



**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 TOTORAS  
Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

---

---

**AUTOR:**

PAULINA MISHHELL ALTAMIRANO CORO

**TUTOR:**

ING. MG. FAVIO PAÚL PORTILLA YANDÚN

**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 TOTORAS Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, es de autoría de la Srta. Paulina Mishell Altamirano Coro, el mismo que ha sido realizado bajo mi supervisión y tutoría.

En todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad

Ambato, enero 2020



Ing. Favio Portilla

## AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Paulina Mishell Altamirano Coro con CI: 160050249-4, 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 TOTORAS Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, es de mi completa autoría.

Ambato, enero 2020



---

Paulina Mishell Altamirano Coro

## 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 ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, enero 2020



---


Paulina Mishell Altamirano Coro

## 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 TOTORAS Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”, de la egresada Paulina Mishell Altamirano Coro, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Ambato, enero 2020

Para constancia firman.



Ing. Mg. Lorena Pérez



Ing. Mg. Alex López

## DEDICATORIA

*El presente trabajo experimental se lo dedico a Dios por haberme guiado por el camino correcto, por bendecirme y brindarme fortaleza espiritual en los días difíciles para salir siempre adelante frente a todas las adversidades.*

*A mis padres, Wilson Hugo Altamirano Rosero y Aida Elizabeth Coro Yugcha, dos seres maravillosos que me brindaron la vida y la oportunidad de estudiar, quienes me inculcaron valores y siempre estuvieron brindándome su apoyo y confianza incondicional. Los amo profundamente y les agradezco por todo el sacrificio que han hecho.*

*A mi hermano, Byron Vinicio, por siempre estar para mí, por ser mi compañía, mi enfermero, mi amigo, por escucharme y sacarme una sonrisa hasta en los peores momentos. Mi amado hermano gracias por tu apoyo.*

*A ti mamita Esthela, que sé que desde el cielo estás muy orgullosa de mí y que siempre estuviste ahí cuidándome y apoyándome, gracias nunca te olvido, eres mi angelito eterno, a mi abuelito Ernesto quien siempre se preocupó de mi bienestar, quien con los brazos abiertos siempre estaba ahí para brindarme apoyo, aconsejarme y alentarme que siga adelante.*

*A toda mi familia, mis tíos Patricio, Jorge y Jenny, por sus consejos y cariño, gracias por preocuparse siempre por mí.*

*A mis amigos con quienes he compartido las tristezas y las alegrías, gracias por esa amistad verdadera.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco primeramente a Dios por permitirme llegar a cumplir una meta más a lo largo de mi vida académica, por bendecirme y guiarme.*

*A mi familia, por su apoyo constante e incondicional, el gran sacrificio realizado para que culmine mis estudios y la confianza que depositaron en mi cada día.*

*A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, por brindarme la oportunidad de aprender y darme las bases para formarme profesionalmente.*

*A mi tutor, Ing. Favio Portilla, por su paciencia, conocimientos, experiencias y dedicación brindada a lo largo del desarrollo de mi trabajo experimental hasta la culminación del mismo.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A. PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA .....	VI
AGRADECIMIENTO .....	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVII
RESUMEN EJECUTIVO .....	XXI
ABSTRACT SUMMARY .....	XXII

### B. CONTENIDOS

CAPÍTULO I.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos .....	1
1.1.1. Antecedentes .....	1
1.1.2. Justificación.....	3
1.1.3. Fundamentación Teórica .....	4
1.1.3.1. Definición de los Suelos.....	4
1.1.3.2. Clasificación General de los Suelos .....	4
1.1.3.3. Sistema de clasificación SUCS de los suelos .....	5
1.1.3.5. Ensayos de Campo y de Laboratorio.....	9
1.1.3.5.1. Ensayos en Campo .....	9
1.1.3.5.2. Ensayos en laboratorio .....	9
1.1.3.6. Muestreo de suelo.....	9
1.1.3.7. Propiedades de los suelos .....	10
1.1.3.7.1. Propiedades Índice .....	11
1.1.3.7.1.1. Gravedad específica del suelo (Gs) .....	11
1.1.3.7.1.2. Relación de vacíos (e) .....	12
1.1.3.7.1.3. Porosidad (n) .....	12



1.1.3.7.1.4.	Contenido de agua (humedad).....	13
1.1.3.7.1.5.	Grado de saturación del agua (Gw%).....	13
1.1.3.7.1.6.	Grado de Saturación del aire (Ga%).....	13
1.1.3.7.1.7.	Límites Atterberg .....	13
1.1.3.7.1.8.	Densidad de campo .....	14
1.1.3.7.1.9.	Granulometría.....	14
1.1.3.7.2.	Propiedades Mecánicas .....	16
1.1.3.7.2.1.	Próctor Modificado B.....	16
1.1.3.7.2.2.	Relación de Soporte California – CBR .....	16
1.1.3.7.2.3.	Penetración dinámica de cono – DCP .....	18
1.1.3.8.	Regresión y Correlación.....	21
1.1.3.8.1.	Análisis de Regresión.....	21
1.1.3.8.2.	Análisis de Correlación .....	23
1.1.3.8.7.	Correlación múltiple lineal.....	26
1.1.3.9.	Pavimentos .....	27
1.1.3.9.1.	Análisis de Tráfico .....	27
1.1.3.9.2.	Clasificación nacional de la red vial.....	30
1.1.3.9.3.	Clasificación de los pavimentos .....	31
1.1.3.9.4.	Capas que conforman la estructura de pavimento Flexible.....	33
1.1.3.9.5.	Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles - Método AASHTO 93.....	35
1.1.3.9.5.1.	Período de diseño .....	35
1.1.3.9.5.2.	Vida útil del pavimento .....	36
1.1.3.9.5.3.	Ejes equivalentes según el período de diseño requerido (W18).....	36
1.1.3.9.5.4.	Nivel de confiabilidad (R).....	36
1.1.3.9.5.5.	Desviación estándar normal ( $Z_R$ ).....	37
1.1.3.9.5.6.	Desviación estándar global ( $S_o$ ).....	37
1.1.3.9.5.7.	Módulo de resiliencia ( $M_r$ ).....	38
1.1.3.9.5.8.	Índice de serviciabilidad (PSI) .....	38
1.1.3.9.5.9.	Determinación del número estructural .....	39
1.1.3.9.5.10.	Determinación de los espesores por capa.....	39
1.1.3.9.5.11.	Coeficientes estructurales $a_1$ , $a_2$ y $a_3$ .....	41
1.1.3.9.5.12.	Coeficientes de drenaje .....	44
1.1.4.	Hipótesis.....	45

1.2. Objetivos .....	45
1.2.1. Objetivo General .....	45
1.2.2. Objetivos Específicos .....	45
CAPÍTULO II .....	46
2.1. Nivel de Investigación .....	46
4.2. Tipo o Modalidad de Investigación .....	46
2.3. Población y Muestra .....	47
2.4. Materiales y Equipos .....	51
2.5. Métodos .....	53
2.5.1. Plan de Recolección de Datos .....	53
2.5.2. Ensayos .....	54
2.5.2.1. Procedimiento .....	54
2.5.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información .....	57
2.5.3.1. Determinación de Correlaciones Múltiples .....	58
CAPÍTULO III .....	63
3.1. Análisis y Discusión de los Resultados .....	63
3.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO .....	63
3.1.2. Rango Granulométrico de los suelos estudiados .....	64
3.1.3. Representación de las muestras en la carta de plasticidad .....	64
3.1.4. Determinación de propiedades físicas .....	65
3.1.4.1. Resumen de rangos obtenidos .....	65
3.1.5. Nomenclatura .....	67
3.1.6. Correlaciones .....	68
3.1.6.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio .....	98
3.1.7. Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles AASHTO 93 .....	100
3.1.7.1. Cálculo del TPDA .....	100
3.1.7.1.1. Factor de Hora Pico .....	100
3.1.7.1.2. Porcentaje de la trigésima hora .....	100
3.1.7.1.3. Tránsito futuro .....	101
3.1.7.2. Cálculo y diseño de la estructura del pavimento flexible .....	103
3.1.7.2.1. Ejes equivalentes acumulados según el período de diseño ( $W_{18}$ ) .....	103
3.1.7.2.2. Confiabilidad (R) .....	106
3.1.7.2.3. Desviación estándar normal ( $Z_r$ ) .....	107

3.1.7.2.4.	Desviación estándar global ( $S_o$ ).....	107
3.1.7.2.5.	Índice de serviciabilidad (PSI) .....	107
3.1.7.2.6.	Módulo de Resiliencia ( $M_r$ ) .....	108
3.1.7.2.7.	Coeficientes de la carpeta asfáltica .....	108
3.1.7.2.8.	Coeficientes de drenaje $m_2$ y $m_3$ .....	111
3.1.7.2.9.	Cálculo del número estructural (SN).....	112
3.1.7.2.10.	Diseño de pavimento flexibles mediante el Método AASHTO 93 con el valor de ejes equivalente W18 impuesto.....	114
3.1.8.	Aplicación de las correlaciones en el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con el método AASHTO 93 .....	116
3.1.8.1.	Ubicación.....	116
3.1.8.2.	Datos del suelo para el diseño .....	116
3.1.8.3.	Determinación del CBR .....	116
3.1.8.3.1.	Cálculo del número estructural (SN) con CBR = 20% y ejes equivalentes calculados. ....	117
3.2.	Verificación De Hipótesis .....	121
CAPÍTULO IV.....		123
4.1.	Conclusiones .....	123
4.2.	Recomendaciones .....	126
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		128
Anexo 1.	Ubicación de las muestras tomadas.....	132
Anexo 2.	Tablas de datos .....	133
Ensayo DCP	.....	133
Ensayo Densidad de Campo	.....	146
Calibración del picnómetro	.....	158
Ensayo de Gravedad Específica	.....	159
Ensayo de Granulometría	.....	171
Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico.	.....	183
Ensayo de Próctor Modificado B	.....	195
Ensayo CBR	.....	207
Anexo 3.	Conteo de Tráfico .....	231
Anexo 4.	Pesos y dimensiones máximas de carga por eje .....	232
Anexo 5.	Archivo Fotográfico .....	234

## C. MATERIALES DE REFERENCIA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	128
Anexo 1. Ubicación de las muestras tomadas.....	132
Anexo 2. Tablas de datos .....	133
Ensayo DCP .....	133
Ensayo Densidad de Campo .....	146
Calibración del picnómetro .....	158
Ensayo de Gravedad Específica .....	159
Ensayo de Granulometría.....	171
Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico.....	183
Ensayo de Próctor Modificado B .....	195
Ensayo CBR.....	207
Anexo 3. Conteo de Tráfico .....	231
Anexo 4. Pesos y dimensiones máximas de carga por eje .....	232
Anexo 5. Archivo Fotográfico .....	234

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de clasificación SUCS .....	6
Tabla 2. Sistema de clasificación AASHTO .....	8
Tabla 3. Tarjeta de Identificación de Campo (lado anverso) .....	10
Tabla 4. Tarjeta de Identificación de Campo (lado reverso).....	10
Tabla 5. Tabla de Corrección de temperatura .....	11
Tabla 6. Tamices Estándar .....	15
Tabla 7. Ejemplo de valores de penetración y carga unitaria patrón .....	17
Tabla 8. Clasificaciones típicas de suelos con valores CBR.....	18
Tabla 9. Tipos de funciones matemática en regresiones.....	21
Tabla 10. Rangos de los valores de la correlación .....	25
Tabla 11. Índice de crecimiento de tráfico de vehículos.....	29
Tabla 12. Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado.....	30
Tabla 13. Denominación de carreteras por condiciones orográficas .....	31
Tabla 14. Límites granulométricos para las clases de sub-bases .....	34
Tabla 15. Límite de los ensayos para las clases sub-base .....	34
Tabla 16. Límites granulométricos para las clases de bases .....	35
Tabla 17. Periodo de diseño según el tipo de carretera.....	36
Tabla 18. Factor de distribución por carril.....	36
Tabla 19. Nivel de confiabilidad de acuerdo a la zona .....	37
Tabla 20. Valores de $Z_R$ , en función de la confiabilidad R.....	37
Tabla 21. Índice de serviciabilidad de la carretera de acuerdo a los usuarios .....	38
Tabla 22. Espesores mínimos según los ejes equivalentes .....	40
Tabla 23. Tiempos de drenaje recomendados por AASHTO .....	44
Tabla 24. Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad a la que está expuesto el pavimento para pavimentos flexibles. ....	44
Tabla 25. Materiales y Equipos.....	51
Tabla 26. Plan de recolección de datos .....	53
Tabla 27. Interpretación del coeficiente de determinación .....	58
Tabla 28. Formato para correlaciones lineales múltiples.....	59
Tabla 29. Formato para correlaciones logarítmicas .....	60
Tabla 30. Formato para correlaciones exponenciales .....	61
Tabla 31. Formato para correlaciones potenciales .....	62

