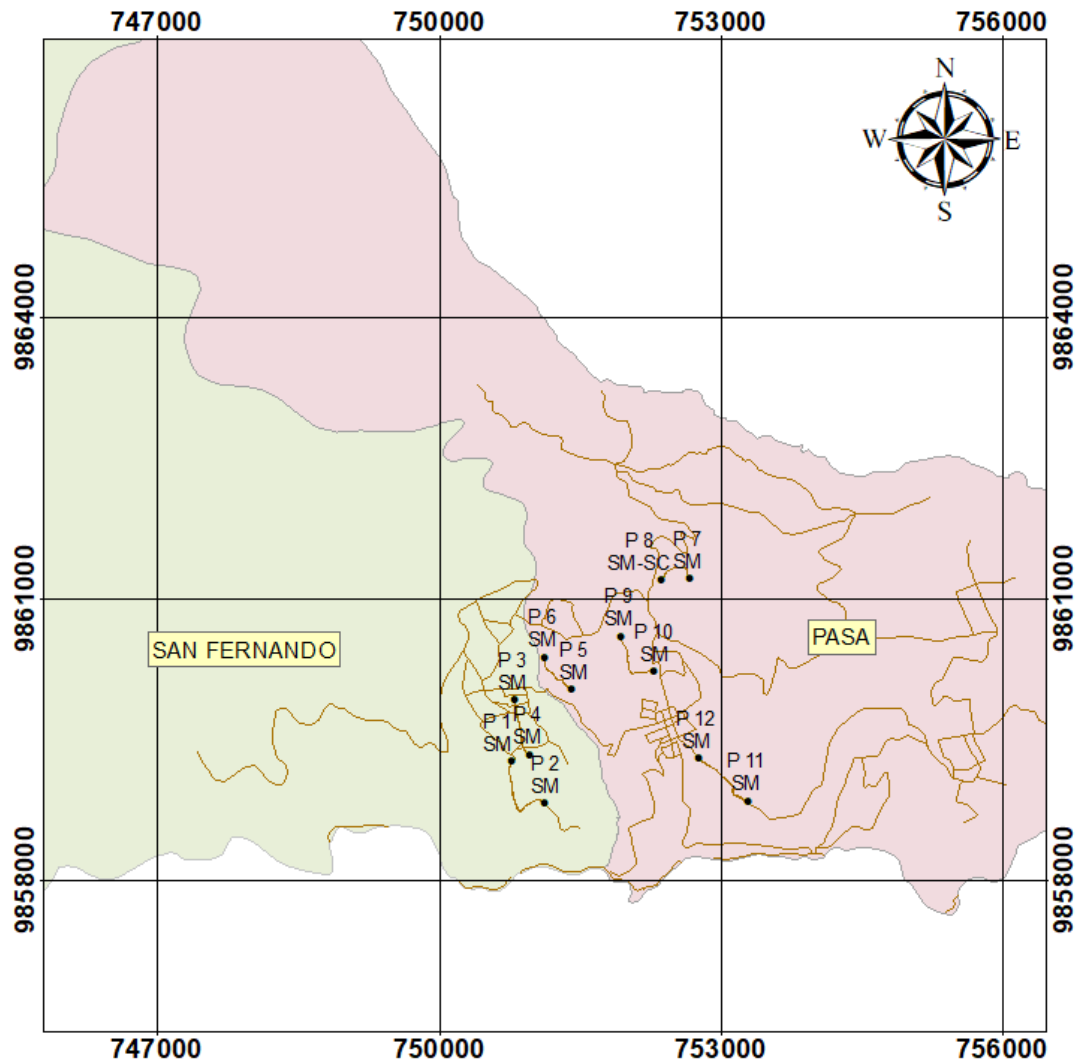


Figura 33. Muestras con clasificación SUCS

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

3.1.3. Propiedades Mecánicas

3.1.3.1. Próctor

El ensayo próctor permite determinar la densidad seca máxima del suelo con un contenido de humedad óptimo, mismo que permite al suelo soportar mayor carga ya que se encuentra compactado.

Tabla 39. Resultados próctor

N°	PARROQUIA	Compactación		
		Yd max (kg/m ³)	w ópt (%)	G c (%)
1	San Fernando	1,501	22,30	86,83
2	San Fernando	1,537	23,30	89,55
3	San Fernando	1,561	20,00	88,33
4	San Fernando	1,810	16,85	78,07
5	San Fernando	1,669	17,80	85,94
6	San Fernando	1,163	30,10	109,75
7	Pasa	1,391	24,00	92,63
8	Pasa	1,270	27,51	109,68
9	Pasa	1,633	18,50	84,25
10	Pasa	1,536	16,85	94,67
11	Pasa	1,565	21,50	96,15
12	Pasa	1,585	19,80	93,45

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Los valores de densidad seca máxima oscilan entre 1,163 – 1,811 g/cm³, con un contenido de humedad óptimo de 16,85 – 30.10 %.

3.1.3.2. CBR

Posterior al ensayo próctor y con el dato de contenido de humedad óptima, se realiza en ensayo CBR.

Tabla 40. Resultados CBR

N°	PARROQUIA	CBR %		
		0,1 " 95% Yd max	0,2 " 95% Yd max	Mayor
1	San Fernando	21,20	23,00	23,00
2	San Fernando	19,50	19,35	19,50
3	San Fernando	10,00	11,10	11,10
4	San Fernando	32,30	26,00	32,30
5	San Fernando	32,50	30,00	32,50
6	San Fernando	13,10	11,50	13,10
7	Pasa	14,50	14,00	14,50
8	Pasa	13,00	12,80	13,00
9	Pasa	38,00	32,00	38,00
10	Pasa	14,70	12,00	14,70
11	Pasa	36,00	35,00	36,00
12	Pasa	37,00	35,00	37,00

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Los valores de CBR obtenidos en laboratorio están en el rango de entre 11 – 38 %, valores que van de regular a bueno como usos para subbase y base, tomando el valor de CBR el valor mayor de los valores mostrados en la tabla N° 40.

3.1.3.3. DCP

El ensayo DCP arrojó valores que oscilan entre 2.79 – 38.58 mm/golpe, notando el amplio intervalo de resistencias que presentas los suelos analizados.

Tabla 41. Resultados DCP

N°	PARROQUIA	DCP
		DN (mm/golpe)
1	San Fernando	10,79
2	San Fernando	2,79
3	San Fernando	36,36
4	San Fernando	38,58
5	San Fernando	36,62
6	San Fernando	14,96
7	Pasa	24,89
8	Pasa	23,74
9	Pasa	23,64
10	Pasa	4,12
11	Pasa	3,61
12	Pasa	3,95

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

3.1.4. Propiedades Índice y CBR

Para la determinación del CBR del suelo es necesario conocer algunas otras propiedades del mismo, lo que conlleva a la realización de varios ensayos previos, generando un mayor esfuerzo y uso de recursos para la determinación del mismo.

Hallar las propiedades índices del suelo es mucho más sencillo, por lo que al determinar el valor de CBR a través de las mismas estamos ahorrando recursos, siendo el valor de CBR obtenido de una manera mucho más rápida y confiable.

El grado de confiabilidad del valor de CBR para utilizarse en el diseño de pavimento, radica en el valor del coeficiente de correlación, el mismo que será $r^2 > 50 \%$, por lo que la correlación es considerada como positiva.

3.1.5. Nomenclatura

Tabla 42. Nomenclatura

Nomenclatura	Descripción	Unidad
W_{nat}	Contenido de Humedad Natural	%
$\gamma_{h \text{ in-situ}}$	Densidad o peso unitario húmedo in situ	g/m^3
$\gamma_{d \text{ in-situ}}$	Densidad o peso unitario seco in situ	g/cm^3
e	Relación de vacíos	%
n	Porosidad	%
Gw	Grado de saturación del agua	%
Ga	Grado de saturación del aire	%
D60	Diámetro dimensional	mm
D30	Diámetro equiparable	mm
D10	Diámetro efectivo	Mm
CU	Coefficiente de uniformidad	Adimensional
CC	Coefficiente de curvatura	Adimensional
G	Grava	%
S	Arena	%
F	Fino	%
LL	Límite Líquido	%
LP	Límite Plástico	%
IP	Índice de Plasticidad	%
IL	Índice de Liquidez	%
Gs	Gravedad Específica	Adimensional
$\gamma_{d \text{ máx}}$	Densidad o peso unitario seco máximo	g/cm^3
W_{opt}	Contenido de humedad óptimo	%
Gc	Grado de compactación	%
DN	Índice de penetración	mm/golpe
CBR _{0.1"}	CBR para 0.1 pulg. de penetración	%
CBR _{0.2"}	CBR para 0.2 pulg. de penetración	%
CBR mayor	CBR mayor entre 0.1" y 0.2"	%

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

3.1.5.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y laboratorio

Tabla 43. Propiedades de los suelos estudiados

Nº	PARROQUIA	VIA	W nat (%)	Granulometría					LL (%)	LP (%)	IP	IL	Gs	Clasificación	
				G (%)	S (%)	F (%)	CU	CC						SUCS	AASH TO
1	San Fernando	Puauleo-Chaguarhuaycu	32,29	0	93,76	6,24	3,56	1,00	39,00	38,09	0,91	-6,34	2,187	SM	A 2-4(0)
2	San Fernando	Puauleo-Chaguarhuaycu	14,89	0	97,36	2,64	2,62	0,82	34,05	28,70	5,35	-2,58	2,190	SM-SC	A 2-4(0)
3	San Fernando	San Fernando-Loma Yanashon	30,10	0	88,12	11,88	3,13	0,91	30,85	28,48	2,37	0,68	2,341	SM	A 2-4(0)
4	San Fernando	San Fernando-Loma Yanashon	18,30	0	97,60	2,40	1,93	1,03	22,00	20,89	1,11	-2,33	2,376	SM	A 2-4(0)
5	San Fernando	La Dolorosa - Culac	27,84	0	85,16	14,84	6,27	0,91	26,70	23,33	3,37	1,34	2,336	SM	A 2-4(0)
6	San Fernando	La Dolorosa - Culac	31,19	0	88,12	11,88	5,00	0,57	34,30	31,45	2,85	-0,09	2,195	SM	A 2-4(0)
7	Pasa	Cuatro Esquinas - Llillagua	33,66	0	90,60	9,40	6,59	0,64	40,21	39,89	0,32	-19,28	2,315	SM	A 2-4(0)
8	Pasa	Cuatro Esquinas - Llillagua	27,76	0	83,56	16,44	10,00	0,43	44,46	44,03	0,43	-37,43	2,304	SM	A 2-4(0)
9	Pasa	Cashapotrero - Cuatro Esquinas	28,71	0	72,60	27,40	4,40	0,66	24,32	21,81	2,52	2,74	2,367	SM	A 2-4(0)
10	Pasa	Cashapotrero - Cuatro Esquinas	17,51	0	67,64	27,40	5,95	0,69	31,03	27,60	3,43	-2,94	2,401	SM	A 2-4(0)
11	Pasa	Pasa - Via Mogato	26,67	0	81,68	18,32	12,00	0,54	36,69	35,17	1,52	-5,59	2,392	SM	A 2-4(0)
12	Pasa	Pasa - Via Mogato	27,67	0	97,20	2,80	10,43	0,42	32,61	32,13	0,48	-9,29	2,157	SM	A 2-4(0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 44. Propiedades de los suelos estudiados

N°	PARROQUIA	Densidad de Campo		Compactación			e	n	Saturación		CBR %			DN (mm/golpe)
		Yh in-situ (kg/m3)	Yd in-situ (kg/m3)	Yd max (kg/m3)	w ópt (%)	G c (%)			Agua	Aire	0,1 " 95% Yd max	0,2 " 95% Yd max	Mayor	
1	San Fernando	1,724	1,303	1,501	22,3	86,83	1,03	50,84	82,92	17,08	21,20	23,00	23,00	10,79
2	San Fernando	1,581	1,376	1,537	23,3	89,54	0,92	48,05	42,56	57,44	19,50	19,35	19,50	2,79
3	San Fernando	1,794	1,379	1,561	20	88,33	0,92	47,97	86,54	13,46	10,00	11,10	11,10	36,36
4	San Fernando	1,672	1,413	1,810	16,85	78,07	0,87	46,62	55,17	44,83	32,30	26,00	32,30	38,58
5	San Fernando	1,834	1,434	1,669	17,8	85,94	0,85	45,84	86,92	13,08	32,50	30,00	32,50	36,62
6	San Fernando	1,674	1,276	1,163	30,1	109,74	1,07	51,74	76,31	23,69	13,10	11,50	13,10	14,96
7	Pasa	1,722	1,288	1,391	24	92,63	1,07	51,66	85,31	14,69	14,50	14,00	14,50	24,89
8	Pasa	1,780	1,393	1,270	27,51	109,67	0,91	47,53	81,86	18,14	13,00	12,80	13,00	23,74
9	Pasa	1,771	1,376	1,633	18,5	84,25	0,93	48,08	82,15	17,85	38,00	32,00	38,00	23,64
10	Pasa	1,709	1,454	1,536	16,85	94,67	0,82	45,04	56,03	43,97	14,70	12,00	14,70	4,12
11	Pasa	1,906	1,505	1,565	21,5	96,15	0,74	42,61	90,43	9,57	36,00	35,00	36,00	3,61
12	Pasa	1,891	1,481	1,585	19,8	93,44	0,79	44,04	92,65	7,35	37,00	35,00	37,00	3,95

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

3.1.6. Correlaciones

Tabla 45. Ecuaciones Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Muestra	N° Figura
CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE				
1	$LP = 1,0834 LL - 4,8117$	96.13	12	34
2	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = 2.596 + w_{\text{opt}}^{0.209}$	65.12	11	35
3	$\gamma_{d \text{ max}} = -0.0385 w_{\text{opt}} + 2.3484$	84.78	12	36
4	$\gamma_{d \text{ max}} = -0.0187LL + 2.166$	85.05	11	37
5	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = -0.0013 w_{\text{nat}}^2 + 0.058w_{\text{nat}} + 0.8171$	79.84	12	38
6	$\gamma_{h \text{ in-situ}} = -0.0024 w_{\text{nat}}^2 + 0.123 w_{\text{nat}} + 0.2783$	74.32	12	39
7	$GW = -0.229 w_{\text{nat}}^2 - 13.289w_{\text{nat}}^2 - 106.59$	91.92	12	40
8	$Ga = -0.229 w_{\text{nat}}^2 - 13.289w_{\text{nat}}^2 - 206.59$	91.92	12	41
9	$w_{\text{opt}} = 6.1221 + 0,5341(LL) - 0,0947 (LP)$	80.00	11	42
10	$\gamma_{d \text{ max}} = 2.0345 - 0,01686(LP) - 0,00145(w \text{ nat})$	79.60	11	43
11	$\gamma_{d \text{ max}} = 2,2004 - 0,0265(LL) + 0,0071(LP)$	85.62	11	44
12	$\gamma_{d \text{ max}} = 2,2223 - 0,01915(LL) - 0,0031(N^{\circ} 200)$	90.04	11	45
13	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = \frac{1.9854}{\gamma_{d \text{ max}}^{0.0205} * w_{\text{opt}}^{0.2368}}$	64.44	10	46

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 46. Correlaciones entre DN vs Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Muestra	N° Figura
CORRELACIONES DN vs. PROPIEDADES ÍNDICE				
14	$DN = 0.1984 LL^2 - 13.152LL + 223.79$	69.80	11	47
15	$DN = 0.1998 LP^2 - 13.859LP + 248.33$	66.70	11	48
16	$\gamma_{d \text{ in-situ}} = \frac{3.3368}{LL^{0.2257} * DN^{0.0380}}$	54.46	10	49
17	$DN = 81,1578 - 6,0795(LL) + 4,4859(LP)$	61.06	10	50

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 47. Correlaciones entre CBR vs. Propiedades Índice

N°	Ecuación	R ² (%)	N° Muestra	N° Figura
CORRELACIONES CBR vs. PROPIEDADES ÍNDICE				
18	$CBR_{mayor} = \frac{186.41}{e^{0.093 W_{opt}}}$	78.71	10	51
19	$CBR_{mayor} = 0.053 DN^2 - 2.071DN + 33.97$	50.00	10	52
20	$CBR_{mayor} = 43.141 \gamma_{d max} - 40.462$	57.40	11	53
21	$CBR = -0.963 LL + 52.654$	50.14	10	54
22	$CBR_{mayor} = 194,452 - 128,249 \text{ Log (LL)}$ $+ 0,661(LP)$	63.56	10	55
23	$CBR_{mayor} = -118.15 + 95.59(\gamma_{d in -situ}) -$ $0.29(w \text{ nat})$	58.32	11	56
24	$CBR = -33.096 + 61.4519(\gamma_{d in -situ})$ $- 1.2477(w \text{ opt})$	61.94	11	57
25	$CBR_{mayor} = \frac{184.2674}{e^{0.0928 LL} * e^{0,0060 IP}}$	78.75	10	58
26	$CBR_{mayor} = \frac{138.8207}{e^{0,05102LL} * e^{0,0842 IP}}$	60.19	10	59
27	$CBR_{mayor} = \frac{205.9884 * \gamma_{d máx}^{3.0531}}{Gs^{4.2931}}$	65.84	11	60

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

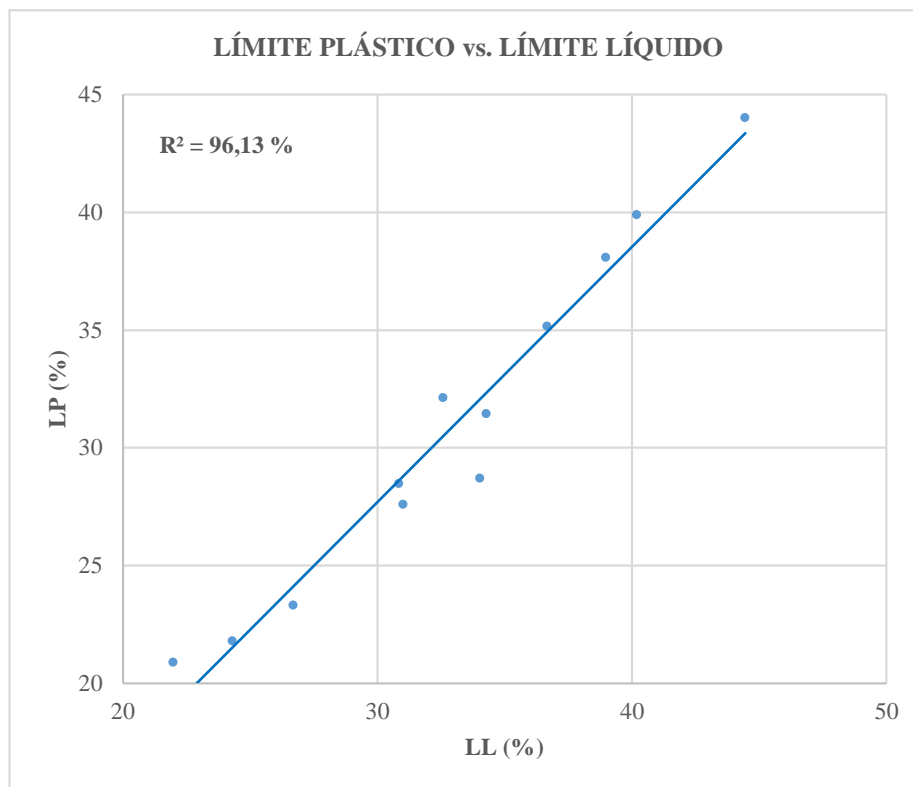


Figura 34. Correlación LL vs LP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$LP = 1,0834 LL - 4,8117$$

Coefficiente de determinación R^2 : **96.13%** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el Límite Líquido vs. Límite Plástico es excelente, esto mediante una regresión lineal simple. El coeficiente de determinación R^2 es **96.13 %**, por lo que a través de los valores de límite líquido es muy confiable obtener el valor del límite plástico.

Se observa que al aumentar el límite líquido, el límite plástico crece, por lo que son directamente proporcionales entre sí, al ser ambos contenidos de humedad también se podría decir que al existir mayor cantidad de agua estos límites serán mayores.

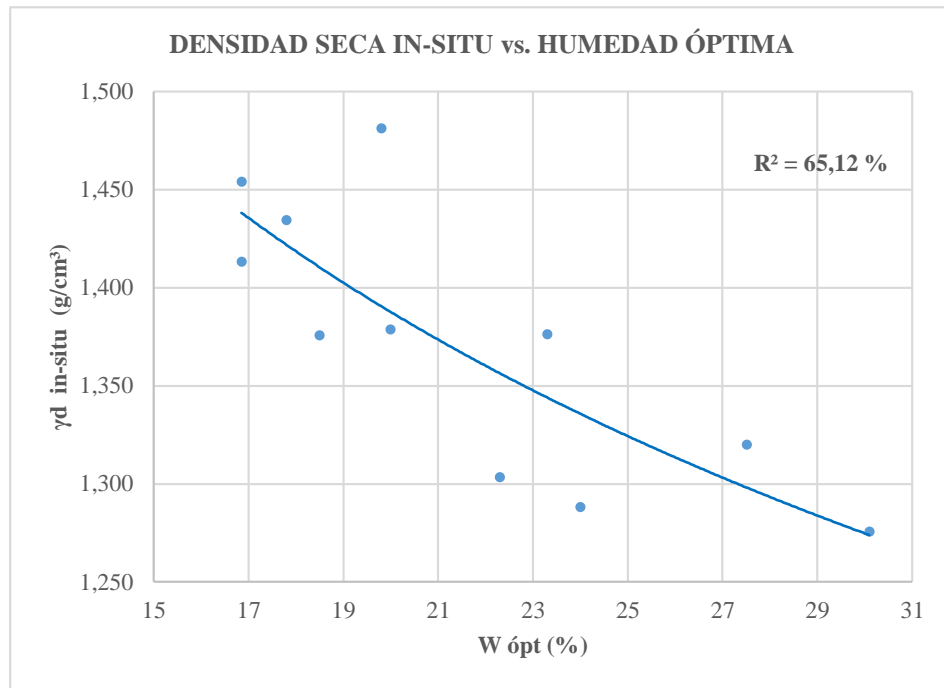


Figura 35. Correlación $\gamma_{d\ in-situ}$ vs. $W_{\ ópt}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Ecuación:
$$\gamma_{d\ in-situ} = \frac{2.596}{w_{\ ópt}^{0.209}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **65.12%** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca in-situ vs. Humedad Óptima es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es exponencial. El coeficiente de determinación R^2 es **65.12 %**. Se descartó la muestra P11.

La densidad seca in situ es inversamente proporcional a la humedad óptima del suelo, por lo que un suelo con un contenido mayor la humedad óptima, tendrá un valor bajo de densidad seca en situ, tratándose de un suelo poroso y poco compacto.

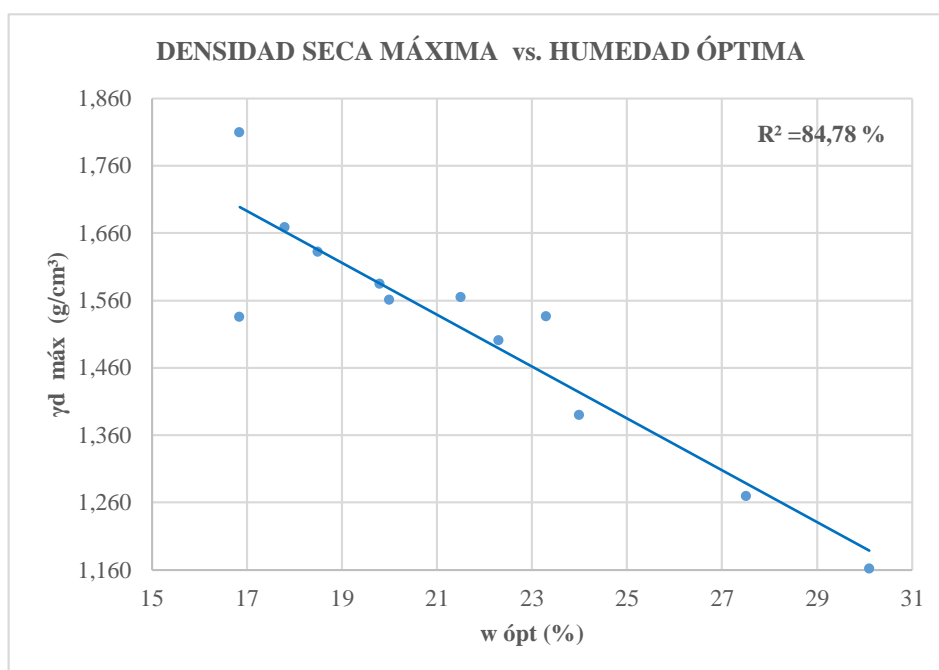


Figura 36. Correlación $\gamma_{d\ máx}$ vs. $W_{\ ópt}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d\ max} = -0.0385 w_{\ ópt} + 2.3484$$

Coefficiente de determinación R^2 : **84.78 %** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca máx vs. Humedad Óptima es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **84.78 %**.

Se observa que los suelos necesitan menor contenido de humedad óptima para alcanzar mayores densidades secas máxima, por lo que son inversamente proporcionales. El contenido de humedad óptima permite mejorar el movimiento de las partículas de suelo y en consecuencia mejorar su compactación.

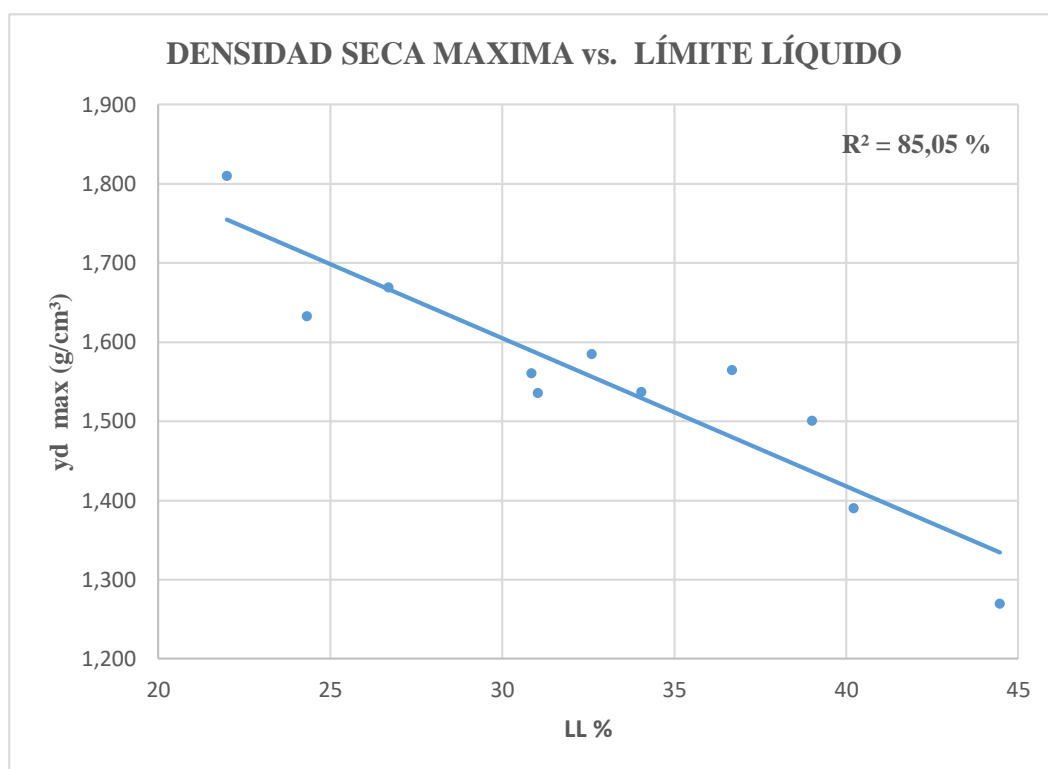


Figura 37. Correlación $\gamma_{d\text{ máx}}$ vs. LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d\text{ máx}} = -0.0187LL + 2.166$$

Coefficiente de determinación R²: **85.05 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca máx vs. Límite Líquido es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es lineal. El coeficiente de determinación **R²** es **85.05 %**.

Se observa que los suelos analizados cuyo LL % es relativamente bajo alcanzan $\gamma_{d\text{ máx}}$ altas. Los suelos altamente plásticos con un alto valor de LL%, presenta un $\gamma_{d\text{ máx}}$ bajo. Por lo tanto el LL% es inversamente proporcional a la $\gamma_{d\text{ máx}}$, ya que Si este crece, la $\gamma_{d\text{ máx}}$ decrece.

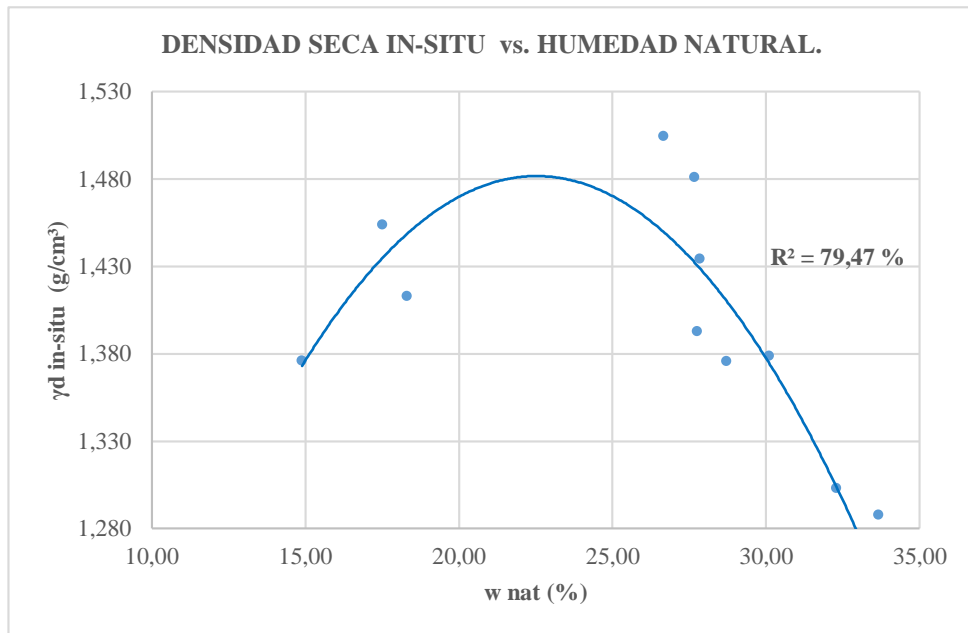


Figura 38. Correlación $\gamma_{d \text{ in-situ}}$ vs. W_{nat}

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d \text{ in-situ}} = -0.0013 w_{\text{nat}}^2 + 0.058w_{\text{nat}} + 0.8171$$

Coefficiente de determinación R^2 : **79.47 %** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad seca in situ vs. Humedad natural es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es una curva polinómica de grado 2. El coeficiente de determinación R^2 es **79.47%**.

A medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad también va en aumento, esto hasta un contenido de agua de alrededor de 23 %, a partir de ello los suelos con un alto porcentaje de agua tiene una densidad que va decreciendo. Con ello notamos que el contenido de humedad natural influye directamente en la determinación de la de la densidad in situ de los suelos estudiados.

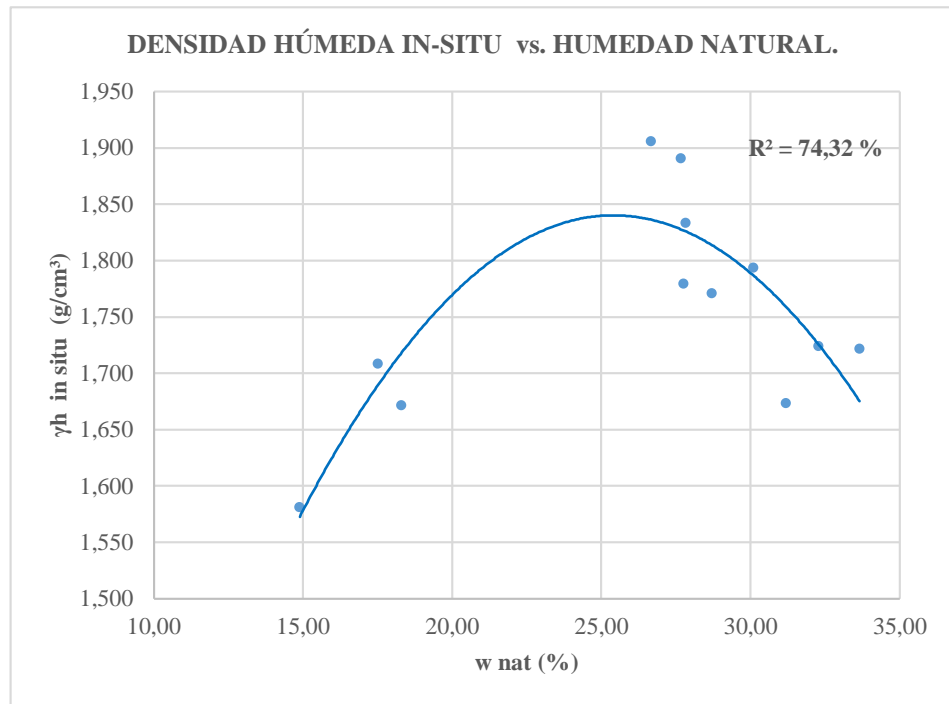


Figura 39. Correlación $\gamma_{h \text{ in situ}}$ vs. W_{nat} .

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d \text{ in-situ}} = -0.0024 w_{nat}^2 + 0.123 w_{nat} + 0.2783$$

Coefficiente de determinación R^2 : **74.32 %** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad húmeda in situ vs. Humedad Natural es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **78.32 %**.

Se observa que a medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad también va en aumento, esto hasta un contenido de agua similar a la presentada en la figura 38, a partir de ello el suelo con un alto porcentaje de agua tiene una densidad que va decreciendo.

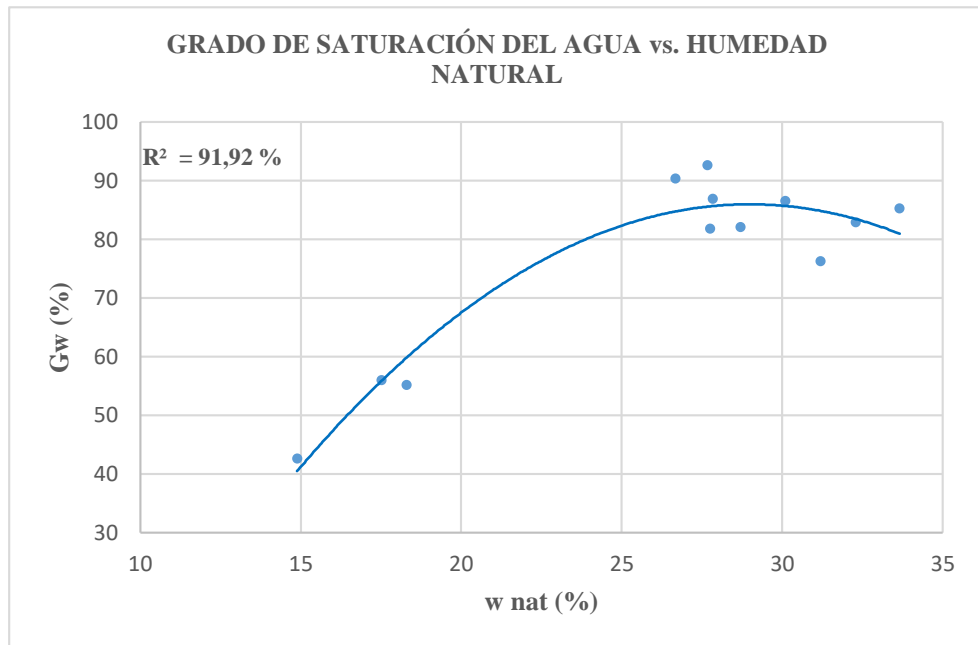


Figura 40. Correlación Gw vs. W_{nat} .

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$Gw = -0.229 w_{nat}^2 - 13.289w_{nat} + 106.59$$

Coefficiente de determinación R^2 : **91.92 %** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el contenido de Humedad Natural vs. el Grado de Saturación del Agua es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2. El coeficiente de determinación R^2 es **91.92 %**.

A medida que el contenido de humedad aumenta, el grado de saturación del agua de la misma manera, esto hasta un contenido de agua de alrededor de 28 %, a partir de ello el grado de saturación del agua disminuye, esta correlación será utilizada en suelos con un rango de contenido de humedad optima entre 14.85 % - 33.10%-

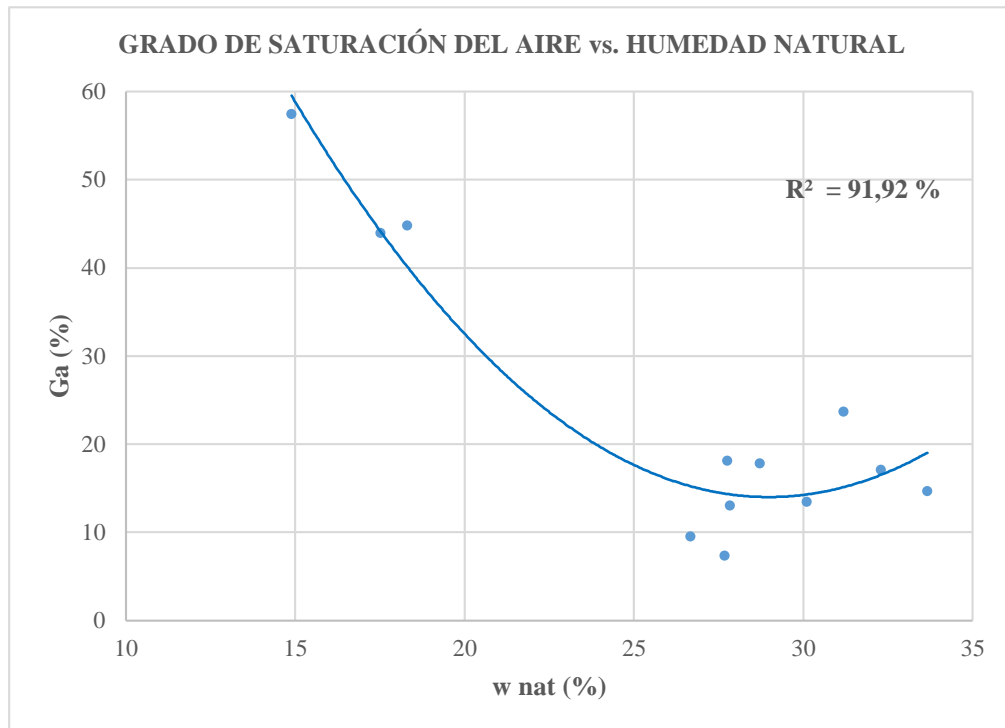


Figura 41. Correlación G_a vs W_{nat}

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$G_a = -0.229 w_{nat}^2 - 13.289w_{nat}^2 - 206.59$$

Coefficiente de determinación R^2 : **91.92 %** N° muestras utilizadas: **12**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el contenido de Humedad Natural vs. el Grado de Saturación del Aire es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2. El coeficiente de determinación R^2 es **91.92 %**.

Se observa que a medida que el contenido de humedad aumenta, el grado de saturación del aire disminuye, esto hasta un contenido de agua de alrededor de 28 %, a partir de ello el grado de saturación del aire va en crecimiento.

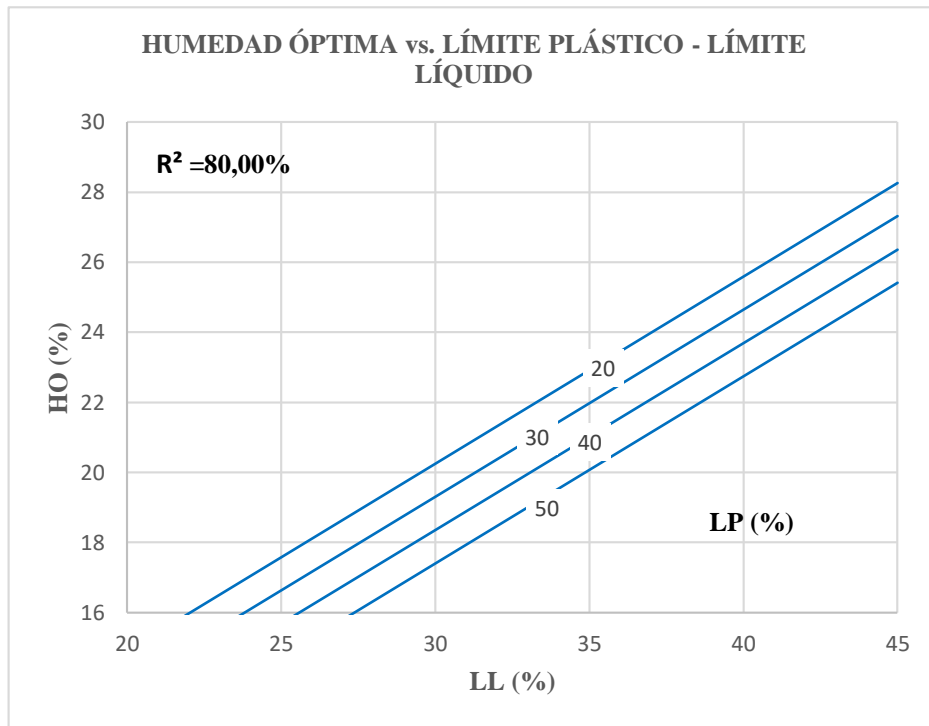


Figura 42. Correlación $W_{\text{ópt}}$ vs. LP - LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$w_{\text{ópt}} = 6.1221 + 0,5341(\text{LL}) - 0,0947 (\text{LP})$$

Coefficiente de determinación R^2 : **80.00 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el contenido de Humedad Óptima vs. Límite Líquido y Límite Plástico es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **80.00 %**.

Manteniendo un valor constante de LP% y mientras el LL% aumenta el contenido de humedad óptimo de estos suelos crece. Además a medida que el LP% aumenta el contenido óptimo de agua disminuye esto debido a que la cantidad de agua es mucho mayor a la necesaria para que el suelo pase de un estado semisólido a plástico.

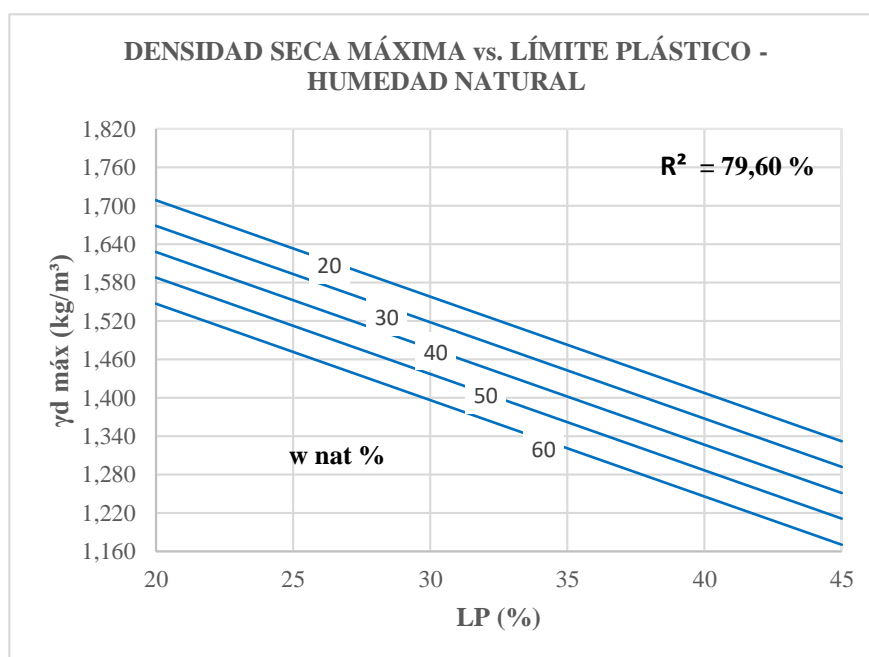


Figura 43. Correlación $\gamma_d máx$ vs. LP, y W_{nat}

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d\max} = 2.0345 - 0,01686(LP) - 0,00145(w\text{ nat})$$

Coeficiente de determinación R^2 : **79.60 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca Máxima vs. Límite Plástico y la Humedad Natural del suelo es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **79.60 %**.

Se observa que al mantener un valor constante de $w_{nat} \%$ y mientras el $LP \%$ aumenta, la $\gamma_{d\max}$ disminuye. Además a medida la $w_{nat} \%$ aumenta la $\gamma_{d\max}$ disminuye, esto debido a que el suelo con mayor cantidad de agua deja de desplazar aire del suelo, incrementando el volumen, por lo que al ser inversamente proporcional a la masa la densidad del suelo decrece, de igual manera al ser el $LP\%$ un contenido de humedad, a medida que este crece la $\gamma_{d\max}$ disminuye, por lo que la $\gamma_{d\max}$ es inversamente proporcional a la $w_{nat} \%$ y al $LP\%$.

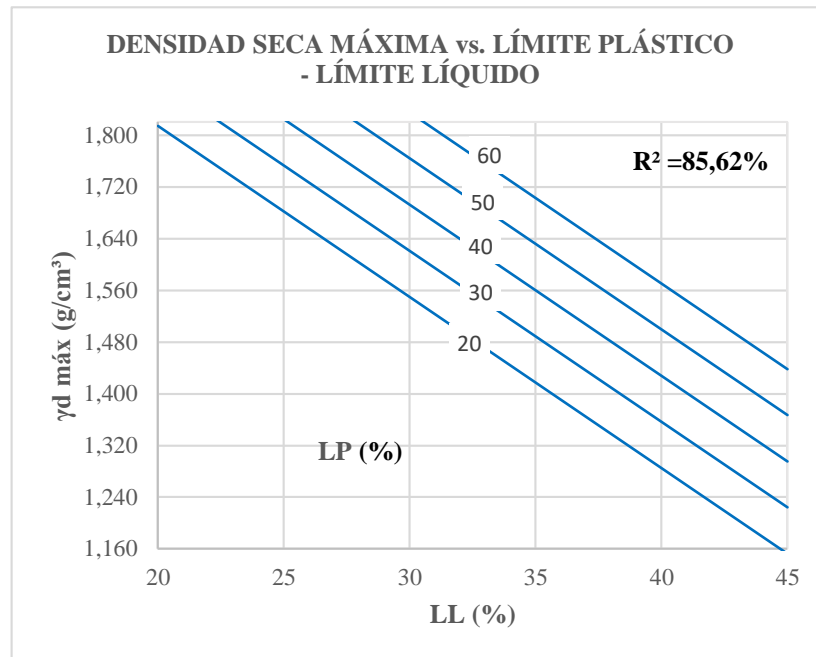


Figura 44. Correlación $\gamma_{d\text{ máx}}$ vs. LP, y LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d\text{ máx}} = 2,2004 - 0,0265(LL) + 0,0071(LP)$$

Coefficiente de determinación R^2 : **85.62 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca Máxima vs. Límite Plástico y Límite Líquido del suelo es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **85.62 %**.

Se observa que al mantener un valor constante de LP % y mientras el LL % aumenta, la $\gamma_{d\text{ máx}}$ disminuye. Además a medida que el LL% aumenta la $\gamma_{d\text{ máx}}$ crece, esto debido a que el suelo con mayor cantidad de agua deja de desplazar aire del suelo, incrementando el volumen, por lo que al ser inversamente proporcional a la masa la densidad del suelo decrece, de igual manera al ser el LL% un contenido de humedad, a medida que este crece la $\gamma_{d\text{ máx}}$ disminuye, por lo que la $\gamma_{d\text{ máx}}$ es inversamente proporcional LL% Y LP%.

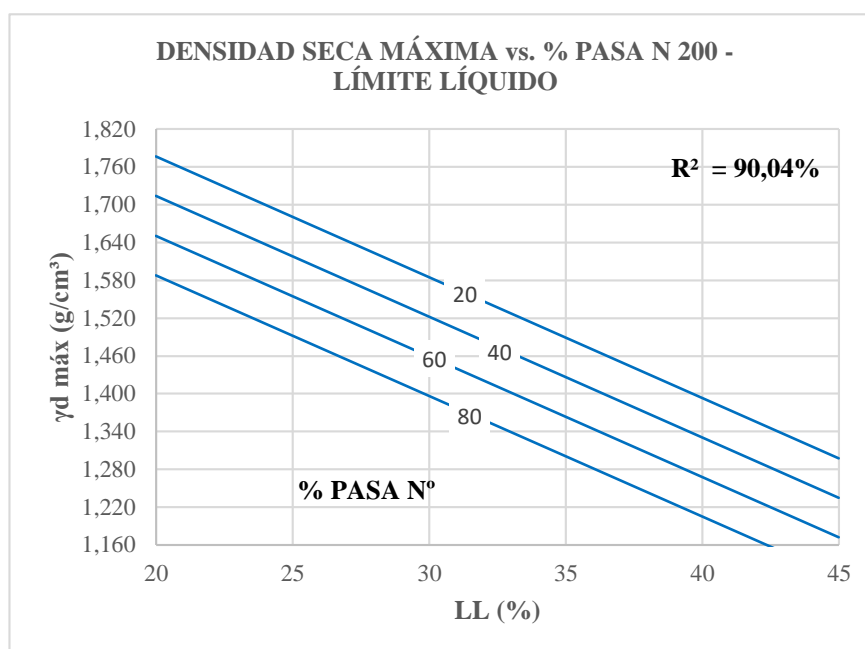


Figura 45. Correlación $\gamma_{d\text{ máx}}$ vs. %Ppasa (200) , y LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_{d\text{ max}} = 2,2223 - 0,01915(LL) - 0,0031(N^{\circ} 200)$$

Coefficiente de determinación R^2 : **90.04 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca Máxima vs. el % Pasa N° 200 y Límite Líquido del suelo es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **90.04%**.

Se observa que al mantener un valor constante del % Pasa N° 200 y mientras el LL% aumenta, la $\gamma_{d\text{ max}}$ disminuye. Además a medida que él % Pasa N° 200 aumenta la $\gamma_{d\text{ max}}$ disminuye, esto debido a que el suelo con mayor cantidad de agua deja de desplazar aire del suelo, incrementando el volumen. Al contener mayor cantidad de suelo fino el cambio de volumen debido al contenido de agua es depreciable por lo que se mantiene el incremento de volumen, los suelos con un rango de LL% entre 20% y 45%, incrementen su cantidad de suelo fino tendrá una menor $\gamma_{d\text{ max}}$.

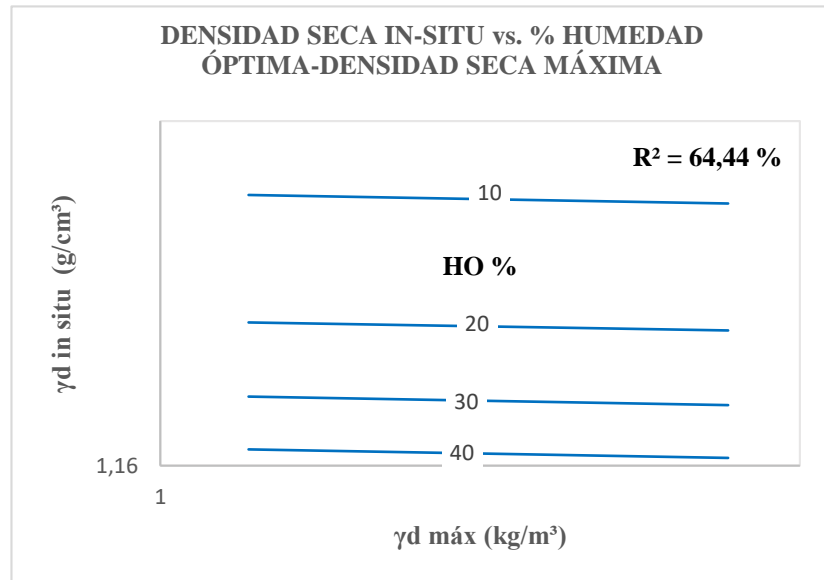


Figura 46. Correlación $\gamma_d \text{ in-situ}$ vs. $W_{\text{ópt}} - \gamma_d \text{ in-situ}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\gamma_d \text{ in-situ} = \frac{1.9854}{\gamma_d \text{ máx}^{0.0205} * W_{\text{ópt}}^{0.2368}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **64.44 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre la Densidad Seca in-situ vs. Humedad Óptima y Densidad Seca Máxima del suelo es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo potencial. El coeficiente de determinación R^2 es **64.44%**.

Se observa que el suelo a medida que incrementa el contenido de humedad la $\gamma_d \text{ in-situ}$ disminuye, de la misma manera la $\gamma_d \text{ máx}$. El suelo al poseer mayor cantidad de agua todos sus poros están llenos de la misma, disminuyendo su relación aire-agua. La $\gamma_d \text{ máx}$ decrece debido que el agua deja de desplazar aire y empieza a desplazar las partículas de suelo incrementado el volumen, por lo que $\gamma_d \text{ in-situ}$ es inversamente proporcional a la $w_{\text{ópt}}$ (%) y a la $\gamma_d \text{ máx}$.

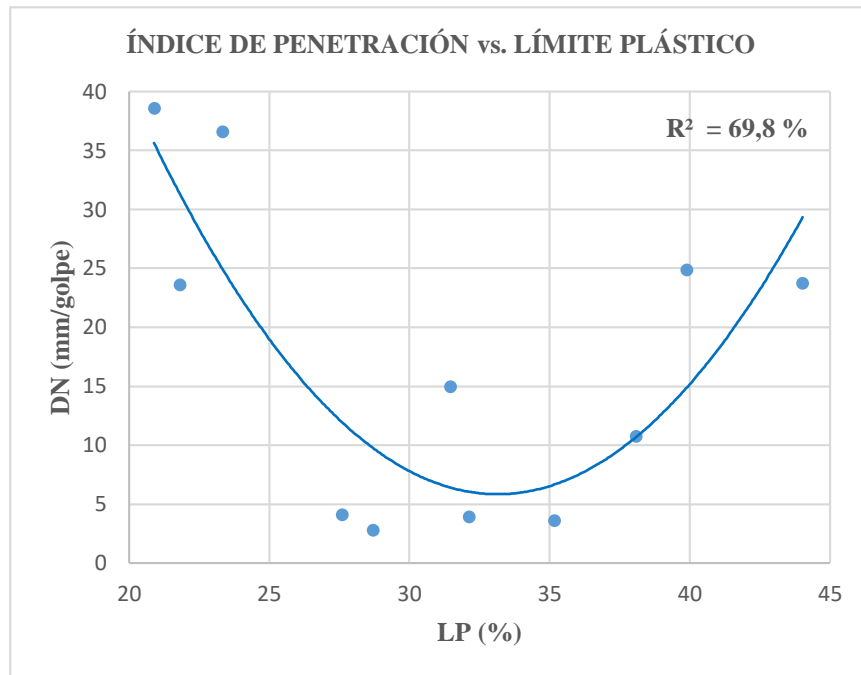


Figura 47. Correlación DN vs. LP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$DN = 0.1984 LP^2 - 13.152LP + 223.79$$

Coeficiente de determinación R²: **69.80 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el Índice de Penetración vs. Límite Plástico del suelo es buena, esto mediante una regresión simple, cuya línea de tendencia corresponde a una curva polinómica de grado dos. El coeficiente de determinación **R²** es **69.8%**.

Se observa que los suelos cuyo LP % oscila entre 27% y 37%, tienen un valor bajo de DN (mm/golpe), lo que significa que el suelo es mucho más resistente, ya que fue necesario más de 130 golpes para alcanzar una profundidad de 70 cm. Entonces los suelos más duros y resistentes necesitan un contenido de humedad entre 27% y 37% para pasar de estado semisólido a plástico, mientras que al tener un valor menor y/o mayor a estos el suelo presenta un mayor valor de DN (mm/golpe), necesitándose menor cantidad de golpes para alcanzar la profundidad deseada.

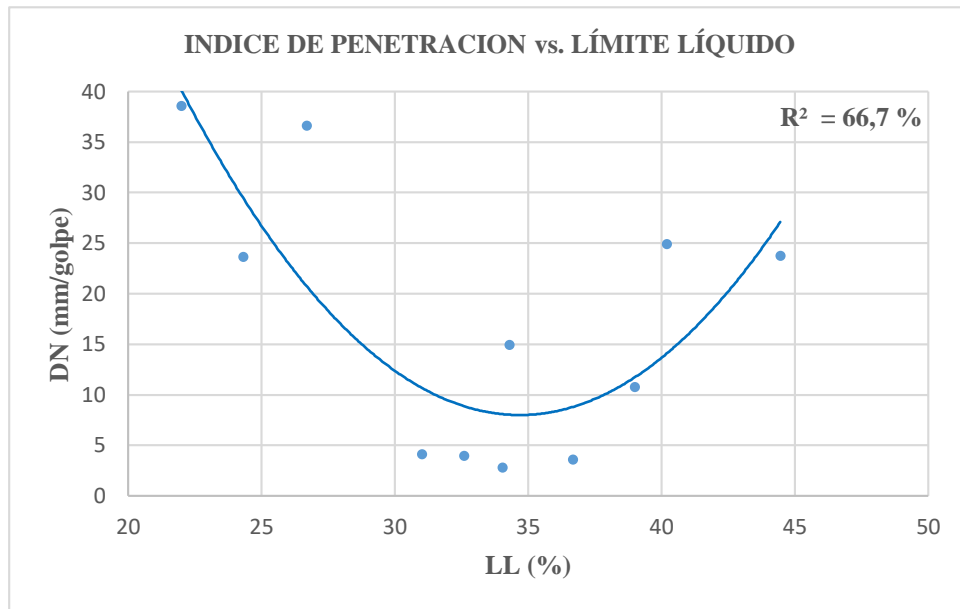


Figura 48. Correlación DN vs. LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$DN = 0.1998 LL^2 - 13.859LL + 248.33$$

Coefficiente de determinación R^2 : **66.70%** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el Índice de Penetración vs. Límite Líquido del suelo es buena, esto mediante una regresión simple, cuya línea de tendencia corresponde a una curva polinómica de grado dos. El coeficiente de determinación R^2 es **66.7%**.

Se observa que los suelos cuyo LL % oscila entre 30% y 40%, tienen un valor bajo de DN (mm/golpe), lo que significa que el suelo es mucho más resistente, ya que fue necesario más de 130 golpes para alcanzar una profundidad de 70 cm. Entonces los suelos más duros y resistentes necesitan un contenido de humedad entre 30% y 40% para pasar de estado plástico a líquido, mientras que al tener un valor menor y/o mayor a estos el suelo presenta un mayor valor de DN (mm/golpe), necesiándose menor cantidad de golpes para alcanzar la profundidad deseada.

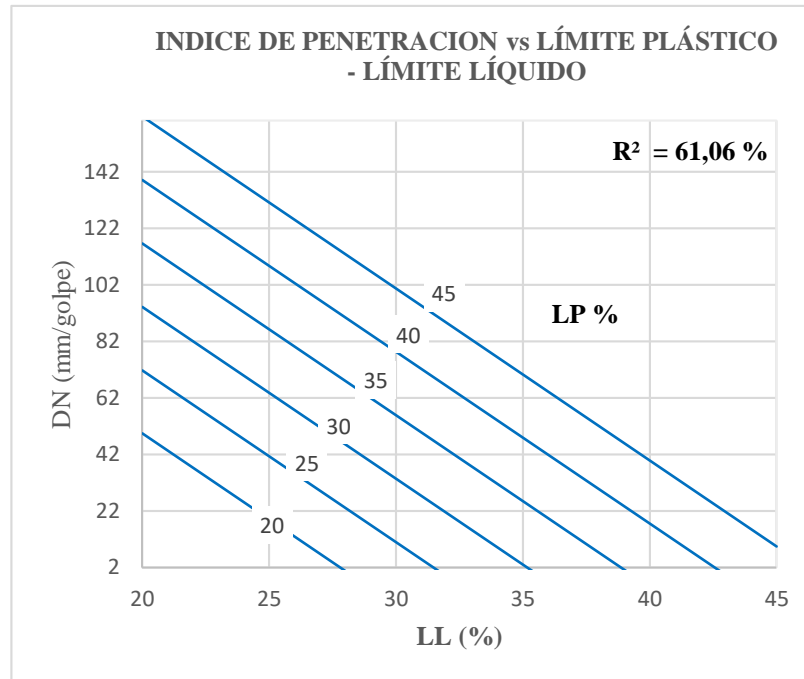


Figura 49. Correlación DN vs. LL - LP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$DN = 81,1578 - 6,0795(LL) + 4,4859(LP)$$

Coefficiente de determinación R²: **61.06 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el Índice de Penetración DN (mm/golpe) vs. Límite Líquido y Límite Plástico del suelo es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación **R²** es **61.06%**.

Se observa que mientras se mantiene un valor constante de LP% y se incrementa el valor del LL%, el DN (mm/golpe) decrece, pero al incrementar el LP% EL DN (mm/golpe) crece. Esto debido a que el tipo de suelo analizado necesita mayor cantidad de agua para cambiar de estado plástico a líquido que de estado semisólido a plástico, por ello el LL% es inversamente proporcional mientras el LP% es directamente proporcional al Índice de Penetración.

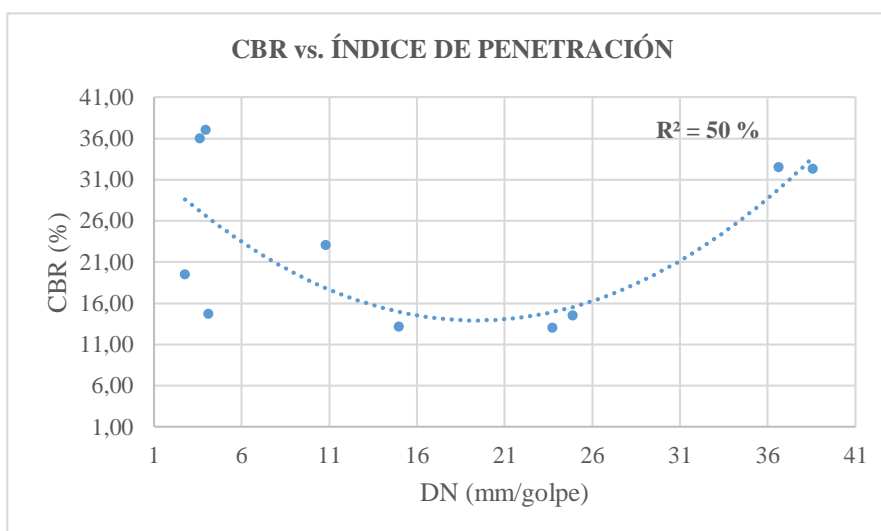


Figura 50. Correlación CBR vs. DN

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = 0.053 DN^2 - 2.071DN + 33.97$$

Coefficiente de determinación R^2 : **50.00 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Índice de Penetración (%) del suelo es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es de tipo polinómica de grado 2^{do} grado. El coeficiente de determinación R^2 es **50%**. Esto se cumple para valores de DN entre 2-38 mm/golpe y CBR entre 13 y 37%.

A medida que el valor de DCP crece, el valor de CBR disminuye, notándose su directa relación en función s su resistencia, ya que mientras menor sea su DN, mayor será el valor de CBR y mayor resistencia a corte del suelo. Por otro lado se observa que la muestra P11 y P12 tienen valores altos de DN y CBR debido a su contenido de humedad en situ también alto, pero en condiciones de humedad óptima el suelo presenta características muy buenas de resistencia.

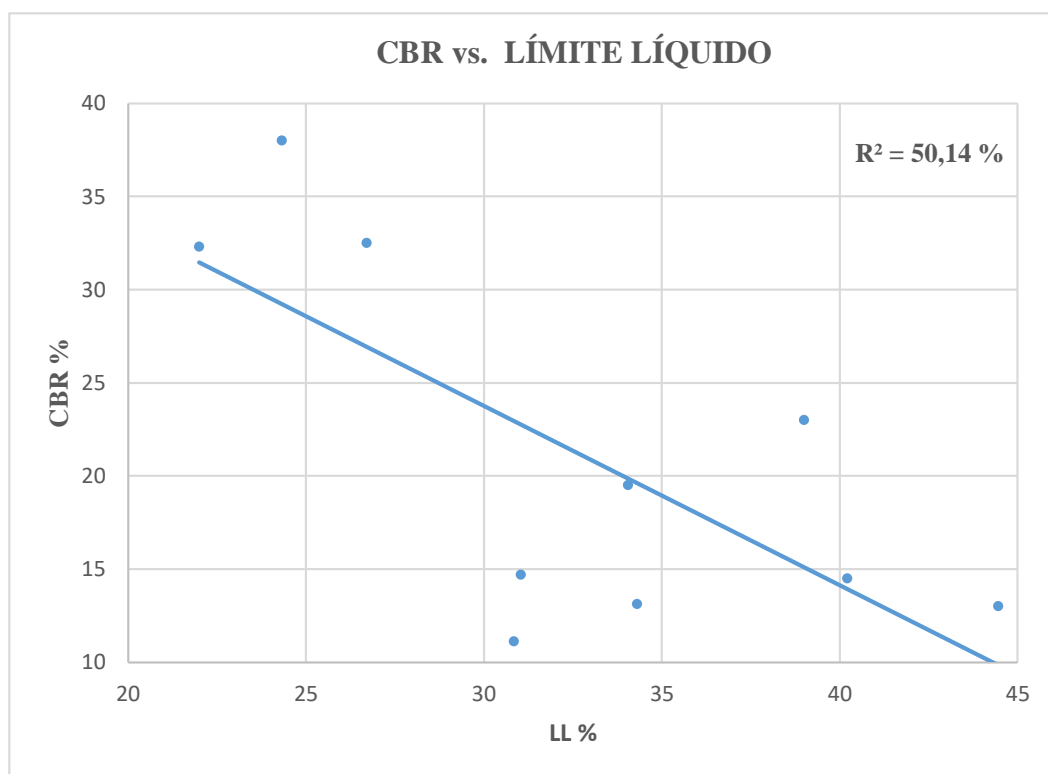


Figura 51. Correlación CBR vs. LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = -0.963 LL + 52.654$$

Coefficiente de determinación R^2 : **50.14 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Límite Líquido (%) del suelo es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **50.14%**. Para un valor de LL % entre 20% – 45% y un valor de CBR que oscila entre 13 y 37%.

Los suelos con un valor alto de LL% poseen un valor bajo de CBR, por lo que ambas propiedades son inversamente proporcionales, mientras más plásticos sean los suelos, su capacidad de resistencia disminuirá.

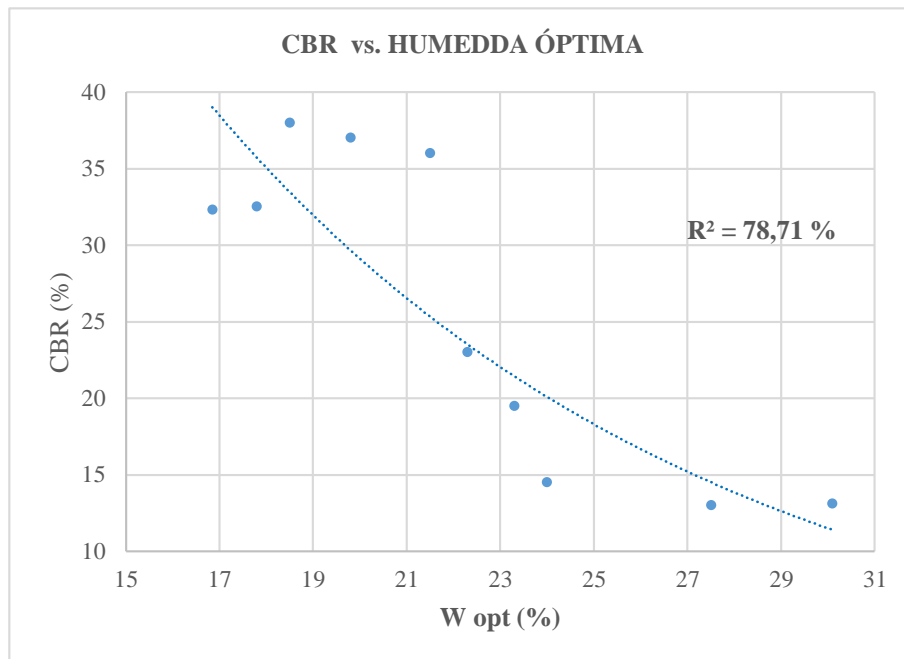


Figura 52. Correlación CBR Vs. W_{opt}

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{186.41}{e^{0.093 W_{\text{opt}}}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **78.71 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Humedad Óptima (%) del suelo es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es de tipo exponencial. El coeficiente de determinación R^2 es **78.71%**.

El valor de CBR está directamente relacionado con el valor de w_{opt} , esto debido a que el suelo mientras más cantidad de agua necesite para alcanzar su densidad máxima, será menor su resistencia, por ende, su valor de CBR. El agua hace que el suelo pierda su capacidad de resistencia cuando esta se encuentra en un valor mayor a la óptima, aumentando el volumen del suelo y dejando de eliminar el aire del mismo.

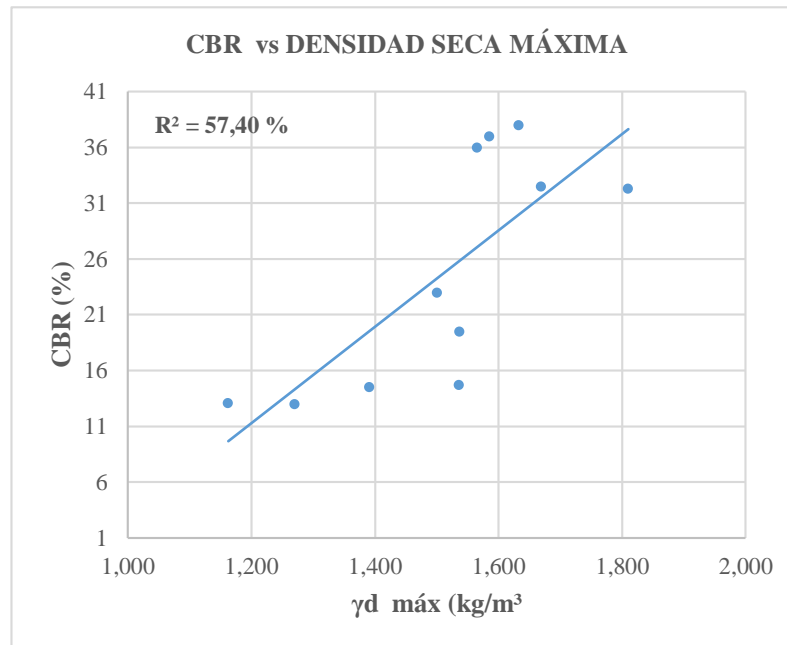


Figura 53. Correlación CBR vs. $\gamma_{d\text{máx}}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{43.141}{\gamma_{d\text{máx}} 40.462}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **57,40 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. la Densidad Seca Máxima del suelo es buena, esto mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es de tipo potencial. El coeficiente de determinación R^2 es **57.40**

El valor de CBR está directamente relacionado con el valor de la $\gamma_{d\text{máx}}$, esto debido a que el suelo mientras mayor sea su densidad mayor será su resistencia o capacidad de soporte y menor permeabilidad, por lo que el valor de CBR también crece. Los suelos estudiados al ser de tipo SM poseen cohesión, misma que permite que las partículas de suelo con la humedad óptima y adecuada compactación presenten su capacidad de resistencia y soporte máxima.

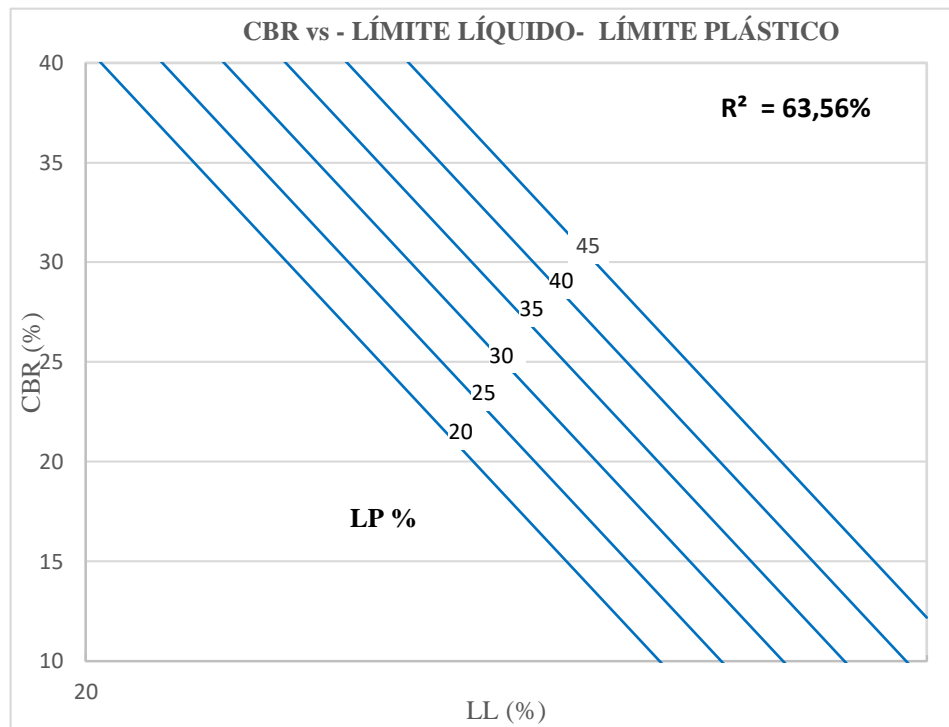


Figura 54. Correlación CBR vs. LL - LP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\text{CBR mayor} = 194,4529 - 128,2499 \text{ Log (LL)} + 0,6614(LP)$$

Coefficiente de determinación R^2 : **63.56 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Límite Líquido y Límite Plástico es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo logarítmica. El coeficiente de determinación R^2 es **63.56%**.

El valor de CBR está directamente relacionado con el contenido de humedad, ya que el LL% Y LP% son contenido de humedad, por ello mientras mayor contenido de humedad tenga el suelo el valor de CBR decrece, ya que el agua ingresa en los poros del suelo y pierde esta su capacidad de resistencia y soporte de las cargas transmitidas al suelo. Esta correlación se aplica para suelos cuyo rango de LL% y LP% oscila entre 20 % - 45%.

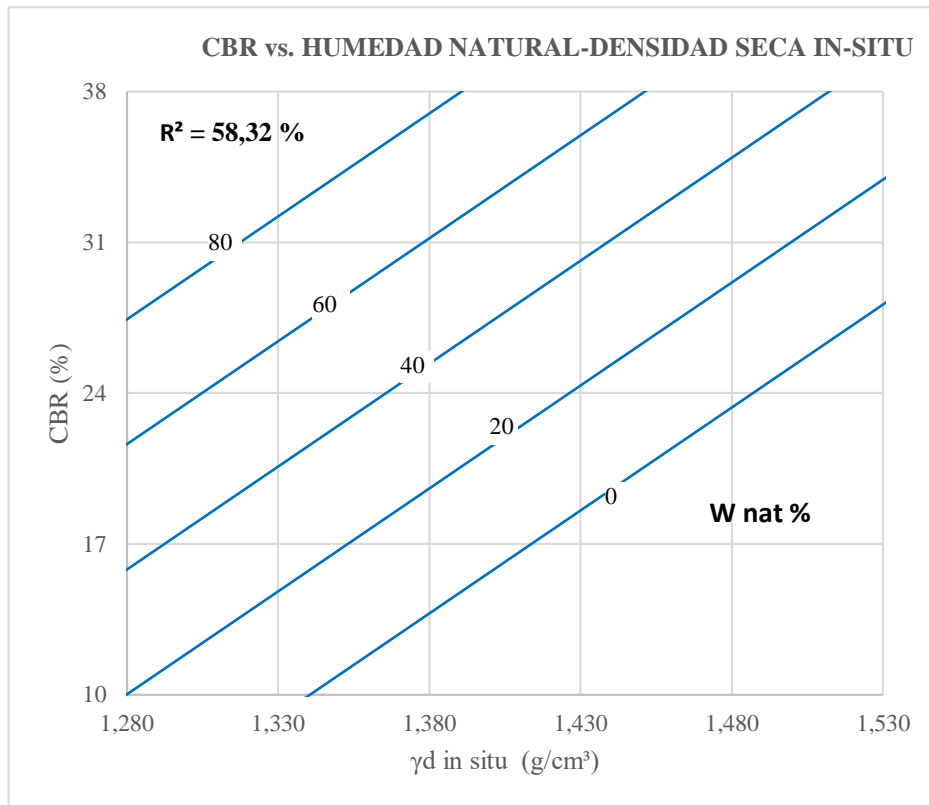


Figura 55. Correlación CBR vs. W_{nat} - $\gamma_{d\ in\ -situ}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = -118.1548 + 95.5937(\gamma_{d\ in\ -situ}) + 0.2902(W_{nat})$$

Coefficiente de determinación R^2 : **58.32 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Humedad Natural y la Densidad Seca in-situ es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **58.32 %**.

La humedad natural del suelo juega un papel muy importante en la determinación de la $\gamma_{d\ in\ -situ}$, consecuentemente en la capacidad de resistencia o soporte del suelo. Por ello se observa que al incrementar el valor de $\gamma_{d\ in\ -situ}$ el valor de CBR crece, esto debido a la baja porosidad que posee el suelo al ser más denso.

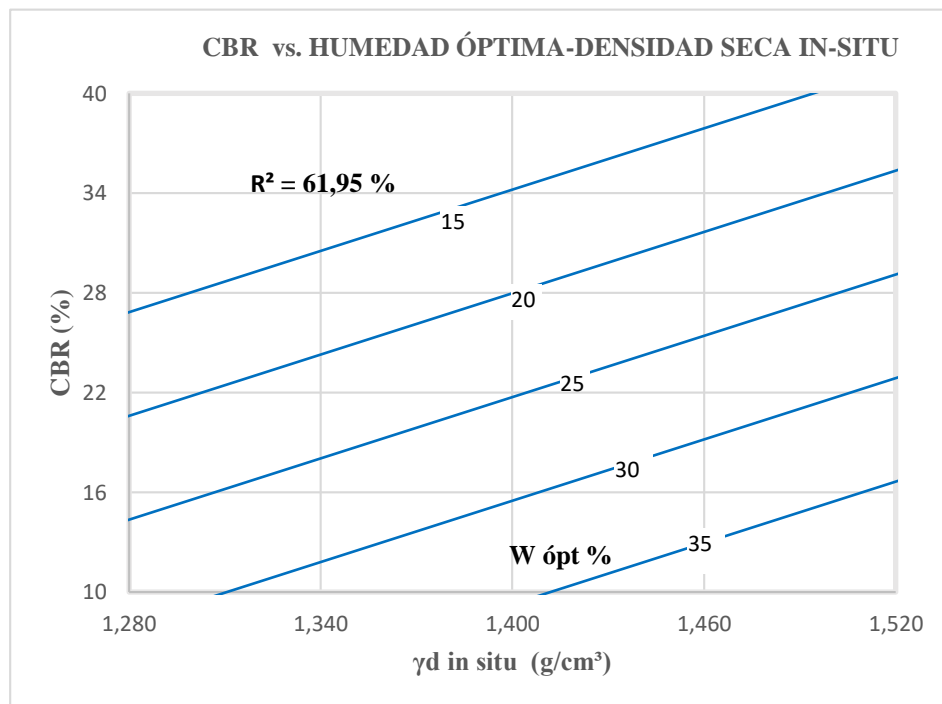


Figura 56. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - $\gamma_d \text{ in-situ}$

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$\text{CBR} = 33.096 + 61.4519(\gamma_d \text{ in-situ}) - 1.2477(w \text{ opt})$$

Coefficiente de determinación R^2 : **61.95 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre El valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Humedad Optima y la Densidad Seca in-situ es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo lineal. El coeficiente de determinación R^2 es **61.95 %**.

Se observa que al mantener constante el valor de la $w_{\text{ópt}}$ % e incrementar la $\gamma_d \text{ in-situ}$, el valor de CBR crece, mientras que al incrementar el la cantidad de agua, este decrece. Al estar el suelo con una humedad mayor a la óptima pierde su capacidad de resistencia, por lo que tiende a fallar ya que se encuentra en un estado entre plástico y líquido, por lo que sus partículas tienen mayor cohesión pero menor resistencia.

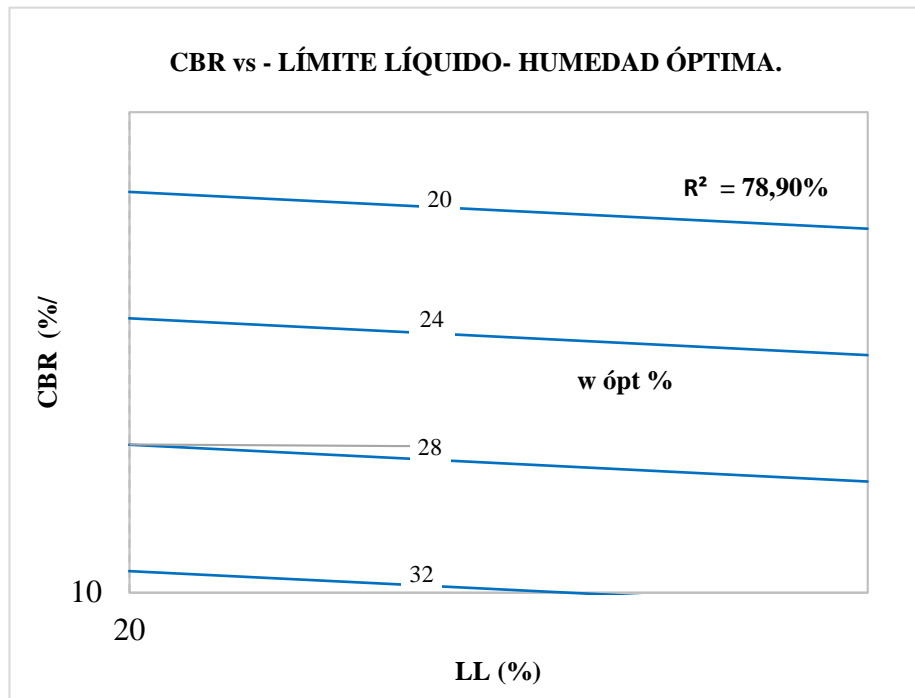


Figura 57. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - LL

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{190.8719}{e^{0,0041 LL} * e^{0,0878 W_{\text{ópt}}}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **78.90 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Humedad Optima y Límite Líquido es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo exponencial. El coeficiente de determinación R^2 es **78.90 %**.

Se observa que al incrementar el valor de la $w_{\text{ópt}}$ % y el LL%, el valor de CBR decrece, por lo que este valor es inversamente proporcional a estas propiedades. Ambas propiedad indican un contenido de humedad, por lo que el suelo al poseer mayor cantidad de agua que la óptima, posee mayor permeabilidad, menor cantidad de vacíos y disminución en la capacidad de soporte, esta relación se realiza para suelos cuyo LL% se encuentra en un rango de 20% a 45%.

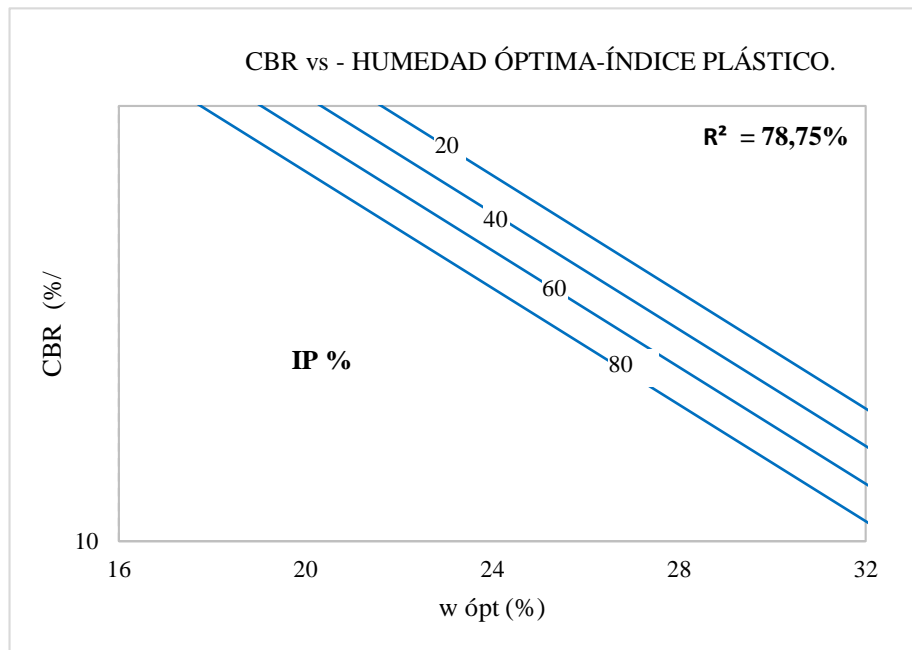


Figura 58. Correlación CBR vs. $W_{\text{ópt}}$ - IP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{184.2674}{e^{0.0928 w_{\text{ópt}}} * e^{0.0060 IP}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **78.75 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Humedad Óptima e índice Plástico es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo exponencial. El coeficiente de determinación R^2 es **78.75 %**.

Se observa que el valor de CBR, se ve afectado por la cantidad de agua que posee el suelo, ya sea en relación a la $w_{\text{ópt}}\%$ o al IP. El suelo con un mayor IP se encuentra en un estado casi líquido. Posee mayormente partículas finas, mismas que disminuyen notablemente la capacidad de soporte ya que sus poros se encuentran rellenos de agua y no permiten que tenga una buena cohesión.

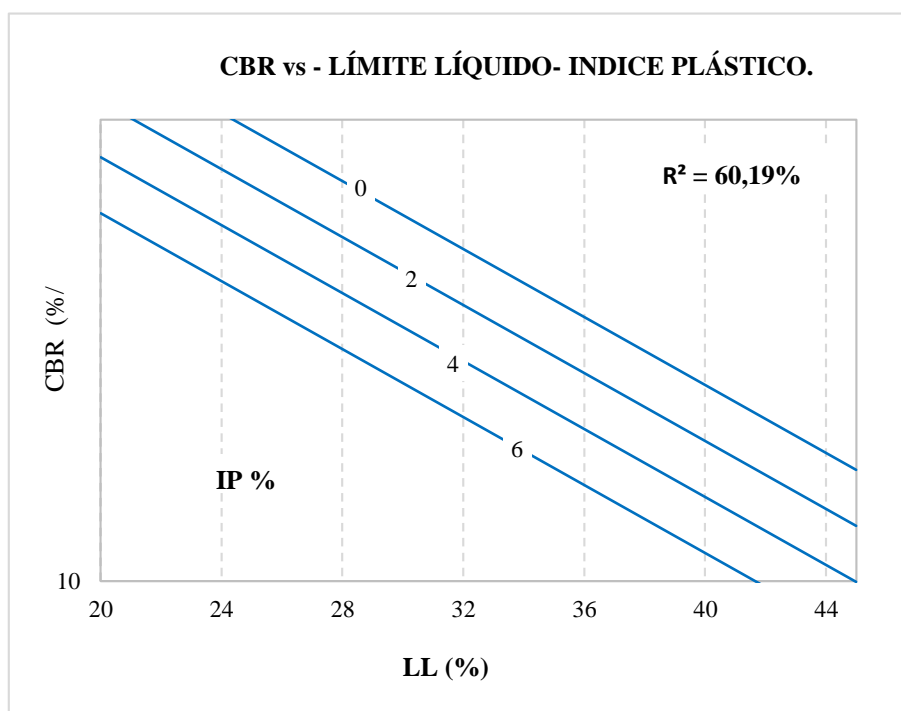


Figura 59. Correlación CBR vs. LL - % IP

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{138.8207}{e^{0,05102LL} * e^{0,0842 IP}}$$

Coefficiente de determinación R²: **60.19 %** N° muestras utilizadas: **10**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Límite Líquido e índice de plasticidad es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo exponencial. El coeficiente de determinación **R²** es **60.19 %**.