Tabla 32. Tabla Resumen de la Clasificación SUCS Y AASHTO de los suelos estudiados.....	63
Tabla 33. Nomenclatura y sus unidades.....	67
Tabla 34. Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre propiedades índices	68
Tabla 35. Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre DN y propiedades índice .....	69
Tabla 36. Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre CBR y propiedades índices .....	70
Tabla 37. Tabla resumen de las propiedades del suelo .....	98
Tabla 38. Tabla resumen de las propiedades del suelo .....	99
Tabla 39. Valores de tráfico en la hora pico .....	100
Tabla 40. Período de diseño según el tipo de carretera.....	101
Tabla 41. Índice de crecimiento vehicular .....	102
Tabla 42. Tráfico proyectado para 20 años.....	102
Tabla 43. Factores de daños de acuerdo al tipo de vehículo.....	103
Tabla 44. Factor de distribución por dirección .....	103
Tabla 45. Número de ejes equivalentes.....	105
Tabla 46. Espesores mínimos según los ejes equivalentes .....	106
Tabla 47. Nivel de confiabilidad de acuerdo a la zona .....	106
Tabla 48. Valores de ZR, en función de la confiabilidad R.....	107
Tabla 49. Determinación de valores del coeficiente a1 .....	109
Tabla 50. Determinación de valores del coeficiente a2 .....	110
Tabla 51. Determinación de valores del coeficiente a3 .....	111
Tabla 52. Tiempos de drenaje recomendados por AASHTO .....	111
Tabla 53. Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad a la que está expuesto el pavimento para pavimentos flexibles. ....	112
Tabla 54. Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes calculados .....	112
Tabla 55. Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente calculados.....	113
Tabla 56. Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes impuestos.....	114
Tabla 57. Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalentes impuestos.....	115
Tabla 58. Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes calculados y CBR 20%..	117
Tabla 59. Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente calculados y CBR=20% .....	118

Tabla 60. Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes impuestos y CBR 20% ..	119
Tabla 61. Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente equivalentes y CBR=20% .....	120
Tabla 62. Resumen del diseño flexible de pavimentos.....	121
Tabla 63. Ensayo DCP Pozo# 1 .....	133
Tabla 64. Ensayo DCP Pozo# 2 .....	134
Tabla 65. Ensayo DCP Pozo# 3 .....	135
Tabla 66. Ensayo DCP Pozo# 4 .....	136
Tabla 67. Ensayo DCP Pozo# 5 .....	137
Tabla 68. Ensayo DCP Pozo# 6 .....	138
Tabla 69. Ensayo DCP Pozo# 7 .....	139
Tabla 70. Ensayo DCP Pozo# 8 .....	140
Tabla 71. Ensayo DCP Pozo# 9 .....	141
Tabla 72. Ensayo DCP Pozo# 10 .....	142
Tabla 73. Ensayo DCP Pozo# 11 .....	143
Tabla 74. Ensayo DCP Pozo# 12 .....	145
Tabla 75. Densidad De Campo Pozo# 1 .....	146
Tabla 76. Densidad De Campo Pozo# 2 .....	147
Tabla 77. Densidad De Campo Pozo# 3 .....	148
Tabla 78. Densidad De Campo Pozo# 4 .....	149
Tabla 79. Densidad De Campo Pozo# 5 .....	150
Tabla 80. Densidad De Campo Pozo# 6 .....	151
Tabla 81. Densidad De Campo Pozo# 7 .....	152
Tabla 82. Densidad De Campo Pozo# 8 .....	153
Tabla 83. Densidad De Campo Pozo# 9 .....	154
Tabla 84. Densidad De Campo Pozo# 10 .....	155
Tabla 85. Densidad De Campo Pozo# 11 .....	156
Tabla 86. Densidad De Campo Pozo# 12 .....	157
Tabla 87. Calibración del Picnómetro.....	158
Tabla 88. Gravedad Específica Pozo# 1 .....	159
Tabla 89. Gravedad Específica Pozo# 2 .....	160
Tabla 90. Gravedad Específica Pozo# 3 .....	161
Tabla 91. Gravedad Específica Pozo# 4 .....	162

Tabla 92. Gravedad Específica Pozo# 5 .....	163
Tabla 93. Gravedad Específica Pozo# 6 .....	164
Tabla 94. Gravedad Específica Pozo# 7 .....	165
Tabla 95. Gravedad Específica Pozo# 8 .....	166
Tabla 96. Gravedad Específica Pozo# 9 .....	167
Tabla 97. Gravedad Específica Pozo# 10 .....	168
Tabla 98. Gravedad Específica Pozo# 11 .....	169
Tabla 99. Gravedad Específica Pozo# 12 .....	170
Tabla 100. Granulometría Pozo# 1 .....	171
Tabla 101. Granulometría Pozo# 2 .....	172
Tabla 102. Granulometría Pozo# 3 .....	173
Tabla 103. Granulometría Pozo# 4 .....	174
Tabla 104. Granulometría Pozo# 5 .....	175
Tabla 105. Granulometría Pozo# 6 .....	176
Tabla 106. Granulometría Pozo# 7 .....	177
Tabla 107. Granulometría Pozo# 8 .....	178
Tabla 108. Granulometría Pozo# 9 .....	179
Tabla 109. Granulometría Pozo# 10 .....	180
Tabla 110. Granulometría Pozo# 11 .....	181
Tabla 111. Granulometría Pozo# 12 .....	182
Tabla 112. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 1 .....	183
Tabla 113. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 2 .....	184
Tabla 114. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 3 .....	185
Tabla 115. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 4 .....	186
Tabla 116. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 5 .....	187
Tabla 117. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 6 .....	188
Tabla 118. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 7 .....	189
Tabla 119. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 8 .....	190
Tabla 120. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 9 .....	191
Tabla 121. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 10 .....	192
Tabla 122. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 11 .....	193
Tabla 123. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 12 .....	194
Tabla 124. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 1 .....	195



Tabla 125. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 2.....	196
Tabla 126. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 3.....	197
Tabla 127. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 4.....	198
Tabla 128. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 5.....	199
Tabla 129. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 6.....	200
Tabla 130. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 7.....	201
Tabla 131. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 8.....	202
Tabla 132. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 9.....	203
Tabla 133. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 10.....	204
Tabla 134. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 11.....	205
Tabla 135. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 12.....	206
Tabla 136. CBR Pozo# 1.....	207
Tabla 137. CBR Pozo# 2.....	209
Tabla 138. CBR Pozo# 3.....	211
Tabla 139. CBR Pozo# 4.....	213
Tabla 140. CBR Pozo# 5.....	215
Tabla 141. CBR Pozo# 6.....	217
Tabla 142. CBR Pozo# 7.....	219
Tabla 143. CBR Pozo# 8.....	221
Tabla 144. CBR Pozo# 9.....	223
Tabla 145. CBR Pozo# 10.....	225
Tabla 146. CBR Pozo# 11.....	227
Tabla 147. CBR Pozo# 12.....	229
Tabla 148. Conteo Vehicular Manual (TPDA).....	231
Tabla 149. Tabla nacional de pesos y dimensiones .....	232
Tabla 150. Tabla nacional de pesos y dimensiones combinadas .....	233

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de las partículas en los suelos.....	4
Figura 2. Ábaco de Casagrande "Carta de Plasticidad" .....	7
Figura 3. Valores Típicos de Gravedad Específica de varios suelos .....	12
Figura 4. Equipo para el ensayo CBR de laboratorio.....	17
Figura 5. Límites teóricos dela falla plástica .....	18

Figura 6. Esquema del Cono Dinámico de Penetración.....	19
Figura 7. Ensayo DCP in situ.....	20
Figura 8. Curva DCP con tres estratos de suelo.....	20
Figura 9. Nube de puntos o diagrama de dispersión.....	23
Figura 10. Representación del coeficiente angular o pendiente de la recta.....	24
Figura 11. Comportamiento del coeficiente de correlación.....	24
Figura 12. Arco de la hora pico.....	29
Figura 13. Estructura típica de un pavimento flexible.....	32
Figura 14. Estructura típica de un pavimento flexible.....	32
Figura 15. Determinación de espesores por capa.....	40
Figura 16. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a1.....	41
Figura 17. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a2.....	42
Figura 18. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a3.....	43
Figura 19. Localización geográfica de las 12 muestras de estudio.....	48
Figura 20. Clasificación de los suelos de cada pozo de acuerdo a la SUCCS.....	49
Figura 21. Clasificación de los suelos de cada pozo de acuerdo a la AASHTO.....	50
Figura 22. Pozo a cielo abierto de 1 metro cúbico.....	54
Figura 23. Excavación para determinar la densidad de campo.....	55
Figura 24. Ejecución de los golpes para a penetración del DCP.....	55
Figura 25. Eliminación del aire de la muestra de suelo.....	55
Figura 26. Tamices ordenados correctamente.....	56
Figura 27. Ranura en la muestra del suelo.....	56
Figura 28. Rollitos de aproximadamente 3 mm de espesor.....	56
Figura 29. Suelo seco agregado cierto porcentaje de agua.....	57
Figura 30. Peso del molde más suelo antes del ensayo CBR.....	57
Figura 31. Rango granulométrico de los suelos estudiados.....	64
Figura 32. Representación de las muestras en la carta de plasticidad.....	64
Figura 33. Límite Líquido vs. Límite Plástico.....	71
Figura 34. Humedad Óptima vs. Densidad Seca Máxima.....	72
Figura 35. Humedad Óptima vs. Límite Líquido.....	73
Figura 36. Humedad Óptima vs. Límite Plástico.....	74
Figura 37. Humedad Óptima vs. Límite Líquido - Límite Plástico.....	75
Figura 38. Humedad Natural vs. Límite Líquido - Límite Plástico.....	76

Figura 39. Densidad Seca Máxima vs. Límite Líquido - Líquido Plástico.....	77
Figura 40. Densidad Seca Máxima vs. Límite Plástico – Arena.....	78
Figura 41. Densidad Seca Máxima vs. Humedad Natural – Límite Plástico.....	79
Figura 42. Humedad Óptima vs. Humedad Natural – Límite Plástico .....	80
Figura 43. Límite líquido vs. DN.....	81
Figura 44. Límite Plástico vs. DN.....	82
Figura 45. Fino N°200 vs. DN .....	83
Figura 46. CBR vs. DN.....	84
Figura 47. Densidad Seca In situ vs. DN - Humedad Natural .....	85
Figura 48. Densidad Seca In situ vs. DN - Humedad Óptima .....	86
Figura 49. DN vs. Límite Líquido - Límite Plástico .....	87
Figura 50. Humedad Óptima vs. DN - Humedad Natural.....	88
Figura 51. DN vs. Densidad Seca In situ – Coeficiente de Curvatura.....	89
Figura 52. DN vs. Densidad Seca In situ – Coeficiente de Uniformidad .....	90
Figura 53. DN vs. Densidad Seca In situ – Índice Plástico .....	91
Figura 54. CBR <sub>MAYOR</sub> vs. Límite Líquido - Humedad Óptima.....	92
Figura 55. CBR vs. Límite Plástico – Humedad Óptima.....	93
Figura 56. CBR <sub>MAYOR</sub> vs. Gravedad Específica - Humedad Óptima.....	94
Figura 57. CBR vs. Humedad Óptima – Límite Líquido.....	95
Figura 58. CBR <sub>MAYOR</sub> vs. Densidad Seca Máxima - Porosidad .....	96
Figura 59. CBR vs. Densidad Seca Máxima – Fino N° 200.....	97
Figura 60. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a1.....	108
Figura 61. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a2.....	109
Figura 62. Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a3.....	110
Figura 63. Cálculo del Número estructural AASHTO 93.....	113
Figura 64. Cálculo del Número estructural AASHTO 93.....	115
Figura 65. Cálculo del Número Estructural SN, AASHTO 93 .....	118
Figura 66. Cálculo del Número Estructural SN, AASHTO 93 .....	120
Figura 67. Limpieza de la capa vegetal.....	234
Figura 68. Medición del pozo a cielo abierto.....	234
Figura 69. Georreferencia de los pozos.....	234
Figura 70. Lectura de las penetraciones.....	235
Figura 71. Ejecución de los golpes para el DCP .....	235

Figura 72. Asegurando la punta de acero.....	235
Figura 73. Colocación de la placa metálica .....	236
Figura 74. Cavidad cilíndrica dentro de la placa metálica .....	236
Figura 75. Colocación de la Arena de Ottawa en la cavidad en el suelo .....	236
Figura 76. Colocación del agua dentro del picnómetro .....	237
Figura 77. Toma de temperatura de la muestra dentro del picnómetro .....	237
Figura 78. Muestra pesada para proceder a secar al horno. ....	237
Figura 79. Colocación de la muestra de suelo en el primer tamiz. ....	238
Figura 80. Tamizado de la muestra durante 15 minutos. ....	238
Figura 81. Mezcla de suelo con agua .....	239
Figura 82. Colocación de la muestra de suelo en la copa de Casagrande.....	239
Figura 83. Muestra de suelo dividida con el ranurador.....	239
Figura 84. Muestra tamizada por Tamiz #40 .....	240
Figura 85. Rollito aproximadamente de 3 mm.....	240
Figura 86. Muestras húmedas colocadas en los recipientes.....	240
Figura 87. Tamizado de la muestra por el Tamiz #4.....	241
Figura 88. Mezcla del suelo con los porcentajes establecidos .....	241
Figura 89. Pesado de la muestra luego de ser compactada y enrazada .....	241
Figura 90. Compactación de la muestra de suelo molde 27 golpes .....	242
Figura 91. Colocación del molde en la Máquina de CBR.....	242
Figura 92. Lectura de datos obtenidos de la Máquina de CBR.....	242
Figura 93. Vehículos en la vía Totoras - Montalvo .....	243

**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 TOTORAS Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”

**AUTOR:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**TUTOR:** Ing. Mg. Favio Portilla

**FECHA:** Enero, 2020

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente trabajo experimental de investigación tiene como finalidad determinar correlaciones entre las propiedades mecánicas e índice en suelos granulares de las parroquias Totoras y Montalvo.