Se observa que el valor de CBR decrece a medida que se incrementa el LL% e IP de los suelos estudiados, esto debido a que mientras más cantidad de agua necesite el suelo para pasar de un estado semisólido a plástico (LP%), o de un estado plástico a líquido (LL%) su capacidad de soporte o resistencia disminuye y sus partículas contienen poros, mismos que no permiten un confinamiento adecuado al estar con un alto contenido de humedad.

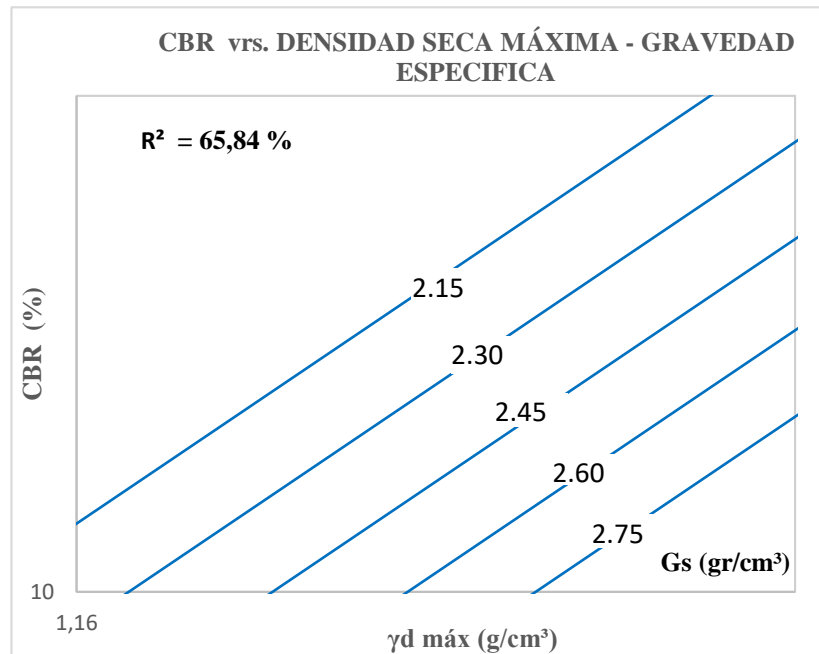


Figura 60. Correlación CBR vs. $\gamma_d \text{ máx}$ - Gs

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

$$CBR = \frac{205.9884 * \gamma_d \text{ máx}^{3.0531}}{Gs^{4.2931}}$$

Coefficiente de determinación R^2 : **65.84 %** N° muestras utilizadas: **11**

Interpretación:

La correlación obtenida entre el valor CBR (California Bearing Ratio) vs. Densidad Seca Máxima y Gravedad Específica es buena, esto mediante una regresión múltiple de tipo potencial. El coeficiente de determinación R^2 es **65.84 %**.

Se observa que al mantener constante la Gs e incrementar la $\gamma_d \text{ máx}$, el valor del CBR crece, mientras que al incrementar el valor de la Gs, el valor de CBR disminuye. Al poseer el suelo una mayor $\gamma_d \text{ máx}$ significa, que el suelo se encuentra con la cantidad de agua y compactación necesaria para soportar mayor cantidad de cargas, por ello su relación directa con el CBR, esto para suelos cuya $\gamma_d \text{ máx}$ se encuentra entre

3.1.7. Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93

3.1.7.1. Conteo Vehicular

El tráfico es uno de los factores que influyen en el diseño de un pavimento, por ello la cuantificación del número de vehículos que circulan en la vía “Pahuelo – San Fernando” se realizó el día jueves 21 de noviembre. El periodo de conteo vehicular fue de 12 horas, a partir de las 6:00 a.m. hasta las 18:00 p.m. con un intervalo de 15 minutos. Una vez obtenido el TPDA, tomamos el volumen de vehículos de la hora pico, misma que resulto ser de 12:00 p.m. a 13:00 p.m.

Tabla 48. Volumen vehicular hora pico

Hora	Vehículos	Buses	Camiones			Total 15 minutos
			2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	
12:00 - 12:15	11	1	1	1	0	14
12:15 - 12:30	10	2	1	0	0	13
13:30 - 12:45	12	2	1	1	0	16
12:45 - 13:00	11	1	1	1	0	14
Total	44	6	4	3	0	57
%	77,19	10,53	7,02	5,26	0,00	100,00

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El volumen vehicular obtenido fue de 77.19% para vehículos livianos, 10.53% para buses y 11.28% para camiones de 2 y 3 ejes, resultando un total de 65 vehículos en esa hora.

➤ Factor de Hora pico

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * (\text{mayor tráfico en 15 mín.})}$$

$$FHP = \frac{57 \text{vehículos}}{4 * (16 \text{vehículos})}$$

$$FHP = 0.8906$$

➤ **Porcentaje de la trigésima hora**

La vía que se pretende realizar el diseño del pavimento es de rural por lo que se usara un porcentaje del 15% como lo recomienda el Ministerio de Obras Públicas, además para obtener un tráfico uniforme el factor de la hora pico FHP, se asume 1.

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos} * \text{FHP}}{10\%}$$

➤ **Vehículos livianos**

$$TPDA(\text{livianos}) = \frac{44 * 1}{0.15} = 293 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$TPDA(\text{buses}) = \frac{6 * 1}{0.15} = 40 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$TPDA(\text{camiones}) = \frac{7 * 1}{0.15} = 47 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Se calcula el TPDA actual con los valores obtenidos anteriormente:

$$TPDA(\text{actual}) = TPDA(\text{livianos}) + TPDA(\text{buses}) + TPDA(\text{camiones})$$

$$TPDA(\text{actual}) = 293 + 40 + 47$$

$$TPDA(\text{actual}) = 380 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Tr\u00e1fico Vehicular actual en el 1\u00b0 a\u00f1o**

Se determina el tr\u00e1fico promedio diario anual durante el primer a\u00f1o:

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = Ta * (1 + i)^1$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

$$TPDA(\text{livianos}) = 293 * (1 + 3.97\%)^1 = 305 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$TPDA(\text{buses}) = 40 * (1 + 1.97\%)^1 = 41 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$TPDA(\text{camiones}) = 47 * (1 + 1.94\%)^1 = 48 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

El TPDA resultante en el primer a\u00f1o es:

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = TPDA(\text{livianos}) + TPDA(\text{buses}) + TPDA(\text{camiones})$$

$$TPDA(1 \text{ a\u00f1o}) = 291 + 41 + 48 = 380 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TR\u00c1FICO GENERADO

$$T_g = 20\% * TA (1er \text{ a\u00f1o})$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

$$T_g = 20\% * 305$$

$$T_g = 61 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$T_g = 20\% * 41$$

$$T_g = 8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$T_g = 20\% * 48$$

$$T_g = 10 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TR\u00c1FICO ATRA\u00cdDO

$$T_{at} = 10\% * TA (1er \text{ a\u00f1o})$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

$$T_{at} = 10\% * 305$$

$$T_{at} = 31 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$T_{at} = 10\% * 40$$

$$T_{at} = 4 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$T_g = 10\% * 48$$

$$T_g = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TR\u00c1FICO DESARROLLADO

$$T_d = 10\% * TA \text{ (1er a\u00f1o)}$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

$$T_d = 10\% * 205$$

$$T_d = 31 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$T_d = 10\% * 40$$

$$T_d = 4 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$T_d = 10\% * 48$$

$$T_d = 5 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 49. Tr\u00e1fico actual del proyecto

Calculo del Tr\u00e1fico Actual							
Tipo de Veh\u00edculo	TPDA Actual	i % = \u00cdndice de Crecimiento	TPDA 1 A\u00f1o	Tg	Tat	Td	Ta Total
Livianos	293	3,97	305	61	31,00	31,00	428
Buses	40	1,97	41	8	4,00	4,00	57
Camiones	47	1,94	48	10	5,00	5,00	68

Autor: Karina Marisela Claudio Chac\u00f3n

➤ **Trafico Futuro**

Se considera un periodo de diseño de la vía entre 10 y 20 años, por lo que se realizará la proyección del tráfico para este periodo de tiempo.

$$Tf = Ta * (1 + i)^n$$

Para hallar el tráfico futuro el MOP, propone los siguientes índices de crecimiento vehicular:

Tabla 50. Índice de crecimiento vehicular

Período	Tipo de Vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2019 – 2020	3,97	1,97	1,94
2021 – 2025	3,57	1,78	1,74
2026 – 2039	3,25	1,62	1,58

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

TRÁFICO FUTURO PARA UN PERIDO DE DISEÑO DE N=10 AÑOS

➤ **Vehículos livianos**

$$Tf = 428 * (1 + 0.0325)^{10}$$

$$Tf = 589 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$Tf = 57 * (1 + 0.0162)^{10}$$

$$Tf = 67 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$Tf = 68 * (1 + 0.0158)^{10}$$

$$Tf = 80 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

TRÁFICO FUTURO PARA UN PERIDO DE DISEÑO DE N=20 AÑOS

➤ **Vehículos livianos**

$$Tf = 428 * (1 + 0.0325)^{20}$$

$$Tf = 811 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$Tf = 57 * (1 + 0.0162)^{20}$$

$$Tf = 79 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$Tf = 68 * (1 + 0.0158)^{20}$$

$$Tf = 93 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

Tabla 51. Tr\u00e1fico proyectado para el periodo de dise\u00f1o

Per\u00edodo	N\u00b0 A\u00f1os	\u00cdndice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro = $Ta * (1+i)^n$			Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2019	0	3,97	1,97	1,94	428	57	68	553
2020	1	3,97	1,97	1,94	445	58	69	572
2021	2	3,57	1,78	1,74	459	59	70	589
2022	3	3,57	1,78	1,74	475	60	72	607
2023	4	3,57	1,78	1,74	492	61	73	626
2024	5	3,57	1,78	1,74	510	62	74	646
2025	6	3,57	1,78	1,74	528	63	75	667
2026	7	3,25	1,62	1,58	535	64	76	675
2027	8	3,25	1,62	1,58	553	65	77	695
2028	9	3,25	1,62	1,58	571	66	78	715
2029	10	3,25	1,62	1,58	589	67	80	736
2030	11	3,25	1,62	1,58	608	68	81	757
2031	12	3,25	1,62	1,58	628	69	82	779
2032	13	3,25	1,62	1,58	649	70	83	802
2033	14	3,25	1,62	1,58	670	71	85	826
2034	15	3,25	1,62	1,58	692	73	86	850
2035	16	3,25	1,62	1,58	714	74	87	875
2036	17	3,25	1,62	1,58	737	75	89	901
2037	18	3,25	1,62	1,58	761	76	90	927
2038	19	3,25	1,62	1,58	786	77	92	955
2039	20	3,25	1,62	1,58	811	79	93	983

Autor: Karina Marisela Claudio Chac\u00f3n

El tr\u00e1fico para el proyecto es de 983 veh\u00edculos/d\u00eda, por lo que seg\u00fan la normativa establecida por el MOP se considera una v\u00eda colectoras clase III.

Tabla 52. Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado-Proyecto

Función	Clase de carretera según el MTOP	TPDA (Año final de diseño)
Corredor Arterial	R-I o R-II	> 8000
	I	3000 – 8000
	II	1000 – 3000
Colectora	III	300 – 1000
	IV	100 – 300
Vecinal	V	< 100

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

3.1.7.2. Cálculo Eje equivalente según el periodo de diseño (W18)

➤ Periodo de diseño

Tabla 53. Período de diseño según la vía- Proyecto

Clasificación de la vía	Período de análisis (años)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 - 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 - 20

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

Al tratarse de una vía colectora de clase III, se tomará como pavimentada de bajo volumen de tráfico, cuyo periodo de diseño será de 20 años.

➤ Factor de daño

Tabla 54. Factor de daño según tipo de automotor (FD).

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Diseño
	Ton	$(P/6,6)^4$	Ton	$(P/8,2)^4$	Ton	$(P/15)^4$	Ton	$(P/23)^4$	
Liviano	3	0,04							0,04
Bus	4	0,13	8	0,91					1,04
C - 2P	2,5	0,02							1,29
	7	1,27							
C - 2G	6	0,68	11	3,24					3,92
C - 3	6	0,68			18	2,07			2,75
C - 4	6	0,68					25	1,4	2,08
C - 5	6	0,68			18	2,07			2,75
C - 6	6	0,68			18	2,07	25	1,4	4,15

Fuente: Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

El factor de daño utilizado para vehículos livianos será de 0.04, para buses 1.04 y para camiones 1.29 .

➤ **Factor de distribución por carril**

En la via objeto de análisis existen dos carriles, uno en cada dirección, por lo que se tomara el 100%.

Tabla 55. Factor de distribución por carril - Proyecto

Número de carriles en una dirección	% del W18 en el carril de diseño
1	100
2	80 a 100
3	60 a 80
4	50 a 75

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

➤ **Número de ejes equivalentes**

El Número Acumulado de Ejes Equivalentes (W18) se debe calcular al final del período de diseño para cada uno de los tipos de vehículos, se lo hará por medio de la siguiente ecuación:

$$W18_{total} = 365 * TPDA_{Final} * FD$$

Donde:

W18 = Número acumulado de ejes equivalentes

TPDA Final = Tráfico Promedio Diaria Anual Final

FD = Factor de daño

fd = Factor de distribución por carril

Cálculo del W18 para el año 2039:

$$W_{18} = 365 * TPDA_{Final} * FD$$

$$W18_{parcial} = (365 * 811 * 0,04) + (365 * 79 * 1,04) + (365 * 93 * 1,29)$$

$$W18_{parcial} = 85494$$

$$W18_{acumulado} = 1343302 + 1427266$$

$$W18_{acumulado} = 1512760$$

Tabla 56. Cálculo del número de ejes equivalentes (W18)

Período	n	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2019	0	3,97	1,97	1,94	428	57	68	553	59904	59904	29952
2020	1	3,97	1,97	1,94	445	58	69	572	61199	121103	60552
2021	2	3,57	1,78	1,74	459	59	70	589	62259	183362	91681
2022	3	3,57	1,78	1,74	475	60	72	607	63474	246836	123418
2023	4	3,57	1,78	1,74	492	61	73	626	64715	311551	155775
2024	5	3,57	1,78	1,74	510	62	74	646	65981	377532	188766
2025	6	3,57	1,78	1,74	528	63	75	667	67275	444807	222404
2026	7	3,25	1,62	1,58	535	64	76	675	67761	512569	256284
2027	8	3,25	1,62	1,58	553	65	77	695	68972	581541	290770
2028	9	3,25	1,62	1,58	571	66	78	715	70207	651748	325874
2029	10	3,25	1,62	1,58	589	67	80	736	71465	723213	361606
2030	11	3,25	1,62	1,58	608	68	81	757	72748	795961	397980
2031	12	3,25	1,62	1,58	628	69	82	779	74056	870017	435009
2032	13	3,25	1,62	1,58	649	70	83	802	75390	945407	472704
2033	14	3,25	1,62	1,58	670	71	85	826	76750	1022157	511079
2034	15	3,25	1,62	1,58	692	73	86	850	78137	1100294	550147
2035	16	3,25	1,62	1,58	714	74	87	875	79551	1179845	589922
2036	17	3,25	1,62	1,58	737	75	89	901	80993	1260838	630419
2037	18	3,25	1,62	1,58	761	76	90	927	82464	1343302	671651
2038	19	3,25	1,62	1,58	786	77	92	955	83964	1427266	713633
2039	20	3,25	1,62	1,58	811	79	93	983	85494	1512760	756380

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

El valor total de ejes equivalentes W_{18} para el periodo de diseño es de:

Tabla 57. Espesores mínimos según ejes equivalentes - Proyecto

Tránsito W_{18}	Carpeta Asfáltica (D1)	Capa Base (D2)
Menos de 5 000	1,0 ó Tándem Superficial	4,0
50 001 a 150 000	2,0	4,0
150 001 a 500 000	2,5	4,0
500 001 a 2 000 000	3,0	6,0
2 000 001 a 7 000 000	3,5	6,0
Mayor a 7 000 000	4,0	6,0

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Según la tabla mostrada se tienen los siguientes espesores para las capas del pavimento

- Carpeta asfáltica D1= 3 pulg
- Base granular D2= 6 pulg

➤ **Confiabilidad “R”**

Tabla 58. Nivel de confiabilidad “R” - Proyecto

Clasificación funcional	Zonas Urbanas	Zonas Rurales
Autopistas	85 - 99,9	80 - 99,9
Carreteras de 1er Orden	80 - 90	75 - 95
Carreteras de 2do Orden	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales o locales	50 - 80	50 - 80

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Al ser una vía de segundo orden y estar ubicada en la zona rural se tomará el nivel de confiabilidad “R” de 85%

➤ **Desviación Estándar Normal “Zr”**

Tabla 59. Desviación Estándar Normal “Zr”-Proyecto

Confiabilidad	Zr	Confiabilidad	Zr
50	0,000	93	-1,476
60	-0,253	94	-1,555
70	-0,524	95	-1,645
75	-0,674	96	-1,751
80	-0,841	97	-1,881
85	-1,037	98	-2,054
90	-1,282	99	-2,327
91	-1,340	99,9	-3,090
92	-1,405	99,99	-3,750

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El valor de la desviación estándar está en función del nivel de confiabilidad “R”, por lo que para un valor de “R” de 85%, corresponde un coeficiente de desviación estándar de -1,037.

➤ **Desviación Estándar Global “So”**

La AASHTO establece para el diseño de pavimentos flexibles utilizar una desviación estándar So de 0,45

➤ **Índice de serviciabilidad “PSI”**

$$\Delta\text{PSI} = \text{PSI inicial} - \text{PSI final}$$

$$\Delta\text{PSI} = 4,2 - 2,0$$

$$\Delta\text{PSI} = 2,2$$

➤ **Módulo de resiliencia “Mr”**

Se va a trabajar con un CBR de laboratorio con un valor de 19.5 % perteneciente al pozo 2, mismo que está ubicado en la parroquia pasa en el sector llamado Pahuelo.

$$\text{Mr (PSI)} = 3000 * \text{CBR}^{0,65}$$

$$\text{Mr (PSI)} = 3000 * 19.5^{0,65}$$

$$\text{Mr (PSI)} = 20684.44$$

$$\text{Mr} = 20.68 \text{ Ksi}$$

➤ **Coefficiente estructural a₁**

Para determinar el valor de a₁, nos basaremos en la normativa AASHTO 93, para utilizar el nomograma se asume una estabilidad Marshall mínima de 1800 lb, con este valor encontramos el coeficiente a₁ en el ábaco.

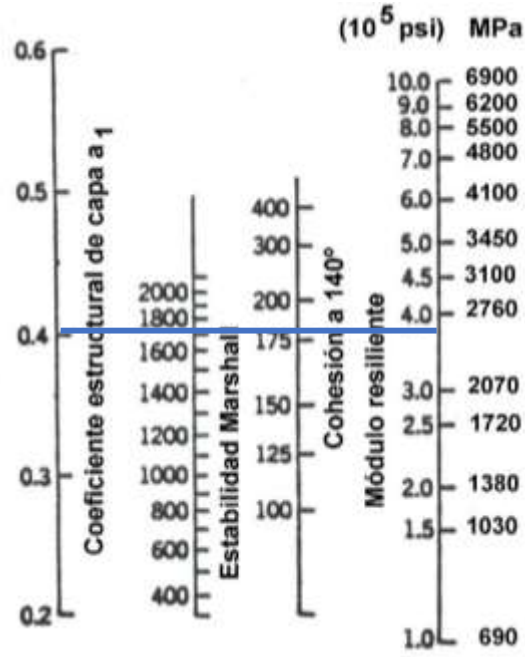


Figura 61. Nomograma para determinar coeficiente a₁

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Tabla 60. Determinación de valores a₁-Proyecto

Módulos Elásticos		Valores a ₁
PSI	Mpa	
125 000	875	0,220
150 000	1050	0,250
175 000	1225	0,280
200 000	1400	0,295
225 000	1575	0,320
250 000	1750	0,330
275 000	1925	0,350
300 000	2100	0,360
325 000	2275	0,375
350 000	2450	0,850
375 000	2625	0,405
400 000	2800	0,420
425 000	2975	0,435
450 000	3150	0,440

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El coeficiente estructural a_1 es 0,405. Consecuentemente el módulo elástico de la carpeta asfáltica es $M_r = 375000$ psi, 375 Ksi.

➤ **Coeficiente estructural a_2**

El valor mínimo de CBR para la capa base de los agregados es 80%, así lo establece las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003

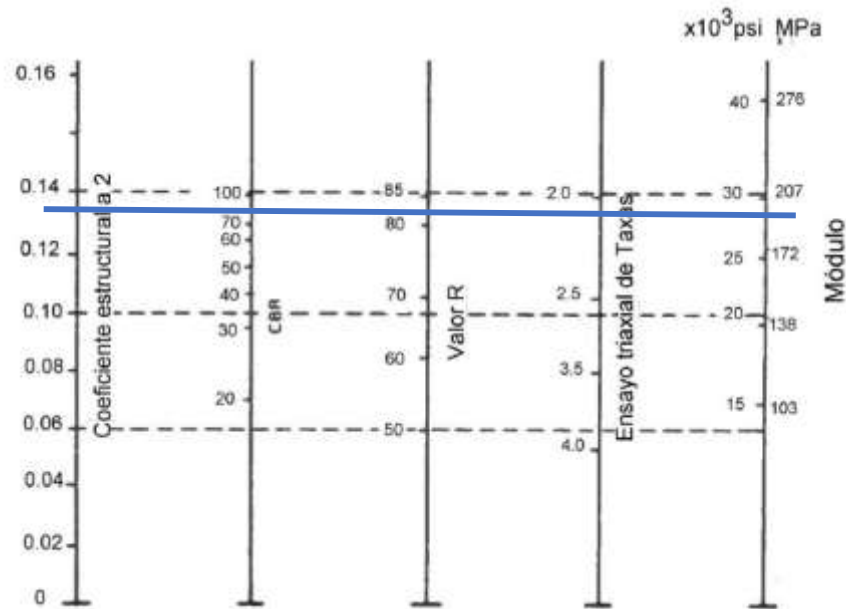


Figura 62. Nomograma para determinar coeficiente a_2

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Tabla 61. Determinación de valores a_2 - Proyecto

Base de agregados	
CBR	a_2
50	0,115
55	0,120
60	0,125
70	0,130
80	0,133
90	0,137
100	0,140

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El coeficiente estructural a_2 para el CBR mínimo de 80% es $a_2 = 0,133$, el nomograma permite también determinar el módulo de elasticidad para la capa base dando un valor de 28 Ksi.

➤ **Coeficiente estructural a_3**

El valor mínimo de CBR para la capa de subbase de los agregados debe ser mayor a 30%, así lo establece las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MOP 2003

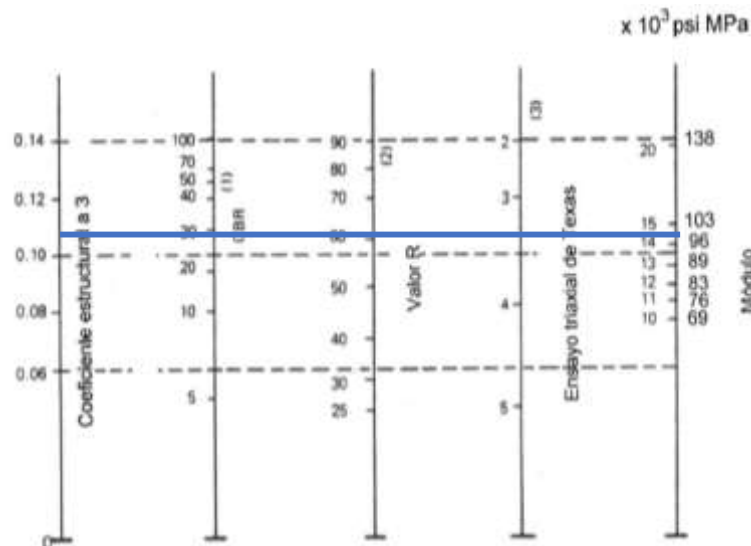


Figura 63. Nomograma para determinar coeficiente a_3

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Tabla 62. Determinación de valores a_3 - Proyecto

Base de agregados	
CBR	a_3
10	0,080
15	0,090
20	0,093
25	0,102
30	0,108
35	0,115
40	0,120
45	0,125
50	0,128
55	0,13
60	0,135
65	0,138
70	0,14

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

El coeficiente estructural a_3 para el CBR mínimo de 30% es $a_3 = 0,108$, el nomograma permite también determinar el módulo de elasticidad para la capa subbase dando un valor de 14.8 Ksi

➤ **Coeficiente de drenaje “ m_2, m_3 ”**

El tiempo estimado que demora en evaporarse o vaciar el agua de la vía es alrededor de 1 día.

Tabla 63. Calidad de drenaje - Proyecto

Calidad de Drenaje	Tiempo de eliminación de agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drena

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Drenaje

En base a la calidad de drenaje se obtiene los coeficientes de drenaje m_2, m_3

Tabla 64. Corrección de coeficientes m_2 y m_3 en base al drenaje - Proyecto

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.			
	Menos de 1%	1% - 5%	5% - 25%	Más del 25%
Excelente	1.40 - 1.35	1.35 - 1.30	1.30 - 1.20	1,20
Buena	1.35 - 1.25	1.25 - 1.15	1.15 - 1.00	1,00
Regular	1.25 - 1.15	1.15 - 1.05	1.00 - 0.80	0,80
Pobre	1.15 - 1.05	1.05 - 0.80	0.80 - 0.60	0,60
Deficiente	1.05 - 0.95	0.95 - 0.75	0.75 - 0.40	0,40

Fuente: Guía para el diseño de pavimento flexible, AASHTO 93

Por lo que se tiene un valor de 1 para m_2 y m_3 .

✓ **Diseño del pavimento con Eje equivalente (W18) calculado**

Tabla 65. Datos para el diseño del pavimento con, W18 calculado

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	983vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	756380
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	19.5 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	20684 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Figura 64. Cálculo de SN para W18 calculado

Fuente: AASHTO 93

Tabla 66. Diseño de pavimento flexible, W18 calculado

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993		
PROYECTO : Tesis de grado	TRAMO : Via Pahuelo - San Fernando	
SECCION : km 0+000 a km 2+450	FECHA : Diciembre 2019	
DATOS DE ENTRADA :		
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)		375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)		14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		756.380
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)		-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)		0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		20,68
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)		0,405
Base granular (a ₂)		0,133
Subbase (a ₃)		0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m ₂)		1,000
Subbase (m ₃)		1,000
DATOS DE SALIDA :		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,13	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	2,05	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,60	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0,52	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
	ESPESOR	
	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	7,8 cm	5,0 cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9,3 cm	10,0 cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-6,2 cm	15,0 cm
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm
DISEÑADO POR : KARINA CLAUDIO		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

✓ **Diseño del pavimento con Eje equivalente (W18) impuesto**

Para estimar un valor mucho más alto de W18 con respecto al calculado, es necesario incrementar el volumen de vehículos, buses y camiones de la hora pico analizado.

Tabla 67. Tráfico proyectado 20 años con incremento de volumen de tráfico

Período	Nº Años	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro = $Ta*(1+i)^n$			Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
2019	0	3,97	1,97	1,94	2164	362	486	3012
2020	1	3,97	1,97	1,94	2250	369	495	3114
2021	2	3,57	1,78	1,74	2321	375	503	3199
2022	3	3,57	1,78	1,74	2404	382	512	3298
2023	4	3,57	1,78	1,74	2490	388	521	3399
2024	5	3,57	1,78	1,74	2579	395	530	3504
2025	6	3,57	1,78	1,74	2671	402	539	3612
2026	7	3,25	1,62	1,58	2707	405	542	3654
2027	8	3,25	1,62	1,58	2795	412	551	3758
2028	9	3,25	1,62	1,58	2886	418	560	3864
2029	10	3,25	1,62	1,58	2980	425	568	3973
2030	11	3,25	1,62	1,58	3076	432	577	4086
2031	12	3,25	1,62	1,58	3176	439	587	4202
2032	13	3,25	1,62	1,58	3280	446	596	4322
2033	14	3,25	1,62	1,58	3386	453	605	4445
2034	15	3,25	1,62	1,58	3496	461	615	4572
2035	16	3,25	1,62	1,58	3610	468	625	4703
2036	17	3,25	1,62	1,58	3727	476	634	4837
2037	18	3,25	1,62	1,58	3848	483	644	4976
2038	19	3,25	1,62	1,58	3973	491	655	5119
2039	20	3,25	1,62	1,58	4103	499	665	5267

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 68. Cálculo del número de ejes equivalente (W18), con mayor trafico

Período	n	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Parcial	W18 acumulado	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones				
2019	0	3,97	1,97	1,94	2164	362	486	3012	397843	397843	198921
2020	1	3,97	1,97	1,94	2250	369	495	3114	406243	804086	402043
2021	2	3,57	1,78	1,74	2321	375	503	3199	413107	1217193	608597
2022	3	3,57	1,78	1,74	2404	382	512	3298	420972	1638165	819083
2023	4	3,57	1,78	1,74	2490	388	521	3399	428997	2067163	1033581
2024	5	3,57	1,78	1,74	2579	395	530	3504	437186	2504349	1252174
2025	6	3,57	1,78	1,74	2671	402	539	3612	445542	2949891	1474946
2026	7	3,25	1,62	1,58	2707	405	542	3654	448672	3398563	1699282
2027	8	3,25	1,62	1,58	2795	412	551	3758	456483	3855046	1927523
2028	9	3,25	1,62	1,58	2886	418	560	3864	464439	4319485	2159743
2029	10	3,25	1,62	1,58	2980	425	568	3973	472544	4792029	2396015
2030	11	3,25	1,62	1,58	3076	432	577	4086	480802	5272831	2636416
2031	12	3,25	1,62	1,58	3176	439	587	4202	489214	5762045	2881023
2032	13	3,25	1,62	1,58	3280	446	596	4322	497785	6259830	3129915
2033	14	3,25	1,62	1,58	3386	453	605	4445	506517	6766347	3383173
2034	15	3,25	1,62	1,58	3496	461	615	4572	515414	7281761	3640881
2035	16	3,25	1,62	1,58	3610	468	625	4703	524480	7806242	3903121
2036	17	3,25	1,62	1,58	3727	476	634	4837	533718	8339960	4169980
2037	18	3,25	1,62	1,58	3848	483	644	4976	543132	8883092	4441546
2038	19	3,25	1,62	1,58	3973	491	655	5119	552725	9435818	4717909
2039	20	3,25	1,62	1,58	4103	499	665	5267	562502	9998320	4999160

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 69. Datos para el diseño del pavimento con, W18 Impuesto

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	5267 vehículos
Período de diseño	35 años
Ejes equivalentes	5000000
Clasificación de la vía	Corredor Arterial I
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	19.5 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	20684 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coficiente estructural a1	0.405
Coficiente estructural a2	0.133
Coficiente estructural a3	0.108
Coficiente de drenaje m2 y m3	1

Autor: Karina Marisela Claudio Chacon

The screenshot shows the AASHTO 93 software interface. The window title is "Ecuación AASHTO 93". The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for "Pavimento flexible" (selected) and "Pavimento rígido".
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing "85 % Zr=-1.037" and a text box for "So" with the value "0.45".
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for "PSI inicial" (4.2) and "PSI final" (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for "Mr" with the value "20684 psi".
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for "Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)", "Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)", "Coeficiente de transmisión de carga - (J)", and "Coeficiente de drenaje - (Cd)".
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for "Calcular SN" (selected) and "Calcular W18". A text box for "W18 =" contains the value "5000000".
- Número Estructural:** A text box for "SN =" contains the value "2.86".
- Buttons:** "Calcular" and "Salir" buttons are located at the bottom.

Figura 65. Cálculo de SN para W18 impuesto
Fuente: AASHTO 93

Tabla 70. Diseño de pavimento flexible W18 Impuesto

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993		
PROYECTO : Tesis de grado	TRAMO : Via Pahuelo - San Fernando	
SECCION : km 0+000 a km 2+450	FECHA : Diciembre 2019	
DATOS DE ENTRADA :		
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)		375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)		14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		5,000,000
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)		-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)		0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		20,68
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)		0,405
Base granular (a ₂)		0,133
Subbase (a ₃)		0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m ₂)		1,000
Subbase (m ₃)		1,000
DATOS DE SALIDA :		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,86	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	2,56	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,65	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0,35	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
	ESPESOR	
	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11,5 cm	7,5 cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	11,8 cm	12,0 cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-7,8 cm	15,0 cm
ESPESOR TOTAL (cm)		34,5 cm
DISEÑADO POR : KARINA CLAUDIO		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

3.1.8. Diseño del pavimento con el CBR obtenido de la correlación

En el siguiente diseño de pavimento se realizará con el valor del CBR calculado a partir de las ecuaciones de correlación obtenidas. Se ejemplificará con los datos del pozo 2 de la parroquia San Fernando.

Datos muestra pozo 2:

- ✓ LL = 34.05 %
- ✓ LP = 28.70 %
- ✓ W ópt = 23.3 %
- ✓ $\gamma_{d \text{ in-situ}} = 1.376 \text{ gr/cm}^3$
- ✓ W nat = 14.89 %

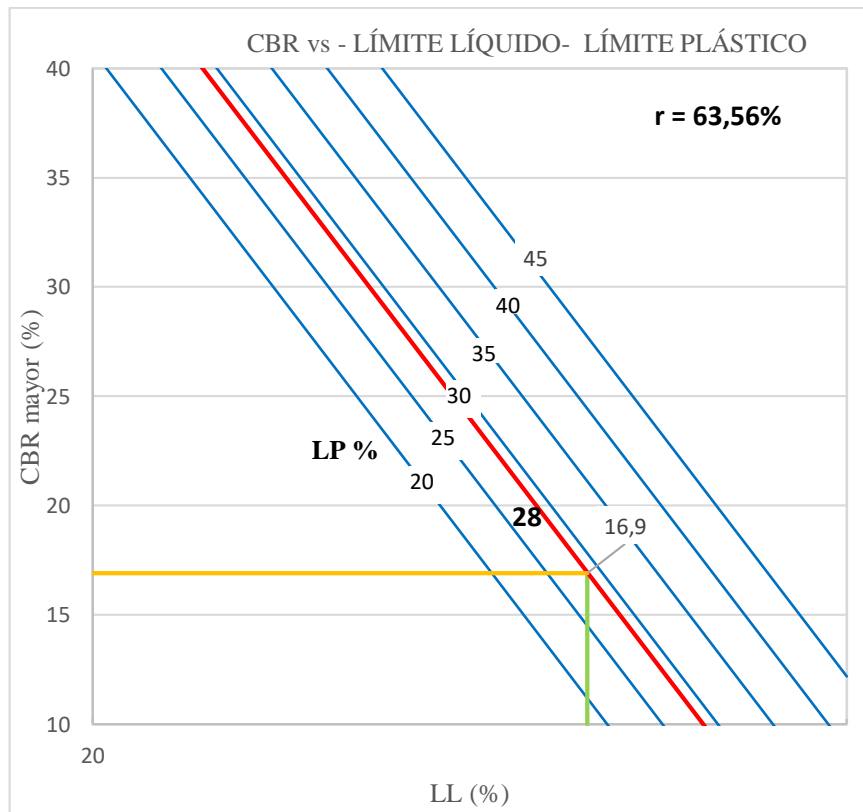


Figura 66. Valor de CBR Correlacionado

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Para la obtención del valor del CBR se utilizó las gráficas, como lo muestra la figura 34, además reemplazando los datos en las respectivas ecuaciones de correlación.

Ecuación:

$$CBR = 194,4529 - 128,2499 \text{ Log (LL)} + 0,6614(LP)$$

$$CBR = 194,4529 - 128,2499 \text{ Log (34.05)} + 0,6614(28.70)$$

$$\mathbf{CBR = 16.9397 \approx 17\% \%}$$

Obtención del CBR a partir de dos ecuaciones de correlación, humedad óptima, límite líquido y límite plástico:

$$w_{\text{ópt}} = 6.1221 + 0,5341(LL) - 0,0947 (LP)$$

$$w_{\text{ópt}} = 6.1221 + 0,5341(34.05) - 0,0947 (28.70)$$

$$w_{\text{ópt}} = 22.60 \%$$

$$CBR = \frac{186.41}{e^{0.093 W_{\text{ópt}}}}$$

$$CBR = \frac{186.41}{e^{0.093 (22.60)}}$$

$$\mathbf{CBR = 22.78 \%}$$

Obtención del CBR a partir de la densidad de campo y la humedad natural:

$$CBR = -114,3618 + 89,2189(\gamma_{d \text{ in-situ}}) + 0,5543(W \text{ nat})$$

$$CBR = -114,3618 + 89,2189(1.376) + 0,5543(14.89)$$

$$\mathbf{CBR = 18.05 \%}$$

Para determinar el valor del CBR se realizó el promedio de los valores obtenidos por las correlaciones y el CBR de laboratorio.

Tabla 71. Valores de CBR obtenido de las correlaciones

Variabes	CBR %
LL%, LP%	17.00
W opt%, LL%, LP%	22.78
W nat% Yd in-situ	18.00
CBR lab	19.50
Promedio	19.32

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

✓ **Diseño del pavimento con CBR calculado con las correlaciones**

Tabla 72. Datos para el diseño del pavimento con CBR correlacionado

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	983 vehículos
Período de diseño	20 años
Ejes equivalentes	756380
Clasificación de la vía	Colectora clase III
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	19.32 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	20684psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coficiente estructural a1	0.405
Coficiente estructural a2	0.133
Coficiente estructural a3	0.108
Coficiente de drenaje m2 y m3	1

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 85 % $Z_r = -1.037$ So: 0.45

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 20560 psi

Información adicional para pavimentos rígidos:

Módulo de elasticidad del concreto - E_c (psi): Coeficiente de transmisión de carga - (J):

Módulo de rotura del concreto - S_c (psi): Coeficiente de drenaje - (Cd):

Tipo de Análisis: Calcular SN Calcular W18

W18 = 756380

Número Estructural: SN = 2.13

Calcular Salir

Figura 67. Cálculo de SN para CBR correlacionado

Fuente: AASHTO 93

Tabla 73. Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993		
PROYECTO : Tesis de grado	TRAMO : Via Pahuelo - San Fernando	
SECCION : km 0+000 a km 2+450	FECHA : Diciembre 2019	
DATOS DE ENTRADA :		
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)		375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)		14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		756,380
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)		-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)		0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		20,56
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pf)		2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)		0,405
Base granular (a ₂)		0,133
Subbase (a ₃)		0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m ₂)		1,000
Subbase (m ₃)		1,000
DATOS DE SALIDA :		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,13	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	2,05	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,60	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0,52	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
	ESPESOR	
	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	7,8 cm	5,0 cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	9,3 cm	10,0 cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-6,2 cm	15,0 cm
ESPESOR TOTAL (cm)		30,0 cm
DISEÑADO POR : KARINA CLAUDIO		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

✓ **Diseño del pavimento con CBR correlacionado y W18 impuesto**

Tabla 74. Datos para el diseño del pavimento con, CBR correlacionado

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	5267 vehículos
Período de diseño	35 años
Ejes equivalentes	5000000
Clasificación de la vía	Corredor Arterial I
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2
CBR de la subrasante	19.32 %
Confiabilidad	85 %
Desviación estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliencia de subrasante	20560 psi
Módulo de resiliencia de carpeta asfáltica	375000 psi
Módulo de resiliencia de capa base	28000 psi
Módulo de resiliencia de capa subbase	14800 psi
Coefficiente estructural a1	0.405
Coefficiente estructural a2	0.133
Coefficiente estructural a3	0.108
Coefficiente de drenaje m2 y m3	1

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. It is configured for flexible pavement design. Key parameters include:

- Confianza (R) y Desviación estándar (So):** 85 % Zr=-1.037, So = 0.45
- Serviciabilidad inicial y final:** PSI inicial = 4.2, PSI final = 2
- Módulo resiliente de la subrasante:** Mr = 20560 psi
- Tipo de Pavimento:** Pavimento flexible (selected)
- Tipo de Análisis:** Calcular SN (selected), with W18 = 5000000
- Número Estructural:** SN = 2.87

 Buttons for 'Calcular' and 'Salir' are visible at the bottom.

Figura 68. Cálculo de SN para CBR correlacionado
Fuente: AASHTO 93

Tabla 75. Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993		
PROYECTO : Tesis de grado	TRAMO :	Via Pahuelo - San Fernando
SECCION : km 0+000 a km 2+450	FECHA :	Diciembre 2019
DATOS DE ENTRADA :		
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES		DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)		375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)		28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)		14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE		
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)		5,000,000
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)		85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)		-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)		0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)		20,56
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)		4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)		2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)		20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO		
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA		
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)		0,405
Base granular (a ₂)		0,133
Subbase (a ₃)		0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA		
Base granular (m ₂)		1,000
Subbase (m ₃)		1,000
DATOS DE SALIDA :		
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,87	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	2,56	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,65	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	-0,34	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO		
	ESPESOR	
	TEORICO	PROPUESTO
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11,5 cm	7,5 cm
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	11,8 cm	12,0 cm
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	-7,8 cm	15,0 cm
ESPESOR TOTAL (cm)		34,5 cm
DISEÑADO POR : KARINA CLAUDIO		<i>fm</i>

Fuente: AASHTO 93

Tabla 76. Resultados del diseño del pavimento flexible

CBR	Laboratorio 19.50%		Correlacionado 19.32%	
TPDA	983	5267	983	5267
W18	756380	5000000	756380	5000000
Mr	20684 Psi		20560 Psi	
SN	2.13	2.86	2.13	2.87
Asfalto	5	7.5	5	7.5
Base	10	12	10	12
Sub Base	15	15	15	15

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

3.2. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Una vez finalizada la investigación, se logró realizar 28 correlaciones, las mismas que tienen un coeficiente de correlación R^2 que varía entre 54 % hasta un 96%

✓ **H: Hipótesis Alternativa**

H: Las correlaciones obtenidas entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, tienen un coeficiente de correlación mayor a 50%, considerando una buena correspondencia.

✓ **HO: Hipótesis Nula**

HO: Las correlaciones obtenidas entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Pasa y San Fernando del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua, no tienen un coeficiente de correlación mayor a 50%.