Previo a la recolección de muestras se realizó una exploración visual para identificar las vías más representativas y que presenten mayor factibilidad para la extracción de suelo mediante pozos a cielo abierto. La recolección de muestras se realizó individualmente en cada parroquia, seleccionando tres vías y posteriormente realizando dos pozos a cielo abierto y los respectivos ensayos de campo como el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP), densidad específica con el Método del Cono y Arena de Ottawa.

Para las pruebas de laboratorio se extrajo muestras de 50 kilogramos, suelo necesario para llevar a cabo ensayos como: Granulometría, Límites Atterberg (Límite Líquido y Plástico), Próctor Modificado B, Gravedad Específica y Relación de Soporte de California (CBR).

Las correlaciones se obtuvieron mediante regresión lineal y mediante mínimos cuadrados, para dos y tres variables respectivamente.

## **ABSTRACT SUMMARY**

The present experimental research work is to determine correlations between the mechanical properties and indexes in granular soils of Totoras and Montalvo parishes.

Prior to the collection of samples, a visual exploration was carried out to identify the most representative routes and that present greater feasibility for the extraction of soil through open pit wells. The sample collection was carried out individually in each parish, selecting three routes and then performing two open pit wells and the respective fields trials such as the Dinamyc Cone Penetrometer (DCP), specific density with the Ottawa Cone and Sand Method.

For laboratory tests, 50 kilogram samples were extracted, soil needed to carry out tests such as: Granulometry, Atterberg Limits (Liquid and Plastic Limit), Modified Proctor B, Specific Gravity and Support Ratio of California (CBR).

The correlations were obtained by linear regression and by least squares, for two and three variables respectively.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1. Antecedentes

Los suelos son materiales complejos poseen propiedades índices y mecánicas que los identifican y que permiten clasificarlos de acuerdo a su comportamiento. Es indispensable conocer acerca de este material ya que es la base de toda obra civil [1].

Los ensayos que se realizan para determinar las propiedades índice, tales como: Límites Atterberg, Granulometría, Gravedad Específica, Densidad de Campo se basan en las especificaciones establecidas por las normas AASHTO; las cuales son fáciles y no generan un costo ni tiempo mayor. En lo que respecta a la determinación de las propiedades mecánicas, es decir, a la resistencia a corte que tiene el suelo, los ensayos como el Próctor y CBR requieren de un tiempo considerable, con un grado de dificultad y costo significativo, por ello se ha buscado varias formas de correlacionarlos con el DCP.

El ensayo DCP desarrollado por Scala en 1956, es el ensayo in situ más fácil y económico de realizar para determinar la resistencia al corte que presenta un suelo en condiciones naturales. Los primeros en realizar estudios de campo con este equipo para la evaluación de pavimentos fueron Livneh e Ishali (1987) y Kleyn (1975); que posteriormente lo difundieron al resto del mundo, comenzando con: Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Estados Unidos [2].

En el año 2007, el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE.UU (USACE) adoptó el DCP para su uso en la evaluación de pavimentos y de sus materiales in situ; obteniendo luego de varios análisis modelos de regresión que describen la relación entre la Penetración o Índice DCP y la Relación de Soporte de California (CBR), además de un método para convertir los resultados de DCP en valores de capacidad de carga. [3]

Se han utilizado variaciones de Penetrómetros de Cono Dinámico (DCP) durante el último medio siglo con la finalidad de evaluar las propiedades in situ de pavimentos y las capas que lo conforman; en el año 2015 se aprobó la norma ASTM D 6951 con la cual se demuestra la popularidad que el DCP ha alcanzado para la determinación de la resistencia in situ. La utilidad y simpatía por el equipo proviene de la simplicidad de su ejecución con relación al CBR. [3]

En el año 2012 en Ecuador, Suárez Galarza María Belén, determina dos correlaciones de tipo logarítmicas entre el CBR valor de Soporte California y el DCP (Penetrómetro Dinámico de cono) y concluye al comparar los valores encontrados mediante ensayos y correlaciones no tienen mayor variación, por tanto, se puede hacer uso libremente de las fórmulas y ábacos. [4]

Las fórmulas son las siguientes:

$$\text{Log CBR} = 2.58 - 1.32 \text{ Log } X$$

$$\text{Log CBR} = 2.2 - 0.98 \text{ Log } X$$

En el año 2019 en Ecuador, Castillo Morejón Joan Alberto, determina correlaciones entre DCP y CBR y concluye que se pueden utilizar siempre y cuando los parámetros analizados tengan características similares, es decir, las ecuaciones son válidas para suelos clasificados según la SUCS como: arcillas de alta plasticidad (CH) y arcillas de baja plasticidad (CL) y de acuerdo a la AASHTO para suelos: arcillosos (A - 7 - 6 y A - 7 - 5), además que presenten un límite líquido de 35% a 97% e índice de plasticidad entre 13% - 63% [5]



### **1.1.2. Justificación**

Los estudios de suelos han sido fundamentales para garantizar la funcionalidad de toda estructura u obra civil. Las correlaciones entre el ensayo de CBR y las Propiedades Índice han sido adoptadas por el Ministerio de Obras Públicas o entidades correspondientes referentes a las obras civiles de varios países del mundo como Estados Unidos, India, Chile, etc. Para la determinación de resultados más confiables, más rápidos y eficientes [6].

La mayoría de las vías en Ecuador son construidas con pavimento flexible, en las cuales el ensayo de CBR determina el Módulo de Resiliencia (MR) de los suelos, el cual permite realizar el diseño de dichos pavimentos [7].

El CBR es un ensayo de carga aplicada a la superficie el cual establece una clasificación del suelo y el tipo de superficie. El ensayo se puede realizar con muestras in situ o de laboratorio [8]. Mientras que, para obtener los parámetros fundamentales del suelo es necesario realizar ensayos de densidad, propiedades índices y propiedades mecánicas [9] .

La correlación entre las propiedades índice y mecánicas del suelo tiene el propósito de agilizar y facilitar los procedimientos de ensayos los cuales permitan dar mejores y rápidos resultados. Para determinar una correlación entre las propiedades índice del suelo y el ensayo CBR es necesario tener en cuenta varios aspectos fundamentales como el tipo de suelo, la Densidad Seca, los Límites Atterberg, el Contenido de Humedad, etc.[10].

Con estos antecedentes el fin de la presente investigación es obtener las correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Montalvo y Totoras. Con esto se complementa el estudio macro de las propiedades de los suelos de las parroquias rurales del cantón Ambato, y que de esta manera la obtención del CBR sea más rápida y a un costo moderado, ya que este valor es uno de los principales factores en el diseño de un pavimento flexible.

### 1.1.3. Fundamentación Teórica

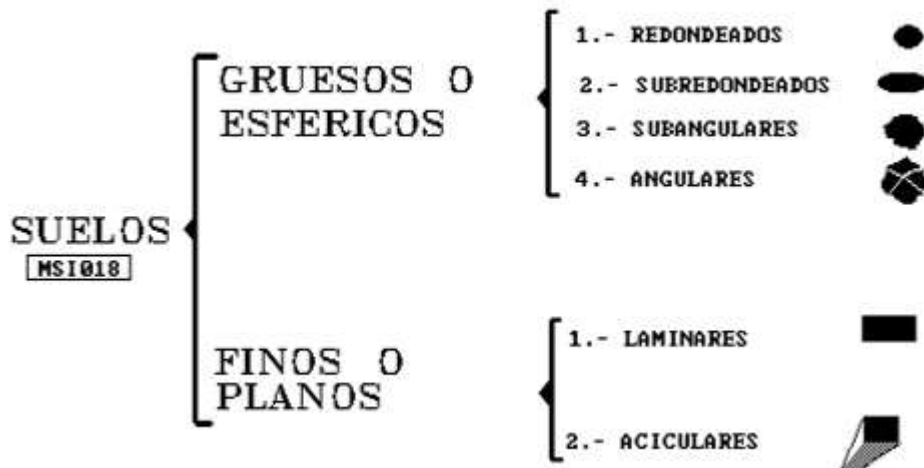
#### 1.1.3.1. Definición de los Suelos

Los suelos son la parte superficial de la corteza terrestre, proviene de la desintegración o alteración física o química de las rocas. Para la ingeniería civil es un agregado natural no cementado, constituido por granos minerales y materia orgánica en descomposición, con líquido y gas en los espacios vacíos entre sus partículas. [11]

#### 1.1.3.2. Clasificación General de los Suelos

Los suelos considerando el tamaño de las partículas se clasifican en: suelos gruesos aquellos que mediante granulometría no pasan más del 50% de la muestra en el tamiz #200 y son suelos finos los que más del 50% de la muestra pasa del tamiz #200[12].

Las partículas dependiendo el tipo de suelo pueden ser: redondeadas, subredondeadas, subangulares y angulares.



**Figura 1.** Estructura de las partículas en los suelos

**Fuente:** M. Sc. Ing. Mantilla N., F. “Mecánica de Suelos I”

#### Suelos Granulares o Gruesos

Se encuentran dos grandes grupos que son: las gravas y las arenas, representados por las letras G y S, respectivamente, que corresponden a las iniciales de sus nombres ingleses [12].

Mediante granulometría se diferencia cada grupo, si no pasan más del 50% de la muestra el tamiz #4 se considera una grava y si más del 50% de la muestra pasa del

tamiz #4 es una arena. Es decir, el tamaño de las partículas de un suelo gravoso se encuentra entre 7.62 cm y 2.0 mm, mientras que de las de un suelo arenoso entre 2.0 mm y 0.05 mm. [12].

### **Suelos cohesivos o finos**

En este caso se presentan dos grupos que son: los limos y las arcillas, se diferencian entre ellos por su grado de plasticidad. En lo que respecta a tamaño de las partículas para suelos limosos se encuentra entre 0.05 mm y 0.005 mm, mientras que para suelos arcillosos no superan los 0.005 mm.[12].

### **Cangahua**

Suelo fino de origen volcánico que se caracteriza debido a que en estado seco se convierte fácilmente en polvo fino, mientras que mojado se vuelve tenaz, resistente y resbaloso [13].

#### **1.1.3.3. Sistema de clasificación SUCS de los suelos**

La American Standard of Testing Materials (ASTM D 2487, 2011) recomienda la clasificación SUCS que se basa en el análisis de laboratorio por granulometría y plasticidad [1].