Se acepta la Hipótesis planteada, ya que el coeficiente de correlación en todas las correlaciones supera el 50% propuesto.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- Se determinó que los suelos analizados de las parroquias San Antonio de Pasa y San Fernando del cantón Ambato, corresponden a suelos areno limosos (SM) según la clasificación de la SUCS, mientras según la AASHTO corresponden al grupo A-2, con dos sub grupos A-2-4 y A-2-5, ambos con un índice de grupo 0, siendo suelos cuyo material es grava y arenas limosas.
- Se determinó la resistencia in situ mediante el ensayo de cono de penetración dinámico (DCP), mismo que dio como resultado un índice de penetración que oscila entre 2 mm/golpe hasta 38 mm/golpe, debido a las condiciones ambientales de la zona, en periodo en el que se realizó el ensayo.
- En el análisis granulométrico de los suelos se determinó un contenido nulo de grava 0%, un porcentaje de arena que oscila entre 67 – 98 % y un contenido de suelos finos que varía entre 2 – 27%.
- Se determinó que los suelos analizados poseen un límite líquido inferior a 45%, por lo que se consideran suelos de baja plasticidad, además presentan un índice plástico alrededor de 3%.
- En el ensayo próctor modificado se determinó un contenido de humedad óptimo que oscila entre 16% - 30%. Los suelos analizados lograron alcanzar una densidad seca máxima que varía entre 1.270 g/cm³ - 1.810 g/cm³, valores típicos para suelos granulares.
- Los suelos analizados presentan valores de CBR de laboratorio que oscilan entre 11% - 38%. Relativamente buenos para ser utilizados como subrasante.

- La correlación con mayor valor de coeficiente de determinación al momento de correlacionar las propiedades índices es la que relaciona el límite líquido y límite plástico, con R^2 de 96.16% utilizando 12 muestras. Esto es debido a que se utiliza la misma fracción de suelo para realizar dichos ensayos.
- Se determinó que las propiedades índice que mejor correlación tienen con el DCP son el límite líquido y límite plástico.
- La correlación entre el DCP y CBR de laboratorio da como resultado un coeficiente de determinación R^2 de 50%. Esto en condiciones lluviosas con un alto grado de saturación del suelo.
- Se determinó que el límite líquido y límite plástico de los suelos analizados, permiten encontrar correlaciones buenas al momento de relacionarlas con las propiedades mecánicas como el DCP y CBR.
- Se obtuvo el valor de CBR de forma gráfica y analítica a través de las correlaciones en las que intervienen varias propiedades índices como: el límite líquido, límite plástico, densidad de campo, contenido de humedad natural y óptima. Dando como resultado un valor de CBR promedio de 19.32 %, frente al CBR de laboratorio de 19.50%, notándose así la confiabilidad de la obtención del CBR a través de otras propiedades.
- Al realizar el diseño del pavimento flexible aplicando el método AASHTO 1993, utilizando el valor de CBR obtenido de las correlaciones y CBR de laboratorio, da como resultado, un espesor de la capa de subbase de 15 cm, la capa base de 10 cm y una capa de rodadura de 5cm, esto para el volumen de tráfico analizado.
- Al incrementarse notablemente el valor del tráfico equivalente, se observa un aumento en el espesor de la capa subbase y asfáltica de 2cm y 2.5 cm respectivamente.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una base de datos con los resultados obtenidos de los suelos de las parroquias rurales del cantón Ambato, en respuesta la macro proyecto de investigación de “Correlación entre el CBR y las propiedades índice y mecánicas en suelos granulares. Cantón Ambato, provincia de Tungurahua.
- Se recomienda para la ejecución de los ensayos de campo y laboratorio utilizar las normas citadas en esta investigación, de esta manera los resultados serán válidos para utilizarse en las correlaciones obtenidas.
- Se recomienda al momento de realizar el ensayo CBR hacerlo en condiciones controladas de humedad, ya que la muestra al perder o ganar humedad más allá de la óptima, su capacidad de resistencia se afectada.
- Se recomienda extraer la muestra de suelo y realizar los ensayos de campo lo más cerca posible a la vía, verificando que el mismo se encuentra en estado natural, de esta manera se determinara sus características para ser utilizado como subrasante.
- Se recomienda utilizar las correlaciones con mayor valor de coeficiente de determinación para realizar el diseño preliminar del pavimento flexible ya que los resultados son confiables, con ello estaríamos ahorrando recursos humanos y económicos.
- Se recomienda tener en cuenta que las correlaciones obtenidas son únicamente aplicables para el tipo de suelo analizado, siendo este areno limoso (SM), y para suelos cuyas propiedades índices y mecánicas correlacionadas se encuentren en los rangos establecidos en la gráfica de correlación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] D. Kuttah, «Strong correlation between the laboratory dynamic CBR and the compaction characteristics of sandy soil,» *International Journal of Geo-Engineering*, vol. X, n° 7, p. 13, 2019.
- [2] D. A. J. R. Al-Hamdani, «Correlation of Cbr Value With Particles Size and Compaction Characteristics of Cohesionless Soil,» *Kufa Journal of Engineering*, p. 12, 14 Enero 2018.
- [3] O. A. Afolabi y A. D. Afolayan, «Strength Modelling of Soil Geotechnical Properties from Index Properties,» *Jordan Journal of Civil Engineering*, vol. 12, n° 4, pp. 619-629, 2018.
- [4] C. Florez, C. Torres , P. Torres y S. Peña, «ESTIMACION DEL VALOR DE CBR USANDO PENETROMETRO DE CONO DINAMICO,» *Universidad Francisco de Paula Santander*, p. 12, 2018.
- [5] J. F. León Calderón y R. B. Zeas Cardenas, «Determinación de la correlacion entre los índices DCP in situ y CBR de laboratorio,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2017.
- [6] F. P. Portilla Yandún y A. D. C. Pillajo de la Cruz, «Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlacion con el DCP para la aplicacion en el diseño de pavimentos de caminos vecinales.,» Pontifia Universidda Católica del Ecuador, Quito, 2001.
- [7] E. E. Putri, «Evaluation of Modulus of Elasticity and Modulus of Subgrade Reaction of Soils Using CBR Test,» *Journal of Civil Engineering*, pp. 31-40, 01 Febrero 2012.
- [8] C. Crespo Villalaz, *Macanica de Suelos y Cimentaciones*, Quinta ed., Monterrey, Mexico: Editorial LIMUSA S.A, 2004, p. 642.
- [9] J. E. Bowles, *Manual de LABORATORIO DE SUELOS en Ingenieria Civil*, Bogotá: McGRAW-HILL, 1981.

- [10] E. Juárez Badillo y A. Rico Rodríguez, *Mecánica de Suelos, Fundamentos de la Mecánica de suelos*, Tomo I, Segunda ed., Mexico: LIMUSA S.A, 1973, p. 489.
- [11] D. Braja M, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta ed., Mexico: CENGAGE Learning, 2015, p. 636.
- [12] L. Gonzales de Vallejo, M. Ferrer, L. Ortuño y Oteo Carlos, *Ingeniería Geológica*, España: Pearson, 2002.
- [13] A. J. Leoni, «Relaciones Volumetricas y Gravimetricas,» Lima, 2003.
- [14] ASTM, *Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications*, 2015.
- [15] A. T. AASHTO T99, *Relaciones humedad-densidad de suelos: uso de un apisonador de 2.5 kg (5.5 lb) y una altura de 305 mm (12 pulg.) Para AASHTO T 99, uso de un apisonador de 4,54 kg (10 lb) y una altura de 457 mm (18 pulg.) Para AASHTO T 180.*, 2018.
- [16] A. T193-99, *Standard Method of Test for The California Bearing Ratio*, 2003.
- [17] B. M. Ciro, *Estadística y Muestreo*, 13°. Ed ed., Bogota: Ecoe, 2012.
- [18] S. Murray R. y S. Larry J, *Estadística*, Mexico: Sahaum, 2009.
- [19] P. Morales Vallejo , «Correlación y regresión, simple y múltiple,» 17 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.upcomillas.es/personal/peter/investigacion/Regresion.pdf>. [Último acceso: 20 Agosto 2019].
- [20] J. A. Rustom, *Estadística Descriptiva, Probabilidad e Inferencia*, Chile, 2012.
- [21] F. Olivera Bustamante, *Estructuración de vias terrestres*, Mexico: Patria, 2009.
- [22] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «Normas para el Estudios y Diseño Vial,» *Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12*, vol. II A, 2013.

- [23] (AASHTO), American Association of State and Transportation Highway Officials, *Guia AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento*, 1993.
- [24] Ministerio de Transporte y Obras Públicas, «Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes,» *Norma Ecuatoriana Vial NEVI 12*, vol. III, 2013.
- [25] GAD Pasa, «Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial de Pasa,» Unidad Técnica de Planificación Territorial - GAD Pasa, Parroquia San Antonio de Pasa, 2015-2019.
- [26] GAD San Fernando, «Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Rural "San Fernando",» Parroquia San Fernando, 2014-2019.

ANEXOS

- A. Ensayos realizados**
- B. TPDA**
- C. Pesos y dimensiones de vehículos**
- D. Archivo fotográfico**

A. Ensayos Realizados

Tabla 77. Ensayo DCP pozo 1



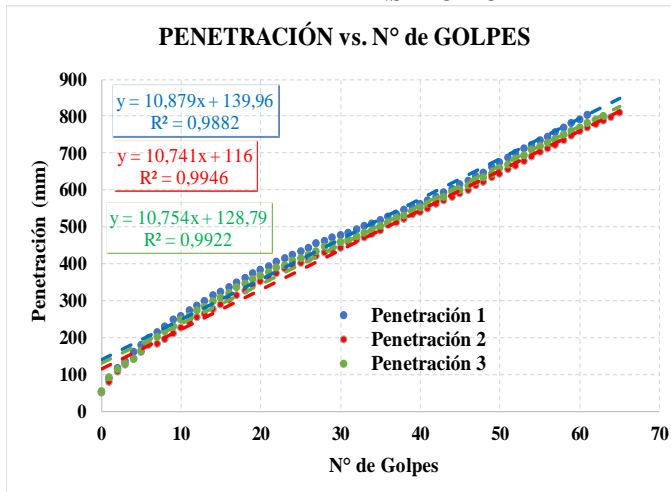
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chagarhuaycu
 Profundidad: 50 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 1

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	10,879
2	10,741
3	10,754

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	52	52	55
1	89	80	93
2	117,5	107	116
3	137	126	131
4	160	142	142
5	180	161	165
6	199	179	184
7	215	184	202
8	231	195	217
9	248	212	232
10	260	227	248
11	274	242	259
12	287	255	273
13	300	266	285
14	314	278	298
15	326	289	310
16	338	303	323
17	351	316	336
18	362	328	347
19	374	342	358
20	383	352	367
21	394	362	377
22	405	376	389

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
23	416	386	397
24	426	398	409
25	435	402	416
26	444	413	426
27	455	423	434
28	462	431	446
29	471	439	452
30	477	445	461
31	486	458	466
32	494	466	474
33	502	472	483
34	511	482	491
35	519	491	502
36	527	506	513
37	536	514	524
38	546	522	532
39	555	534	542
40	564	541	554
41	573	551	563
42	583	564	572
43	595	571	582
44	603	581	593
45	615	590	601

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
46	626	601	614
47	637	612	624
48	648	621	635
49	662	634	645
50	675	645	660
51	689	657	671
52	700	668	684
53	713	679	696
54	723	692	710
55	735	703	720
56	746	715	729
57	757	723	738
58	770	735	750
59	781	747	761
60	793	760	771
61	804	771	781
62		780	792
63		788	802
64		799	
65		811	
66			

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 78. Ensayo DCP pozo 2



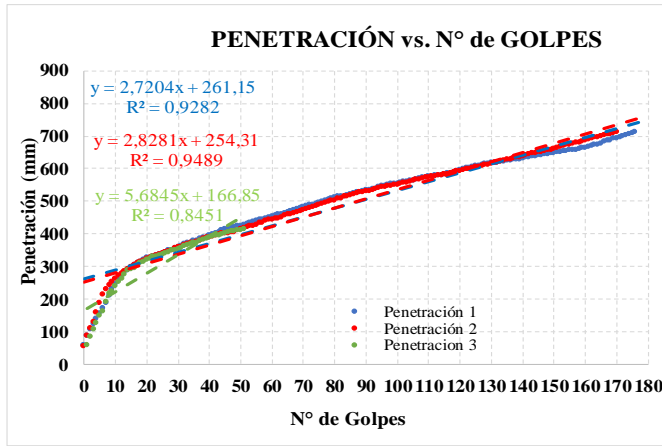
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 2

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	2,7204
2	2,8281
3	2,8085

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	60	56	60
1	90	88	86
2	109	111	108
3	124	132	126
4	141,5	158	151
5	156	187	164
6	171	213	191
7	189	232	217
8	210	243	225
9	230	254	241
10	247	263	253
11	261	271	264
12	272	278	275
13	283	285	288
14	290	292	291
15	297	298	296
16	304	304	305
17	310	310	310
18	315	314	313
19	321	319	320
20	326	323	324
21	328	328	329
22	331	332	332
23	334	335	333
24	335,5	337	336
25	340	339	339
26	344	345	343
27	350	347	349
28	351	351	350
29	355	355	354
30	358	358	357

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	364	361	363
32	368	365	367
33	373	370	370
34	374	372	373
35	378	374	374
36	380	377	378
37	385	380	382
38	387	384	385
39	390	387	388
40	395	390	392
41	397	393	394
42	402	395	396
43	406	398	398
44	412	400	403
45	413	402	405
46	415,5	402	407
47	418	404	408
48	421	406	410
49	425	411	411
50	425	415	413
51	427,5	417	416
52	431	421	419
53	433	424	423
54	436	425	425
55	439	428	429
56	442	433	435
57	445	435	439
58	448	439	441
59	451	442	443
60	453	444	446
61	456	446	449

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	460	447	452
63	461	451	455
64	463	455	457
65	466,5	458	458
66	469	459	461
67	473	463	462
68	476	466	465
69	478	469	471
70	481	472	474
71	484	475	476
72	488	478	479
73	488	482	481
74	492	485	485
75	496	490	489
76	499	492	493
77	502	495	496
78	504	499	498
79	507	501	504
80	510	503	508
81	513	507	512
82	514,5	509	515
83	516	513	517
84	519	515	519
85	521	518	522
86	523	520	534
87	526	523	527
88	528	526	530
89	531	528	532
90	534	530	535
91	534	531	537
92	536	534	539

Golpes	tracción (mm)		
	1	2	3
93	537	537	542
94	543	539	545
95	546	542	548
96	547	544	549
97	549	546	551
98	552	548	553
99	553	549	555
100	554	551	558
101	557	553	559
102	558,5	556	561
103	559,5	558	564
104	562	560	565
105	564	563	567
106	566	565	569
107	570	567	572
108	571	569	574
109	573	571	575
110	574,5	573	578
111	576	575	579
112	577,5	576	582
113	578	578	583
114	579	580	585
115	582	582	584
116	584	583	586
117	586	587	588
118	589	590	589
119	592	593	593
120	595	593	594
121	599	595	596
122	601	597	597
123	603	599	599
124	605	601	602
125	607	605	605
126	607	606	608
127	610	608	609
128	615	610	613
129	616	612	616
130	618	613	618
131	618,5	617	621
132	619	618	624
133	620	622	626
134	622	625	628
135	624	627	631
136	625	629	632
137	627	631	635
138	628	633	638
139	629	635	641
140	632	637	645
141	634	641	648
142	635	645	649
143	636	645,5	652
144	638	648	656
145	639	649	658
146	641	651	659
147	642	654	660
148	644	656	662
149	646	658	663
150	648	661	665

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
151	649	663	667
152	650	666	669
153	652	668	670
154	654	672	671
155	656	674	672
156	657	676	675
157	658	678	676
158	660	680	677
159	662	683	678
160	664	685	679
161	667	689	681
162	670	692	682
163	672	694	683
164	674	696	685
165	677	700	686
166	681	701	688
167	684	704	689
168	687	706	691
169	691	707	693
170	693	711	695
171	696		696
172	699		698
173	702		701
174	705		703
175	707		
176	710		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 79. Ensayo DCP pozo 3



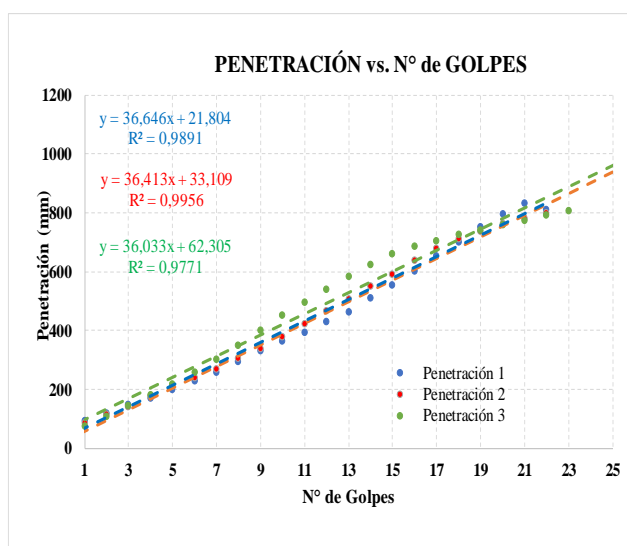
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:750778 Y:9859929

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 3

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	36,646	36,36
2	36,413	
3	36,033	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	60	46	41,5
1	92	85	75
2	120	116	110
3	147	142	144
4	172	179	180
5	200	211	220
6	229	241	260
7	260	271	304
8	294	306	350
9	330	340	400
10	363	379	454
11	395	424	498
12	430	466	540
13	462	509	583
14	511	551	624
15	555	592	660
16	603	640	687
17	653	678	707
18	702	713	726
19	752	740	743
20	797	763	760
21	833	782	775
22	813	800	792
23			807
24			

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 80. Ensayo DCP pozo 4



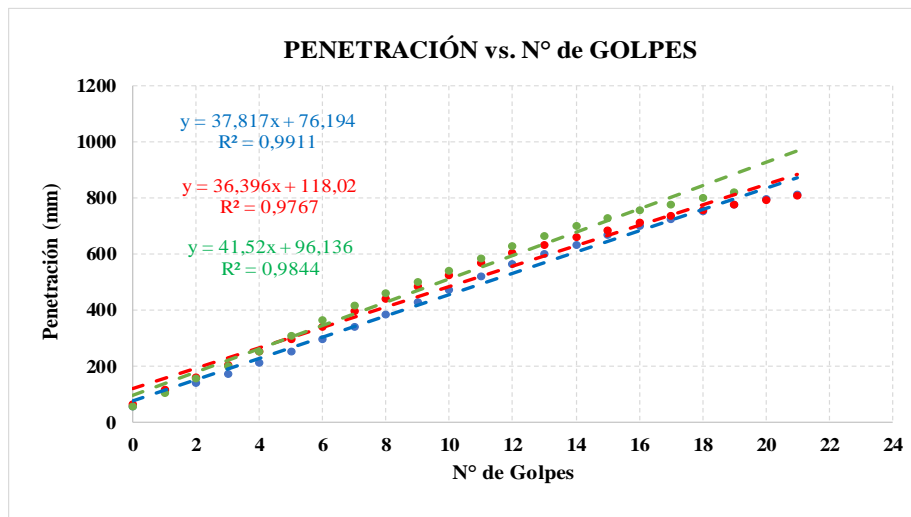
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 60cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:750936 Y:9859345

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 4

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	38,58
2	
3	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	54	64	56,5
1	112	117	104
2	141	161	155
3	173	204	200
4	213	250	252
5	253	296	309
6	296	341	362
7	338	394	416
8	385	440	460
9	427	483	500
10	471	525	541
11	520	567	585
12	563	602	626
13	601	632	664
14	632	660	700
15	670	686	730
16	699	711	756
17	725	735	776
18	752	756	799
19	777	777	820
20	797	793	
21	813	810	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 81. Ensayo DCP pozo 5



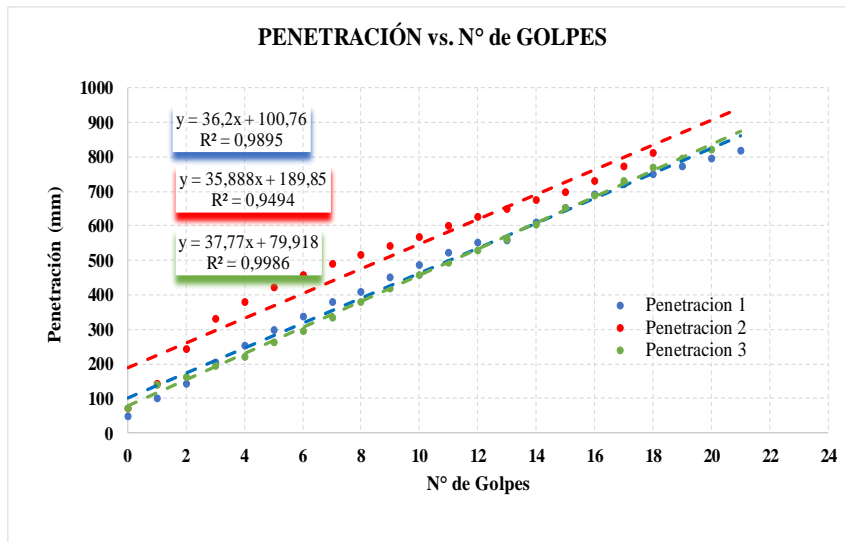
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 70cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:751393 Y:9860043

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 5

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	36,2
2	35,888
3	37,777

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	50	73	71
1	100	143	140
2	145	245	162
3	204	331	195
4	255	382	223
5	301	423	265
6	340	460	297
7	381	490	335
8	411	517	382
9	452	542	421
10	489	570	460
11	524	600	496
12	552	626	530
13	560	650	562
14	610	675	605
15	652	700	655
16	693	733	689
17	723	773	733
18	750	811	770
19	772		797
20	795		822
21	820		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 82. Ensayo DCP pozo 6



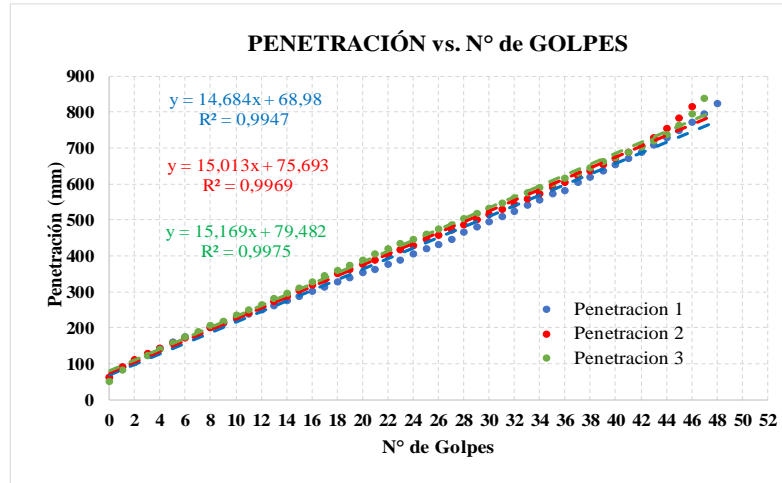
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 75cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 6

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	14,684
2	15,013
3	15,169
	14,96

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	64	61,5	50,5
1	91	93	82
2	110	112	103
3	122	128	123
4	143	144	140
5	160	157	157
6	174	172	175
7	182	185	190
8	200	201	206
9	213	215	219
10	225	230	235
11	240	243	251
12	251	260	266
13	263	274	282
14	275	288	297
15	288	304	312
16	302	319	328
17	315	334	345
18	328	350	361
19	340	363	375
20	353	376	390
21	364	389	405
22	376	402	419
23	390	416	434
24	405	430	446

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
25	419	445	461
26	432	458	476
27	446	472	487
28	466	486	503
29	480	501	517
30	495	516	534
31	510	531	547
32	525	544	562
33	541	559	576
34	556	573	590
35	572	590	603
36	582	605	617
37	604	621	632
38	620	637	646
39	635	654	661
40	654	671	674
41	671	689	689
42	689	707	704
43	708	729	720
44	728	754	737
45	750	783	764
46	771	815	796
47	796		838
48	825		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 83. Ensayo DCP pozo 7



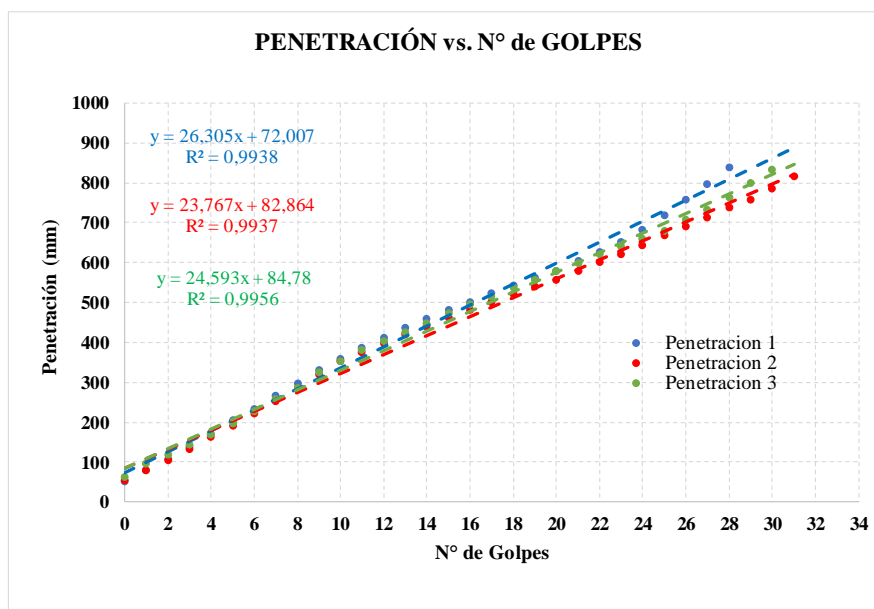
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Llillagua
 Profundidad: 40cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 7

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	26,305
2	23,767
3	24,593
	24,89

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	50	53	62
1	78	78	95
2	106	105	119
3	138	133	143
4	172	161	169
5	204	191	197
6	231	222	227
7	265	252	256
8	296	284	286
9	330	320	323
10	359	351	353
11	386	374	379
12	410	396	403
13	435	418	426
14	458	440	447
15	480	460	471
16	499	480	494

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
17	521	500	515
18	541	519	536
19	561	539	555
20	579	557	579
21	602	579	599
22	625	600	619
23	651	621	640
24	682	643	659
25	718	667	680
26	758	690	706
27	796	712	732
28	837	736	761
29		758	800
30		785	833
31		816	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 84. Ensayo DCP pozo 8



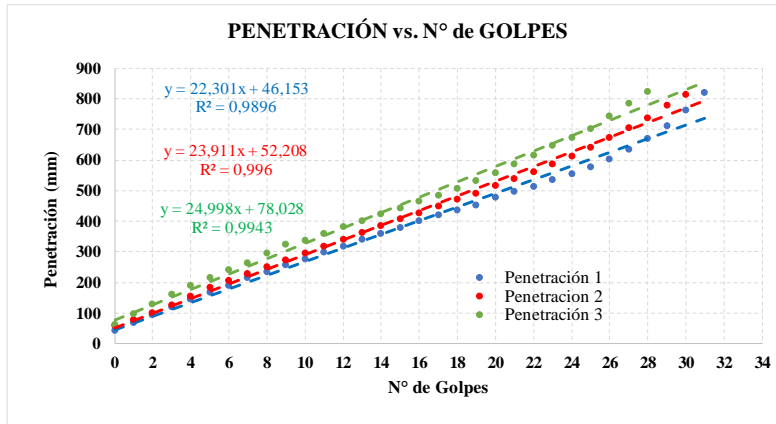
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 8

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	22,301	
2	23,911	
3	24,998	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	42	57	61
1	66	77	96
2	94	100	129
3	120	126	159
4	143	155	189
5	166	183	214
6	190	204	240
7	213	226	262
8	233	249	295
9	255	273	322
10	275	296	337
11	298	317	358
12	318	338	380
13	339	361	401
14	360	384	421
15	379	405	442
16	399	427	464
17	419	449	483
18	434	470	506
19	452	490	530
20	476	515	557
21	495	537	586
22	513	561	615
23	533	585	646
24	555	611	673
25	577	639	700
26	602	671	742
27	634	705	783
28	668	735	821
29	711	777	
30	761	814	
31	818		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 85. Ensayo DCP pozo 9



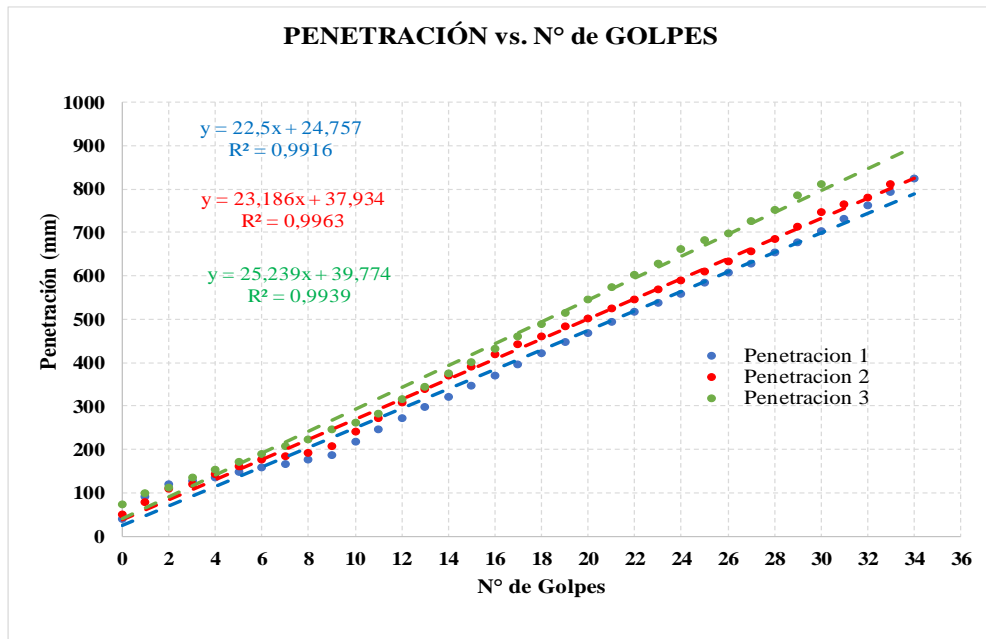
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 9

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	22,5
2	23,186
3	25,239

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	41	50	73
1	92	80	100
2	120	111	112
3	128	120	136
4	137	143	154
5	150	161	173
6	159	176	191
7	168	184	209
8	177	192	223
9	187	208	246
10	219	242	262
11	247	273	282
12	272	308	316
13	299	340	345
14	323	371	375
15	347	391	401
16	371	420	432
17	397	442	461

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
18	422	462	489
19	447	484	516
20	470	503	546
21	494	525	574
22	517	547	603
23	538	569	628
24	560	589	662
25	584	610	684
26	607	634	698
27	630	658	726
28	654	685	754
29	679	714	786
30	703	747	812
31	732	765	
32	763	781	
33	794	812	
34	826		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 86. Ensayo DCP pozo 10



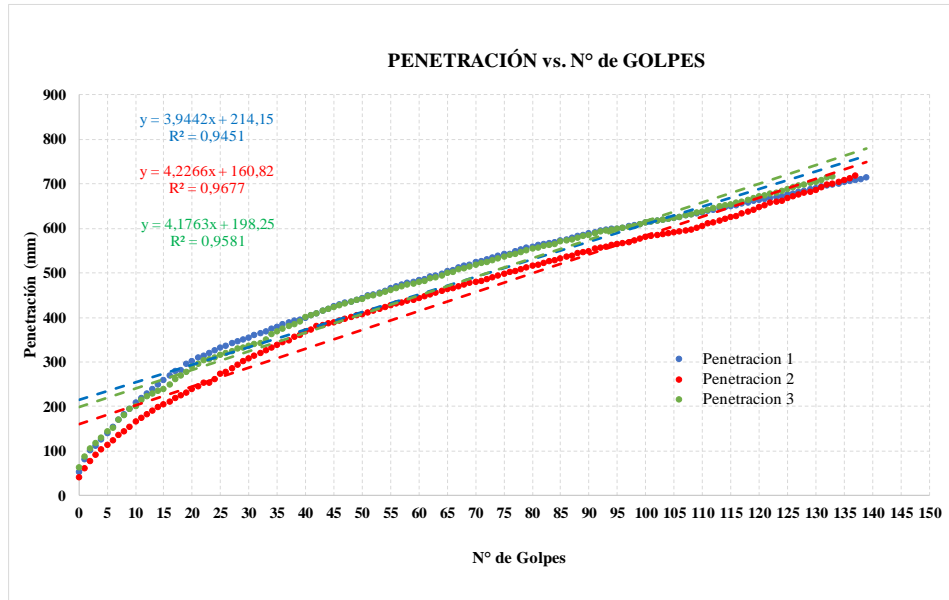
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 10

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	N (Prom)
1	3,9442
2	4,2266
3	4,1763

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	54	41	64
1	82	61	88
2	101	77	106
3	112	92	118
4	126	104	130
5	140	115	144
6	155	124	152
7	170	136	170
8	183	145	181
9	195	155	195
10	209	166	200
11	220	175	215
12	229	182	223
13	240	191	230
14	250	199	235
15	260	204	240
16	270	212	250
17	279	219	261
18	282	226	269
19	296	232	278
20	303	239	289
21	310	246	295
22	314	253	305
23	320	254	307
24	326	262	310
25	332	273	317
26	336	278	320
27	342	286	325
28	346	294	330
29	350	302	333
30	354	308	337

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	360	315	340
32	365	321	343
33	369	327	351
34	375	333	362
35	379	338	369
36	385	345	375
37	389	349	381
38	394	357	385
39	395	361	392
40	400	368	401
41	405	373	406
42	410	380	409
43	415	382	415
44	420	387	420
45	425	390	424
46	429	394	428
47	434	397	432
48	436	401	435
49	439	405	439
50	443	408	442
51	449	412	447
52	452	415	450
53	456	419	454
54	460	423	458
55	465	427	462
56	469	431	466
57	473	434	470
58	478	437	474
59	480	440	476
60	484	444	480
61	487	447	483

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	492	451	488
63	495	455	491
64	499	459	495
65	504	463	500
66	506	466	503
67	513	470	508
68	517	473	511
69	519	477	515
70	525	480	519
71	527	483	522
72	531	486	525
73	535	490	529
74	538	494	533
75	543	498	537
76	543	503	540
77	548	505	543
78	552	508	546
79	556	512	551
80	558	516	554
81	562	519	557
82	565	522	560
83	567	526	563
84	569	528	565
85	573	533	570
86	576	536	573
87	579	539	576
88	583	544	580
89	586	547	583
90	589	548	585
91	592	554	590
92	595	557	593

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	597	559	595
94	599	562	597
95	600	565	599
96	602	567	602
97	606	569	604
98	608	573	606
99	610	577	610
100	613	581	614
101	615	583	616
102	617	585	618
103	619	588	620
104	622	589	622
105	624	591	624
106	626	593	626
107	629	596	629
108	631	598	631
109	634	602	635
110	636	606	638
111	639	611	642
112	642	614	645
113	646	618	649
114	647	622	651
115	649	625	654
116	652	628	657
117	655	633	660
118	658	637	664
119	661	642	668
120	664	647	672
121	666	652	675
122	668	657	679
123	670	660	681
124	673	662	684
125	677	669	689
126	679	672	692
127	682	677	696
128	685	680	699
129	689	683	703
130	691	686	705
131	694	693	709
132	697	698	714
133	699	701	716
134	701	704	
135	704	708	
136	706	712	
137	708	719	
138	711		
139	714		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 87. Ensayo DCP pozo 11



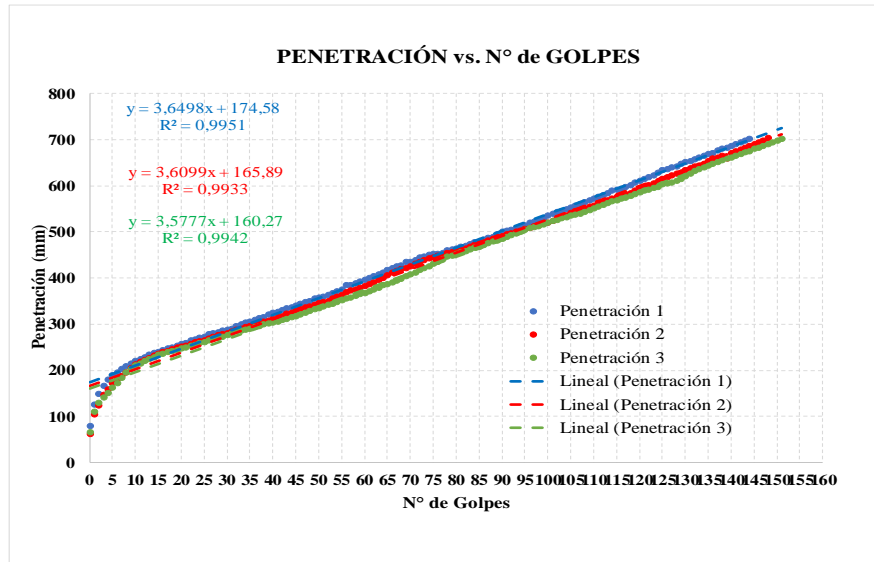
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 11

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	3,6498	3,61
2	3,6099	
3	3,5777	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	80	62	66
1	125	105	110
2	148	124	130
3	166	146	142
4	179	158	151
5	189	172	163
6	195	182	172
7	204	187	184
8	208	196	196
9	214	205	203
10	220	212	210
11	225	218	214
12	229	222	220
13	234	226	224
14	237	232	228
15	240	236	234
16	244	239	236
17	247	241	239
18	249	246	241
19	254	249	244
20	257	251	248
21	260	254	250
22	264	258	253
23	267	261	256
24	270	263	259
25	273	265	261
26	278	269	264
27	280	272	268
28	283	276	270
29	287	279	273
30	288	281	277
31	290	285	281

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
32	295	288	284
33	299	290	286
34	304	293	289
35	306	296	291
36	310	298	294
37	313	302	296
38	316	306	299
39	321	308	301
40	324	311	304
41	326	315	306
42	331	318	309
43	334	323	311
44	337	325	315
45	341	328	318
46	344	332	322
47	348	336	325
48	351	338	328
49	355	343	332
50	357	346	335
51	360	349	338
52	363	351	342
53	367	355	345
54	371	359	348
55	375	363	352
56	384	369	356
57	385	374	357
58	389	376	361
59	392	380	365
60	396	382	368
61	400	386	371
62	404	391	376
63	408	396	380

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
64	412	401	384
65	417	406	386
66	422	411	390
67	426	416	394
68	428	419	398
69	435	422	404
70	436	425	408
71	440	431	412
72	444	436	417
73	446	439	421
74	450	442	426
75	452	445	431
76	453	448	436
77	455	451	441
78	460	454	446
79	463	456	449
80	465	460	453
81	468	463	456
82	470	465	459
83	474	468	462
84	477	471	467
85	480	475	469
86	484	478	472
87	487	482	476
88	490	486	479
89	495	490	482
90	500	492	485
91	503	495	489
92	505	497	493
93	509	501	498
94	513	503	501
95	515	506	505

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
95	515	506	505
96	520	509	508
97	523	512	510
98	526	515	513
99	530	518	516
100	535	521	520
101	540	525	524
102	543	529	526
103	545	532	529
104	550	536	531
105	553	542	535
106	557	545	538
107	561	548	540
108	565	552	543
109	568	556	548
110	572	558	552
111	577	562	556
112	580	566	559
113	585	569	563
114	590	573	567
115	592	576	569
116	594	579	572
117	598	582	575
118	602	585	578
119	607	590	583
120	611	595	586
121	615	598	590
122	619	602	592
123	623	606	595
124	629	610	598
125	634	615	603
126	636	618	605
127	640	622	608
128	643	626	612
129	647	629	616
130	651	634	621
131	654	639	627
132	657	642	632
133	662	645	637

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
134	665	648	641
135	669	653	645
136	672	659	648
137	677	662	651
138	680	665	655
139	683	659	659
140	687	671	662
141	690	675	666
142	695	678	669
143	699	682	673
144	702	686	676
145		691	680
146		695	683
147		699	687
148		704	691
149			695
150			699
151			702

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 88. Ensayo DCP pozo 12



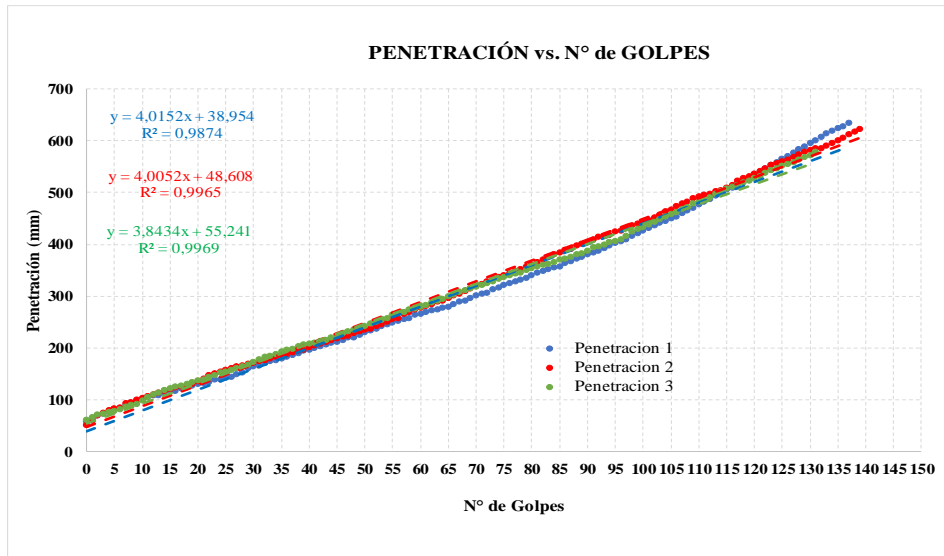
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Normas: ASTM D - 6951-03
 Coordenadas: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 12

ENSAYO DCP



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	4,0152
2	4,0052
3	3,8434

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	58	52	62
1	64	60,2	66
2	70	70,1	71
3	73	75,1	74
4	77	80	76
5	82	84,1	79
6	83	85	82
7	90	94	87
8	94	95	90
9	98	100	92
10	102	103	98
11	105	107	105
12	108	110	110
13	109	114	114
14	114	118	119
15	117	120	122
16	118	124	125
17	122	126	128
18	124	128	131
19	127	131	134
20	130	136	137
21	133	141	140
22	135	147	144
23	139	151	148
24	140	154	152
25	142	158	155
26	145	162	158
27	150	164	162
28	153	166	165
29	161	170	168
30	164	172	173

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
31	166	175	178
32	171	177	183
33	174	180	185
34	177	184	189
35	180	186	194
36	183	188	196
37	187	192	199
38	190	195	204
39	195	197	206
40	197	202	209
41	200	205	211
42	204	208	213
43	207	212	216
44	210	215	220
45	212	218	224
46	215	222	228
47	220	224	232
48	220	228	235
49	225	232	239
50	230	235	242
51	234	237	247
52	237	242	250
53	242	246	254
54	246	250	258
55	249	255	265
56	252	257	268
57	256	266	270
58	258	270	274
59	264	274	276
60	266	277	280
61	269	282	283