Casagrande (1948) para este método de clasificación propone dividir a los suelos en dos grupos:

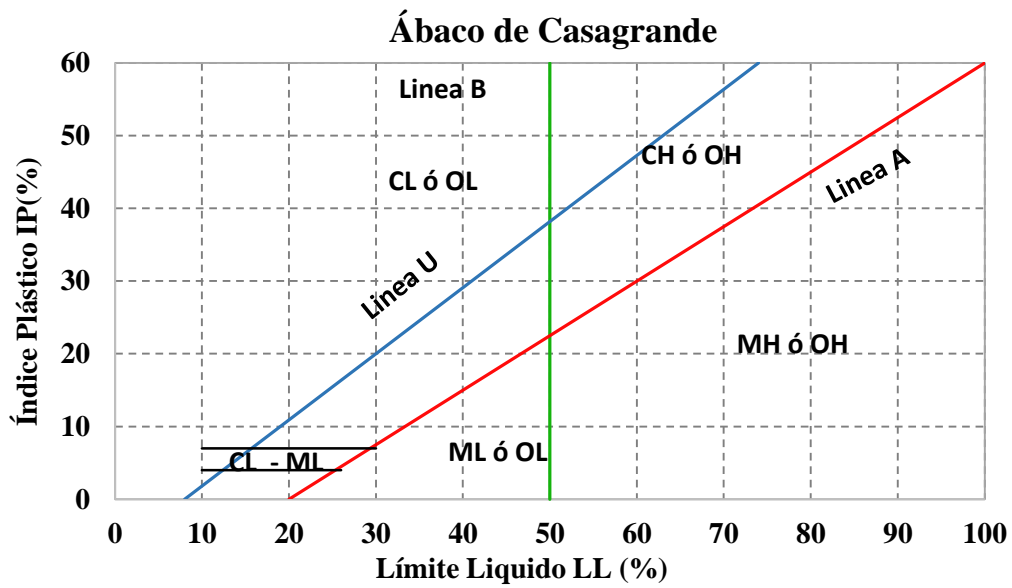
1. La gravas y arenas (suelos de partículas gruesas), que se caracterizan porque menos del 50% pasa a través del tamiz N° 200; se representan mediante dos letras mayúsculas G y S, para gravas y arenas respectivamente [1].
2. Los limos y arcillas (suelos de partículas finas), que se caracterizan porque más del 50% pasa a través del tamiz N° 200, se representan mediante letras mayúsculas: M (limos), C (arcillas) y O (limos y arcillas orgánicos) [1].

Además, se utilizan otros símbolos para identificar si el suelo es bien graduado (W) o mal graduado (P); de alta plasticidad (H) o de baja plasticidad (L) [1].

**Tabla 1.** Sistema de clasificación SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLOS DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
<b>SUELOS DE GRANO GRUESO</b> (más de 50% del material retenido en tamiz #200)	<b>GRAVAS</b> (más de 50% de fracción gruesa <b>RETENIDA</b> en el tamiz #4)	<b>Gravas limpias</b> (sin o con pocos finos)	GW	Gravas bien graduadas	Según el % que pase tamiz #200 < 5 % » GW, GP, SW, SP > 12 % » GM, GC, SM, SC 5 - 12 % es necesario usar doble símbolo	Cu=D60/D10 > 4 Cc= (D30) <sup>2</sup> /D10*D60 1<Cc<3 No cumple requisitos de gradación para GW
		<b>Gravas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas		
			GM	Gravas limosas		
		<b>ARENAS</b> (más de 50% de fracción gruesa <b>PASA</b> el tamiz #4)	<b>Arenas limpias</b> (pocos o sin finos)	GC		Gravas arcillosas
	SW			Arenas bien graduadas		
	<b>Arenas con finos</b> (apreciable cantidad de finos)		SP	Arenas mal graduadas		IP < 4 Doble símbolo para 4 < IP < 7
			SM	Arenas limosas		
			SC	Arenas arcillosas		
			IP > 7			
	<b>SUELOS DE GRANO FINO</b> (más de 50% pasa tamiz #200)	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LL < 50	ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas		
CL			Arcillas inorgánicas			
OL			Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas			
<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> LL > 50		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos			
		CH	Arcillas inorgánicas			
		OH	Arcillas orgánicas			
		<b>SUELOS MUY ORGÁNICOS</b>		PT	Turbas	

**Fuente:** Norma ASTM D2487-98



**Figura 2.** Ábaco de Casagrande "Carta de Plasticidad"

**Fuente:** Norma ASTM D2487-98

#### 1.1.3.4. Clasificación AASHTO

La clasificación propuesta por la AASHTO se basa en la Norma ASTM D 3282 (2015), considerando esto se tiene que los suelos se clasifican en 7 grupos principales A – 1 a A – 7; los cuales se dividen de la siguiente manera: A – 1, A – 2 y A – 3 para materiales granulares, es decir, que pasan a través del tamiz N° 200 el 35% o menos; mientras que A – 4, A – 5, A – 6 y A -7 para aquellos suelos que pasan el 35% o más el tamiz N° 200, estos últimos son propios de los limos y arcillas. [1]

**Tabla 2.** Sistema de clasificación AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz N°200)							Materiales Limo - Arcillosos (Más de 35% pasa el tamiz N°200)				
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7	
SUB - GRUPOS	A - 1a	A - 1b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
% que pasa el tamiz												
N° 10 (2mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 200 (0.0075mm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características del material que pasa el tamiz N° 40												
Límite Líquido	-		N. P	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	41 min.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min. IP≤LL-30; LP<30	11 min. IP>LL-30; LP≥30
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Tipos de Material	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Calidad (Subrasante)	Excelente a buena							Regular a mala				

Fuente: ASTM D 3282 (2015),

### **1.1.3.5. Ensayos de Campo y de Laboratorio**

#### **1.1.3.5.1. Ensayos en Campo**

Son estudios que se realizan sobre el terreno o campo que se desea analizar con la finalidad de establecer un reconocimiento visual del tipo de suelo con el que se va a trabajar [14], en los ensayos de campo se presentan dos tipos:

- Ensayos Directos: que engloban la observación del suelo en su entorno natural, la obtención de muestras y la ejecución de ensayos in situ [14].
- Ensayos Indirectos: son aquellos que permiten recopilar información del subsuelo sin la necesidad de tener un contacto directo con el mismo, ni de extraer algún tipo de muestra, entre ellos están: fotogeología, métodos sísmicos, eléctricos, magnetos métricos, gravimétricos y radiométricos [14].

#### **1.1.3.5.2. Ensayos en laboratorio**

Son las pruebas realizadas en base a las muestras obtenidas en el terreno, para complementar las propiedades del suelo establecidas con los ensayos de campo. Dependiendo del ensayo de laboratorio a realizar se exige la cantidad y calidad de la muestra, éstos pueden ser: ensayos de identificación, de estado, de permeabilidad, de cambio de volumen y de resistencia [14].

#### **1.1.3.6. Muestreo de suelo**

Permite determinar las propiedades de los suelos en un laboratorio se requiere tomar muestras representativas que faciliten inspeccionar todas sus características y sobretodo de repetir, en caso, de que sea necesario algún ensayo [14].

Se distinguen dos tipos de muestras: alteradas, aquellas en las que no es necesario conservar las características propias en campo del suelo y las inalteradas en las que se debe cuidar que las condiciones del suelo no cambien [14].

#### **Pozo a Cielo Abierto**

Considerado un muestreo superficial, de gran apertura por parte de la Ingeniería Civil para la obtención de muestras alteradas de suelo. Se lo realiza de forma manual con ayuda de herramientas comunes como pico y pala. Durante la extracción de la muestra es recomendable realizar un registro de campo [14].

**Tabla 3.** Tarjeta de Identificación de Campo (lado anverso)

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b>	
<b>OBRA:</b>	
<b>LOCALIZACIÓN:</b>	
<b>SONDEO N°:</b>	<b>NIVEL FREÁTICO:</b>
<b>POZO N°:</b>	<b>SI ( ) NO ( )</b>
<b>PROFUNDIDAD:</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b>
<b>MUESTRA TOMADA POR:</b>	<b>FECHA:</b>

**Fuente:** Pontificia Universidad Católica del Ecuador, “MANUAL VISUALIZADO DE MECÁNICA DE SUELOS”

**Tabla 4.** Tarjeta de Identificación de Campo (lado reverso)

<b>DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN S.U.C.S:</b>
<hr/>
<b>MUESTRA:</b>
<b>ALTERADA: ( )      INALTERADA: ( )</b>
<b>OBSERVACIONES:</b> _____
<hr/>

**Fuente:** Pontificia Universidad Católica del Ecuador, “MANUAL VISUALIZADO DE MECÁNICA DE SUELOS”

### 1.1.3.7. Propiedades de los suelos

El comportamiento de los suelos depende de sus propiedades, por lo que es indispensable determinarlas para realizar un manejo y uso eficaz del suelo [14].

Algunas propiedades afectan a toda la masa del suelo y se refleja en su aspecto físico, otras evidencian los fenómenos relacionados con la superficie de las partículas y sus comportamientos debido a su composición [14].



De esta manera se puede evidenciar dos tipos de propiedades:

- Propiedades Índice
- Propiedades Mecánicas

### 1.1.3.7.1. Propiedades Índice

#### 1.1.3.7.1.1. Gravedad específica del suelo (Gs)

Conocida como densidad específica de sólidos y es la relación entre la densidad del suelo y la densidad del agua, el valor obtenido es adimensional y nos permite clasificar la muestra de suelo ensayada [12].

Para el cálculo de la gravedad específica se requiere utilizar los valores estandarizados de correlación de temperatura “K” obtenidos de la calibración del matraz [12].

**Tabla 5.** Tabla de Corrección de temperatura

<b>VALOR DE K EN FUNCION DE LA TEMPERATURA O VARIACION DEL <math>\gamma_w(\text{gr/cm}^3)</math> RESPECTO A LA TEMPERATURA EN GRADOS CENTÍGRADOS.</b>										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	0.9999	0.9999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.9999	0.9999	0.9999
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9968	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9161	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.9640	0.9633	0.9623	0.9619	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

**Fuente:** Mecánica de Suelos I de Juárez Badillo

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

**Figura 3.** Valores Típicos de Gravedad Específica de varios suelos

**Fuente:** Djoenaidi (1985) apud Bardet, 1997

#### 1.1.3.7.1.2. Relación de vacíos (e)

Se define como la relación entre el volumen de espacios vacíos y el volumen de las partículas sólidas en una masa de suelo [12].

Se puede establecer ciertos rangos para suelos granulares:

Arena bien graduada:

$$e = 0,43 - 0,67$$

Arena uniforme:

$$e = 0,51 - 0,85$$

#### 1.1.3.7.1.3. Porosidad (n)

Es el porcentaje del volumen del suelo que se encuentra ocupado por poros, es decir, el que no está ocupado por sólidos. Esta propiedad se determina en muestras de suelos imperturbados con la finalidad de evitar que se altere la ubicación de las partículas y afecte directamente el valor de la porosidad [15].

Si se obtiene porcentajes bajos de porosidad se considera que el suelo está altamente consolidado, mientras que porcentajes altos de porosidad indica un suelo altamente compresible [15].

#### **1.1.3.7.1.4. Contenido de agua (humedad)**

Es una propiedad física del suelo que consiste en determinar la cantidad de agua que contiene y de esta manera poder intuir su comportamiento mecánico. El contenido de humedad se define como la cantidad relativa de agua que se encuentra en un suelo con respecto al volumen del suelo analizado, se expresa en porcentaje [12], [15].

#### **1.1.3.7.1.5. Grado de saturación del agua (Gw%)**

Se define como la relación que existe entre el volumen de agua y el volumen de los vacíos, se expresa en forma porcentual de 0% a 100%, dependiendo si la muestra de suelo está totalmente seca o totalmente saturada [12].

#### **1.1.3.7.1.6. Grado de Saturación del aire (Ga%)**

Es la relación que existe entre el volumen del aire y el volumen de los vacíos, expresado en porcentaje [12].

#### **1.1.3.7.1.7. Límites Atterberg**

Se conocen como límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos, debido que al agregar agua poco a poco a la muestra seca al horno, la misma va cambiando su estado desde: semisólido, plástico hasta llegar al estado líquido [12], [15].

Los Límites Atterberg se obtienen mediante ensayos en el laboratorio y miden la cohesión y el contenido de humedad de suelo, estos límites son:

#### **Límite líquido (LL)**

Es el contenido de agua respecto al peso del suelo seco al horno que se expresa en porcentaje. Para determinarlo se analiza el suelo que ha sido amasado con cierta cantidad de agua, permitiéndole al suelo pasar de un estado semilíquido a un estado plástico y a su vez, adquiriendo de esta manera una cierta resistencia al corte. El ensayo

se lo realiza con la ayuda de la Copa de Casagrande que permite evidenciar como un suelo puede fluir por vibración [12], [15].

### **Límite plástico (LP)**

Cuando el suelo debido a la presencia de agua pasa de un estado plástico a un estado semisólido, llegando al desmoronamiento o rotura. Se define como la capacidad que un suelo tiene de deformarse sin presentar grietas [12].

### **Índice plástico (IP)**

Se define como la diferencia entre el Límite Líquido y el Límite Plástico, se toma en cuenta ciertas excepciones:

Si el LL o LP no pueden ser determinados, se considera el suelo no plástico (NP) [15].

Si el suelo es muy arenoso, el LP deberá determinarse antes del LL [15].

Si el LP no puede ser determinado, indíquese el IP como Np [15].

Cuando el LP es igual o mayor que el LL, indíquese el IP como Np [15].

#### **1.1.3.7.1.8. Densidad de campo**

Permite determinar la densidad o masa unitaria del suelo in situ mediante la utilización del Método del Cono y Arena de Ottawa. Este ensayo, facilita el cálculo del Grado de Compactación del suelo, que se define como la relación porcentual entre la densidad seca en campo y la máxima obtenida en el laboratorio [12], [15]

El Grado de Compactación (GC) es muy útil para establecer el mejoramiento apropiado que requiere el suelo o a su vez, para controlar la calidad de compactación de una subrasante al tratar temas de vialidad [12], [15]

#### **1.1.3.7.1.9. Granulometría**

La granulometría es un análisis que permite determinar características importantes del suelo en base a los tamaños y proporciones de sus partículas; consiste en agrupar los materiales por rangos de tamaño con ayuda de ciertas mallas de aberturas normadas sucesivamente menores [12], [15]

**Tabla 6.** Tamices Estándar

TYLER STANDARD		US. BUREAUSTANDARDS	
MALLA	ABERTURA	MALLA	ABERTURA
NÚMERO	mm	NÚMERO	mm
3"	76.200	4"	101.600
2"	50.800	2"	50.800
-	26.670	1"	25.400
-	18.850	¾"	19.100
-	13.320	½"	12.700
-	9.423	3/8"	9.520
N°3	6.680	¼"	6.350
N°4	4.699	N°4	4.760
N°6	3.327	N°6	3.360
N°8	2.362	N°8	2.380
N°10	1.655	N°10	2.000
N°20	0,833	N°30	0,5
N°35	0,417	N°40	0,42
N°60	0,246	N°50	0,298
N°100	0,147	N°100	0,149
N°200	0,074	N°200	0,074

**Fuente:** M.Sc. Ing. Francisco Mantilla Negrete, "Mecánica de Suelos II"

Los parámetros que se deben tomar en cuenta en la granulometría son:

Diámetro efectivo (D10): se expresa en milímetros y es el tamaño del grupo de partículas que representan al material que pasan en un 10% [15].

Diámetro equiparable (D30): se expresa en milímetros y es el tamaño del grupo de partículas que representan al material que pasan en un 30% [15].

Diámetro dimensional (D60): se expresa en milímetros y es el tamaño del grupo de partículas que representan al material que pasan en un 60% [15].

Coefficiente de uniformidad (Cu): identifica si los suelos son uniformes o no, para ello, cuando el valor de Cu es menor que 5 se consideran suelos muy uniformes, si el Cu está en el rango 5 – 20 es poco uniforme y si Cu supera el valor de 20 es un suelo bien graduado [15].

$$Cu = D_{60}/D_{10}$$

Coeficiente de curvatura (Cc): permite establecer si los suelos están bien o mal graduados. Si el valor Cc está en el rango 1-3 los suelos se consideran como bien graduados, caso contrario se consideran suelos mal graduados [15].

$$Cc = D_{30}^2 / (D_{60} * D_{10})$$

#### **1.1.3.7.2. Propiedades Mecánicas**

##### **1.1.3.7.2.1. Próctor Modificado B**

Es una prueba de laboratorio que tiene como finalidad determinar el peso específico seco  $\gamma_d$  y la humedad óptima  $W_o$  con los que se debería realizar la compactación [16].

El ensayo Próctor fue creado en 1993 por el ingeniero Ralph R. Proctor, el que se basa en la aplicación de energía dinámica. Esta prueba consiste en dejar caer en caída libre a 18 pulgadas un martillo 10 libras, para compactar la tierra en 5 capas de 56 golpes cada una. [1]

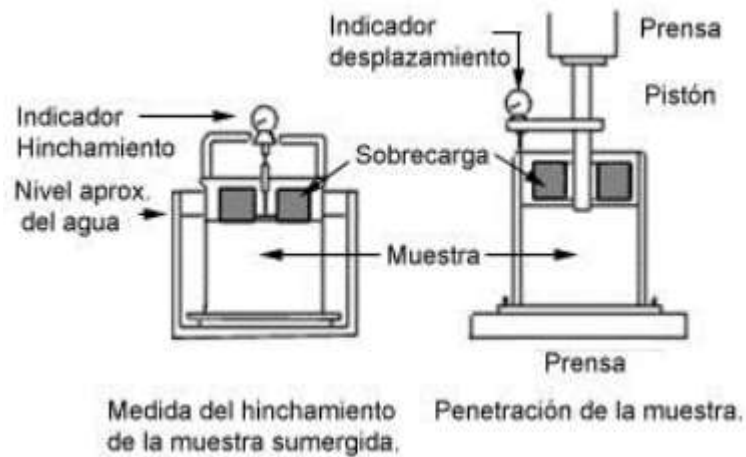
Para determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima, el suelo debe compactarse dentro de un cilindro de volumen conocido, variando la humedad para cuatro muestras diferentes; para obtener así la “Curva de Compactación Próctor” que relaciona las dos propiedades, donde el punto máximo será la densidad en el eje de las ordenadas y la humedad en el eje de las abscisas. [1][17]

##### **1.1.3.7.2.2. Relación de Soporte California – CBR**

Esta prueba tiene sus orígenes en el Departamento de Carreteras de California en los Estados Unidos (1929), es un ensayo de penetración realizado en laboratorio que permite conocer la capacidad que tiene un suelo compactado de soportar una carga constante [18].

El CBR es el ensayo que mide la resistencia al corte de suelo respetando las condiciones de densidad y humedad controladas [18].

La norma ASTM D 1883 (2016) indica que en el ensayo interviene un pistón metálico de 2.80 pulg<sup>2</sup> que penetra a una velocidad constante (0.5 pulgadas/min) la superficie del suelo compactado previo la ejecución del ensayo Próctor.



**Figura 4.** Equipo para el ensayo CBR de laboratorio.

**Fuente:** Sistematización de los Medios de Compactación y su Control (M.O.P.U. 1987)

El ensayo requiere 3 moldes con muestras compactadas de distintas densidades con 3 o 5 capas, además con 11, 25 y 56 golpes del martillo; los mismo que deben ser ensayados en condiciones desfavorables (muestras sumergidas). Los resultados se obtienen una vez expuesta la muestra a la prensa hidráulica, de la cual se debe registrar la carga unitaria en el pistón siendo 0.1 pulgadas y 0.2 pulgadas. [1].

$$CBR(\%) = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100$$

**Tabla 7.** Ejemplo de valores de penetración y carga unitaria patrón

Penetración (pulg)	Carga unitaria patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

**Fuente:** Manual de Laboratorio de Suelos (Bowles, 1981)

EL ensayo CBR permite establecer una relación entre el comportamiento de los suelos y su utilización en capa de sub base y sub rasante en el diseño de pavimentos. [19]

**Tabla 8.** Clasificaciones típicas de suelos con valores CBR

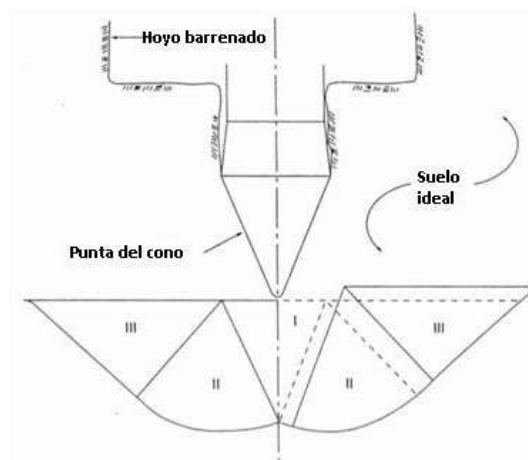
CBR%	Clasificación General	Usos	SUCS	AASHTO
0 – 3	Muy pobre	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Pobre a regular	Sub rasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Regular	Sub base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Bueno	Base, sub base	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

**Fuente:** El Manual del Asfalto (The Asphalt Institute, 1962)

### 1.1.3.7.2.3. Penetración dinámica de cono – DCP

El ensayo de penetración dinámica de cono se realiza como un método de reconocimiento del terreno, que consiste en la penetración de una punta cónica de acero la cual se encuentra unida a una varilla de mismo material [1].

Es considerado un ensayo de corte por la deformación de suelo que produce al introducirse la punta de manera sucesiva, el momento previo a la penetración el suelo se encuentra en un estado elástico (equilibrado), y conforme se va introduciendo dentro de la superficie pasa a un estado plástico (zona I). La medición que se obtiene del DCP de campo se estima como un CBR in – situ, éste no posee una relación directa con el CBR en laboratorio [18].

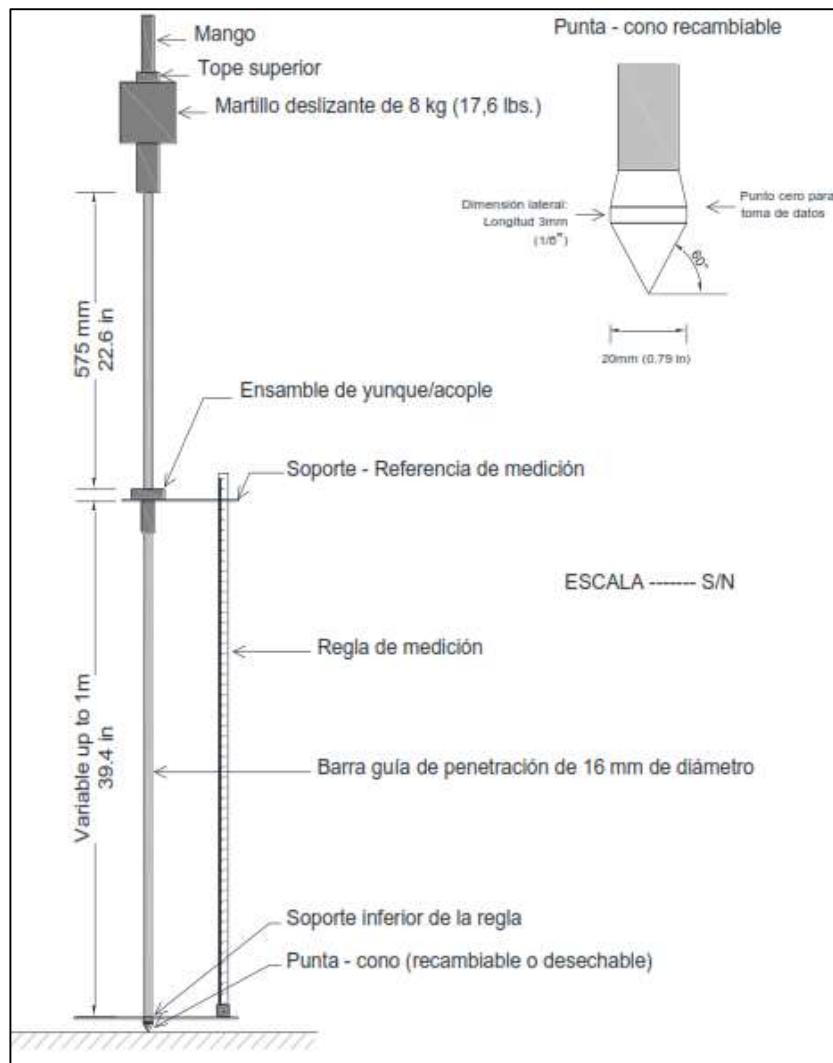


**Figura 5.** Límites teóricos de la falla plástica

**Fuente:** Publicación técnica especial ASTM #399



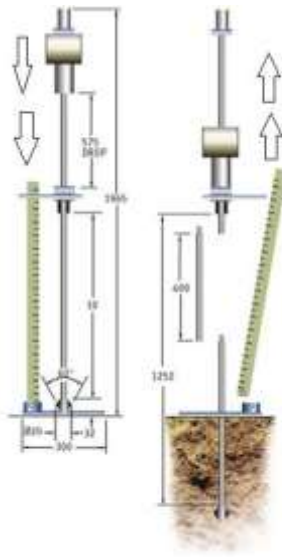
El equipo para realizare el ensayo está conformado por una barra de acero con diámetro de 5.8” y en su parte inferior posee una punta cónica removible, el mazo con un peso de 8 kg se deja caer de una altura de 22.6”, además presenta un ensamblaje de acople, empuñadura y una regla de medición en cm. La punta cónica tiene un ángulo de 60° y diámetro de 0.79” [1].