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
62	272	285	288
63	274	289	291
64	277	292	295
65	280	297	300
66	285	302	303
67	289	304	308
68	291	310	311
69	296	315	315
70	301	320	319
71	305	324	322
72	306	328	325
73	313	333	329
74	317	337	333
75	322	340	337
76	325	344	340
77	328	348	343
78	332	352	346
79	336	357	351
80	341	361	354
81	345	366	357
82	348	371	360
83	352	376	363
84	356	380	365
85	358	384	370
86	364	389	373
87	368	391	376
88	372	397	380
89	376	401	383
90	381	404	387
91	384	410	394
92	388	415	396

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
93	393	416	400
94	397	418	404
95	402	424	406
96	406	427	410
97	410	432	416
98	416	436	424
99	422	440	429
100	426	444	434
101	431	446	439
102	436	451	443
103	441	457	449
104	445	463	453
105	450	467	458
106	454	473	462
107	460	478	468
108	466	483	472
109	471	489	478
110	477	492	482
111	483	496	486
112	488	498	491
113	494	503	498
114	499	505	503
115	506	510	507
116	509	515	511
117	516	522	514
118	523	528	519
119	528	532	523
120	534	537	527
121	539	542	531
122	546	547	538
123	553	554	543
124	558	557	547
125	565	560	552
126	570	564	555
127	577	568	559
128	584	573	563
129	589	578	569
130	595	582	572
131	600	585	578
132	607	586	581
133	614	591	586
134	619	596	592
135	624	601	596
136	628	606	602
137	635	612	608
138	638	618	614
139	642	623	621
140	642	626	628

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
141	648	630	634
142	651	639	642
143	654	645	648
144	656	653	657
145	658	657	663
146	660	665	669
147	664	669	674
148	666	677	679
149	668	682	684
150	670	684	687
151	673	693	697
152	675	699	702
153	676	703	
154	677	705	
155	678	711	
156	679		
157	681		
158	685		
159	688		
160	689		
161	694		
162	695		
163	699		
164	704		
165	707		
166	711		

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 89. Ensayo Densidad de Campo pozo 1




UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 1

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa		
Ensayo Número	1	
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1129	
Peso de la funda (gr)	7,5	
Peso de la masa del suelo (gr)	1121,5	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6330	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4945	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356	
Peso arena en la perforación	1029	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582	
Volumen de la Perforación	650,44	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	29	32
Peso húmedo + recipiente	93,5	85,7
Peso seco + recipiente	77,2	71,2
Peso recipiente	26,6	26,4
Peso del agua	16,30	14,50
Peso de los sólidos	50,60	44,80
Contenido de humedad	32,21%	32,37%
Contenido de humedad promedio	0,323	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$	17,487	-
$V_a =$ 	$W_a =$	0
$V_w =$	$W_w =$	14,50
$V_s =$	$W_s =$	44,80
$V_m =$	$W_m =$	59,3
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,724	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	1,303	gr/cm^3
Contenido de humedad w%	32,290	%
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	1,034	natural
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	50,845	%
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	82,919	%
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	17,081	%

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 90. Ensayo Densidad de Campo pozo 2



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 2

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa		
Ensayo Número	1	
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1101	
Peso de la funda (gr)	7,5	
Peso de la masa del suelo (gr)	1093,5	
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa		
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6335	
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4885	
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356	
Peso arena en la perforación	1094	
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582	
Volumen de la Perforación	691,53	
3. Determinación del Contenido de Humedad		
Recipiente número	81	75
Peso húmedo + recipiente	86,9	97,1
Peso seco + recipiente	79,6	88,5
Peso recipiente	30,7	30,6
Peso del agua	7,30	8,60
Peso de los sólidos	48,90	57,90
Contenido de humedad	14,93%	14,85%
Contenido de humedad promedio	0,149	
4. Determinación de las Fases del Suelo		
	Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$	20,206	-
$V_a =$	$W_a =$ 11,606	0
$V_w =$	$W_w =$ 8,600	8,60
$V_s =$	$W_s =$ 21,849	57,90
$V_m =$	$W_m =$ 42,055	66,5
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo		
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,581	gr/cm^3
Densidad seca (γ_d)	1,376	gr/cm^3
Contenido de humedad w%	14,891	%
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,925	natural
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	48,046	%
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	42,563	%
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	57,437	%

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 91. Ensayo Densidad de Campo pozo 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:750778 Y:9859929

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 3

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	3		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1180		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1172,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6335		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4945		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1034		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	653,60		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	9	56	57
Peso húmedo + recipiente	84	78,8	84,3
Peso seco + recipiente	70,5	67,6	72
Peso recipiente	25,9	30,4	30,9
Peso del agua	13,50	11,20	12,30
Peso de los sólidos	44,60	37,20	41,10
Contenido de humedad	30,27%	30,11%	29,93%
Contenido de humedad promedio	0,301		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		12,943	-
$V_a =$		$W_a =$	0
$V_w =$		$W_w =$	11,200
$V_s =$		$W_s =$	37,20
$V_m =$		$W_m =$	48,4
		26,980	
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,794	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,379	gr/cm^3	
Contenido de humedad w%	30,101	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,922	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	47,970	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	86,536	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	13,464	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 92. Ensayo Densidad de Campo pozo 4



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: San Fernando-Loma Yanashon	Ensayado por: Karina Claudio Ch.
Profundidad: 60cm	Fecha: 23 - Jun - 2019
Normas: AASHTO T 191 2014	Muestra: 4
Coordenada: X:750936 Y:9859345	

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	4		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1190		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1182,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6335		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4860		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1119		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	707,33		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	60	61	69
Peso húmedo + recipiente	81,8	82	79,4
Peso seco + recipiente	73,8	74	71,9
Peso recipiente	30,8	30	30,5
Peso del agua	8,00	8,00	7,50
Peso de los sólidos	43,00	44,00	41,40
Contenido de humedad	18,60%	18,18%	18,12%
Contenido de humedad promedio	0,183		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		14,501	-
$V_a =$		$W_a =$	0
$V_w =$		$W_w =$	8,00
$V_s =$		$W_s =$	44,00
$V_m =$		$W_m =$	52
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,672	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,413	gr/cm^3	
Contenido de humedad w%	18,301	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,873	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m \cdot 100$	46,620	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v \cdot 100$	55,169	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	44,831	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 93. Ensayo Densidad de Campo pozo 5



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando Proyecto: Tesis de Grado
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Profundidad: 70cm Fecha: 30 - Jun - 2019
 Normas: AASHTO T 191 2014 Muestra: 5
 Coordenada: X:751393 Y:9860043

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	5		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1235		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1227,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4905		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1059		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	669,41		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	19	38	33
Peso húmedo + recipiente	74,9	67,9	81,1
Peso seco + recipiente	64,3	58,6	68,9
Peso recipiente	26,4	25,1	25
Peso del agua	10,60	9,30	12,20
Peso de los sólidos	37,90	33,50	43,90
Contenido de humedad	27,97%	27,76%	27,79%
Contenido de humedad promedio	0,278		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos	$V_v =$	10,699	-
$V_a =$	 $W_a =$	1,399	0
$V_w =$	$W_w =$	9,300	9,30
$V_s =$	$W_s =$	12,642	33,50
$V_m =$	$W_m =$	23,341	42,8
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,834	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1,434	gr/cm ³	
Contenido de humedad w%	27,840	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,846	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	45,839	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	86,923	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	13,077	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 94. Ensayo Densidad de Campo pozo 6



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando Proyecto: Tesis de Grado
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Profundidad: 75cm Fecha: 30 - Jun - 2019
 Normas: AASHTO T 191 2014 Muestra: 6
 Coordinada: X:751108 Y:9860380

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	6		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1075		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1067,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4955		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1009		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	637,80		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	6	25	35
Peso húmedo + recipiente	75	73,8	79,5
Peso seco + recipiente	63,2	62,1	66,2
Peso recipiente	24,8	24,2	24,6
Peso del agua	11,80	11,70	13,30
Peso de los sólidos	38,40	37,90	41,60
Contenido de humedad	30,73%	30,87%	31,97%
Contenido de humedad promedio	0,312		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		15,333	-
$V_a =$		3,633	0
$V_w =$		11,700	11,70
$V_s =$		14,302	37,90
$V_m =$		29,635	49,6
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,674	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1,276	gr/cm ³	
Contenido de humedad w%	31,190	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	1,072	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m \cdot 100$	51,739	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v \cdot 100$	76,308	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	23,692	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 95. Ensayo Densidad de Campo pozo 7



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa Proyecto: Tesis de Grado
 Vía: Cuatro Esquinas - Llillagua Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Profundidad: 40cm Fecha: 30 - Jun - 2019
 Normas: AASHTO T 191 2014 Muestra: 7
 Coordenada: X:752642 Y:9861215

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	7		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1160		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1152,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4905		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1059		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración)	1,582		
Volumen de la Perforación	669,41		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	84,00	62,00	64,00
Peso húmedo + recipiente	80,90	95,40	84,90
Peso seco + recipiente	68,10	79,00	71,50
Peso recipiente	30,90	30,50	30,60
Peso del agua	12,80	16,40	13,40
Peso de los sólidos	37,20	48,50	40,90
Contenido de humedad	34,41%	33,81%	32,76%
Contenido de humedad promedio	0,337		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos	$V_v =$	15,004	-
V_a	$W_a =$	2,204	0
V_w	$W_w =$	12,800	12,80
V_s	$W_s =$	14,038	37,20
$V_m =$	$W_m =$	29,041	50
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad h	1,722	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,288	gr/cm^3	
Contenido de humedad w%	33,662	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	1,069	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	51,663	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	85,312	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	14,688	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 96. Ensayo Densidad de Campo pozo 8



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 8

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	8		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1210		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1202,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6330		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4905		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1069		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	675,73		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	58	83	57
Peso húmedo + recipiente	81,3	80,1	73
Peso seco + recipiente	70,1	69,3	64,1
Peso recipiente	30,8	30,7	30,9
Peso del agua	11,20	10,80	8,90
Peso de los sólidos	39,30	38,60	33,20
Contenido de humedad	28,50%	27,98%	26,81%
Contenido de humedad promedio	0,278		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		13,194	-
$V_a =$	$W_a =$	2,394	0
$V_w =$	$W_w =$	10,800	10,80
$V_s =$	$W_s =$	14,566	38,60
$V_m =$	$W_m =$	27,760	49,4
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,780	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1,393	gr/cm ³	
Contenido de humedad w%	27,762	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,906	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	47,528	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	81,858	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	18,142	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 97. Ensayo Densidad de Campo pozo 9



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 9

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	9		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1400		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1392,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6295		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4695		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1244		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	786,35		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	4	6	28
Peso húmedo + recipiente	108,6	82	90,7
Peso seco + recipiente	91,6	69,1	75,6
Peso recipiente	31,8	24,6	23
Peso del agua	17,00	12,90	15,10
Peso de los sólidos	59,80	44,50	52,60
Contenido de humedad	28,43%	28,99%	28,71%
Contenido de humedad promedio	0,287		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		18,381	-
$V_a =$	$W_a =$	3,281	0
$V_w =$	$W_w =$	15,100	15,10
$V_s =$	$W_s =$	19,849	52,60
$V_m =$	$W_m =$	38,230	67,7
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,771	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,376	gr/cm^3	
Contenido de humedad $w\%$	28,708	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,926	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	48,080	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	82,149	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	17,851	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 98. Ensayo Densidad de Campo pozo 10



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 10

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	10		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1200		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1192,5		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la m			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6295		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4835		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1104		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración)	1,582		
Volumen de la Perforación	697,85		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	35	45	62
Peso húmedo + recipiente	81,5	103,2	102,3
Peso seco + recipiente	73,2	91,4	91,3
Peso recipiente	24,7	23,3	30,5
Peso del agua	8,30	11,80	11,00
Peso de los sólidos	48,50	68,10	60,80
Contenido de humedad	17,11%	17,33%	18,09%
Contenido de humedad promedio	0,175		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos $V_v =$		21,059	-
$V_a =$		$W_a =$	0
$V_w =$		$W_w =$	11,80
$V_s =$		$W_s =$	68,10
$V_m =$		$W_m =$	79,9
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,709	gr/cm ³	
Densidad seca (γ_d)	1,454	gr/cm ³	
Contenido de humedad w%	17,511	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,819	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	45,040	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	56,032	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	43,968	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 99. Ensayo Densidad de Campo pozo 11



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 11

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	11		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1295,5		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1288		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6290		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4865		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1069		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582		
Volumen de la Perforación	675,73		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	86	93	31
Peso húmedo + recipiente	89,4	107,7	79,3
Peso seco + recipiente	77,1	92,2	67,7
Peso recipiente	31,3	33,4	24,4
Peso del agua	12,30	15,50	11,60
Peso de los sólidos	45,80	58,80	43,30
Contenido de humedad	26,86%	26,36%	26,79%
Contenido de humedad promedio	0,267		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
		Volumenes	Pesos
Volumen de vacíos	$V_v =$	12,274	-
$V_a =$	$W_a =$	1,174	0
$V_w =$	$W_w =$	11,100	11,10
$V_s =$	$W_s =$	16,528	43,80
$V_m =$	$W_m =$	28,802	54,9
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,906	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,505	gr/cm^3	
Contenido de humedad w%	26,669	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,743	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	42,615	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	90,435	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	9,565	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 100. Ensayo Densidad de Campo pozo 12






UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Normas: AASHTO T 191 2014
 Coordenada: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 12

DENSIDAD DE CAMPO (MÉTODO DEL CONO Y ARENA DE OTTAWA)

1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa			
Ensayo Número	9		
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	1285,3		
Peso de la funda (gr)	7,5		
Peso de la masa del suelo (gr)	1277,8		
2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa			
Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6290		
Peso final frasco + cono + arena (gr)	4865		
Peso arena en el cono (Calibración del cono)	356		
Peso arena en la perforación	1069		
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración)	1,582		
Volumen de la Perforación	675,73		
3. Determinación del Contenido de Humedad			
Recipiente número	3	71	75
Peso húmedo + recipiente	102,8	88,8	100,4
Peso seco + recipiente	86,2	76,2	85,3
Peso recipiente	26,7	30,4	30,6
Peso del agua	16,60	12,60	15,10
Peso de los sólidos	59,50	45,80	54,70
Contenido de humedad	27,90%	27,51%	27,61%
Contenido de humedad promedio	0,277		
4. Determinación de las Fases del Suelo			
	Volumenes	Pesos	
Volumen de vacíos $V_v =$	13,600	-	
$V_a =$  $W_a =$	1,000	0	
$V_w =$  $W_w =$	12,600	12,60	
$V_s =$  $W_s =$	17,283	45,80	
$V_m =$ $W_m =$	30,883	58,4	
5. Determinación de las Propiedades Índice del Suelo			
Peso Volumétrico del Suelo (γ_m) (densidad húmeda)	1,891	gr/cm^3	
Densidad seca (γ_d)	1,481	gr/cm^3	
Contenido de humedad w%	27,672	%	
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$	0,787	natural	
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$	44,037	%	
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$	92,646	%	
Grado de Saturación de aire $G_a\%$	7,354	%	

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 101. Ensayo Granulométrico 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

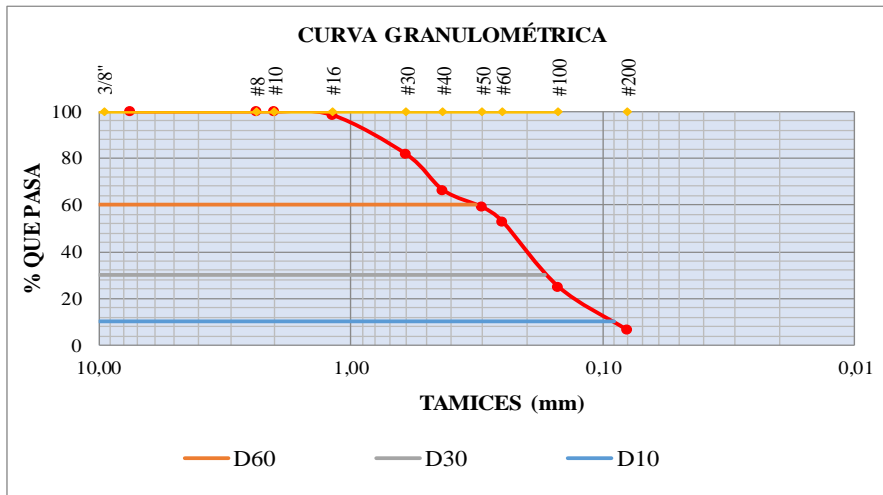


Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.
 Fecha: 03 - Jul - 2019
 Muestra: 1

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	3,80	3,80	1,52	98,48
#30	0,60	42,30	46,10	18,44	81,56
#40	0,43	38,20	84,30	33,72	66,28
#50	0,30	18,30	102,60	41,04	58,96
#60	0,25	15,50	118,10	47,24	52,76
#100	0,15	69,90	188,00	75,20	24,80
#200	0,08	46,40	234,40	93,76	6,24
15,4		0,00			
Peso Húmedo (gr):		Peso Seco (gr):		250,00	



Diametro Dimensional (D60)=	0,32	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,17	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,09	Arena	93,76%
Coefficiente de Curvatura =	3,56	Limo	6,24%
Coefficiente de Uniformidad =	1,00	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 102. Ensayo Granulométrico 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

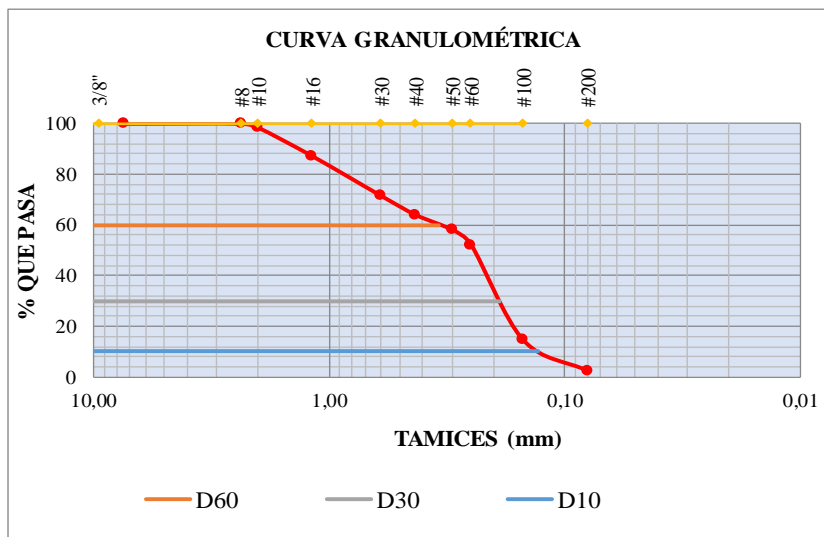


Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch
 Fecha: 26 - Jun - 2019
 Muestra: 2

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	4,00	4,00	1,60	98,40
#16	1,18	28,00	32,00	12,80	87,20
#30	0,60	39,30	71,30	28,52	71,48
#40	0,43	18,50	89,80	35,92	64,08
#50	0,30	14,80	104,60	41,84	58,16
#60	0,25	14,80	119,40	47,76	52,24
#100	0,15	94,00	213,40	85,36	14,64
#200	0,08	30,00	243,40	97,36	2,64
6,4			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,34	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,19	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,13	Arena	97,36%
Coefficiente de Curvatura =	2,62	Limo	2,64%
Coefficiente de Uniformidad =	0,82	Tipo de suelo	
		SUCS	SM-SC
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 103. Ensayo Granulométrico 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: San Fernando-Loma Yanashon

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.

Profundidad: 50 cm

Fecha: 26 - Jun - 2019

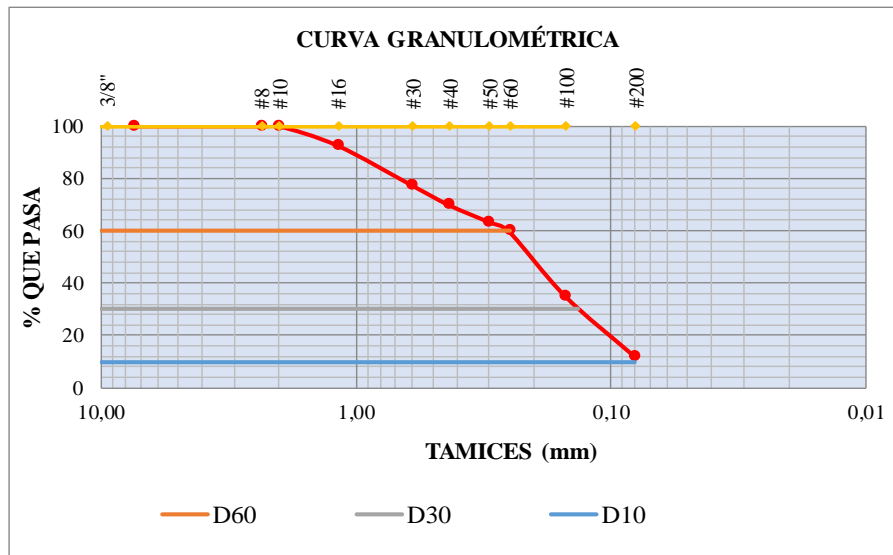
Normas: AASHTO T 88 2013

Muestra: 3

Coordenada: X:750778 Y:9859929

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	18,50	18,50	7,40	92,60
#30	0,60	38,20	56,70	22,68	77,32
#40	0,43	18,70	75,40	30,16	69,84
#50	0,30	16,20	91,60	36,64	63,36
#60	0,25	8,90	100,50	40,20	59,80
#100	0,15	62,10	162,60	65,04	34,96
#200	0,08	57,70	220,30	88,12	11,88
29,4			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,25	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,135	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,08	Arena	88,12%
Coefficiente de Curvatura =	3,13	Limo	11,88%
Coefficiente de Uniformidad =	0,91	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 104. Ensayo Granulométrico 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: San Fernando-Loma Yanashon

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.

Profundidad: 60cm

Fecha: 26 - Jun - 2019

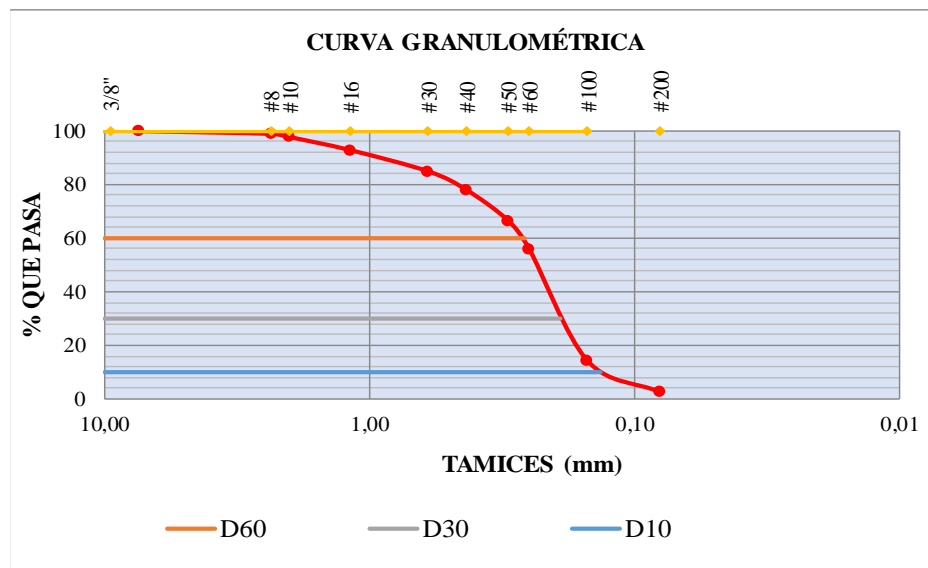
Normas: AASHTO T 88 2013

Muestra: 4

Coordenada: X:750936 Y:9859345

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,30	0,30	0,12	99,88
#8	2,36	2,60	2,90	1,16	98,84
#10	2,00	3,10	6,00	2,40	97,60
#16	1,18	12,20	18,20	7,28	92,72
#30	0,60	19,80	38,00	15,20	84,80
#40	0,43	17,40	55,40	22,16	77,84
#50	0,30	28,40	83,80	33,52	66,48
#60	0,25	26,30	110,10	44,04	55,96
#100	0,15	105,00	215,10	86,04	13,96
#200	0,08	28,90	244,00	97,60	2,40
4,1			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,26	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,19	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,135	Arena	97,60%
Coefficiente de Curvatura =	1,93	Limo	2,40%
Coefficiente de Uniformidad =	1,03	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 105. Ensayo Granulométrico 5



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
 CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

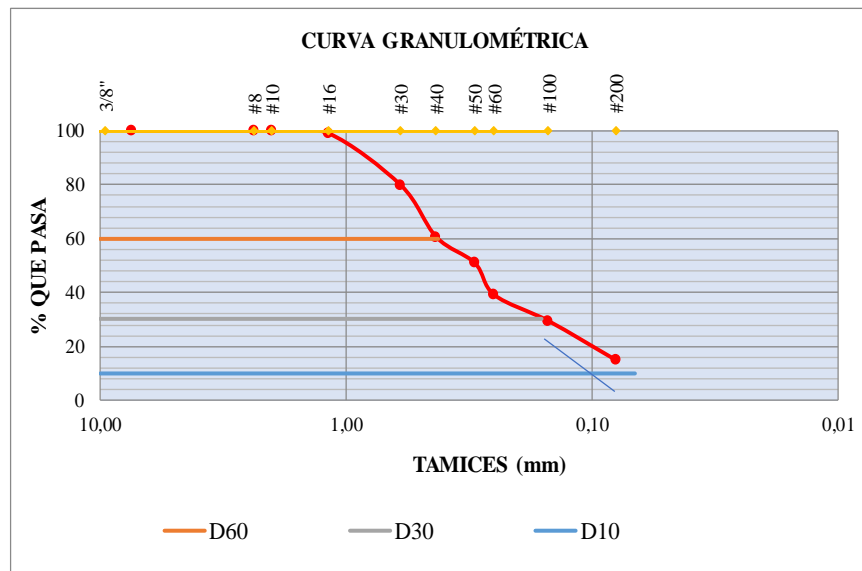


Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 70cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:751393 Y:9860043

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch
 Fecha: 03 - Jul - 2019
 Muestra: 5

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	2,50	2,50	1,00	99,00
#30	0,60	48,10	50,60	20,24	79,76
#40	0,43	48,20	98,80	39,52	60,48
#50	0,30	24,00	122,80	49,12	50,88
#60	0,25	29,60	152,40	60,96	39,04
#100	0,15	24,40	176,80	70,72	29,28
#200	0,08	36,10	212,90	85,16	14,84
		37,1	0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,42	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,16	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,067	Arena	85,16%
Coefficiente de Curvatura =	6,27	Limo	14,84%
Coefficiente de Uniformidad =	0,91	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 106. Ensayo Granulométrico 6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

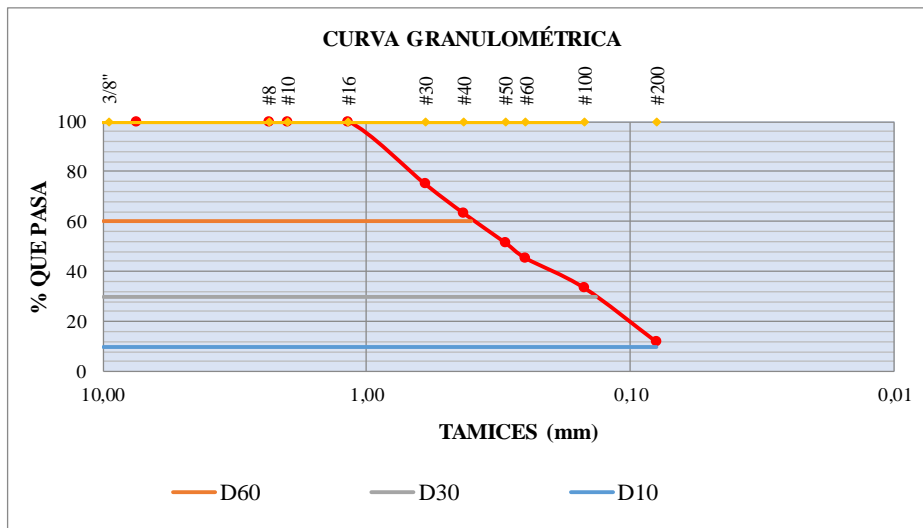


Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 75cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.
 Fecha: 03 - Jul - 2019
 Muestra: 6

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	0,00	0,00	0,00	100,00
#10	2,00	0,00	0,00	0,00	100,00
#16	1,18	0,00	0,00	0,00	100,00
#30	0,60	62,90	62,90	25,16	74,84
#40	0,43	29,00	91,90	36,76	63,24
#50	0,30	29,10	121,00	48,40	51,60
#60	0,25	15,80	136,80	54,72	45,28
#100	0,15	29,70	166,50	66,60	33,40
#200	0,08	53,80	220,30	88,12	11,88
		29,7	0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,4	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,135	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,08	Arena	88,12%
Coefficiente de Curvatura =	5,00	Limo	11,88%
Coefficiente de Uniformidad =	0,57	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 107. Ensayo Granulométrico 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

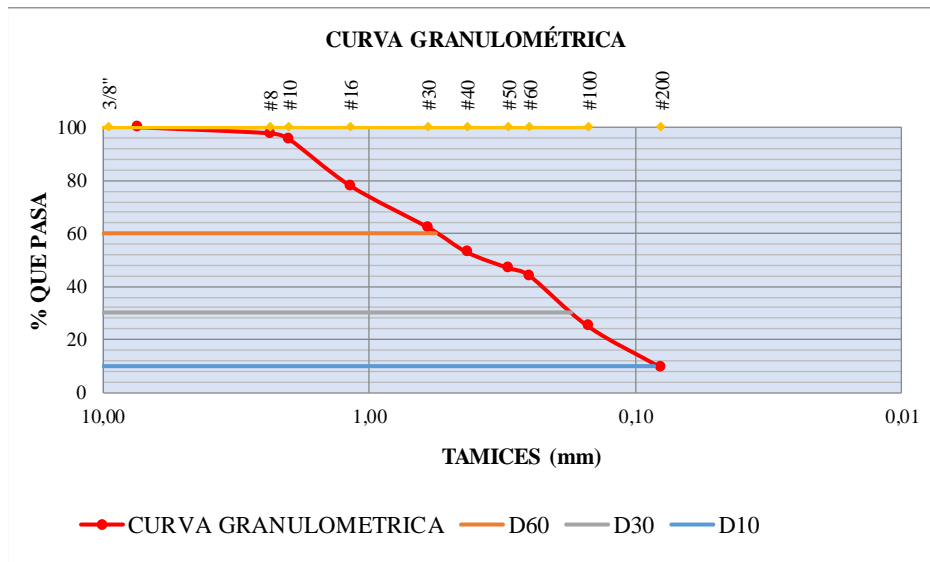


Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 40cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio C
 Fecha: 03 - Jul - 2019
 Muestra: 7

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	5,80	5,80	2,32	97,68
#10	2,00	5,70	11,50	4,60	95,40
#16	1,18	43,70	55,20	22,08	77,92
#30	0,60	39,50	94,70	37,88	62,12
#40	0,43	23,10	117,80	47,12	52,88
#50	0,30	15,00	132,80	53,12	46,88
#60	0,25	7,10	139,90	55,96	44,04
#100	0,15	47,90	187,80	75,12	24,88
#200	0,08	38,70	226,50	90,60	9,40
23,6			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,56	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,175	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,085	Arena	90,60%
Coefficiente de Curvatura =	6,59	Limo	9,40%
Coefficiente de Uniformidad =	0,64	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 108. Ensayo Granulométrico 8



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

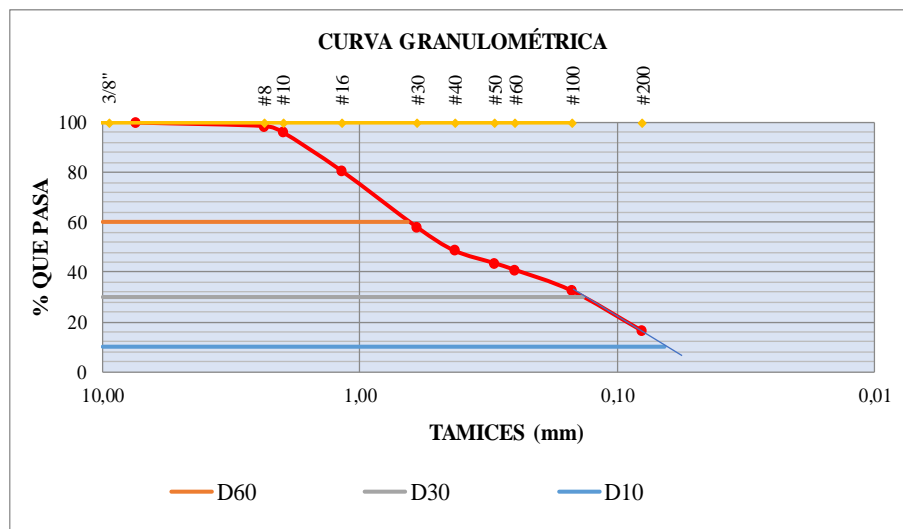


Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.
 Fecha: 05 - Jul - 2019
 Muestra: 8

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	3,50	3,50	1,40	98,60
#10	2,00	6,10	9,60	3,84	96,16
#16	1,18	38,80	48,40	19,36	80,64
#30	0,60	56,60	105,00	42,00	58,00
#40	0,43	23,40	128,40	51,36	48,64
#50	0,30	12,70	141,10	56,44	43,56
#60	0,25	6,70	147,80	59,12	40,88
#100	0,15	21,00	168,80	67,52	32,48
#200	0,08	40,10	208,90	83,56	16,44
41,1			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,65	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,135	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,065	Arena	83,56%
Coefficiente de Curvatura =	10,00	Limo	16,44%
Coefficiente de Uniformidad =	0,43	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-5 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 109. Ensayo Granulométrico 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

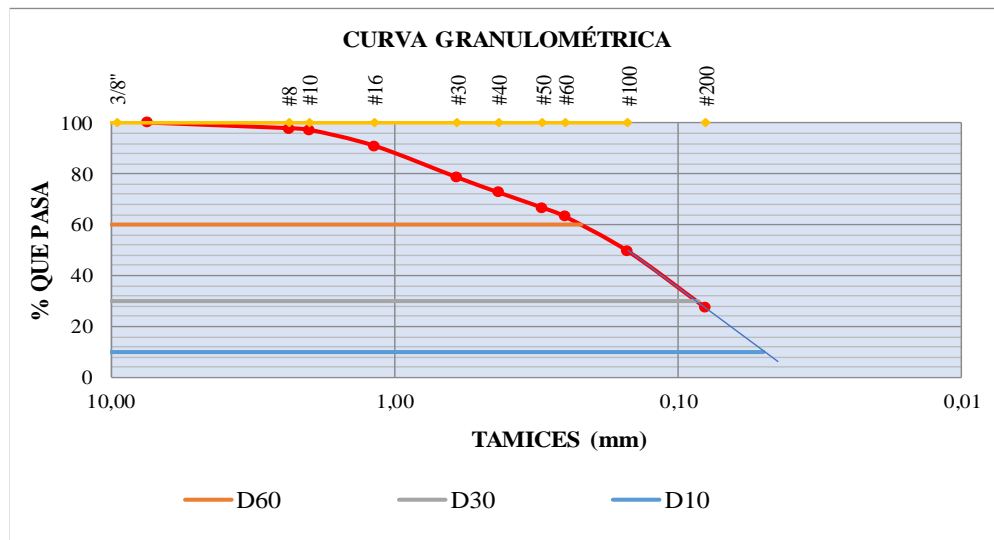


Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.
 Fecha: 18 - Jul - 2019
 Muestra: 9

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	5,50	5,50	2,20	97,80
#10	2,00	1,60	7,10	2,84	97,16
#16	1,18	15,70	22,80	9,12	90,88
#30	0,60	31,10	53,90	21,56	78,44
#40	0,43	14,60	68,50	27,40	72,60
#50	0,30	15,10	83,60	33,44	66,56
#60	0,25	8,70	92,30	36,92	63,08
#100	0,15	34,00	126,30	50,52	49,48
#200	0,08	55,20	181,50	72,60	27,40
68,3			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,22	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,085	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,05	Arena	72,60%
Coefficiente de Curvatura =	4,40	Limo	27,40%
Coefficiente de Uniformidad =	0,66	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 110. Ensayo Granulométrico 10



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

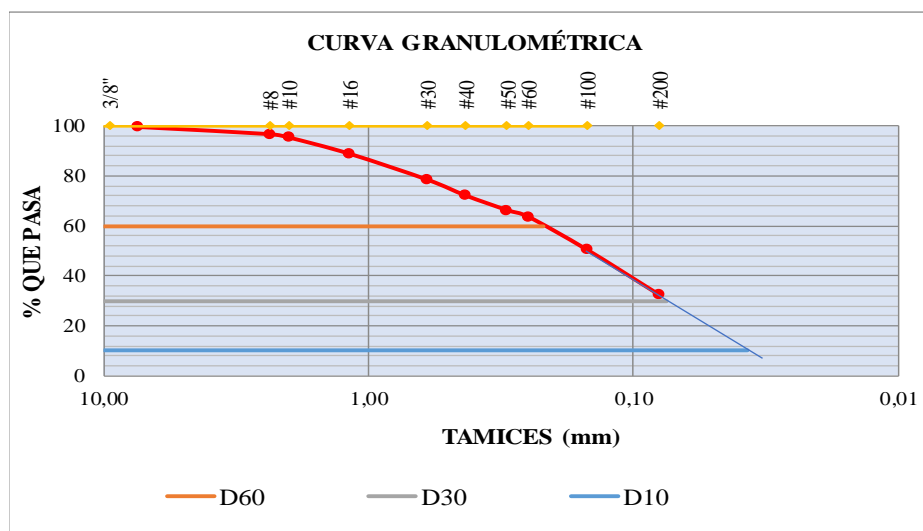


Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 88 2013
 Coordenada: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.
 Fecha: 18 - Jul - 2019
 Muestra: 10

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	1,30	1,30	0,52	99,48
#8	2,36	7,20	8,50	3,40	96,60
#10	2,00	3,40	11,90	4,76	95,24
#16	1,18	16,30	28,20	11,28	88,72
#30	0,60	25,90	54,10	21,64	78,36
#40	0,43	15,80	69,90	27,96	72,04
#50	0,30	14,60	84,50	33,80	66,20
#60	0,25	6,50	91,00	36,40	63,60
#100	0,15	33,00	124,00	49,60	50,40
#200	0,08	45,10	169,10	67,64	32,36
80			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,22	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,075	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,037	Arena	67,64%
Coefficiente de Curvatura =	5,95	Limo	32,36%
Coefficiente de Uniformidad =	0,69	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-5 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 111. Ensayo Granulométrico 11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: Pasa - Mogato

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.

Profundidad: 70 cm

Fecha: 24 - Jul - 2019

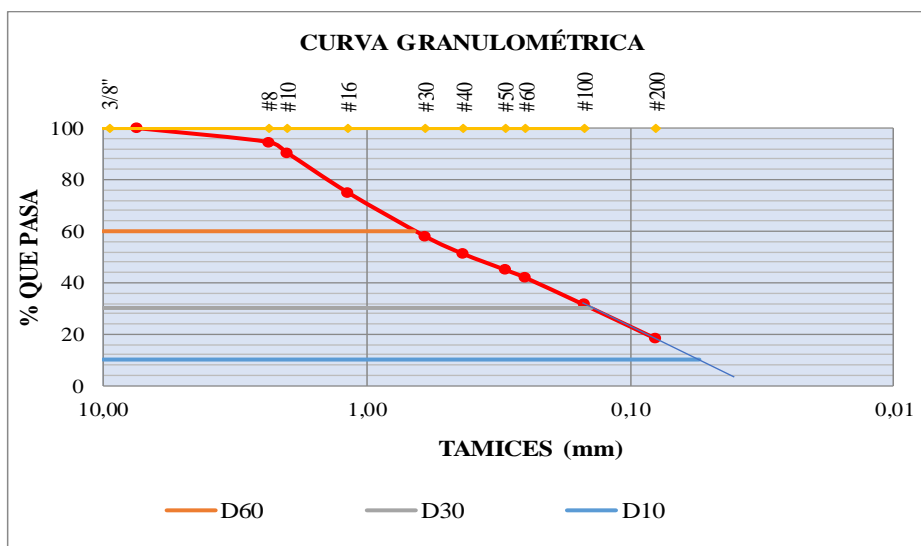
Normas: AASHTO T 88 2013

Muestra: 11

Coordenada: X:753263 Y:9858848

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	13,50	13,50	5,40	94,60
#10	2,00	10,50	24,00	9,60	90,40
#16	1,18	38,30	62,30	24,92	75,08
#30	0,60	42,60	104,90	41,96	58,04
#40	0,43	17,10	122,00	48,80	51,20
#50	0,30	15,20	137,20	54,88	45,12
#60	0,25	7,90	145,10	58,04	41,96
#100	0,15	26,10	171,20	68,48	31,52
#200	0,08	33,00	204,20	81,68	18,32
45,6			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	0,66	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,14	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,055	Arena	81,68%
Coefficiente de Curvatura =	12,00	Limo	18,32%
Coefficiente de Uniformidad =	0,54	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 112. Ensayo Granulométrico 12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: Pasa - Mogato

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Ch.

Profundidad: 40 cm

Fecha: 24 - Jul - 2019

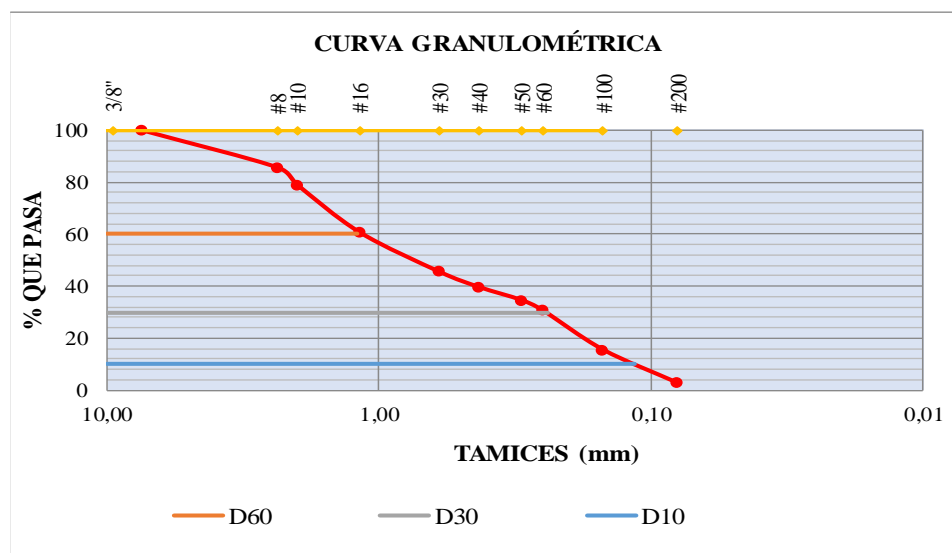
Normas: AASHTO T 88 2013

Muestra: 12

Coordenada: X:752745 Y:9859304

GRANULOMETRÍA

TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7,46	0,00	0,00	0,00	100,00
#8	2,36	35,90	35,90	14,36	85,64
#10	2,00	16,70	52,60	21,04	78,96
#16	1,18	45,60	98,20	39,28	60,72
#30	0,60	38,00	136,20	54,48	45,52
#40	0,43	14,60	150,80	60,32	39,68
#50	0,30	12,60	163,40	65,36	34,64
#60	0,25	9,90	173,30	69,32	30,68
#100	0,15	37,90	211,20	84,48	15,52
#200	0,08	31,80	243,00	97,20	2,80
6,5			0,00		
Peso Húmedo (gr):			Peso Seco (gr):		250,00



Diametro Dimensional (D60)=	1,2	Porcentaje	
Diametro EQUIPARABLE (D30)=	0,24	Grava	0,00%
Diámetro Efectivo (D10)=	0,115	Arena	97,20%
Coefficiente de Curvatura =	10,43	Limo	2,80%
Coefficiente de Uniformidad =	0,42	Tipo de suelo	
		SUCS	SM
		AASSTO	A 2-4 (0)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 113. Ensayo Límite Líquido 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



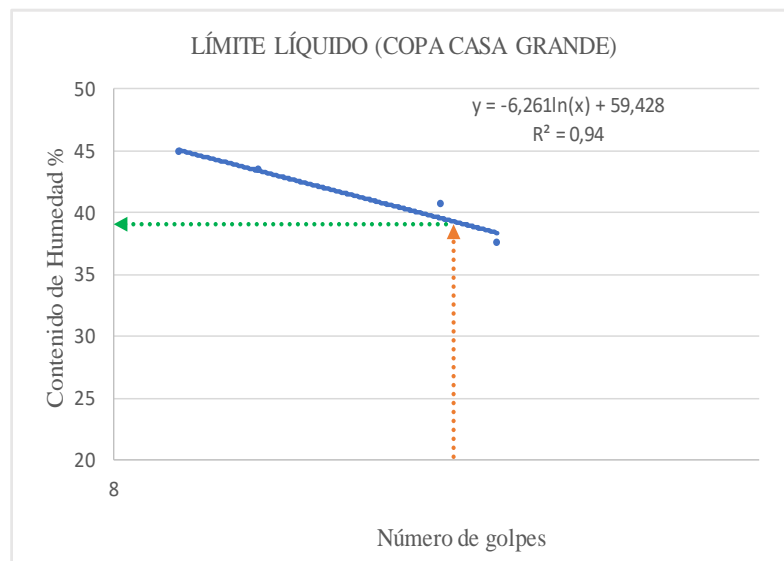
Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 1

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
24	28	11,1	18,1	16,1	40,00	40,588
	3	11,4	18,6	16,5	41,18	
13	12	11,1	19	16,6	43,64	43,346
	38	11,7	22	18,9	43,06	
10	32	11,2	20,6	17,7	44,62	44,843
	20	11,3	21,6	18,4	45,07	
29	62	11,1	18,5	16,5	37,04	37,484
	75	10,8	18,8	16,6	37,93	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	39,00



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 114. Ensayo Límite Líquido 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



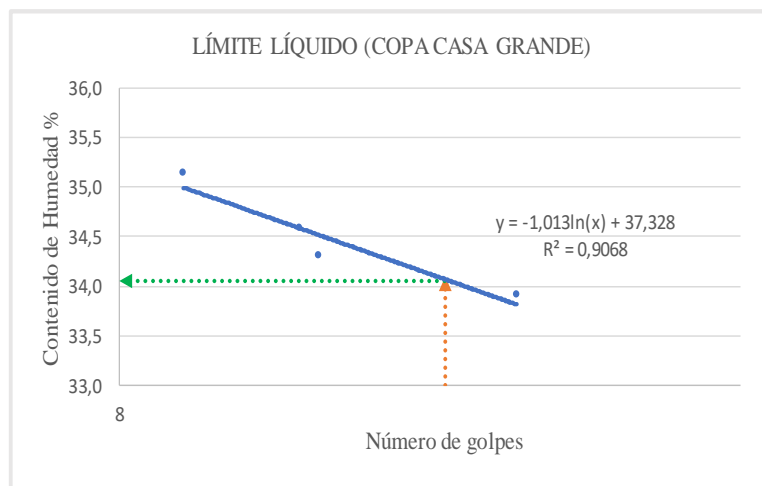
Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 2

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N</i> Golpes.	#CAPS.	<i>W</i> _{CAPS.} (gr)	<i>W</i> _{HUM.} (gr)	<i>W</i> _{SECO.} (gr)	% <i>w</i> _{nat.}	% <i>w</i> _{PROM.}
10	31	12,7	22,2	19,7	35,71	35,130
	40	11	18,4	16,5	34,55	
16	11	11,3	21,9	19,2	34,18	34,302
	64	11,2	19,4	17,3	34,43	
32	4	11,1	18,3	16,5	33,33	33,908
	5	11	18,8	16,8	34,48	
15	75	11,2	19,8	17,6	34,38	34,579
	15	11,3	20,6	18,2	34,78	

Numero de golpes	25
Limite Liquido LI%	34,1



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 115. Ensayo Límite Líquido 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



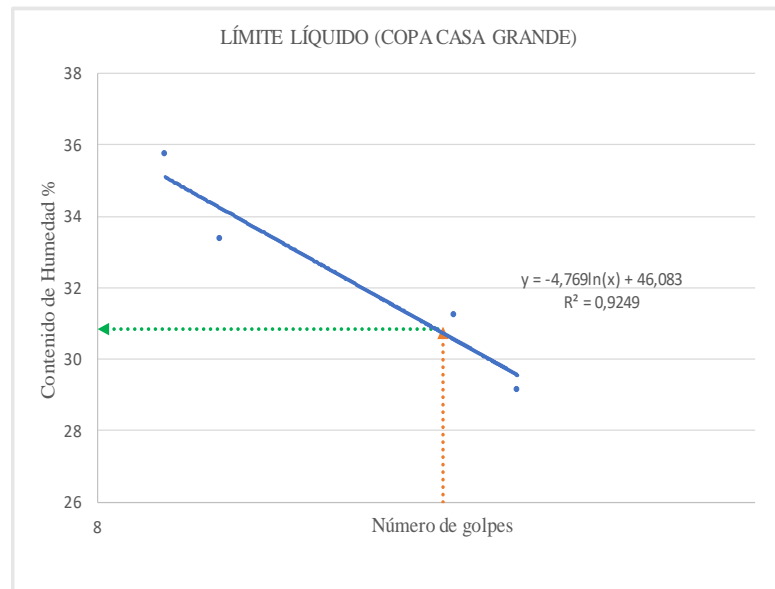
Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:750778 Y:9859929

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 3

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
32	12	25,1	33,8	31,8	29,85	29,123
	10	23,3	33,7	31,4	28,40	
26	34	23,3	33,7	31,3	30,00	31,234
	14	26,5	36,7	34,2	32,47	
12	40	23,9	33,4	31	33,80	33,357
	27	25,1	35,6	33	32,91	
10	5	24,3	32,9	30,6	36,51	35,714
	32	26,4	34,9	32,7	34,92	

Numero de golpes	25
Límite Líquido Ll%	30,9



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 116. Ensayo Límite Líquido 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



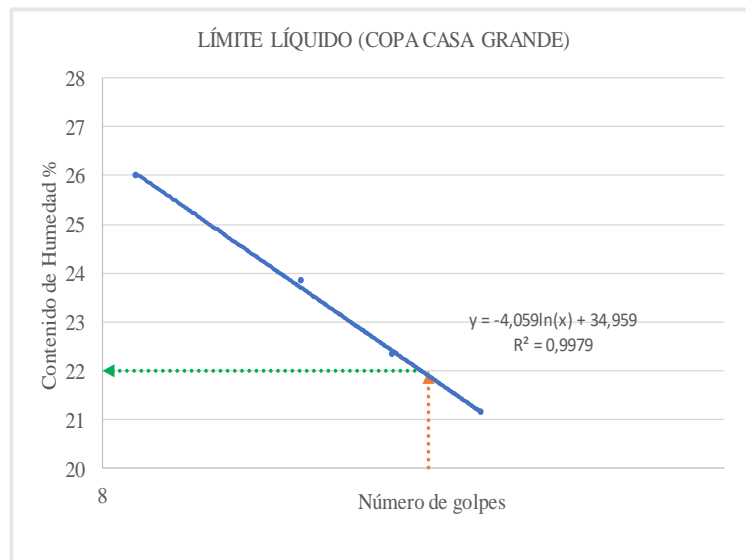
Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 60cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:750936 Y:9859345

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 4

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

N Golpes.	#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% W _{nat.}	% W _{PROM.}
30	27	10,6	20,9	19,1	21,18	21,152
	74	11,5	20,1	18,6	21,13	
22	79	11,3	19,6	18	23,88	22,330
	13	11	20,3	18,7	20,78	
16	12	10,9	20	18,3	22,97	23,839
	60	11	21,6	19,5	24,71	
9	78	11,6	19,6	17,9	26,98	25,992
	25	10,8	18,8	17,2	25,00	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	22



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 117. Ensayo Límite Líquido 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



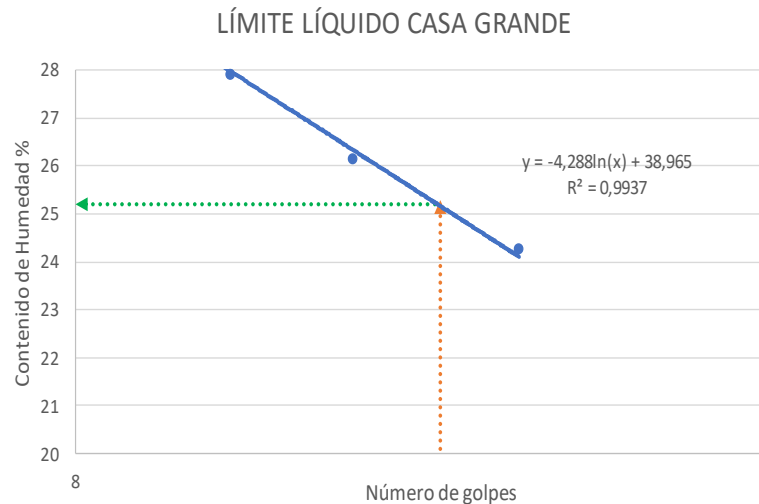
Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 70cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:751393 Y:9860043

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 5

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
32	25	10,8	25,1	22,2	25,44	24,258
	62	11	20,6	18,8	23,08	
9	64	11,2	20,2	18,1	30,43	29,691
	9	11	20,8	18,6	28,95	
13	32	11,1	19,1	17,4	26,98	27,886
	79	11,2	19,7	17,8	28,79	
19	75	10,8	19,4	17,6	26,47	26,114
	20	11,3	19,6	17,9	25,76	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	25,2



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 118. Ensayo Límite Líquido 6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



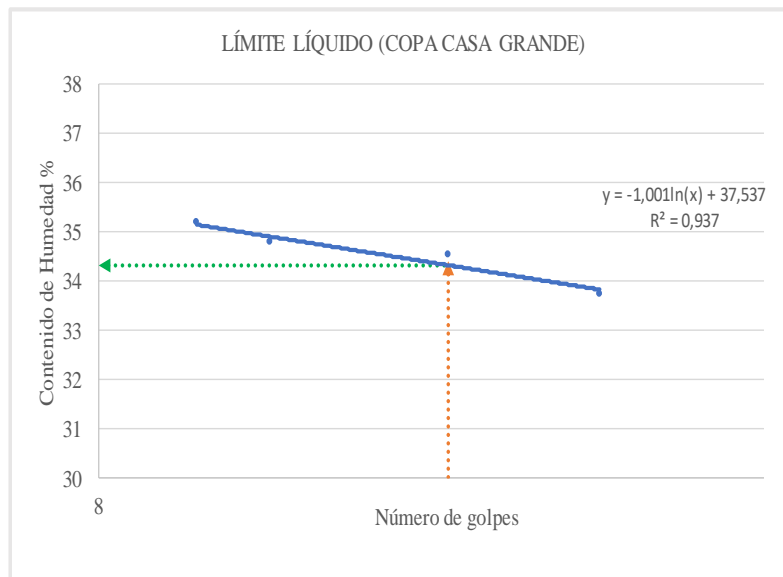
Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 75cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 6

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N</i> Golpes.	# <i>CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.}</i> (gr)	<i>W_{HUM.}</i> (gr)	<i>W_{SECO.}</i> (gr)	% <i>w_{nat.}</i>	% <i>w_{PROM.}</i>
25	31	12,7	19,7	17,9	34,62	34,521
	40	11	19,2	17,1	34,43	
11	11	11,2	21,1	18,6	33,78	35,161
	64	11,3	18,4	16,5	36,54	
41	4	11,1	17	15,5	34,09	33,712
	9	11	17,4	15,8	33,33	
14	79	11,3	19,8	17,6	34,92	34,768
	15	11,2	18,2	16,4	34,62	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	34,3



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 119. Ensayo Límite Líquido 7



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



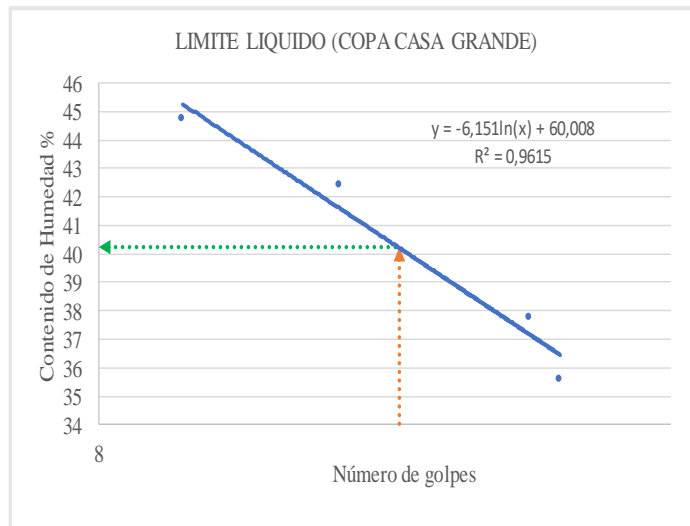
Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 40cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 7

ENSAYO LIMITE LIQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N</i> Golpes.	# <i>CAPS.</i>	<i>W</i> _{CAPS.} (gr)	<i>W</i> _{HUM.} (gr)	<i>W</i> _{SECO.} (gr)	% <i>w</i> _{nat.}	% <i>w</i> _{PROM.}
20	2	10,9	19,6	17	42,62	42,405
	8	11,4	20,5	17,8	42,19	
11	12	11	18,5	16,2	44,23	44,734
	13	11,1	17,2	15,3	45,24	
41	74	11,5	19,6	17,4	37,29	37,735
	78	11,6	19,2	17,1	38,18	
46	27	10,6	17,9	16	35,19	35,593
	77	11,4	18,2	16,4	36,00	

Numero de golpes	25
Límite Líquido L1%	40,2



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 120. Ensayo Límite Líquido 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



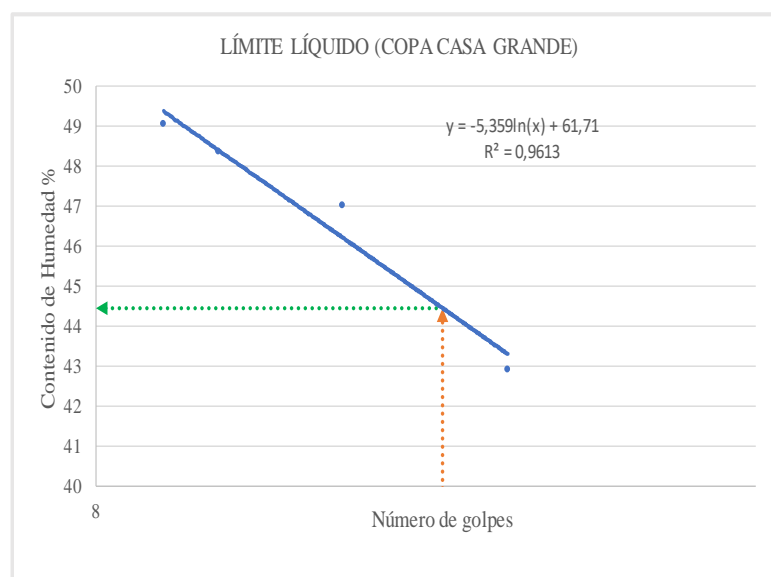
Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 8

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

N Golpes.	#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	% w _{PROM.}
10	37	11,3	18,3	16	48,94	49,029
	16	11,1	19,6	16,8	49,12	
12	68	10,9	17,7	15,5	47,83	48,357
	42	11,8	18,5	16,3	48,89	
18	4	11,3	19,5	16,8	49,09	46,994
	9	11,4	18,5	16,3	44,90	
31	79	11,4	20,5	17,7	44,44	42,912
	15	10,5	18,7	16,3	41,38	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	44,5



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 121. Ensayo Límite Líquido 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



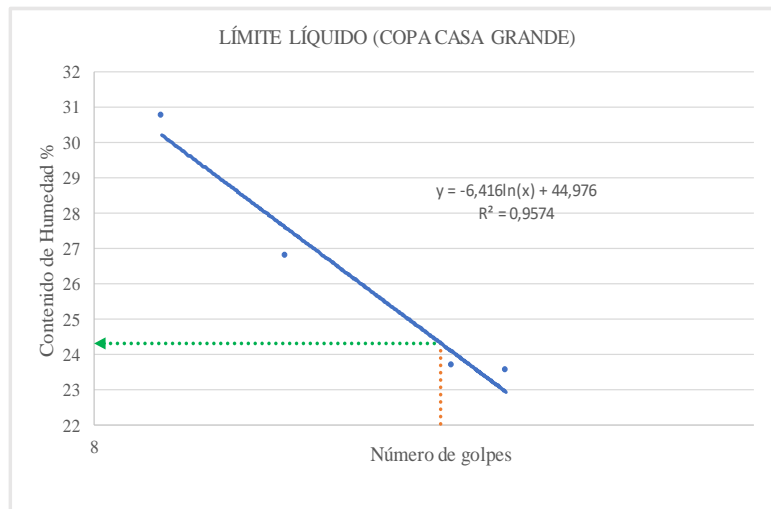
Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 9

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
10	7	11,4	18,8	17	32,14	30,777
	12	11,8	18,4	16,9	29,41	
15	79	11,2	18,4	16,9	26,32	26,794
	72	12,1	17,7	16,5	27,27	
26	13	11	18,3	16,9	23,73	23,707
	8	11,4	20,8	19	23,68	
31	60	10,9	18,3	16,9	23,33	23,542
	41	10,9	20,8	18,9	23,75	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	24,3



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 122. Ensayo Límite Líquido 10



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



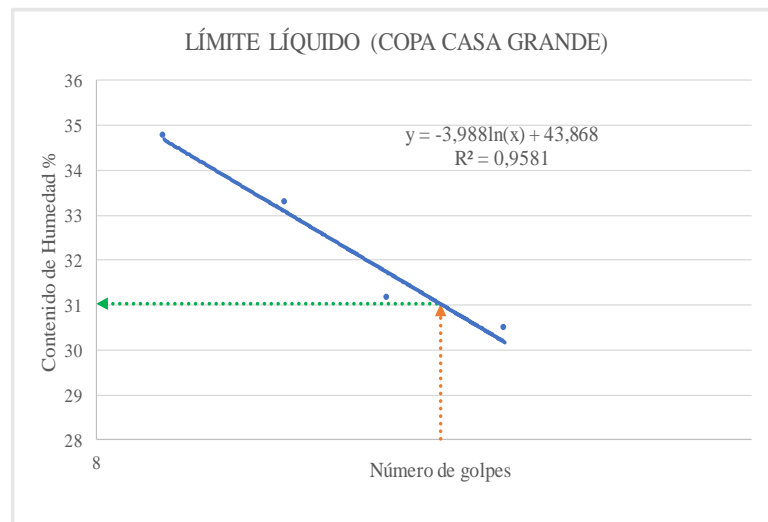
Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 10

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

N Golpes.	#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	% w _{PROM.}
10	73	11,2	20,2	17,9	34,33	34,757
	6	10,8	18,1	16,2	35,19	
15	78	11,5	16,2	15	34,29	33,272
	17	11,4	15,5	14,5	32,26	
21	38	11,7	18	16,5	31,25	31,142
	27	10,6	18,2	16,4	31,03	
31	16	11,1	18,4	16,7	30,36	30,485
	2	10,9	17,3	15,8	30,61	

Numero de golpes	25
Limite Liquido LI%	31,0



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 123. Ensayo Límite Líquido 11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



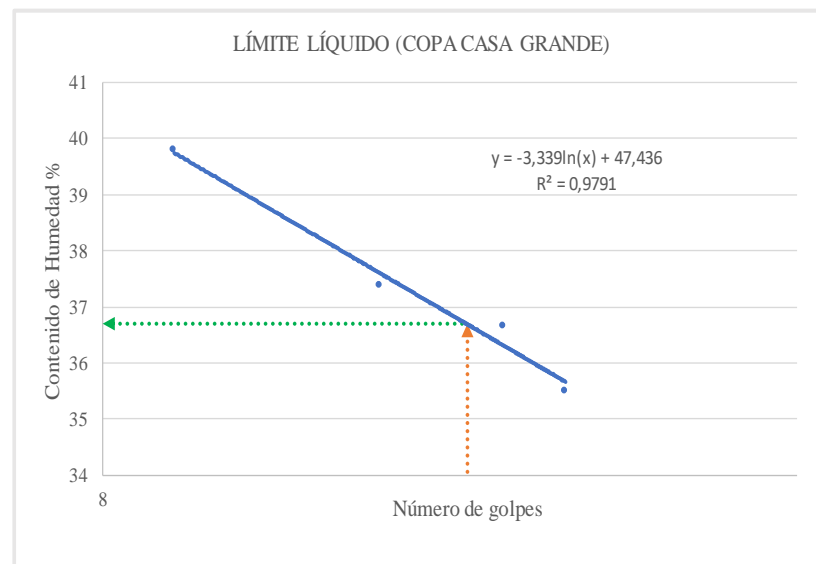
Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 11

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
10	64	11,2	18,5	16,4	40,38	39,800
	61	11,3	18,4	16,4	39,22	
19	66	11,1	17,7	15,9	37,50	37,377
	3	11,2	18,2	16,3	37,25	
28	31	11,2	17,5	15,8	36,96	36,660
	37	11,1	17,1	15,5	36,36	
34	69	11,5	17,6	16	35,56	35,486
	40	11	17,5	15,8	35,42	

Numero de golpes	25
Limite Liquido LI%	36,7



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 124. Ensayo Límite Líquido 12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



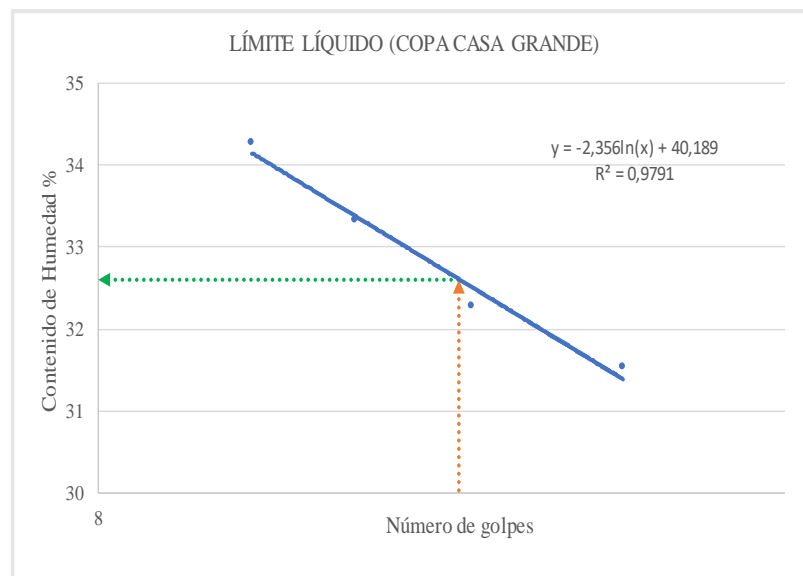
Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Normas: AASHTO T 89 2013
 Coordenadas: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 12

ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO COPA CASAGRANDE

<i>N Golpes.</i>	<i>#CAPS.</i>	<i>W_{CAPS.} (gr)</i>	<i>W_{HUM.} (gr)</i>	<i>W_{SECO.} (gr)</i>	<i>% w_{nat.}</i>	<i>% w_{PROM.}</i>
13	77	11,4	18,8	16,9	34,55	34,273
	43	11	17,7	16	34,00	
18	35	11,2	18	16,3	33,33	33,333
	3	11,5	17,5	16	33,33	
26	19	11,4	20,1	18	31,82	32,288
	33	11,2	18,9	17	32,76	
42	62	11	18,1	16,4	31,48	31,530
	4	11	18,5	16,7	31,58	

Numero de golpes	25
Limite Liquido L1%	32,6



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 125. Ensayo Límite Plástico 1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: San Fernando
Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
Profundidad: 50 cm
Normas: AASHTO T 90 2016
Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
Fecha: 16 - Jun - 2019
Muestra: 1

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
5	10,4	16,9	15,1	38,30	38,09
76	10,6	16,1	14,6	37,50	
5	10,6	15,2	13,9	39,39	
7	10,5	17,8	15,8	37,74	
70	10,6	16,1	14,6	37,50	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	39,00
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	38,09
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	0,91

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 126. Ensayo Límite Plástico 2



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: San Fernando
Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
Profundidad: 55 cm
Normas: AASHTO T 90 2016
Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
Fecha: 16 - Jun - 2019
Muestra: 2

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
3	10,6	14,1	13,3	29,63	28,70
14	10,6	13,8	13,1	28,00	
1AL	10,7	15,6	14,5	28,95	
4AL	10,4	13,9	13,1	29,63	
16	10,7	14,9	14	27,27	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	34,05
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	28,70
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	5,35

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 127. Ensayo Límite Plástico 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:750778 Y:9859929

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 3

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	LL.
3AL	10,6	13,9	13,1	32,00	28,48
61	6,1	8,7	8,2	23,81	
83	6,1	8,8	8,2	28,57	
80	7,4	9,1	8,7	30,77	
77	7,4	8,8	8,5	27,27	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	30,85
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	28,48
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	2,37

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 128. Ensayo Límite Plástico 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 60cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:750936 Y:9859345

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 4

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	LL.
31	10,8	12,6	12,3	20,00	20,89
4AL	10,5	11,6	11,4	22,22	
2J	7,4	11	10,4	20,00	
10	10,6	11,7	11,5	22,22	
15	10,6	12,4	12,1	20,00	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	22,00
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	20,89
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	1,11

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 129. Ensayo Límite Plástico 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 70cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:751393 Y:9860043

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 5

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
12	10,6	11,8	11,6	20,00	23,33
70	10,6	12,2	11,9	23,08	
2	10,5	14,3	13,5	26,67	
82	10,7	13,3	12,8	23,81	
31	10,8	12,4	12,1	23,08	

LÍMITE LÍQUIDO LI%	26,70
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	23,33
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	3,37

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 130. Ensayo Límite Plástico 6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 75cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Claudio Ch.
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 6

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
12	10,7	12,5	12,1	28,57	31,45
01 R	10,6	13,1	12,5	31,58	
4	10,4	14,2	13,3	31,03	
6	10,6	12,8	12,2	37,50	
1 AP	10,7	12,5	12,1	28,57	

LÍMITE LÍQUIDO LI%	34,30
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	31,45
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	2,85

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 131. Ensayo Límite Plástico 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 40cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 7

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
62	7,4	8,7	8,3	44,44	39,89
29	7,3	8,4	8,1	37,50	
7	7,3	8,7	8,3	40,00	
47	7,3	8,4	8,1	37,50	
28	7,4	8,8	8,4	40,00	

LÍMITE LÍQUIDO LI%	40,21
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	39,89
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	0,32

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 132. Ensayo Límite Plástico 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 8

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
10 P	10,4	13,2	12,4	40,00	44,03
3 AL	10,5	13,1	12,3	44,44	
7	10,7	14,1	13	47,83	
14	10,4	13,3	12,4	45,00	
8	10,6	13,6	12,7	42,86	

LÍMITE LÍQUIDO LI%	44,46
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	44,03
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	0,43

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 133. Ensayo Límite Plástico 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 9

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
5B	4,6	5,2	5,1	20,00	21,81
2K	4,8	5,3	5,2	25,00	
1K	4,5	5,1	5,0	20,00	
3K	4,4	5,5	5,3	22,22	
K5	7,7	8	8,0	20,00	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	24,32
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	21,81
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	2,52

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 134. Ensayo Límite Plástico 10



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 10

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	$W_{CAPS.}$ (gr)	$W_{HUM.}$ (gr)	$W_{SECO.}$ (gr)	% $w_{nat.}$	LL.
2B	4,2	4,9	4,8	27,27	27,60
A3J	4,2	5,1	4,9	28,57	
3G	4,4	5,3	5,1	28,57	
3	4,2	5,1	4,9	28,57	
69B	4,1	4,6	4,5	25,00	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	31,03
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	27,60
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	3,43

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 135. Ensayo Límite Plástico 11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 11

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	LL.
57	4,3	5	4,8	40,00	35,17
51	4,3	5,3	5,1	25,00	
55	4,3	5	4,8	40,00	
14	4,3	5,1	4,9	33,33	
74	4,3	5,4	5,1	37,50	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	36,69
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	35,17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	1,52

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 136. Ensayo Límite Plástico 12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Normas: AASHTO T 90 2016
 Coordenadas: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 12

ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO LP

#CAPS.	W _{CAPS.} (gr)	W _{HUM.} (gr)	W _{SECO.} (gr)	% w _{nat.}	LL.
62	7,4	8,2	8	33,33	32,13
29	7,4	8,2	8,0	33,33	
7	7,4	8,3	8,1	32,35	
47	7,4	8,8	8,5	30,84	
28	7,2	8,9	8,5	30,77	

LÍMITE LÍQUIDO L1%	32,61
LÍMITE PLÁSTICO Lp%	32,13
ÍNDICE DE PLASTICIDAD Ip%	0,48

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 137. Ensayo Gravedad Específica 1



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 03 - Jul - 2019

Muestra: 1

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,66
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	675,5
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	22,56
Temperatura del agua y suelo en °C	25
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9989
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	SN
Recipiente + peso suelo seco	136,1
Peso del recipiente	86,7
Peso del suelo seco Ws	49,4
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,187

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 138. Ensayo Gravedad Específica 2



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu

Profundidad: 55 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 26 - Jun - 2019

Muestra: 2

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	2
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,86
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	675,5
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	22,36
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	48
Recipiente + peso suelo seco	158
Peso del recipiente	109
Peso del suelo seco Ws	49
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,190

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 139. Ensayo Gravedad Específica 3



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: San Fernando-Loma Yanashon

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Profundidad: 50 cm

Fecha: 26 - Jun - 2019

Normas: AASHTO T 100 2015

Muestra: 3

Coordenadas: X:750778 Y:9859929

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	3
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,97
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677,1
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	20,97
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9996
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	73
Recipiente + peso suelo seco	305,6
Peso del recipiente	256,5
Peso del suelo seco Ws	49,1
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,341

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 140. Ensayo Gravedad Específica 4



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Vía: San Fernando-Loma Yanashon

Profundidad: 60cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X:750936 Y:9859345

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 26 - Jun - 2019

Muestra: 4

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	4
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,76
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677,5
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	20,86
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9991
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	72
Recipiente + peso suelo seco	302,6
Peso del recipiente	253
Peso del suelo seco Ws	49,6
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,376

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 141. Ensayo Gravedad Específica 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Profundidad: 70cm

Fecha: 03 - Jul - 2019

Normas: AASHTO T 100 2015

Muestra: 5

Coordenadas: X:751393 Y:9860043

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	5
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,76
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677,2
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	21,26
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9991
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	K3
Recipiente + peso suelo seco	133,2
Peso del recipiente	83,5
Peso del suelo seco Ws	49,7
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,336

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 142. Ensayo Gravedad Específica 6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac

Profundidad: 75cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 03 - Jul - 2019

Muestra: 6

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	6
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,76
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	675,4
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	22,26
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9991
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	RN
Recipiente + peso suelo seco	128,9
Peso del recipiente	80
Peso del suelo seco Ws	48,9
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,195

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 143. Ensayo Gravedad Específica 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
Profundidad: 40cm
Normas: AASHTO T 100 2015
Coordenadas: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
Fecha: 03 - Jul - 2019
Muestra: 7

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	7
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,97
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677,1
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	21,37
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9996
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	46
Recipiente + peso suelo seco	160,1
Peso del recipiente	110,6
Peso del suelo seco Ws	49,5
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,315

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 144. Ensayo Gravedad Específica 8



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa

Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua

Profundidad: 50cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 03 - Jul - 2019

Muestra: 8

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,86
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	21,56
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	44
Recipiente + peso suelo seco	203,5
Peso del recipiente	153,8
Peso del suelo seco Ws	49,7
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,304

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 145. Ensayo Gravedad Específica 9



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
Profundidad: 75 cm
Normas: AASHTO T 100 2015
Coordenadas: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
Fecha: 24 - Jul - 2019
Muestra: 9

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	9
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,86
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	677,4
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	20,86
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	102
Recipiente + peso suelo seco	158,2
Peso del recipiente	108,8
Peso del suelo seco Ws	49,4
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,367

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 146. Ensayo Gravedad Específica 10



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 100 2015
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 24 - Jul - 2019
 Muestra: 10

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	10
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,97
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	678,1
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	20,77
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	47
Recipiente + peso suelo seco	152,3
Peso del recipiente	102,4
Peso del suelo seco Ws	49,9
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,401

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 147. Ensayo Gravedad Específica 11



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa

Vía: Pasa - Via Mogato

Profundidad: 50cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 24 - Jul - 2019

Muestra: 11

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,86
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	675,7
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	19,26
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	39
Recipiente + peso suelo seco	153
Peso del recipiente	106,9
Peso del suelo seco Ws	46,1
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,392

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 148. Ensayo Gravedad Específica 12



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa

Vía: Pasa - Via Mogato

Profundidad: 40 cm

Normas: AASHTO T 100 2015

Coordenadas: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 24 - Jul - 2019

Muestra: 12

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA
Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	8
Picnómetro número (Pg)	
Pg + agua hasta la marca de aforo Wbw	648,97
Pg + agua + suelo (sumergido) Wbws	675,7
Desplazamiento agua Ws + Wbw - Wbws	23,07
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = K	0,9993
PARA OBTENER LOS SÓLIDOS	
Recipiente número	S/N
Recipiente + peso suelo seco	152,7
Peso del recipiente	102,9
Peso del suelo seco Ws	49,8
$G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})$	2,157

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 149. Ensayo Próctor Modificado 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu

Profundidad: 50 cm

Normas: AASHTO T 180 2018

Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

Proyecto: Tesis de Grado

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon

Fecha: 21 - Jun - 2019

Muestra: 1

PRÓCTOR MODIFICADO

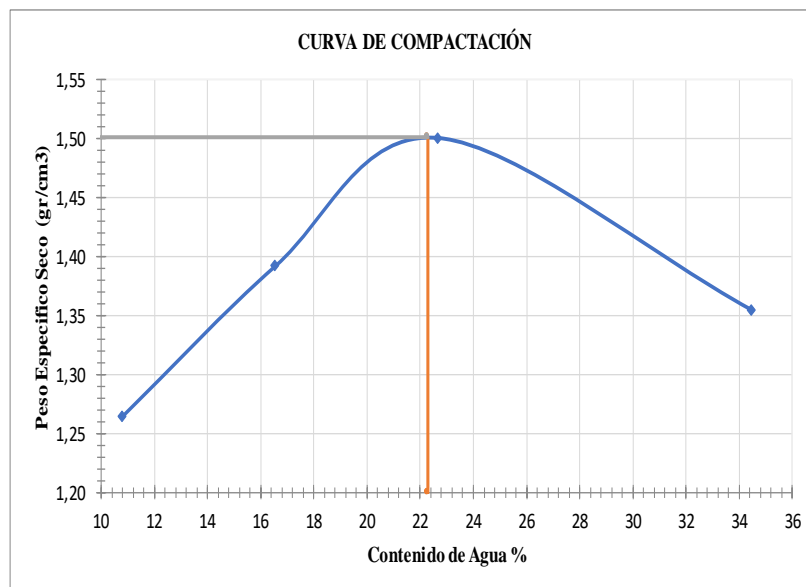
Molde	
VOLUMEN	2268,2
MASA	15535

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	18711		19215		19710		19666	
Masa Molde (gr)	15535		15535		15535		15535	
Masa suelo húmedo (gr)	3176		3680		4175		4131	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,400		1,622		1,841		1,821	
Recipiente Nº	1KC	2KC	3KC	4KC	5KC	6KC	7KC	8KC
Masa del recipiente	33	32,8	33,4	31,9	32,9	32	32,2	33,4
Masa suelo hum+recipiente (gr)	117,1	103,7	118,8	120,4	155,3	137,3	180,8	154,3
Masa suelo seco+recipiente (gr)	108,8	96,9	106,8	107,7	132,6	117,9	142,5	123,5
Masa del agua (gr)	8,3	6,8	12	12,7	22,7	19,4	38,3	30,8
Masa suelo seco (gr)	75,8	64,1	73,4	75,8	99,7	85,9	110,3	90,1
Contenido de agua en (%)	10,95	10,61	16,35	16,75	22,77	22,58	34,72	34,18
w (%) Promedio	10,779		16,552		22,676		34,454	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,264		1,392		1,500		1,355	
	6		12		18		28	

Densidad Seca Maxima	1,501 gr/cm ³
-----------------------------	--------------------------

Humedad Óptima	22,3 %
-----------------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 150. Ensayo Próctor Modificado 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 21 - Jun - 2019
 Muestra: 2

PRÓCTOR MODIFICADO

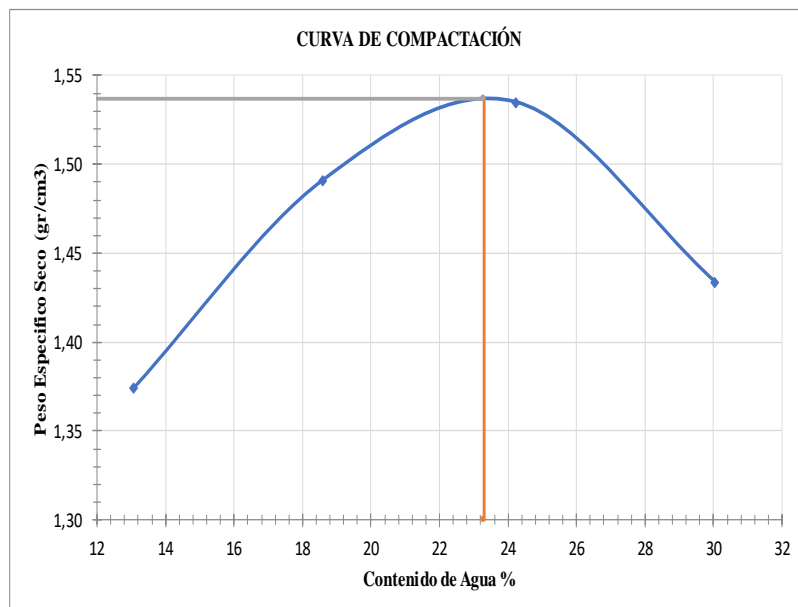
Molde	
VOLUMEN	2268,2
MASA	15535

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19060		19546		19860		19765	
Masa Molde (gr)	15535		15535		15535		15535	
Masa suelo humedo (gr)	3525		4011		4325		4230	
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	1,554		1,768		1,907		1,865	
Recipiente Nº	T28	T17	T27	T26	T13	T15	T14	T24
Masa del recipiente	7,6	8	7,4	7,5	7,9	7,9	7,8	7,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	53	53,4	50	62,7	80,1	70,9	78,7	93,8
Masa suelo seco+recipiente (gr)	47,8	48,1	42,9	54,6	65,8	58,8	62,3	73,9
Masa del agua (gr)	5,2	5,3	7,1	8,1	14,3	12,1	16,4	19,9
Masa suelo seco (gr)	40,2	40,1	35,5	47,1	57,9	50,9	54,5	66,3
Contenido de agua en (%)	12,94	13,22	20,00	17,20	24,70	23,77	30,09	30,02
w (%) Promedio	13,076		18,599		24,235		30,053	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,374		1,491		1,535		1,434	
	6		12		18		23	

Densidad Seca Maxima	1,537 gr/cm3
----------------------	--------------

Humedad Óptima	23,3 %
----------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 151. Ensayo Próctor Modificado 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:750778 Y:9859929

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 05 - Jul - 2019
 Muestra: 3

PRÓCTOR MODIFICADO

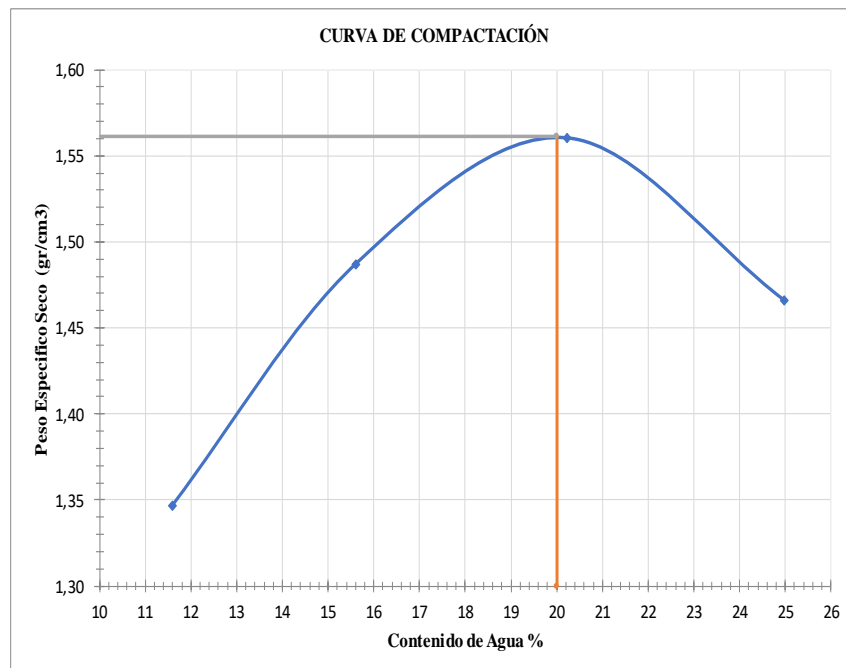
Molde	
VOLUMEN	2304,522
MASA	15349

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	18812		19311		19672		19571	
Masa Molde (gr)	15349		15349		15349		15349	
Masa suelo húmedo (gr)	3463		3962		4323		4222	
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	1,503		1,719		1,876		1,832	
Recipiente Nº	4	6	28	35	45	62	86	93
Masa del recipiente	31,9	24,6	23	24,7	23,3	30,5	31,3	33,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	82,4	63,7	65,9	69,2	75,1	80,4	88,2	92,3
Masa suelo seco+recipiente (gr)	77,2	59,6	60,1	63,2	66,5	71,9	76,9	80,5
Masa del agua (gr)	5,2	4,1	5,8	6	8,6	8,5	11,3	11,8
Masa suelo seco (gr)	45,3	35	37,1	38,5	43,2	41,4	45,6	46,9
Contenido de agua en (%)	11,48	11,71	15,63	15,58	19,91	20,53	24,78	25,16
w (%) Promedio	11,597		15,609		20,219		24,970	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,347		1,487		1,560		1,466	

Densidad Seca Maxima	1,561 gr/cm3
----------------------	--------------

Humedad Óptima	20 %
----------------	------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 152. Ensayo Próctor Modificado 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 60cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:750936 Y:9859345

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 05 - Jul - 2019
 Muestra: 4