**Figura 6.** Esquema del Cono Dinámico de Penetración

**Fuente:** Norma ASTM D 6951 -03

La ejecución del ensayo consiste en colocar el equipo perpendicularmente al suelo con la regla encerada para mejor precisión en la lectura de la penetración, seguidamente se alza la pesa y se suelta (caída libre). Los resultados obtenidos del ensayo se basan en el número de golpes que se requieren para que la punta penetre una profundidad requerida, los datos se los apunta golpe a golpe y en milímetros [1].

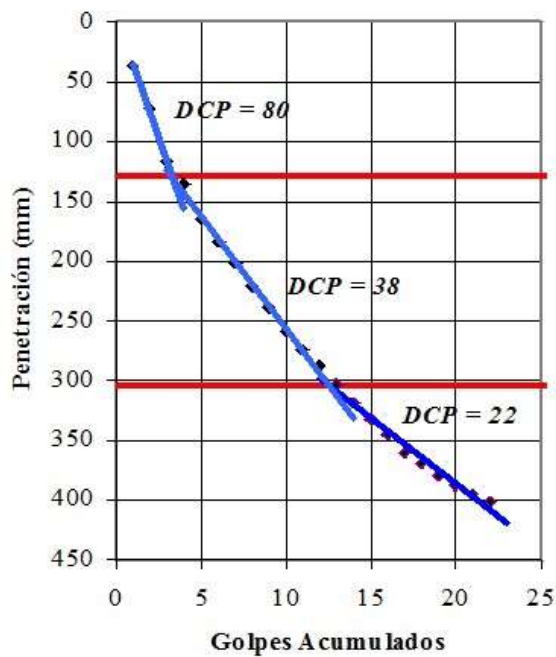


**Figura 7.** Ensayo DCP in situ

**Fuente:** Dynamic Cone Penetrometer (Controls Groups)

### Interpretación de resultado del DCP

- **Curva DCP:** es la gráfica que permite representar la penetración acumulada en relación con los golpes acumulados, mediante ésta se puede identificar los diferentes estratos de suelo con sus respectivos espesores diferenciándolos por medio de la pendiente de cada tramo graficado. [1]



**Figura 8.** Curva DCP con tres estratos de suelo

**Fuente:** “Manual de pavimentos” Ing. Milton Torres

- **Número o Índice del DCP:** sus unidades son mm/golpe, al graficar se evidencia el valor como la pendiente de la recta y ésta es inversamente proporcional a la resistencia del suelo[19].
- **Diagrama estructural:** se basa en la curva DCP donde se grafica el número DN con la profundidad, representadas en los ejes de abscisas y ordenadas, respectivamente. Mediante este gráfico se puede identificar las propiedades del suelo como uniformes en el caso que sean constante el DN, caso contrario las propiedades variarían dependiendo de la humedad, densidad o cambio de estrato[18].
- **Número estructural DSN:** es el número que se requiere para que la punta cónica penetre una profundidad específica [19].

### 1.1.3.8. Regresión y Correlación

#### 1.1.3.8.1. Análisis de Regresión

El análisis de regresión es la parte de la estadística que tiene como finalidad determinar una ecuación matemática que permita describir la relación que existe entre dos variables. Para ello se desarrollan procedimientos que hagan inferencias en los parámetros de modelo y de esta manera obtener el coeficiente de correlación (medida cuantitativa). [20][21]

La línea ideal o función matemática obtenida cuando se tiene una sola variable independiente puede expresarse mediante las siguientes ecuaciones:[21]

**Tabla 9.** Tipos de funciones matemática en regresiones

<b>Tipo de función matemática</b>	<b>Ecuación</b>
Recta o función lineal	$Y = bx + c$
Parábola de segundo grado	$Y = ax^2 + bx + c$
Función exponencial	$Y = cb^x$
Función potencial	$Y = cx^b$

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### Media Aritmética

La media aritmética es el promedio de los valores con respecto a una sola variable, es decir, es la suma de todos los valores dividido para el tamaño muestral.[22]

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

### Varianza

Se entiende como la media aritmética de los cuadrados de las desviaciones típicas de todos los datos respecto a su media aritmética, en fin es la encargada de medir la dispersión a partir de los cuadrados de las desviaciones.[22]

$$S_X^2 = \frac{\sum X_i^2 - n\bar{X}^2}{n} \quad S_Y^2 = \frac{\sum Y_i^2 - n\bar{Y}^2}{n}$$

### Desviación Típica

Es la raíz cuadrada positiva de la varianza, se caracteriza por tener las mismas unidades que la variable analizada. [22]

$$S_X = \sqrt{S_X^2} \quad S_Y = \sqrt{S_Y^2}$$

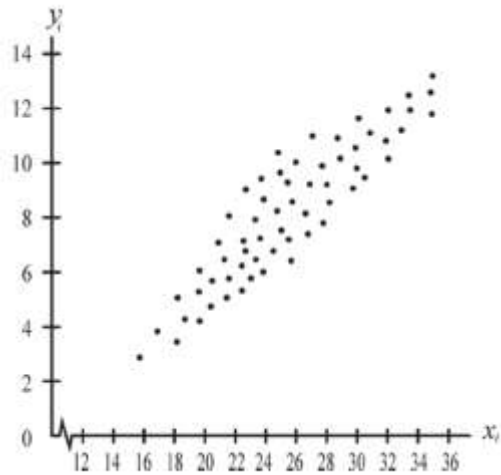
### Covarianza

Se lo conoce como el coeficiente de variación, es la división entre la desviación típica y la media de una variable estadística. Es un valor adimensional, y es imposible usarla cuando las variables analizadas presentan valores negativos o en el caso de que sean cero “0”. [22]

$$Cov = \frac{\sum X_i Y_i}{n} - \bar{X}\bar{Y}$$

### Diagramas de dispersión

Los valores correspondientes a la variable dependiente e independiente se representan en un plano cartesiano, a esta representación gráfica se la conoce como: diagrama de dispersión, de esparcimiento o nube de puntos. Mediante la regresión se busca unir varios de los puntos para generar una línea que puede ser rectilínea, parabólica, exponencial. [21]



**Figura 9.** Nube de puntos o diagrama de dispersión

**Fuente:** “Estadística y Muestreo”, Ciro Martínez.

### 1.1.3.8.2. Análisis de Correlación

El análisis de correlación describe el grado o fuerza con que se produce esta relación, para ello se utilizará una medida conocida como coeficiente de correlación o correlación de Pearson.

### 1.1.3.8.3. Regresión y correlación lineal

En el análisis de regresión es recomendable utilizar la línea recta debido a su simplicidad en el cálculo matemático, la ecuación con la que se identifica es: [21]

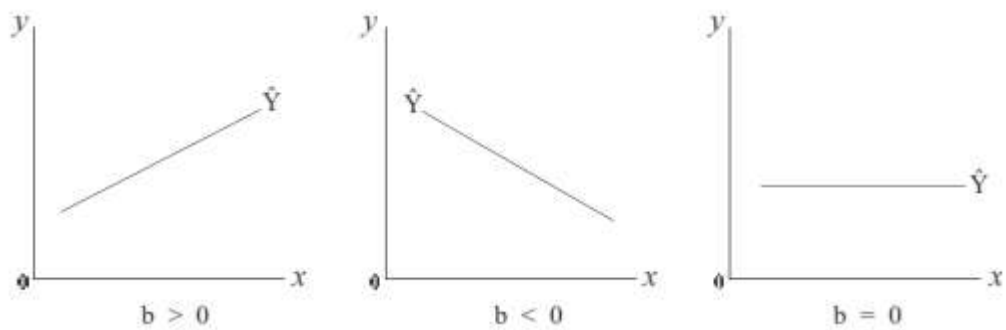
$$Y = bx + c$$

Donde:

Y → denominada como variable dependiente, es la variable que se va a calcular en función de otra variable que supuestamente se conoce. [21]

X → denominada como variable independiente, es la variable que supuestamente se conoce. [21]

b → denominado coeficiente angular, indica la pendiente, es decir, el grado de inclinación de la recta con lo cual se puede determinar si la recta crece o decrece. [21]



**Figura 10.** Representación del coeficiente angular o pendiente de la recta

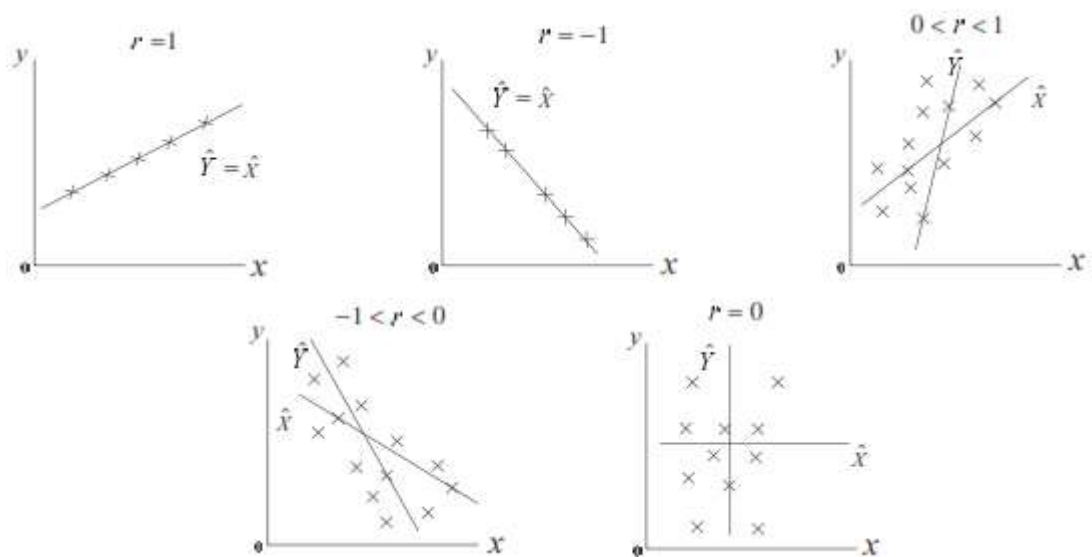
**Fuente:** “Estadística y Muestreo”, Ciro Martínez.

#### 1.1.3.8.4. Coeficiente de correlación o de Pearson

En lo que respecta al coeficiente de correlación lineal “r” se caracteriza por ser un valor adimensional, trabaja con un rango de -1 a 1, estos valores se interpretan de tal modo que si se acercan a la unidad sea positiva o negativa se considere una relación lineal fuerte y a su vez cuando se acerque a cero “0” se podría afirmar que no existe relación lineal entre las variables. [23]

$$r = \frac{\text{Covarianza}}{S_X S_Y}$$

$$r = \sqrt{R^2}$$



**Figura 11.** Comportamiento del coeficiente de correlación

**Fuente:** “Estadística y Muestreo”, Ciro Martínez.

Los valores obtenidos de la correlación se los pueden clasificar en los siguientes rangos:

**Tabla 10.** Rangos de los valores de la correlación

<b>Denominación</b>	<b>Rangos</b>
Perfecta	$r = -1$
Excelente	$-/+ 1 < r < -/+0.90$
Aceptable	$-/+ 0.90 < r < -/+0.80$
Regular	$-/+ 0.80 < r < -/+0.60$
Mínima	$-/+ 0.60 < r < -/+0.30$
Correlación	$-/+ 0.30 < r < 0$

**Fuente:** “Estadística y Muestreo”, Ciro Martínez.

#### 1.1.3.8.5. Método de mínimos cuadrados

Es un método de estimación, mediante el cual las cantidades a estimar son determinadas, minimizando la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores independientes ( $X_i$ ) y los valores dependientes ( $Y_i$ ). [21]

$$\sum e_i^2 = \sum (X_i - Y_i)^2 = \text{mínimo}$$

Donde:

$e \rightarrow$  valor considerado como el error que se puede cometer en la estimación, el cual se busca sea siempre el mínimo en relación a los otros modelos, con la finalidad que proporcione una buena representación de los puntos por la línea de regresión establecida. [21]

- **Recta de mínimos cuadrados**

La recta de mínimos cuadrados que aproxima el conjunto de  $n$  puntos, se representa mediante la siguiente ecuación: [19]

$$Y = a_0 + a_1X$$

Las constantes  $a_0$  y  $a_1$  se determinan mediante el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\sum Y = a_0N + a_1 \sum X$$

$$\sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

### 1.1.3.8.6. Coeficiente de determinación

En lo que respecta a coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” indica el grado de ajuste de la recta de regresión a los valores de la muestra, es decir es aquel coeficiente que mide la proporción que tiene la varianza y que se explica con la ecuación de regresión.[21]

El coeficiente de correlación al cuadrado se caracteriza porque trabaja en un rango de  $0 \leq R^2 \leq 1$ , interpretándose que si R<sup>2</sup> es igual a la unidad la correlación es perfecta y en el caso que se acerque al cero “0” se tiene que no existe una correlación entre variables. [21]