PRÓCTOR MODIFICADO

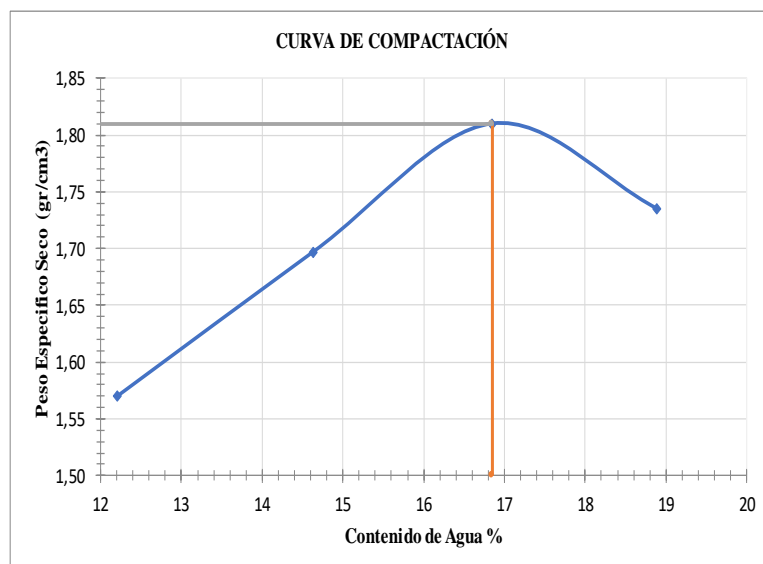
Molde	
VOLUMEN	2261,947
MASA	15243

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19228		19644		20027		19909	
Masa Molde (gr)	15243		15243		15243		15243	
Masa suelo húmedo (gr)	3985		4401		4784		4666	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,762		1,946		2,115		2,063	
Recipiente Nº	45	28	6	35	62	86	4	93
Masa del recipiente	23	24,6	24,7	23,3	20,4	31,1	31,8	33,4
Masa suelo hum+recipiente (gr)	66,9	60,6	70	71,2	92,2	87	99,3	105,6
Masa suelo seco+recipiente (gr)	62,1	56,7	64,2	65,1	81,9	78,9	88,6	94,1
Masa del agua (gr)	4,8	3,9	5,8	6,1	10,3	8,1	10,7	11,5
Masa suelo seco (gr)	39,1	32,1	39,5	41,8	61,5	47,8	56,8	60,7
Contenido de agua en (%)	12,27621483	12,14953	14,6835443	14,59330144	16,748	16,9456067	18,83803	18,9456343
w (%) Promedio	12,213		14,638		16,847		18,892	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,570		1,697		1,810		1,735	

Densidad Seca Maxima	1,81 gr/cm ³
-----------------------------	-------------------------

Humedad Óptima	16,85 %
-----------------------	---------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 153. Ensayo Próctor Modificado 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 70cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:751393 Y:9860043

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 19-Jul-2019
 Muestra: 5

PRÓCTOR MODIFICADO

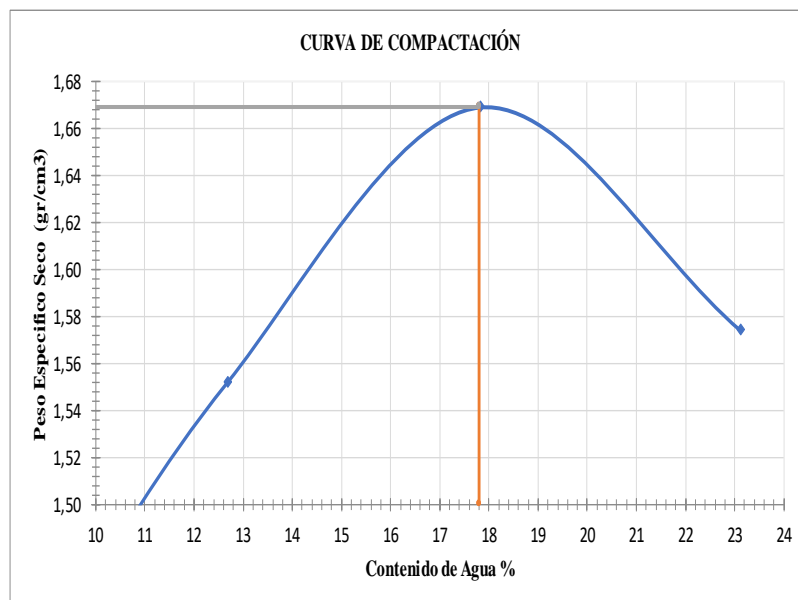
Molde	
VOLUMEN	2268,2
MASA	15535

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19125		19502		19995		19931	
Masa Molde (gr)	15535		15535		15535		15535	
Masa suelo húmedo (gr)	3590		3967		4460		4396	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,583		1,749		1,966		1,938	
Recipiente Nº	80	72	44	46	62	87	31	29
Masa del recipiente	31	30,8	26,1	24,8	30,6	30,8	24,5	26,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	107,9	108,9	113	121	102,7	102,9	128,8	134,3
Masa suelo seco+recipiente (gr)	101,6	102	103,1	110,3	91,8	92	109	114,3
Masa del agua (gr)	6,3	6,9	9,9	10,7	10,9	10,9	19,8	20
Masa suelo seco (gr)	70,6	71,2	77	85,5	61,2	61,2	84,5	87,7
Contenido de agua en (%)	8,92	9,69	12,86	12,51	17,81	17,81	23,43	22,81
w (%) Promedio	9,307		12,686		17,810		23,118	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,448		1,552		1,669		1,574	
	6		10		15		20	

Densidad Seca Maxima	1,669 gr/cm ³
-----------------------------	--------------------------

Humedad Óptima	17,8 %
-----------------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 154. Ensayo Próctor Modificado 6



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac
 Profundidad: 75cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:751108 Y:9860380

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 43665
 Muestra: 6

PROCTOR MODIFICADO

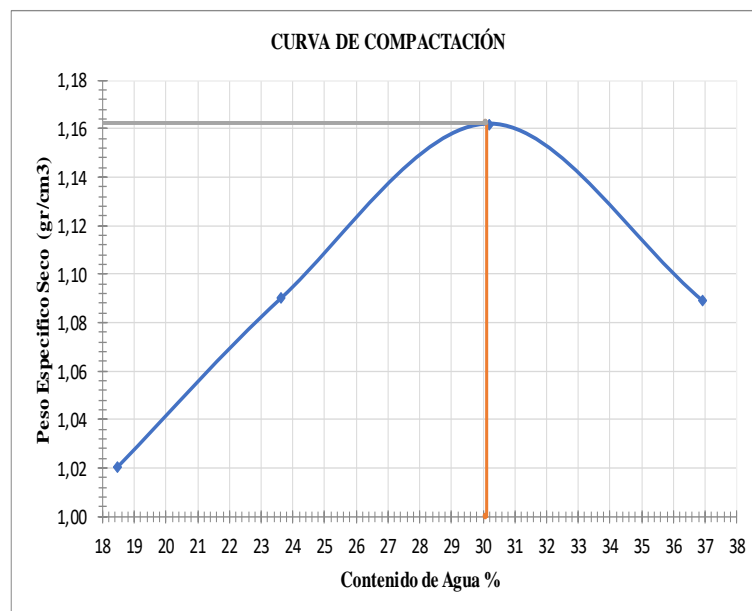
Molde	
VOLUMEN	2304,5
MASA	17149

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19936		20256		20636		20586	
Masa Molde (gr)	17149		17149		17149		17149	
Masa suelo húmedo (gr)	2787		3107		3487		3437	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,209		1,348		1,513		1,491	
Recipiente Nº	80	72	44	46	62	87	31	29
Masa del recipiente	31	30,8	26,1	24,8	30,6	30,8	24,5	26,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	88,8	73,1	75,1	69,4	81,9	81,2	76,8	74
Masa suelo seco+recipiente (gr)	79,8	66,5	65,7	60,9	70	69,5	62,7	61,2
Masa del agua (gr)	9	6,6	9,4	8,5	11,9	11,7	14,1	12,8
Masa suelo seco (gr)	48,8	35,7	39,6	36,1	39,4	38,7	38,2	34,6
Contenido de agua en (%)	18,4426	18,48739	23,7373737	23,54570637	30,203	30,2325581	36,91099	36,9942197
w (%) Promedio	18,465		23,642		30,218		36,953	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,021		1,090		1,162		1,089	

Densidad Seca Maxima	1,16 gr/cm ³
----------------------	-------------------------

Humedad Óptima	30,1 %
----------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 155. Ensayo Próctor Modificado 7



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 40cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:752642 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 22 - Jul - 2019
 Muestra: 7

PROCTOR MODIFICADO

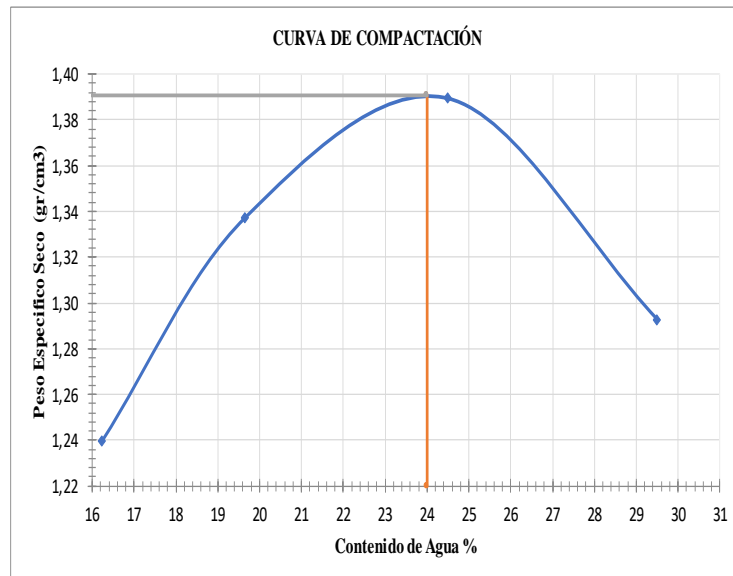
Molde	
VOLUMEN	2304,5
MASA	17150

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	20470		20838		21137		21008	
Masa Molde (gr)	17150		17150		17150		17150	
Masa suelo húmedo (gr)	3320		3688		3987		3858	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,441		1,600		1,730		1,674	
Recipiente Nº	80	72	44	46	62	87	31	29
Masa del recipiente	31	30,8	26,1	24,8	30,6	30,8	24,5	26,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	85,2	76,9	77,3	79,5	89,1	79	82,7	86,5
Masa suelo seco+recipiente (gr)	77,7	70,4	68,9	70,5	77,6	69,5	69,5	72,8
Masa del agua (gr)	7,5	6,5	8,4	9	11,5	9,5	13,2	13,7
Masa suelo seco (gr)	46,7	39,6	42,8	45,7	47	38,7	45	46,2
Contenido de agua en (%)	16,060	16,414	19,626	19,694	24,468	24,548	29,333	29,654
w (%) Promedio	16,237		19,660		24,508		29,494	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,239		1,337		1,390		1,293	

Densidad Seca Maxima	1,3905 gr/cm ³
----------------------	---------------------------

Humedad Óptima	24 %
----------------	------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 156. Ensayo Próctor Modificado 8



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:752336 Y:9861215

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jul - 2019
 Muestra: 8

PROCTOR MODIFICADO

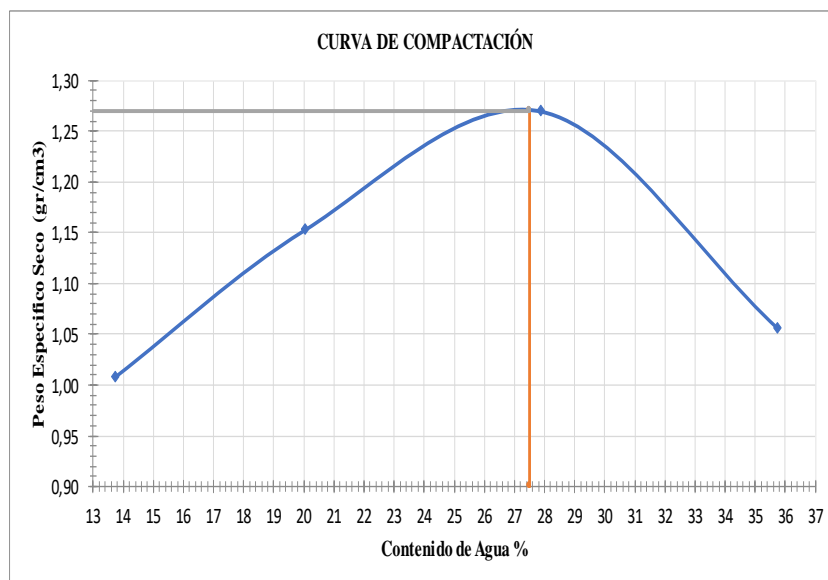
Molde	
VOLUMEN	2261,9
MASA	14800

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	17393		17930		18472		18043	
Masa Molde (gr)	14800		14800		14800		14800	
Masa suelo húmedo (gr)	2593		3130		3672		3243	
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	1,146		1,384		1,623		1,434	
Recipiente Nº	80	72	44	46	62	87	31	29
Masa del recipiente	31	30,8	26,1	24,8	30,6	30,8	24,5	26,6
Masa suelo hum+recipiente (gr)	86,2	68,6	78,6	74,1	96	84,1	68,1	77,6
Masa suelo seco+recipiente (gr)	79,6	64	69,6	66,1	81,6	72,6	56,6	64,2
Masa del agua (gr)	6,6	4,6	9	8	14,4	11,5	11,5	13,4
Masa suelo seco (gr)	48,6	33,2	43,5	41,3	51	41,8	32,1	37,6
Contenido de agua en (%)	13,58	13,86	20,69	19,37	28,24	27,51	35,83	35,64
w (%) Promedio	13,718		20,030		27,874		35,732	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,008		1,153		1,270		1,056	

Densidad Seca Maxima	1,27 gr/cm3
----------------------	-------------

Humedad Óptima	27,51 %
----------------	---------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 157. Ensayo Próctor Modificado 9



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:751915 Y:9860609

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jul - 2019
 Muestra: 9

PROCTOR MODIFICADO

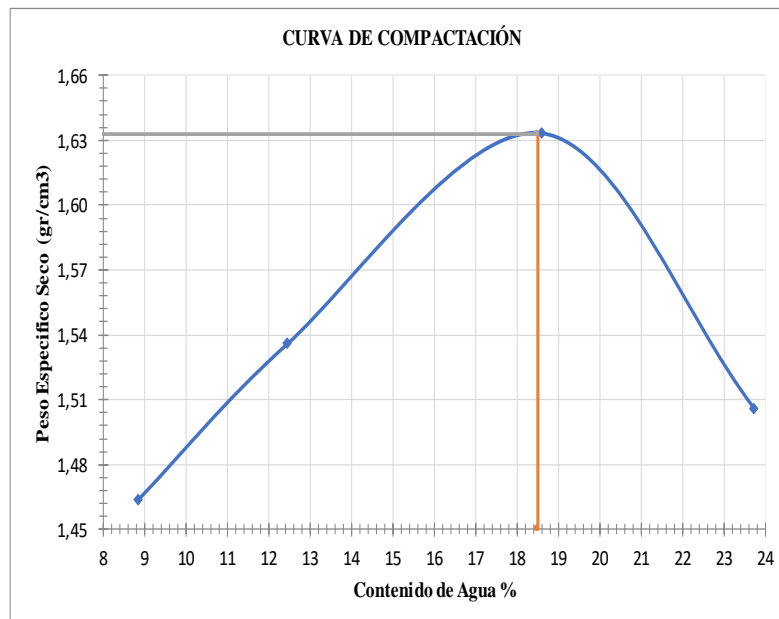
Molde	
VOLUMEN	####
MASA	####

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba N°	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19209		19513		19989		19822	
Masa Molde (gr)	15595		15595		15595		15595	
Masa suelo húmedo (gr)	3614		3918		4394		4227	
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	1,593		1,727		1,937		1,864	
Recipiente N°	T33	T34	31	32	29	30	16	23
Masa del recipiente	7,2	7,7	7,3	6,8	7,3	7,3	7,6	7,5
Masa suelo hum+recipiente (gr)	57,5	57,1	51	50,7	62,7	67,3	79,8	78,4
Masa suelo seco+recipiente (gr)	53,3	53,2	46	46	53,9	58	64,5	66,3
Masa del agua (gr)	4,2	3,9	5	4,7	8,8	9,3	15,3	12,1
Masa suelo seco (gr)	46,1	45,5	38,7	39,2	46,6	50,7	56,9	58,8
Contenido de agua en (%)	9,11063	8,571429	12,9198966	11,98979592	18,8841	18,3431953	26,88928	20,5782313
w (%) Promedio	8,841		12,455		18,614		23,734	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,464		1,536		1,633		1,506	
	6		10		16		21	

Densidad Seca Maxima	1,633 gr/cm3
----------------------	--------------

Humedad Óptima	18,5 %
----------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 158. Ensayo Próctor Modificado 10



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 29 - Jul - 2019
 Muestra: 10

PROCTOR MODIFICADO

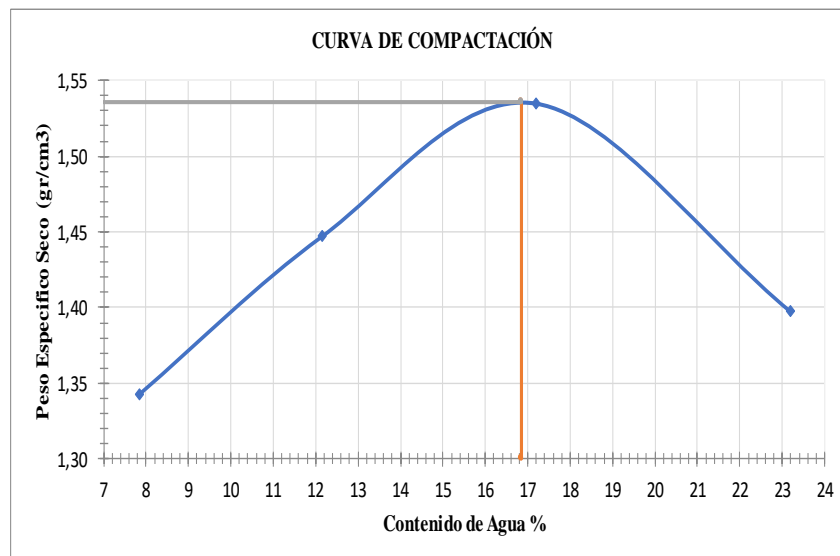
Molde	
VOLUMEN	2304,5
MASA	15253

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	18590		18993		19399		19220	
Masa Molde (gr)	15253		15253		15253		15253	
Masa suelo húmedo (gr)	3337		3740		4146		3967	
Peso Unitario Hum (gr/cm3)	1,448		1,623		1,799		1,721	
Recipiente Nº	1KC	2KC	3KC	4KC	5KC	6KC	7KC	8KC
Masa del recipiente	33	32,8	33,4	31,9	32,9	32	32,2	33,4
Masa suelo hum+recipiente (gr)	143	147	117,1	98,6	134,3	142,4	178	170,3
Masa suelo seco+recipiente (gr)	134,5	139,2	107,5	91,8	119,6	126	150,7	144,4
Masa del agua (gr)	8,5	7,8	9,6	6,8	14,7	16,4	27,3	25,9
Masa suelo seco (gr)	101,5	106,4	74,1	59,9	86,7	94	118,5	111
Contenido de agua en (%)	8,37	7,33	12,96	11,35	16,96	17,45	23,04	23,33
w (%) Promedio	7,853		12,154		17,201		23,186	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,343		1,447		1,535		1,397	

Densidad Seca Maxima	1,536 gr/cm3
----------------------	--------------

Humedad Óptima	16,85 %
----------------	---------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 159. Ensayo Próctor Modificado 11



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:753263 Y:9858848

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 23 - Jul - 2019
 Muestra: 11

PROCTOR MODIFICADO

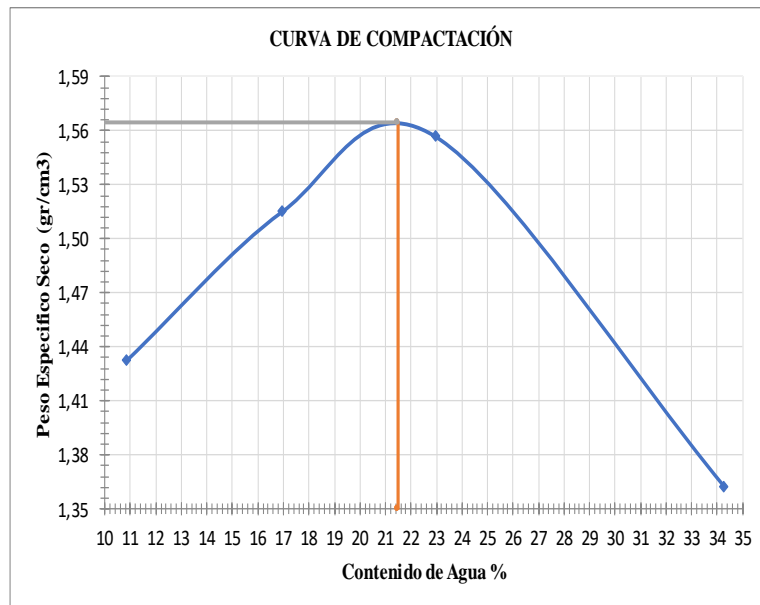
Molde	
VOLUMEN	2268,2
MASA	15535

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	19138		19555		19878		19686	
Masa Molde (gr)	15535		15535		15535		15535	
Masa suelo húmedo (gr)	3603		4020		4343		4151	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,588		1,772		1,915		1,830	
Recipiente Nº	9 KC	10KC	11KC	12KC	13KC	14KC	15KC	16KC
Masa del recipiente	30	33,6	33,1	31,2	31,6	33	32,9	33,4
Masa suelo hum+recipiente (gr)	134,7	129	105,4	124,6	132,1	131,7	183,6	135,7
Masa suelo seco+recipiente (gr)	124,7	119,4	94,8	111,2	112,5	114,1	145,1	109,6
Masa del agua (gr)	10	9,6	10,6	13,4	19,6	17,6	38,5	26,1
Masa suelo seco (gr)	94,7	85,8	61,7	80	80,9	81,1	112,2	76,2
Contenido de agua en (%)	10,5597	11,18881	17,1799028	16,75	24,2274	21,701603	34,31373	34,2519685
w (%) Promedio	10,874		16,965		22,965		34,283	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,433		1,515		1,557		1,363	
	8		14		20		30	

Densidad Seca Maxima	1,565 gr/cm ³
----------------------	--------------------------

Humedad Óptima	21,5 %
----------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 160. Ensayo Próctor Modificado 12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Normas: AASHTO T 180 2018
 Coordenadas: X:752745 Y:9859304

Proyecto: Tesis de Grado
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacon
 Fecha: 29 - Jul - 2019
 Muestra: 12

PROCTOR MODIFICADO

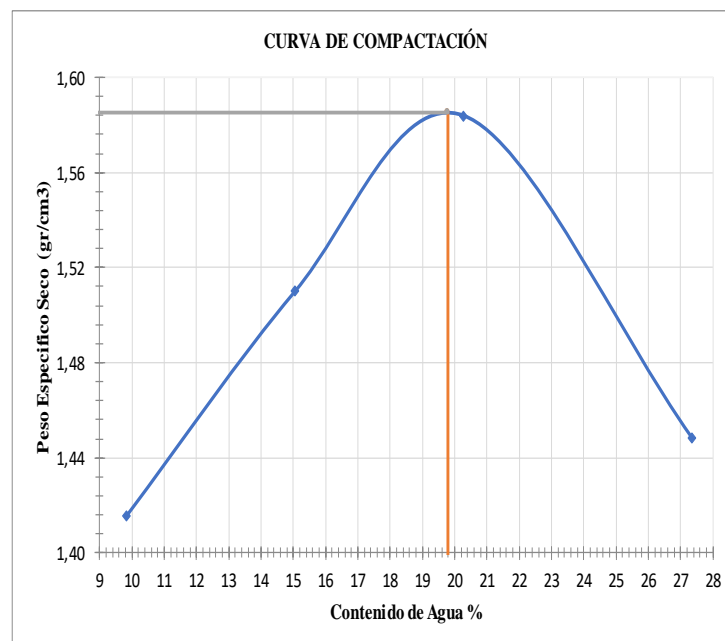
Molde	
VOLUMEN	2322,7
MASA	15129

MASA MARTILLO	8 kg
ALTURA DE CAIDA	45,75 cm
Nº DE CAPAS	5
GOLPES POR CAPA	56

Prueba Nº	1		2		3		4	
Suelo húmedo + molde (gr)	18740		19164		19554		19414	
Masa Molde (gr)	15129		15129		15129		15129	
Masa suelo húmedo (gr)	3611		4035		4425		4285	
Peso Unitario Hum (gr/cm ³)	1,555		1,737		1,905		1,845	
Recipiente Nº	9 KC	10KC	11KC	12KC	13KC	14KC	15KC	16KC
Masa del recipiente	30	33,6	33,1	31,2	31,6	33	32,9	33,4
Masa suelo hum+recipiente (gr)	119,9	131,6	111,3	115,9	130,1	147,9	133,7	135,1
Masa suelo seco+recipiente (gr)	111,8	122,9	101	104,9	113,6	128,4	111,9	113,4
Masa del agua (gr)	8,1	8,7	10,3	11	16,5	19,5	21,8	21,7
Masa suelo seco (gr)	81,8	89,3	67,9	73,7	82	95,4	79	80
Contenido de agua en (%)	9,902	9,742	15,169	14,925	20,122	20,440	27,595	27,125
w (%) Promedio	9,822		15,047		20,281		27,360	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,416		1,510		1,584		1,449	

Densidad Seca Maxima	1,585 gr/cm ³
-----------------------------	--------------------------

Humedad Óptima	19,8 %
-----------------------	--------



Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 161. Ensayo CBR 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 50 cm
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 1

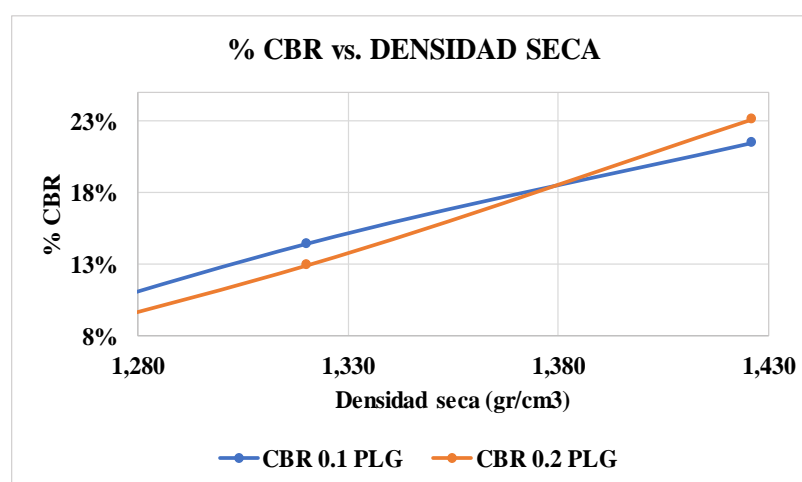
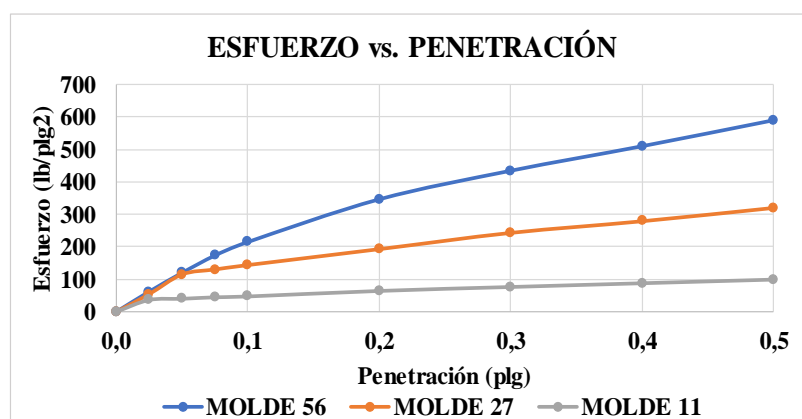
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X: 750747 Y:9859276

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		20,90	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10472		10787		11760	
Masa Molde (gr)	6405		7002		8299	
Masa Muestra Humeda (gr)	4067		3785		3461	
Volumen Muestra (cm3)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,779		1,655		1,514	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	5	6	3	4	1	2
P. Hum. + Recipiente	151,1	156,8	133,5	184,5	147,2	179,9
P. Seco + Recipiente	128,1	131,8	113,3	153,5	124	150,2
Peso Recipiente	33	32,8	33,4	31,9	32,9	32
Peso Agua	23	25	20,2	31	23,2	29,7
Peso de Sólidos	95,1	99	79,9	121,6	91,1	118,2
Contenido Humedad %	24,19	25,25	25,28	25,49	25,47	25,13
Con. Hum. Prom. %	24,72		25,39		25,30	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,426		1,320		1,208	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10707		11127		12230	
Masa Molde (gr)	6405		7002		8299	
Masa Muestra Humeda (gr)	4302		4125		3931	
Masa Agua Absorbida	235		340		470	
% Agua Absorbida	5,78%		8,98%		13,58%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	5A	6A	3A	4A	1A	2A
P. Hum. + Recipiente	192	210,6	184,9	199,7	204,5	196,8
P. Seco + Recipiente	154,2	167,3	144,3	156,2	153,2	148,9
Peso Recipiente	33,4	31,9	32,9	31,9	33	32,8
Peso Agua	37,8	43,3	40,6	43,5	51,3	47,9
Peso de Sólidos	120,8	135,4	111,4	124,3	120,2	116,1
Contenido Humedad %	31,29	31,98	36,45	35,00	42,68	41,26
Con. Hum. Prom. %	31,64		35,72		41,97	

ENSAYO CBR							
MOLDE N°	1		2		3		
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	
0,025	186,2	62,1	163,4	54,5	108,6	36,2	
0,050	359,6	119,9	345,8	115,3	119,6	39,9	
0,075	519,6	173,2	391,9	130,6	133,5	44,5	
0,100	643,9	214,6	432,6	144,2	140,9	47,0	
0,200	1038,8	346,3	580,2	193,4	192	64,0	
0,300	1302,6	434,2	730,8	243,6	228,6	76,2	
0,400	1529,4	509,8	838,9	279,6	263,2	87,7	
0,500	1769,3	589,8	962,2	320,7	296,9	99,0	

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	214,63	21,46%	1,426	346,27	23,08%	1,426
2	144,20	14,42%	1,320	193,40	12,89%	1,320
3	46,97	4,70%	1,208	64,00	4,27%	1,208

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,501 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,351	16,7
95%	1,426	21,2

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 162. Ensayo CBR 2



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: Puauleo-Chaguarhuaycu
 Profundidad: 55 cm
 Fecha: 16 - Jun - 2019
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X: 751103 Y:9858828

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO

TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:	18 lb
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:	18"
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)	16,05

ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.

MOLDE N°	1	2	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes	56	27	11

DATOS DEL MOLDEO

Muestra húmeda + molde (gr)	10725	11103	10706
Masa Molde (gr)	6431	7096	7007
Masa Muestra Humeda (gr)	4294	4007	3699
Volumen Muestra (cm3)	2377,52	2377,52	2377,52
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,806	1,685	1,556

CONTENIDO DE HUMEDAD

	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	5	6	3	4	1	2
P. Hum. + Recipiente	160,5	170,5	142	181,7	172,7	160,6
P. Seco + Recipiente	136,7	144	122	154,1	148,2	137,7
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	23,8	26,5	20	27,6	24,5	22,9
Peso de Sólidos	103,8	112	88,6	122,2	115,2	104,9
Contenido Humedad %	22,93	23,66	22,57	22,59	21,27	21,83
Con. Hum. Prom. %	23,29		22,58		21,55	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,465		1,375		1,280	

DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN

Muestra húmeda + molde (gr)	10855	11369	11077
Masa Molde (gr)	6431	7096	7007
Masa Muestra Humeda (gr)	4424	4273	4070
Masa Agua Absorbida	130	266	371
% Agua Absorbida	3,03%	6,64%	10,03%

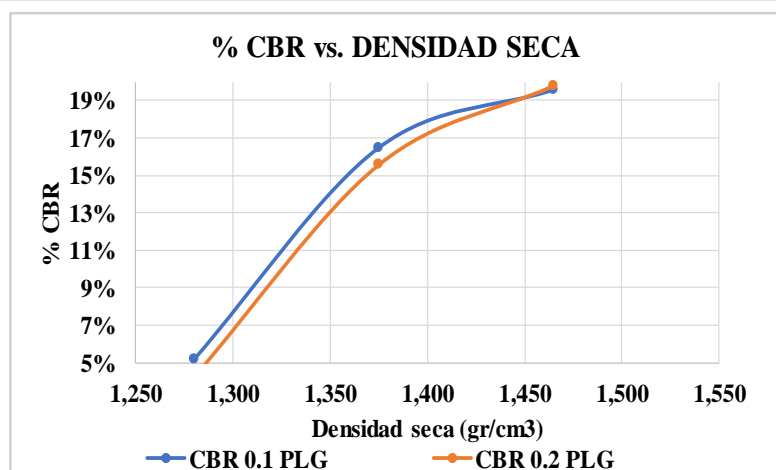
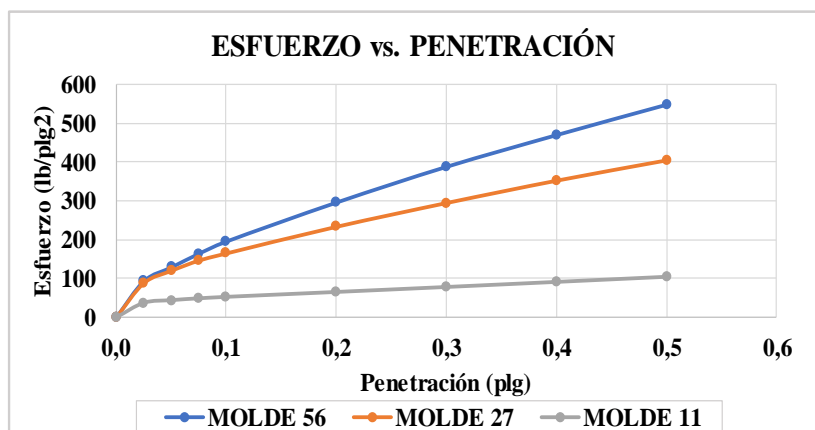
CONTENIDO DE HUMEDAD

	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	5A	6A	3A	4A	1A	2A
P. Hum. + Recipiente	142,5	155,2	167,9	153,4	155,1	166
P. Seco + Recipiente	118,7	129	134,9	124,5	123,8	132,6
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	23,8	26,2	33	28,9	31,3	33,4
Peso de Sólidos	85,8	97	101,5	92,6	90,8	99,8
Contenido Humedad %	27,74	27,01	32,51	31,21	34,47	33,47
Con. Hum. Prom. %	27,37		31,86		33,97	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,025	279,7	93,2	263,6	87,9	110,1	36,7
0,050	386,5	128,8	358,8	119,6	129,8	43,3
0,075	492,3	164,1	438,3	146,1	143,6	47,9
0,100	586,8	195,6	493,6	164,5	154,8	51,6
0,200	889,3	296,4	699,8	233,3	192,0	64,0
0,300	1166,4	388,8	883,9	294,6	229,8	76,6
0,400	1412,6	470,9	1056,8	352,3	268,3	89,4
0,500	1648,2	549,4	1214,1	404,7	307,3	102,4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	195,60	19,56%	1,465	296,43	19,76%	1,465
2	164,53	16,45%	1,375	233,27	15,55%	1,375
3	51,60	5,16%	1,280	64,00	4,27%	1,280

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,537 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,383	16
95%	1,460	19,5

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 163. Ensayo CBR 3



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 50 cm
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:750778 Y:9859929

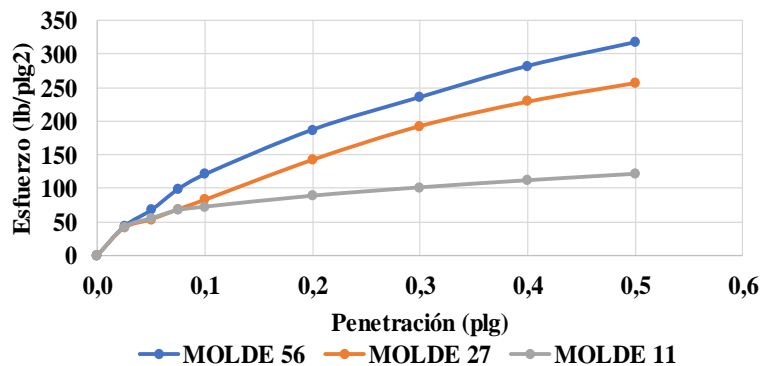
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		15,60	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDEN°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10695		11035		10716	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4264		3939		3709	
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,865		1,723		1,622	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	129	162,4	162,7	145,3	141,2	139,8
P. Seco + Recipiente	114,6	139,6	138,3	126,5	123,2	122
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	14,4	22,8	24,4	18,8	18	17,8
Peso de Sólidos	81,5	108,4	108,3	92,9	91	88,6
Contenido Humedad %	17,67	21,03	22,53	20,24	19,78	20,09
Con. Hum. Prom. %	19,35		21,38		19,94	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,563		1,419		1,353	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10830		11320		11070	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4399		4224		4063	
Masa Agua Absorbida	135		285		354	
% Agua Absorbida	3,17%		7,24%		9,54%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	157,5	144,9	129	166,6	131,4	145
P. Seco + Recipiente	127,2	115,7	102,5	133,9	108,4	115,9
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	30,3	29,2	26,5	32,7	23	29,1
Peso de Sólidos	94,1	84,5	72,5	100,3	76,2	82,5
Contenido Humedad %	32,20	34,56	36,55	32,60	30,18	35,27
Con. Hum. Prom. %	33,38		34,58		32,73	

ENSAYO CBR						
MOLDEN°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)	Dial	Presión (lb/plg2)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	129,8	43,3	123,6	41,2	126,2	42,1
0,050	202,8	67,6	162,1	54,0	166,5	55,5
0,075	296,3	98,8	206,8	68,9	203,62	67,9
0,100	363,0	121,0	249,9	83,3	218,45	72,8
0,200	562,5	187,5	428,8	142,9	267,6	89,2
0,300	708,3	236,1	579,9	193,3	304,8	101,6
0,400	847,6	282,5	689,2	229,7	336,7	112,2
0,500	953,7	317,9	772,8	257,6	365,5	121,8

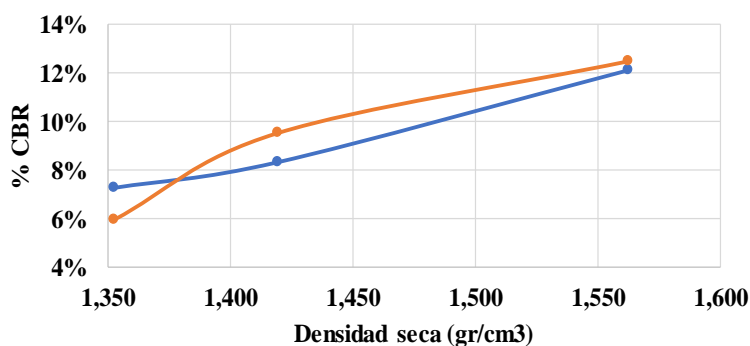
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDEN°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	121,00	12,10%	1,563	187,50	12,50%	1,563
2	83,30	8,33%	1,419	142,93	9,53%	1,419
3	72,82	7,28%	1,353	89,20	5,95%	1,353

ENSAYO CBR DELABORATORIO

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



% CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima:	1,561 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,405	8	9
95%	1,483	10	11,1

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 164. Ensayo CBR 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando
 Vía: San Fernando-Loma Yanashon
 Profundidad: 60cm
 Fecha: 23 - Jun - 2019
 Muestra: 4

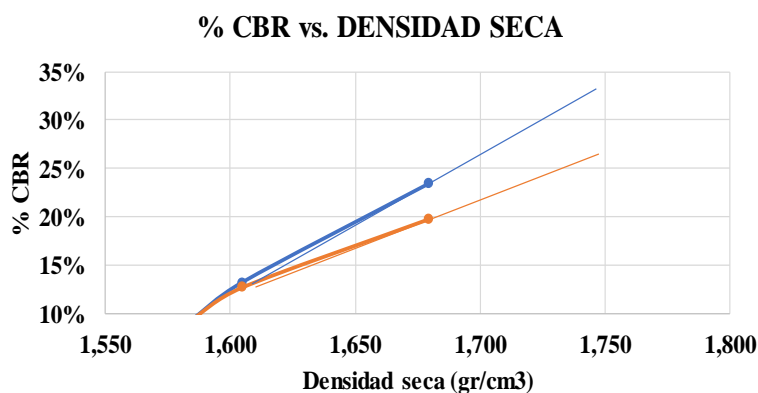
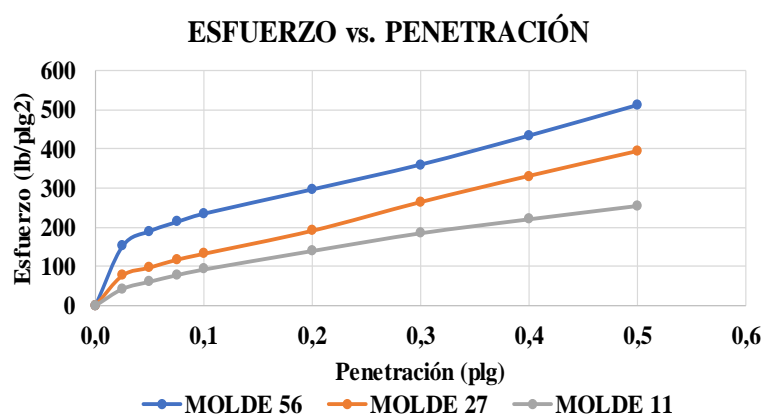
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:750936 Y:9859345

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		20,35	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10986		11454		11336	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4555		4358		4329	
Volumen Muestra (cm3)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,992		1,906		1,893	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	139,1	118,2	113,7	131,7	140,9	137,7
P. Seco + Recipiente	122,3	104,8	100,8	116,2	123,2	120,7
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	16,8	13,4	12,9	15,5	17,7	17
Peso de Sólidos	89,4	72,8	67,4	84,3	90,2	87,9
Contenido Humedad %	18,79	18,41	19,14	18,39	19,62	19,34
Con. Hum. Prom. %	18,60		18,76		19,48	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,680		1,605		1,585	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11125		11627		11593	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4694		4531		4586	
Masa Agua Absorbida	139		173		257	
% Agua Absorbida	3,05%		3,97%		5,94%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	168,5	142,3	162,6	158,7	168,9	163,7
P. Seco + Recipiente	144,6	124,8	136,1	134,8	140	137,1
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	23,9	17,5	26,5	23,9	28,9	26,6
Peso de Sólidos	111,7	92,8	102,7	102,9	107	104,3
Contenido Humedad %	21,40	18,86	25,80	23,23	27,01	25,50
Con. Hum. Prom. %	20,13		24,51		26,26	

ENSAYO CBR							
MOLDE N°	1		2		3		
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	
0,025	456,0	152,0	230,3	76,8	129	43,0	
0,050	570,2	190,1	290,3	96,8	184,1	61,4	
0,075	640,6	213,5	350,3	116,8	234,1	78,0	
0,100	704,5	234,8	395,6	131,9	277,9	92,6	
0,200	890,3	296,8	571,5	190,5	420,4	140,1	
0,300	1080,6	360,2	790,6	263,5	557	185,7	
0,400	1302,5	434,2	990,5	330,2	664,4	221,5	
0,500	1536,8	512,3	1180,2	393,4	767,1	255,7	

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	234,83	23,48%	1,680	296,77	19,78%	1,680
2	131,87	13,19%	1,605	190,50	12,70%	1,605
3	92,63	9,26%	1,585	140,13	9,34%	1,585

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,81 gr/cm ³
-----------------------	-------------------------

DSM		% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,629	19,5	16,8
95%	1,720	32,3	26

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 165. Ensayo CBR 5



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: San Fernando

Proyecto: Tesis de Grado

Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac

Normas: AASHTO T 193 2013

Profundidad: 70cm

Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón

Fecha: 30 - Jun - 2019

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Muestra: 5

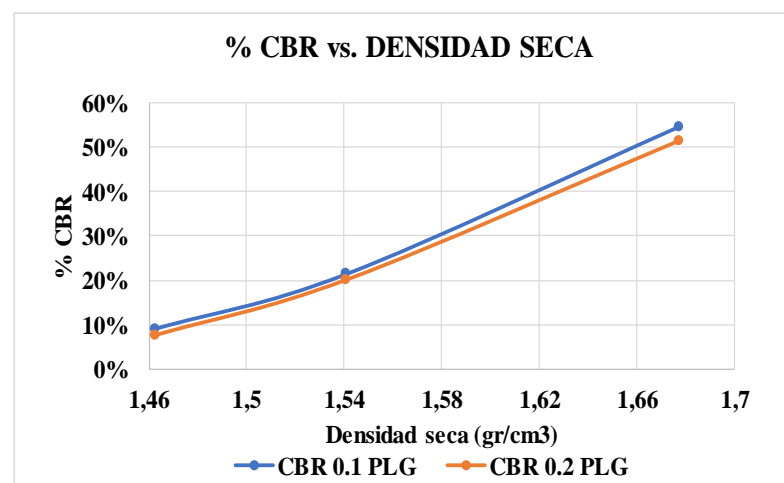
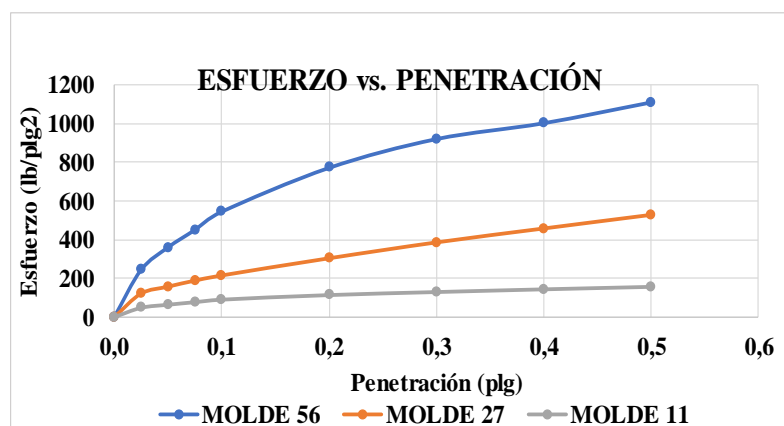
Coordenadas: X:751393 Y:9860043

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		15,10	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10910		11222		10953	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4479		4126		3946	
Volumen Muestra (cm3)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,959		1,805		1,726	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	166,6	122,4	138,4	145,1	134	141,8
P. Seco + Recipiente	146,9	109,7	123,4	128,2	118	125,8
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	19,7	12,7	15	16,9	16	16
Peso de Sólidos	114	77,7	90	96,3	85	93
Contenido Humedad %	17,28	16,34	16,67	17,55	18,82	17,20
Con. Hum. Prom. %	16,81		17,11		18,01	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,677		1,541		1,462	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11023		11431		11301	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4592		4335		4294	
Masa Agua Absorbida	113		209		348	
% Agua Absorbida	2,52%		5,07%		8,82%	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	733,0	244,3	364,2	121,4	145,8	48,6
0,050	1082,6	360,9	470,9	157,0	193,8	64,6
0,075	1353,9	451,3	564,4	188,1	233,6	77,9
0,100	1636,6	545,5	644,4	214,8	273,3	91,1
0,200	2318,8	772,9	909,9	303,3	345	115,0
0,300	2766,2	922,1	1154,9	385,0	392,2	130,7
0,400	3013,3	1004,4	1370,4	456,8	434,6	144,9
0,500	3336,6	1112,2	1580,9	527,0	473,6	157,9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	545,53	54,55%	1,677	772,93	51,53%	1,677
2	214,80	21,48%	1,541	303,30	20,22%	1,541
3	91,10	9,11%	1,462	115,00	7,67%	1,462

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,669 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,502	14
95%	1,586	32,5

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 166. Ensayo CBR 6



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



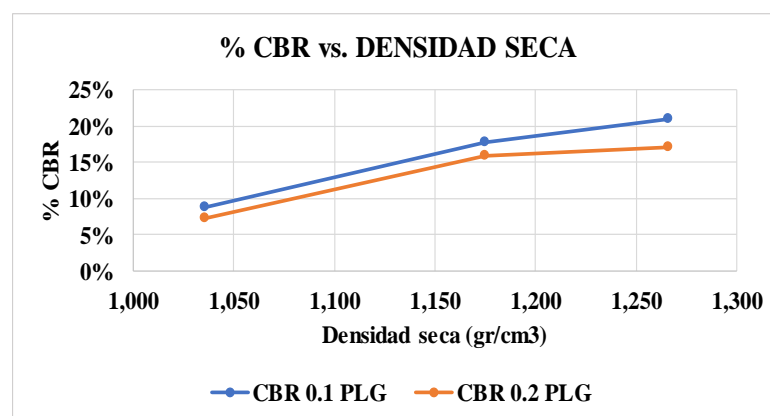
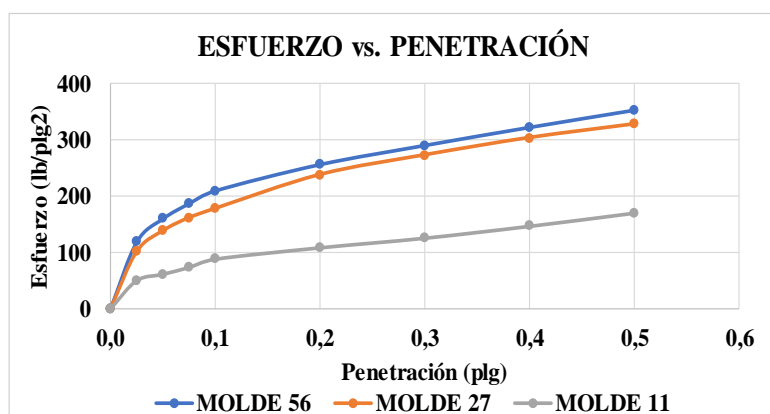
Parroquia: San Fernando Proyecto: Tesis de Grado
 Vía: Libertad Muspata (La Dolorosa) - Culac Normas: AASHTO T 193 2013
 Profundidad: 75cm Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Fecha: 30 - Jun - 2019 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Muestra: 6 Coordinadas: X:751108 Y:9860380

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		22,00	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	12162		10424		10020	
Masa Molde (gr)	8300		6725		6852	
Masa Muestra Humeda (gr)	3862		3699		3168	
Volumen Muestra (cm3)	2256,40		2304,53		2238,49	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,712		1,605		1,415	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	80	44	87	31	K15	K16
P. Hum. + Recipiente	131,4	126,1	134,6	134	151,7	144,7
P. Seco + Recipiente	104,7	100,6	106,7	106,1	119,7	115
Peso Recipiente	30,9	26,1	30,8	29,5	32,9	33,4
Peso Agua	26,7	25,5	27,9	27,9	32	29,7
Peso de Sólidos	73,8	74,5	75,9	76,6	86,8	81,6
Contenido Humedad %	36,18	34,23	36,76	36,42	36,87	36,40
Con. Hum. Prom. %	35,20		36,59		36,63	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,266		1,175		1,036	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	12396		11008		10678	
Masa Molde (gr)	8300		6725		6852	
Masa Muestra Humeda (gr)	4096		4283		3826	
Masa Agua Absorbida	234		584		658	
% Agua Absorbida	6,06%		15,79%		20,77%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	80	44	87	31	K15	K16
P. Hum. + Recipiente	109,5	113,4	103,5	95,5	118,6	127,6
P. Seco + Recipiente	82,5	83,8	77,8	72,3	87,6	93,5
Peso Recipiente	30,9	26,1	30,8	29,5	32,9	33,4
Peso Agua	27	29,6	25,7	23,2	31	34,1
Peso de Sólidos	51,6	57,7	47	42,8	54,7	60,1
Contenido Humedad %	52,33	51,30	54,68	54,21	56,67	56,74
Con. Hum. Prom. %	51,81		54,44		56,71	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
0,025	354,8	118,3	304,2	101,4	150,3	50,1
0,050	479,2	159,7	415,3	138,4	184,3	61,4
0,075	560,2	186,7	484,7	161,6	220,6	73,5
0,100	628,4	209,5	533,7	177,9	264,8	88,3
0,200	768,7	256,2	713,8	237,9	325,6	108,5
0,300	870,4	290,1	818,0	272,7	376,9	125,6
0,400	966,7	322,2	909,7	303,2	440,3	146,8
0,500	1058,2	352,7	982,1	327,4	510,5	170,2

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	209,47	20,95%	1,266	256,23	17,08%	1,266
2	177,90	17,79%	1,175	237,93	15,86%	1,175
3	88,27	8,83%	1,036	108,53	7,24%	1,036

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,1625 gr/cm ³
-----------------------	---------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	6,4	6
95%	13,1	11,5

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 167. Ensayo CBR 7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 40cm
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 7

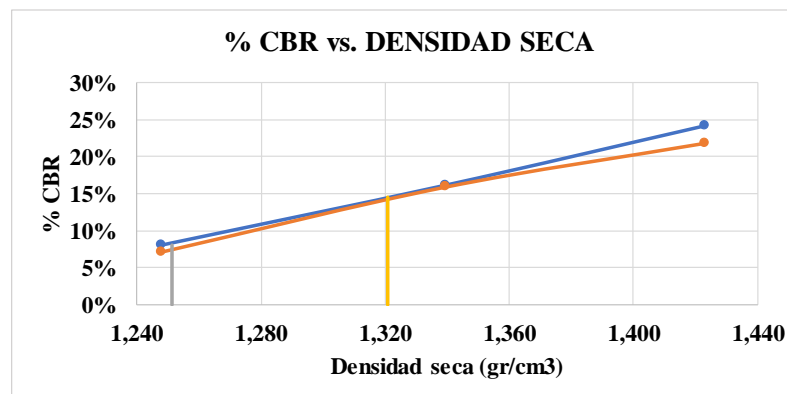
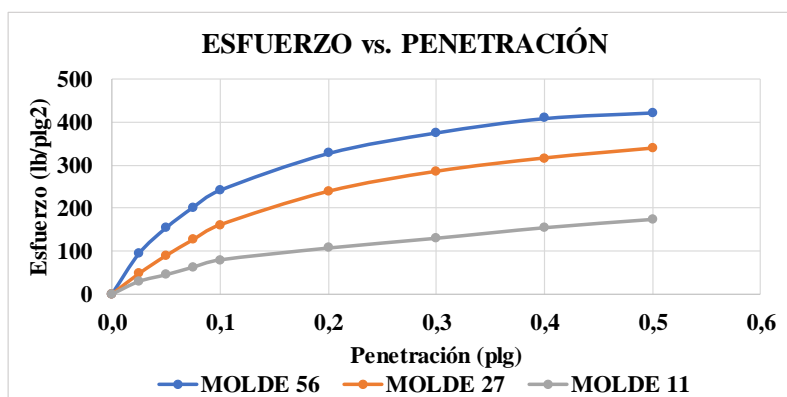
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:752642 Y:9861215

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		18 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		15,80		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10456	10913	10542			
Masa Molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa Muestra Humeda (gr)	4025	3817	3535			
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38	2286,38	2286,38			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,760	1,669	1,546			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K13	K14	K11	K12	K9	K10
P. Hum. + Recipiente	195,60	164,50	152,80	183,50	174,00	148,90
P. Seco + Recipiente	163,90	139,50	128,80	153,80	146,70	126,30
Peso Recipiente	31,60	33,00	33,1	31,2	30	33,6
Peso Agua	31,7	25	24	29,7	27,3	22,6
Peso de Sólidos	132,3	106,5	95,7	122,6	116,7	92,7
Contenido Humedad %	23,96	23,47	25,08	24,23	23,39	24,38
Con. Hum. Prom. %	23,72		24,65		23,89	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,423		1,339		1,248	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10750	11255	10999			
Masa Molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa Muestra Humeda (gr)	4319	4159	3992			
Masa Agua Absorbida	294	342	457			
% Agua Absorbida	7,30%	8,96%	12,93%			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K13	K14	K11	K12	K9	K10
P. Hum. + Recipiente	148,80	172,50	164,70	168,00	163,30	171,80
P. Seco + Recipiente	119,90	140,90	130,10	134,70	126,60	133,50
Peso Recipiente	31,60	33,00	33,1	31,2	30	33,6
Peso Agua	28,9	31,6	34,6	33,3	36,7	38,3
Peso de Sólidos	88,3	107,9	97	103,5	96,6	99,9
Contenido Humedad %	32,73	29,29	35,67	32,17	37,99	38,34
Con. Hum. Prom. %	31,01		33,92		38,17	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	283,90	94,6	143,60	47,9	89,30	29,8
0,050	463,60	154,5	268,80	89,6	136,00	45,3
0,075	606,60	202,2	379,80	126,6	188,50	62,8
0,100	726,80	242,3	483,60	161,2	239,30	79,8
0,200	983,6	327,9	716,6	238,9	321,56	107,2
0,300	1127,60	375,9	856,20	285,4	389,80	129,9
0,400	1227,80	409,3	948,80	316,3	463,20	154,4
0,500	1267,60	422,5	1017,60	339,2	520,90	173,6

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	242,27	24,23%	1,423	327,87	21,86%	1,423
2	161,20	16,12%	1,339	238,87	15,92%	1,339
3	79,77	7,98%	1,248	107,19	7,15%	1,248

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,3905 gr/cm ³
-----------------------	---------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	8,2	7
95%	14,5	14

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 168. Ensayo CBR 8



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cuatro Esquinas - Lillagua
 Profundidad: 50cm
 Fecha: 30 - Jun - 2019
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:752336 Y:9861215

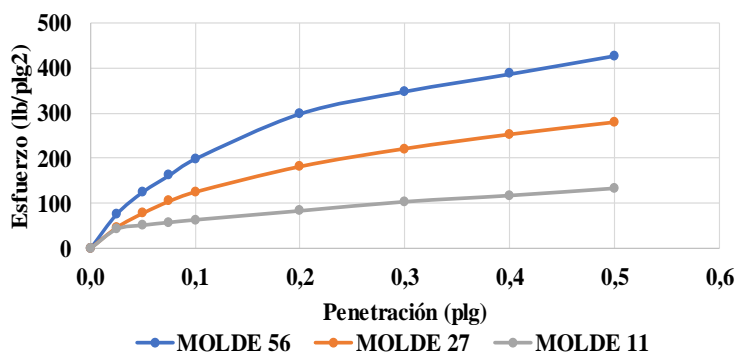
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		18,00	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10385		10659		10301	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	3954		3563		3294	
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,729		1,558		1,441	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	163,40	135,40	160,90	166,70	123,20	138,20
P. Seco + Recipiente	133,90	112,00	130,90	136,10	102,80	115,30
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	29,5	23,4	30	30,6	20,4	22,9
Peso de Sólidos	101	80	97,5	104,2	69,8	82,5
Contenido Humedad %	29,21	29,25	30,77	29,37	29,23	27,76
Con. Hum. Prom. %	29,23		30,07		28,49	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,338		1,198		1,121	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10750		11255		10699	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4319		4159		3692	
Masa Agua Absorbida	365		596		398	
% Agua Absorbida	9,23%		16,73%		12,08%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	123,40	116,00	126,00	119,50	145,30	136,40
P. Seco + Recipiente	96,50	91,20	97,20	93,00	109,60	103,30
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	26,9	24,8	28,8	26,5	35,7	33,1
Peso de Sólidos	63,6	59,2	63,8	61,1	76,6	70,5
Contenido Humedad %	42,30	41,89	45,14	43,37	46,61	46,95
Con. Hum. Prom. %	42,09		44,26		46,78	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	228,60	76,2	138,80	46,3	127,80	42,6
0,050	376,40	125,5	233,80	77,9	153,80	51,3
0,075	486,20	162,1	313,10	104,4	172,30	57,4
0,100	596,30	198,8	374,80	124,9	189,60	63,2
0,200	897,3	299,1	544,3	181,4	249,3	83,1
0,300	1045,80	348,6	662,90	221,0	309,80	103,3
0,400	1162,00	387,3	757,80	252,6	350,90	117,0
0,500	1283,40	427,8	838,90	279,6	398,80	132,9

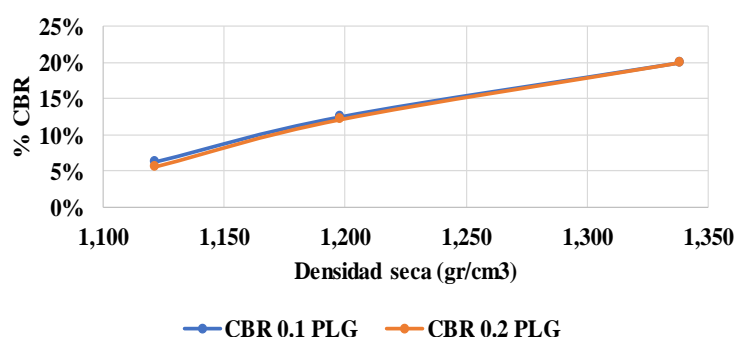
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	198,77	19,88%	1,338	299,10	19,94%	1,338
2	124,93	12,49%	1,198	181,43	12,10%	1,198
3	63,20	6,32%	1,121	83,10	5,54%	1,121

ENSAYO CBR DE LABORATORIO

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



% CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima:	1,27 gr/cm ³
-----------------------	-------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,143	8,50
95%	1,207	13,00

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 169. Ensayo CBR 9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 75 cm
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:751915 Y:9860609

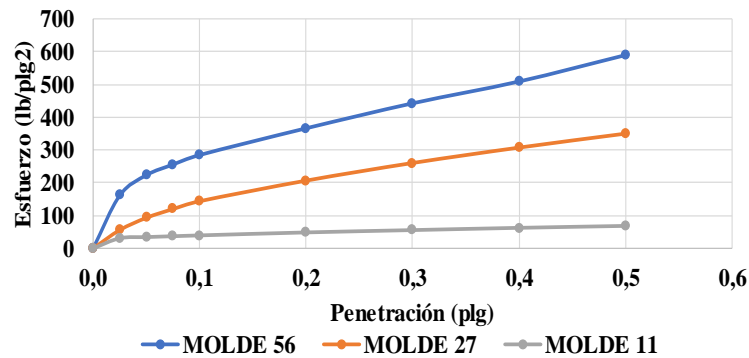
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		20,20	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10658		10772		11851	
Masa Molde (gr)	6725		6681		8299	
Masa Muestra Humeda (gr)	3933		4091		3552	
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38		2509,66		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,720		1,630		1,554	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	26	29	80	55	K15	K16
P. Hum. + Recipiente	162,90	151,80	144,30	124,40	183,20	178,60
P. Seco + Recipiente	144,40	135,30	129,80	111,80	163,40	160,10
Peso Recipiente	23,1	26,6	30,9	30,4	32,9	33,4
Peso Agua	18,5	16,5	14,5	12,6	19,8	18,5
Peso de Sólidos	121,3	108,7	98,9	81,4	130,5	126,7
Contenido Humedad %	15,25	15,18	14,66	15,48	15,17	14,60
Con. Hum. Prom. %	15,22		15,07		14,89	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,493		1,417		1,352	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	11018		11188		12396	
Masa Molde (gr)	6725		6681		8299	
Masa Muestra Humeda (gr)	4293		4507		4097	
Masa Agua Absorbida	360		416		545	
% Agua Absorbida	9,15%		10,17%		15,34%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	26	29	80	55	K15	K16
P. Hum. + Recipiente	131,10	141,20	123,80	133,40	172,10	158,60
P. Seco + Recipiente	109,60	120,30	104,30	113,30	142,90	132,00
Peso Recipiente	23,1	26,6	30,9	30,4	32,9	33,4
Peso Agua	21,5	20,9	19,5	20,1	29,2	26,6
Peso de Sólidos	86,5	93,7	73,4	82,9	110	98,6
Contenido Humedad %	24,86	22,31	26,57	24,25	26,55	26,98
Con. Hum. Prom. %	23,58		25,41		26,76	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	483,80	161,3	166,80	55,6	91,20	30,4
0,050	669,60	223,2	278,60	92,9	101,60	33,9
0,075	766,60	255,5	358,30	119,4	109,30	36,4
0,100	853,80	284,6	429,90	143,3	116,90	39,0
0,200	1098,2	366,1	617,8	205,9	143,6	47,9
0,300	1326,80	442,3	778,80	259,6	164,60	54,9
0,400	1526,60	508,9	919,30	306,4	185,10	61,7
0,500	1768,40	589,5	1046,70	348,9	202,60	67,5

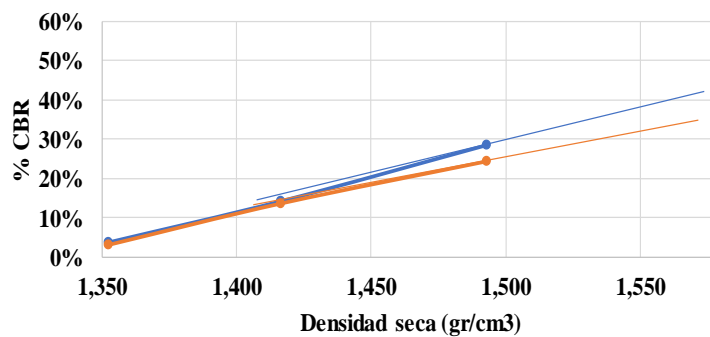
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	284,60	28,46%	1,493	366,07	24,40%	1,493
2	143,30	14,33%	1,417	205,93	13,73%	1,417
3	38,97	3,90%	1,352	47,87	3,19%	1,352

ENSAYO CBR DE LABORATORIO

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



% CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima:	1,633 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,470	24,5
95%	1,551	38,0

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 170. Ensayo CBR 10



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Cashapotrero - Cuatro Esquinas
 Profundidad: 50 cm
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 10

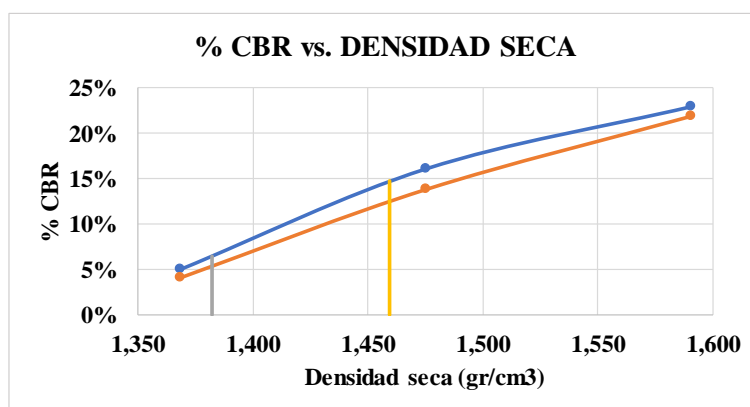
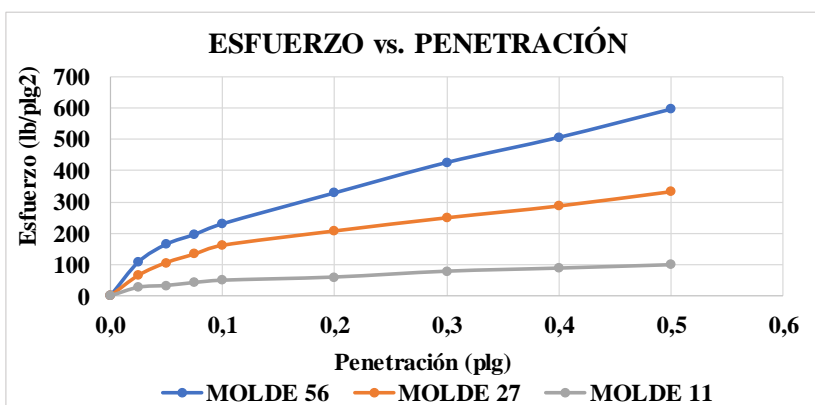
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:752219 Y:9860230

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		18 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		17,20		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5		5		
N° de Golpes	56	27		11		
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10650	11009		10651		
Masa Molde (gr)	6431	7096		7007		
Masa Muestra Humeda (gr)	4219	3913		3644		
Volumen Muestra (cm ³)	2286,38	2286,38		2286,38		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,845	1,711		1,594		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	148,30	141,80	170,20	191,30	187,50	199,40
P. Seco + Recipiente	132,40	126,60	151,70	168,90	165,50	176,00
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	15,9	15,2	18,5	22,4	22	23,4
Peso de Sólidos	99,5	94,6	118,3	137	132,5	143,2
Contenido Humedad %	15,98	16,07	15,64	16,35	16,60	16,34
Con. Hum. Prom. %	16,02		15,99		16,47	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,590		1,475		1,368	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10945		11400		11173	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4514		4304		4166	
Masa Agua Absorbida	295		391		522	
% Agua Absorbida	6,99%		9,99%		14,32%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K5	K6	K3	K4	K1	K2
P. Hum. + Recipiente	184,70	177,70	192,50	177,90	167,60	173,50
P. Seco + Recipiente	155,00	149,90	158,10	147,20	135,00	141,40
Peso Recipiente	32,9	32	33,4	31,9	33	32,8
Peso Agua	29,7	27,8	34,4	30,7	32,6	32,1
Peso de Sólidos	122,1	117,9	124,7	115,3	102	108,6
Contenido Humedad %	24,32	23,58	27,59	26,63	31,96	29,56
Con. Hum. Prom. %	23,95		27,11		30,76	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	323,60	107,9	196,80	65,6	82,70	27,6
0,050	493,80	164,6	318,60	106,2	99,80	33,3
0,075	586,30	195,4	399,80	133,3	128,50	42,8
0,100	688,60	229,5	483,60	161,2	150,30	50,1
0,200	983,7	327,9	620,8	206,9	180,6	60,2
0,300	1273,90	424,6	746,80	248,9	236,80	78,9
0,400	1513,80	504,6	859,60	286,5	266,50	88,8
0,500	1783,60	594,5	996,40	332,1	299,10	99,7

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	229,53	22,95%	1,590	327,90	21,86%	1,590
2	161,20	16,12%	1,475	206,93	13,80%	1,475
3	50,10	5,01%	1,368	60,20	4,01%	1,368

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,536 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 p	% CBR 0,2 plg
90%	1,382	6,5
95%	1,459	12

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 171. Ensayo CBR 11



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Via Mogato
 Profundidad: 70 cm
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 11

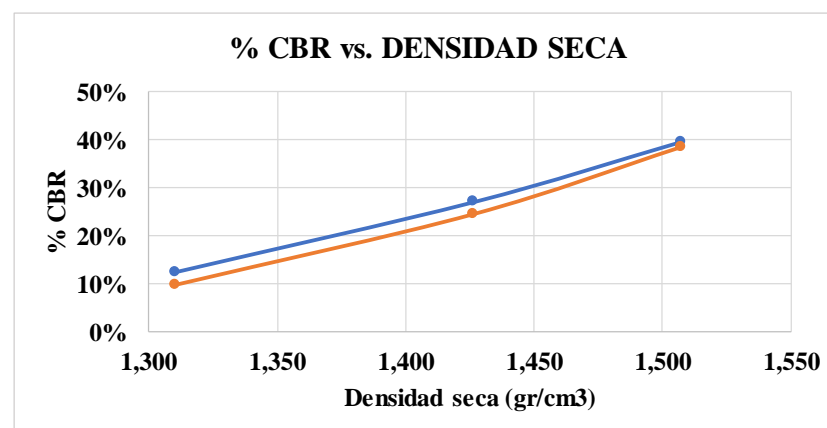
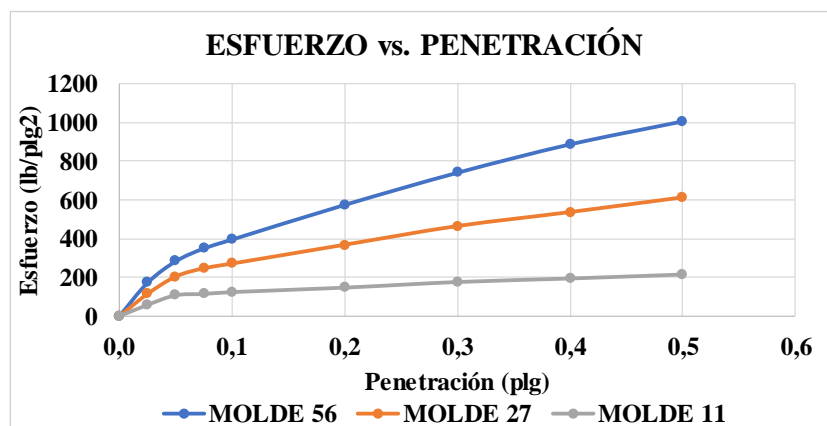
Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:753263 Y:9858848

ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO		PESO DEL MARTILLO:		18 lb	
NORMA:	AASHTO T-180		ALTURA DE CAIDA:		18"	
PESO MUESTRA (gr):	6000		CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		22,50	
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1		2		3	
N° de Capas	5		5		5	
N° de Golpes	56		27		11	
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10597		11045		10641	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Húmeda (gr)	4166		3949		3634	
Volumen Muestra (cm3)	2286,38		2286,38		2286,38	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1,822		1,727		1,589	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	141,50	181,50	199,00	169,70	162,10	166,60
P. Seco + Recipiente	122,70	155,60	169,70	145,90	139,20	143,30
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	18,8	25,9	29,3	23,8	22,9	23,3
Peso de Sólidos	89,6	124,4	139,7	112,3	107	109,9
Contenido Humedad %	20,98	20,82	20,97	21,19	21,40	21,20
Con. Hum. Prom. %	20,90		21,08		21,30	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1,507		1,426		1,310	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10828		11345		11104	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Húmeda (gr)	4397		4249		4097	
Masa Agua Absorbida	231		300		463	
% Agua Absorbida	5,54%		7,60%		12,74%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	175,40	148,90	158,70	160,20	166,90	163,10
P. Seco + Recipiente	144,60	124,70	128,00	131,30	131,70	131,00
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	30,8	24,2	30,7	28,9	35,2	32,1
Peso de Sólidos	111,5	93,5	98	97,7	99,5	97,6
Contenido Humedad %	27,62	25,88	31,33	29,58	35,38	32,89
Con. Hum. Prom. %	26,75		30,45		34,13	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	517,30	172,4	343,40	114,5	174,80	58,3
0,050	850,80	283,6	610,60	203,5	322,60	107,5
0,075	1050,60	350,2	738,80	246,3	342,20	114,1
0,100	1188,00	396,0	810,92	270,3	371,30	123,8
0,200	1725,6	575,2	1100,9	367,0	440	146,7
0,300	2223,80	741,3	1388,10	462,7	526,20	175,4
0,400	2663,80	887,9	1603,50	534,5	580,10	193,4
0,500	3020,60	1006,9	1830,00	610,0	641,80	213,9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	396,00	39,60%	1,507	575,20	38,35%	1,507
2	270,31	27,03%	1,426	366,97	24,46%	1,426
3	123,77	12,38%	1,310	146,67	9,78%	1,310

ENSAYO CBR DE LABORATORIO



Densidad Seca Máxima:	1,565 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,409	27,50
95%	1,487	36,00

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

Tabla 172. Ensayo CBR 12



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



Parroquia: Pasa
 Vía: Pasa - Vía Mogato
 Profundidad: 40 cm
 Fecha: 07 - Jul - 2019
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado
 Normas: AASHTO T 193 2013
 Ensayado por: Karina Marisela Claudio Chacón
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla
 Coordenadas: X:752745 Y:9859304

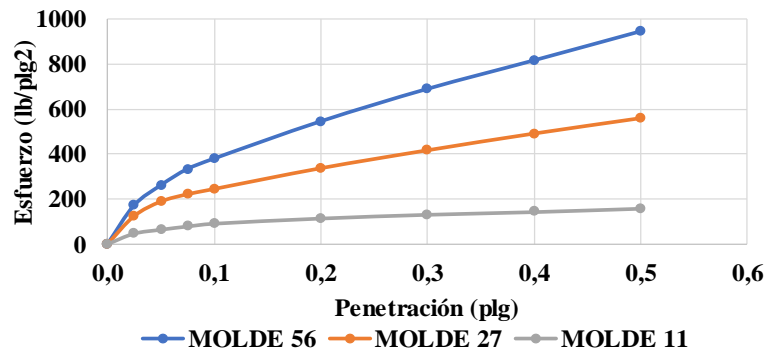
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
TIPO:	PROCTOR MODIFICADO	PESO DEL MARTILLO:		18 lb		
NORMA:	AASHTO T-180	ALTURA DE CAIDA:		18"		
PESO MUESTRA (gr):	6000	CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)		16,20		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
MOLDE N°	1	2	3			
N° de Capas	5	5	5			
N° de Golpes	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	10590	10913	10681			
Masa Molde (gr)	6431	7096	7007			
Masa Muestra Humeda (gr)	4159	3817	3674			
Volumen Muestra (cm ³)	2264,61	2268,33	2253,34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1,837	1,683	1,630			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	117,30	169,00	146,20	156,00	160,30	144,10
P. Seco + Recipiente	102,40	145,70	126,10	134,00	137,10	124,30
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	14,9	23,3	20,1	22	23,2	19,8
Peso de Sólidos	69,3	114,5	96,1	100,4	104,9	90,9
Contenido Humedad %	21,50	20,35	20,92	21,91	22,12	21,78
Con. Hum. Prom. %	20,93		21,41		21,95	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1,519		1,386		1,337	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	10813		11237		11129	
Masa Molde (gr)	6431		7096		7007	
Masa Muestra Humeda (gr)	4382		4141		4122	
Masa Agua Absorbida	223		324		448	
% Agua Absorbida	5,36%		8,49%		12,19%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
Recipiente N°	K11	K12	K9	K10	K7	K8
P. Hum. + Recipiente	141,40	129,00	158,00	135,70	154,30	156,80
P. Seco + Recipiente	118,60	109,70	128,90	111,60	124,00	126,70
Peso Recipiente	33,1	31,2	30	33,6	32,2	33,4
Peso Agua	22,8	19,3	29,1	24,1	30,3	30,1
Peso de Sólidos	85,5	78,5	98,9	78	91,8	93,3
Contenido Humedad %	26,67	24,59	29,42	30,90	33,01	32,26
Con. Hum. Prom. %	25,63		30,16		32,63	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)	Dial	Presión (lb/plg ²)
0,000	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
0,025	516,00	172,0	372,70	124,2	142,30	47,4
0,050	783,60	261,2	565,90	188,6	194,80	64,9
0,075	1000,80	333,6	663,30	221,1	238,70	79,6
0,100	1138,80	379,6	733,30	244,4	276,60	92,2
0,200	1633,6	544,5	1008,8	336,3	345,8	115,3
0,300	2064,60	688,2	1246,90	415,6	396,30	132,1
0,400	2443,90	814,6	1468,80	489,6	432,80	144,3
0,500	2830,60	943,5	1673,30	557,8	478,30	159,4

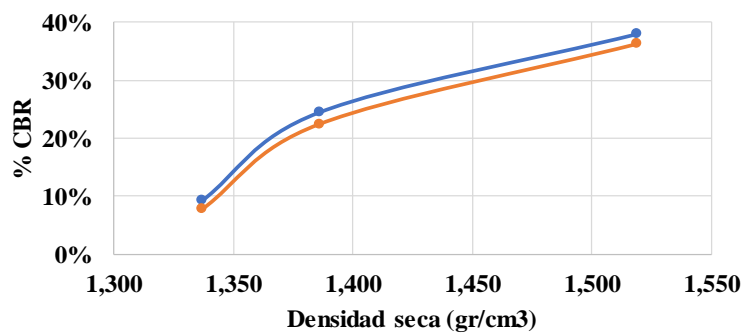
PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg ²)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	379,60	37,96%	1,519	544,53	36,30%	1,519
2	244,43	24,44%	1,386	336,27	22,42%	1,386
3	92,20	9,22%	1,337	115,27	7,68%	1,337

ENSAYO CBR DE LABORATORIO

ESFUERZO vs. PENETRACIÓN



% CBR vs. DENSIDAD SECA



Densidad Seca Máxima:	1,585 gr/cm ³
-----------------------	--------------------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
90%	1,427	29
95%	1,506	37

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

B. TPDA

Tabla 173. Conteo Vehicular (TPDA)

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL
			C-2P	C-2G	C-3	C-4	C-5	C-6		
6:00 - 6:15	9	2	1	0	0	0	0	0	1	12
6:15 - 6:30	7	3	0	1	0	0	0	0	1	11
6:30 - 6:45	10	1	1	0	1	0	0	0	2	13
6:45 - 7:00	8	1	0	1	0	0	0	0	1	10
7:00 - 7:15	12	1	1	1	1	0	0	0	3	16
7:15 - 7:30	11	2	1	0	0	0	0	0	1	14
7:30 - 7:45	6	1	1	0	0	0	0	0	1	8
7:45 - 8:00	13	1	1	1	0	0	0	0	2	16
8:00 - 8:15	10	1	0	0	0	0	0	0	0	11
8:15 - 8:30	9	2	2	1	1	0	0	0	4	15
8:30 - 8:45	10	1	0	1	0	0	0	0	1	12
8:45 - 9:00	9	2	0	0	0	0	0	0	0	11
9:00 - 9:15	12	2	0	0	0	0	0	0	0	14
9:15 - 9:30	7	2	0	0	1	0	0	0	1	10
9:30 - 9:45	13	2	0	1	0	0	0	0	1	16
9:45 - 10:00	9	1	2	1	0	0	0	0	3	13
10:00 - 10:15	10	2	1	0	0	0	0	0	1	13
10:15 - 10:30	8	1	1	0	1	0	0	0	2	11
10:30 - 10:45	10	2	0	1	1	0	0	0	2	14
10:45 - 11:00	9	2	1	0	1	0	0	0	2	13
11:00 - 11:15	6	2	0	1	0	0	0	0	1	9
11:15 - 11:30	10	2	1	0	1	0	0	0	2	14
11:30 - 11:45	7	3	0	1	0	0	0	0	1	11
11:45 - 12:00	8	2	0	0	1	0	0	0	1	11
12:00 - 12:15	11	1	1	1	0	0	0	0	2	14
12:15 - 12:30	10	2	1	0	0	0	0	0	1	13
12:30 - 12:45	12	2	1	1	0	0	0	0	2	16
12:45 - 13:00	11	1	1	1	0	0	0	0	2	14
13:00 - 13:15	11	2	1	0	1	0	0	0	2	15
13:15 - 13:30	14	2	0	1	1	0	0	0	2	18
13:30 - 13:45	9	2	1	0	0	0	0	0	1	12
13:45 - 14:00	14	2	0	1	0	0	0	0	1	17
14:00 - 14:15	10	3	1	0	1	0	0	0	2	15
14:15 - 14:30	13	2	1	1	0	0	0	0	2	17
14:30 - 14:45	11	2	1	0	0	0	0	0	1	14
14:45 - 15:00	8	2	0	1	0	0	0	0	1	11
15:00 - 15:15	8	1	1	1	0	0	0	0	2	11
15:15 - 15:30	9	3	0	1	1	0	0	0	2	14
15:30 - 15:45	12	1	1	0	0	0	0	0	1	14
15:45 - 16:00	9	2	1	1	0	0	0	0	2	13
16:00 - 16:15	10	2	0	0	1	0	0	0	1	13
16:15 - 16:30	12	3	1	1	0	0	0	0	2	17
16:30 - 16:45	11	2	0	1	0	0	0	0	1	14
16:45 - 17:00	9	2	1	0	0	0	0	0	1	12
17:00 - 17:15	14	3	0	1	1	0	0	0	2	19
17:15 - 17:30	8	2	0	0	0	0	0	0	0	10
17:30 - 17:45	11	2	0	1	1	0	0	0	2	15
17:45 - 18:00	9	2	0	1	0	0	0	0	1	12
Total:	479	89	28	26	16	0	0	0	70	638
%	1,41	0,31	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	100

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón

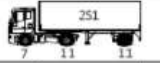


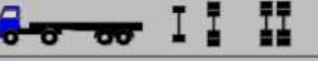
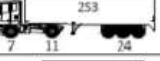

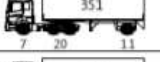

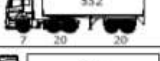
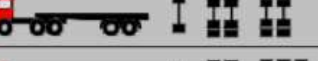



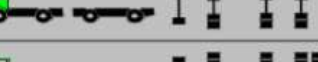




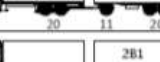





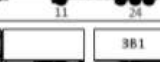
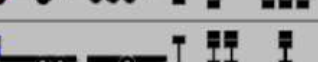




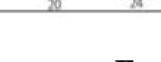

C. Pesos y Dimensiones (MTO)

Tabla 174. Tabla Nacional de Pesos y Dimensiones

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2 D			7	5,00	2,60	3,00
2DA			10	7,50	2,60	3,50
2DB			18	12,20	2,60	4,10
3-A			27	12,20	2,60	4,10
4-C			31	12,20	2,60	4,10
4-0			32	12,20	2,60	4,10
V2DB			18	12,20	2,60	4,10
V3A			27	12,20	2,60	4,10
VZS			27	12,20	2,60	4,10
T2			18	8,50	2,60	4,10
T3			27	8,50	2,60	4,10
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10
R2			22	10,00	2,60	4,10
R3			31	10,00	2,60	4,10
B1			11	10,00	2,60	4,10
B2			20	10,00	2,60	4,10
B3			24	10,00	2,60	4,10

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Tabla 175. Tabla nacional de pesos y dimensiones combinada

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30
2R2			40	20,50	2,60	4,30
2R3			48	20,50	2,60	4,30
3R2			48	20,50	2,60	4,30
3R3			48	20,50	2,60	4,30
2B1			29	20,50	2,60	4,30
2B2			38	20,50	2,60	4,30
2B3			42	20,50	2,60	4,30
3B1			38	20,50	2,60	4,30
3B2			47	20,50	2,60	4,30
3B3			48	20,50	2,60	4,30

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

D. Archivo fotográfico



Figura 69. Señalamiento de la ubicación del pozo.

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 70. Excavación del pozo z cielo abierto

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 71. Ejecución Ensayo DCp

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 72. Extracción del suelo, hueco del ensayo cono y arena

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 73. Preparación de muestra para límites de Atterberg

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 74. Medición de temperatura

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 75. Colocación del picnómetro + agua en el baño María

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 76. Toma de muestra para contenido de humedad

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 77. Colocación de las muestras en el horno

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 78. Colocación de la muestra para ensayo granulométrico

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 79. Extracción de material que pasa tamiz N° 40

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 80. Muestra para la determinación del Límite Líquido

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 81. Muestra ensayo Próctor Modificado (7 Kg)

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 82. Muestra CBR, con contenido de humedad óptima

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón



Figura 83. Colocación de la muestra para ensayo CBR

Autor: Karina Marisela Claudio Chacón