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$R^2 = \frac{\text{Covarianza}^2}{S_X^2(S_Y^2)}$$

### 1.1.3.8.7. Correlación múltiple lineal

Existen situaciones abarcan más de dos variables y éstas se analiza mediante la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Los valores de a<sub>0</sub>, a<sub>1</sub> y a<sub>2</sub> corresponden a constantes numéricas. En la representación gráfica de esta regresión Y se mantiene constante en la ecuación, y los valores de X y Z forman una recta con pendiente a<sub>1</sub>. [19]

Mediante el método de mínimos cuadrados, se puede establecer una aproximación de los datos, en el caso que se esté estimando Z de valores conocidos X e Y, lo que se consideraría como el plano de regresión de Z sobre X e Y. [19]

Las ecuaciones normales en que basa el método de mínimos cuadrados son:

$$\begin{aligned} \sum Z &= a_0N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y \\ \sum XZ &= a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY \\ \sum YZ &= a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2 \end{aligned}$$



### **1.1.3.9. Pavimentos**

#### **1.1.3.9.1. Análisis de Tráfico**

- **Tráfico**

Los datos del tráfico son fundamentales para el diseño de una carretera o un tramo de la misma, cuya finalidad es comparar la capacidad o volumen máximo de vehículos que una carretera puede soportar, y de esta manera evitar un congestionamiento vehicular en un futuro. [24]

Al analizar el tráfico se debe tomar en cuenta el tráfico actual y el tráfico futuro, estos dos son mucho más fáciles de contabilizar y calcular respectivamente, cuando los proyectos viales engloban mejoramientos viales o construcción de vías alternas entre dos puntos previamente conectados.[24]

- **Tráfico promedio diario anual**

El tráfico promedio diario anual conocido por sus siglas como TPDA es la representación de la cantidad total de tránsito que circula por una vía durante el transcurso de un año calendario (365 días). Su obtención se basa principalmente en el método de medición continua automática. [25]

Según la noma de MTOP, para el cálculo del TPDA se debe considerar lo siguiente:

1. En las vías que presenten un solo sentido de circulación el tráfico considerado será el contado en el sentido existente. [24]
2. En las vías que presenten dos sentidos de circulación, se tomará el volumen de tráfico en las dos direcciones. Generalmente en este tipo de vías, al final del día se suele obtener una cantidad de vehículos semejante para cada sentido. [24]
3. Con relación a las autopistas, el TPDA se calcula para cada sentido de circulación, debido que en ellas interviene el flujo direccional (porcentaje de vehículos en cada sentido de la vía), lo que determina composiciones y volúmenes de tráfico diferentes en un mismo periodo. [24]

- **Tipos de conteos vehiculares**

1. Manuales: adecuado para mediciones de tráfico en períodos cortos. La precisión y la veracidad de los resultados obtenidos en el conteo, depende principalmente de: experiencia, supervisión y adiestramiento de las personas que se encuentren a cargo de su ejecución. Se recalca que la contabilización es recomendable realizarla en intervalos de 15 minutos cuando se tiene fines de simulación o modelación. [25]
2. Automáticos: se basa en la utilización de instrumentos automatizados, la duración del conteo depende de su finalidad que puede ser alimentar una base de datos o recolectar información para un proyecto en específico, para lo cual se utilizan estaciones permanentes y temporales, respectivamente. Existen equipos simples que cuentan el número de ejes totales que pasan por un punto determinado de la vía y otros más sofisticados que recolectan información sobre la dirección, longitud del vehículo, rangos de velocidad, número de ejes por vehículo y su distancia. [25]

- **Tráfico actual (TA)**

Se considera como tráfico actual al número de vehículos que circulan por una carretera antes de ser mejorada o a su vez, la cantidad que circularía cuando la misma esté en funcionamiento brindando servicio a los usuarios. [24]

- **Tráfico futuro (TF)**

EL tráfico futuro para diseños se lo realiza con una predicción de 15 a 20 años, en base a la tasa de crecimiento poblacional o al consumo de combustibles, ya que se busca acomodar el diseño para el volumen de tránsito que se espera que se presente en el último año de vida útil de la vía, considerando un mantenimiento adecuado. [24]

$$T_f = T_a * (1+i)^n$$

Donde:

Tf = tráfico futuro

Ta = tráfico actual

i = tasa de crecimiento del tráfico

n = número de años proyectados

**Tabla 11.** Índice de crecimiento de tráfico de vehículos

Índice de crecimiento de tráfico (%)			
Período	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2025 - 2030	3.25	1.62	1.58
2030 - 2035	3.25	1.62	1.58
2035 - 2040	3.25	1.62	1.58

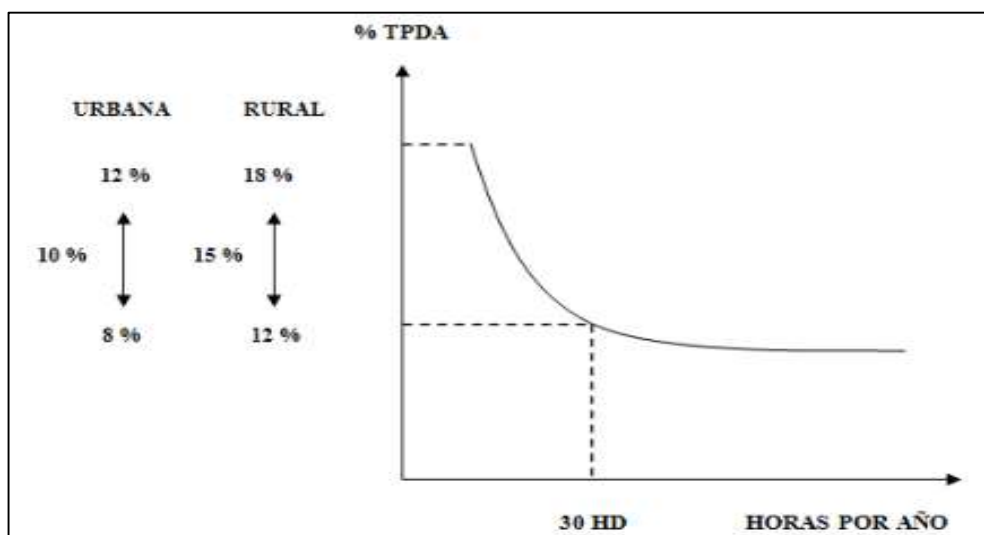
**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas, “Manual de diseño geométrico de carreteras (2003)”

- **Volumen de hora pico**

Se entiende como volumen de hora pico a la cantidad de vehículos: livianos, buses y camiones; que circulan por una carretera en la hora de tránsito más intensa. [25]

- **Trigésima hora de diseño**

De acuerdo al análisis de la trigésima hora de diseño, la hora pico para carreteras rurales se sitúa entre el 12% y 18% del TPDA (término medio de 15%) y las carreteras urbanas poseen un rango entre de 8% y 12% del TPDA (término medio 10%). [26]



**Figura 12.** Arco de la hora pico

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas, “Normas de diseño Geométrico de Carreteras (2003)”

- **Factor de hora pico**

El factor de hora pico (FHP) se encuentra en un rango de 0.25 a 1.0. Considerando que mientras el tráfico sea uniforme en toda la hora pico se tomará la unidad y en el caso de que sean distintas se asumirá valores menores, alrededor del 0.85. [27]

$$FHP = \frac{\text{Total de Vehículos}}{4 * (\text{Mayor tráfico en 15 minutos})}$$

### 1.1.3.9.2. Clasificación nacional de la red vial

- **Por la capacidad (Función del TPDA)**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) se ha encargado de clasificar de forma tradicional las carreteras de acuerdo al grado de importancia, volumen de tráfico y número de calzadas. [24]

**Tabla 12.** Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado

Función	Clase de carretera según el MTO	TPDA (Año final de diseño)
Corredor Arterial	R-I o R-II (Autopistas)	> 8000
	I	3000 - 8000
	II	1000 - 3000
Vías Colectoras	III	300 - 1000
	IV	100 - 300
Caminos Vecinal	V	< 100

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Normas de diseño Geométrico de Carreteras (2003)”

- **Por la jerarquía de la red vial**

1. Corredor arterial: pertenecen a la clase I y II, se caracterizan por tener la jerarquía más alta y tener su calzada dividida (dos sentidos), al ser de gran importancia y demanda se presentan de manera constante controles de circulación y de acceso. [24]

2. Vías colectoras: pertenecen a la clase I, II, III y IV; se caracteriza porque reciben el tráfico de los caminos vecinales, es decir, tienen una demanda moderada. [24]
3. Caminos vecinales: pertenecen a la clase IV y V; se caracterizan por tener una demanda vehicular baja, engloba a todas las vías que no se incluyen en las denominaciones anteriores. [24]

- **Por las condiciones orográficas**

Las condiciones orográficas se refieren a la tipificación de las carreteras en función del relieve natural del terreno, considerando la máxima inclinación media de la línea de máxima pendiente. [25]

**Tabla 13.** Denominación de carreteras por condiciones orográficas

<b>Tipo de relieve</b>	<b>Máxima inclinación media</b>
Llano	$i < 5$
Ondulado	$5 < i \leq 15$
Accidentado	$15 < i \leq 25$
Muy accidentado	$25 < i$

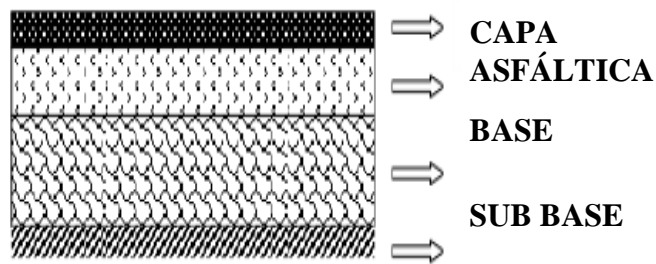
**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Normas para Estudios y Diseños Viales – NEVI – 2A (2013)”

- **Por el número de calzadas**

1. Carreteras con calzada separada: presentan dos sentidos de circulación vehicular y para cada sentido tienen calzadas diferentes, la separación es física entre ambas (no las marcas menores a 15 cm). [25]
2. Carreteras de calzada única: presentan dos sentidos de circulación vehicular y comparten la misma calzada, es decir, no presentan una separación física. [25]

### 1.1.3.9.3. Clasificación de los pavimentos

- **Pavimento flexible**: se caracterizan por tener una capa de rodadura formada por una capa bituminosa de asfalto con una resistencia alta frente a los ácidos, álcalis y sales. Además, tiene la capacidad de adaptarse a las deformaciones que está expuesto el suelo natural (subrasante) sin que aparezcan tensiones adicionales. [10]  
[13]

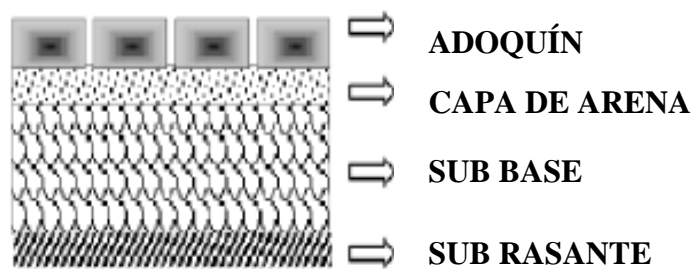


**Figura 13.** Estructura típica de un pavimento flexible

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

- **Pavimento semi-rígido:** posee características similares al pavimento flexible, con la diferencia que una de sus capas granulares, se rigidiza artificialmente con un aditivo que puede ser asfalto, cemento, emulsión, cal (cuando existe mucha humedad) y químicos. [28]
- **Pavimento rígido:** se caracterizan por tener la capa de rodadura de hormigón, lo que no permite que este pavimento se adapte a las deformaciones del suelo. [28]

**Pavimento articulado:** se asemejan a los pavimentos flexibles ya que su capa de rodadura puede adaptarse a las deformaciones del suelo, pero se diferencia por el tipo de material que la constituye ya que está elaborada con bloques de concreto prefabricado (adoquines) o a su vez por un empedrado. [28]



**Figura 14.** Estructura típica de un pavimento flexible

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### 1.1.3.9.4. Capas que conforman la estructura de pavimento Flexible

- **Sub-rasante o suelo de fundación:** es la capa de suelo natural que se encarga de soportar las cargas que transmite el pavimento y de brindarle sustentación, además se le considera como el cimiento del pavimento, siempre y cuando haya cumplido con: finalizar el movimiento de tierras, la compactación y con las pendientes establecidas. El espesor del pavimento depende principalmente de esta capa, ya que si la calidad de ésta es buena el espesor disminuye, caso contrario aumentará. [28]
- **Sub-base:** es una capa compuesta por agregados gruesos o triturados y agregado fino, tiene espesores definidos. Se la coloca sobre una subrasante previamente aprobada con la finalidad que soporte a la capa base, los materiales que la componen deben cumplir determinadas especificaciones.[29]

La sub-base tiene que cumplir ciertos objetivos: servir como una capa de drenaje para el pavimento, controlar o eliminar los cambios de volumen y disminuir en lo posible la plasticidad del suelo de fundación y controlar la capilaridad del agua.[28]

**Clase 1:** conformadas por los agregados obtenidos por trituración de roca o gravas, y graduados uniformemente respetando los límites establecidos para la granulometría Clase 1 (el agregado preparado debe obtenerse en un 30% por trituración). [29]

**Clase 2:** conformadas por agregados obtenidos de la trituración o cribado en yacimientos de piedras fragmentadas de manera natural o de gravas, y graduados uniformemente respetando los límites establecidos para la granulometría Clase 2 (el agregado preparado debe obtenerse en un 30% por trituración). [29]

**Clase 3:** está formada con agregados naturales y procesados, graduados uniformemente dentro de los límites establecidos para la granulometría Clase 3. [28]

**Tabla 14.** Límites granulométricos para las clases de sub-bases

TAMIZ	% 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 ½ '' (38.1 mm)	100	70 – 100	-
N° 4 (4.75 mm)	30 – 70	30 – 70	30 – 70
N° 40 (0.425 mm)	10 - 35	15 – 40	-
N° 200 (0.075 mm)	0 - 15	0 - 20	0 - 20

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Especificaciones generales para la construcción de puentes y carreteras (2003)”

**Tabla 15.** Límite de los ensayos para las clases sub-base

Sub-base de agregados	Límite Líquido	Índice Plástico	% de desgaste por abrasión	CBR
Clase 1	≤ 25	< 6	< 50%	≥ 30 %
Clase 2				
Clase 3				

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas “Especificaciones generales para la construcción de puentes y carreteras (2003)”

- **Base:** es una capa granular que puede incluir mezclas bituminosas o estabilizadas con cemento u otro ligante. Tiene como fin el absorber los esfuerzos que transmiten las cargas de los vehículos para luego repartir dichos esfuerzos de manera uniforme hacia la sub-base y terreno de fundación. [28]

La base tiene que cumplir ciertos objetivos: reducir los esfuerzos cortantes que lleguen a transmitirse a las capas inferiores (terreno de fundación y sub-base), resistir a cambios de temperatura y humedad, evitar cambios de volúmenes y reducir el espesor de la capa de rodadura. [28]

**Clase 1:** formada por agregados gruesos y finos, triturados en su totalidad (100%) y graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos establecidos para los tipos A y B. [29]



**Clase 2:** formada por fragmentos de roca o grava trituradas, que debe ser mínimo el 50% en peso del agregado grueso, además deben ser graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos establecidos. [29]

**Clase 3:** formada por fragmentos de roca o grava trituradas, que debe ser mínimo el 25% en peso del agregado grueso, además deben ser graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos establecidos. [29]

**Clase 4:** formada por agregados obtenidos por trituración o cribado de piedras fragmentadas que además deben ser graduados uniformemente dentro de los límites granulométricos establecidos. [29]

**Tabla 16.** Límites granulométricos para las clases de bases

TAMIZ	% en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada				
	Clase 1		Clase 2	Clase 3	Clase 4
	Tipo A	Tipo B			
2’’	100	-	-	-	100
1 ½’’	70 – 100	100	-	-	-
1’’	55 – 85	70 – 100	100	-	60 – 90
¾’’	50 – 80	60 – 90	70 – 700	100	-
⅜’’	35 – 60	45 – 75	50 – 80	-	-
N° 4	25 – 50	30 – 60	35 – 65	45 – 80	20 – 50
N° 10	20 – 40	20 – 50	15 – 50	30 – 60	-
N° 40	10 – 25	10 – 25	15 – 30	20 – 35	-
N° 200	2 - 12	2 – 12	3 – 15	3 - 15	0 – 15

**Fuente:** Ministerio de Transporte y Obras Públicas, “Especificaciones generales para la construcción de puentes y carreteras (2003)”

- **Capa de rodadura:** su función es proteger la capa de base impermeabilizando su superficie y evitando así, filtraciones del agua de lluvia y el desgaste de la capa base debido al tráfico de vehículos. [28]

### 1.1.3.9.5. Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles - Método AASHTO 93

#### 1.1.3.9.5.1. Período de diseño

Se considera al tiempo total para el que se diseña un pavimento tomando en cuenta la proyección del tránsito y el tiempo que se considere adecuado para que las condiciones de entorno no afecten la estructura del pavimento. [30]

#### 1.1.3.9.5.2. Vida útil del pavimento

Se considera al tiempo que transcurre entre la construcción del pavimento hasta el momento que éste alcanza el mínimo de serviciabilidad. Se pueden identificar dos periodos de vida útil: el de pavimento original y el de las rehabilitaciones. [30]

**Tabla 17.** Periodo de diseño según el tipo de carretera

Tipo de carretera	Periodo de análisis (años)
Urbana de alto volumen	30 a 50
Rural de alto volumen	20 a 50
Pavimentada de bajo volumen	15 a 25
Tratada superficialmente de bajo volumen	10 a 20

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### 1.1.3.9.5.3. Ejes equivalentes según el período de diseño requerido (W18)

Los pavimentos de acuerdo al método AASHTO se diseñan para que resistan un determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito es variado en relación al peso de los vehículos y número de ejes, por ende, la carga que produce daños al pavimento se la transforma en un número de ejes equivalente que se encuentra en función del número de pasadas de un eje sencillo de 18 000 lb (8.2 ton) transmitidos durante todo el periodo de diseño. Las siglas en inglés de “carga de eje equivalente simple” son ESAL (Equivalent Single Axle Load). [31]

**Tabla 18.** 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 78

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### 1.1.3.9.5.4. Nivel de confiabilidad (R)

El factor del nivel de confiabilidad “R” determina que probabilidad posee el pavimento de que su sistema estructural cumpla su función, se comporte y desempeñe bien durante toda la vida útil para la que fue diseñado, tomando en cuenta que se encuentra expuesto a las condiciones del medio ambiente (entorno natural). [31]

**Tabla 19.** Nivel de confiabilidad de acuerdo a la zona

Clasificación del tipo de carretera por su función	Nivel de confiabilidad recomendado “R”	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### 1.1.3.9.5.5. Desviación estándar normal ( $Z_R$ )

El método AASHTO proporciona valores específicos de desviación estándar normal ( $Z_R$ ), los cuales se encuentran relacionados estrechamente con el nivel de confiabilidad (R). [28]

**Tabla 20.** Valores de  $Z_R$ , en función de la confiabilidad R

Confiabilidad R%	Desviación normal estándar $Z_R$	Confiabilidad R%	Desviación normal estándar $Z_R$
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:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### 1.1.3.9.5.6. Desviación estándar global ( $S_o$ )

El método AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles establece la desviación estándar global ( $S_o$ ) como el valor que considera las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y en la predicción del tránsito. El valor establecido para pavimentos flexibles puede variar de  $0.40 < S_o < 0.50$  (se recomienda un valor medio 0.45) [28].

#### 1.1.3.9.5.7. Módulo de resiliencia (Mr)

El módulo de resiliencia (Mr) permite definir las propiedades de los materiales que componen la subrasante (terreno de fundación). Ecuador no posee el equipamiento necesario para determinar directamente el módulo de resiliencia, por lo que el método AASHTO 93 facilita su obtención mediante ciertas ecuaciones que relaciona el Mr y el CBR. [31]

- Ecuación sugerida por AASHTO (CBR < 10%)

$$Mr (PSI) = 1\ 500 * CBR$$

- Ecuación desarrollada en Sudáfrica (10 % < CBR < 20%)

$$Mr (PSI) = 3\ 000 * CBR^{0.65}$$

- Ecuación sugerida por AASHTO (Suelos granulares)

$$Mr (PSI) = 4\ 326 * \ln CBR + 241$$

#### 1.1.3.9.5.8. Índice de serviciabilidad (PSI)

Se define a la serviciabilidad como la capacidad que tiene el pavimento de brindar un servicio confortable y seguro para los usuarios, es decir, para el tránsito para el cual fue diseñado. El índice de serviciabilidad varía entre 0 que indica pésimas condiciones y 5 que indica condiciones perfectas. [31]

Los usuarios califican la vía según el estado del pavimento en términos de calidad para circular sobre ellos [31], estableciendo la siguiente tabla:

**Tabla 21.** Índice de serviciabilidad de la carretera de acuerdo a los usuarios

Índice de serviciabilidad	Calificación (Usuarios)
5 a 4	Muy buena
4 a 3	Buena
3 a 2	Regular
2 a 1	Mala
1 a 0	Muy mala

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Para el diseño de pavimentos según la AASHTO, se debe obtener la diferencia entre dos valores de serviciabilidad un inicial y un final:

$$\Delta \text{PSI} = \text{PSI}_{\text{INICIAL}} - \text{PSI}_{\text{FINAL}}$$

En lo que respecta al  $\text{PSI}_{\text{INICIAL}}$  se consideran valores para pavimentos rígidos y 4. Para pavimentos flexibles, mientras que, para el  $\text{PSI}_{\text{FINAL}}$  se consideran valores de 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios. [28]

#### 1.1.3.9.5.9. Determinación del número estructural

- Forma Manual: se utiliza el ábaco AASHTO 93 que correlaciona ciertas variables para determinar el número estructural, tales como: número de ejes equivalentes según el periodo de diseño, factor de confiabilidad, desviación estándar global, módulo de resiliencia y la variación de la serviciabilidad. [32]
- Forma computacional: se utiliza el programa “Ecuación AASHTO 93” para determinar el número estructural (SN) que tiene como base la siguiente ecuación:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_O + \log_{10}(\text{SN}+1) - 0.20 + \frac{\log_{10} \left[ \frac{\Delta \text{PSI}}{4.2-1.5} \right]}{0.40 + \frac{1094}{(\text{SN}+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Donde:

**W18:** número de cargas de ejes simples equivalentes de 80 KN, calculadas respecto a la circulación de los vehículos.

**Z<sub>R</sub>:** área que se encuentra bajo una curva de distribución que está relacionada con la curva estandarizada para la confiabilidad R.

**S<sub>O</sub>:** desviación estándar de todas las variables.

**ΔPSI:** pérdida de la serviciabilidad.

**M<sub>R</sub>:** módulo de resiliencia de la subrasante.

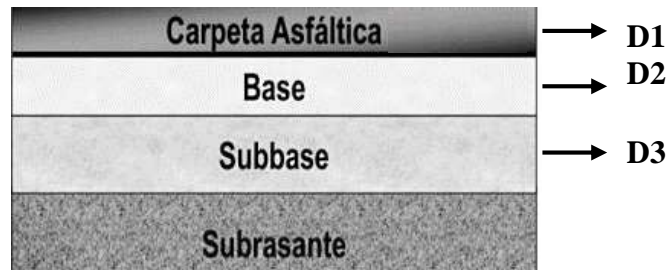
**SN:** número estructural.

#### 1.1.3.9.5.10. Determinación de los espesores por capa

Previamente se debe conocer el valor del número estructural (SN) para proceder a determinarlos diferentes espesores de las capas que conforman el pavimento, tomando

en cuenta que cada una de ellas debe tener el valor de soporte equivalente al número estructural calculado; para ello se utiliza la ecuación general básica de diseño. [28]

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$



**Figura 15.** Determinación de espesores por capa

**Fuente:** Moreira Fricson, “Apuntes de Pavimentos 8vo semestre Universidad Técnica de Ambato”

Donde:

$a_1, a_2, a_3 \rightarrow$  coeficientes estructurales de la carpeta asfáltica, base y sub base.

$D_1, D_2, D_3 \rightarrow$  espesores de la carpeta asfáltica, base y sub base.

$m_2, m_3 \rightarrow$  coeficientes de drenaje para base y sub base.

Según la AASHTO para el diseño de pavimentos flexibles se establece espesores mínimos que se relacionan con los ejes equivalentes (W18). [31]

**Tabla 22.** Espesores mínimos según los ejes equivalentes

Tránsito W18	Carpeta asfáltica ( $D_1$ )	Base Granular ( $D_2$ )
Menos de 5 000	2.5 cm	10.0 cm
50 001 a 150 000	5.0 cm	10.0 cm
150 001 a 500 000	6.5 cm	10.0 cm
150 001 a 2 000 000	7.5 cm	15.0 cm
2 000 001 a 7 000 000	9.0 cm	15.0 cm
Mayor a 7 000 000	10.0 cm	15.0 cm

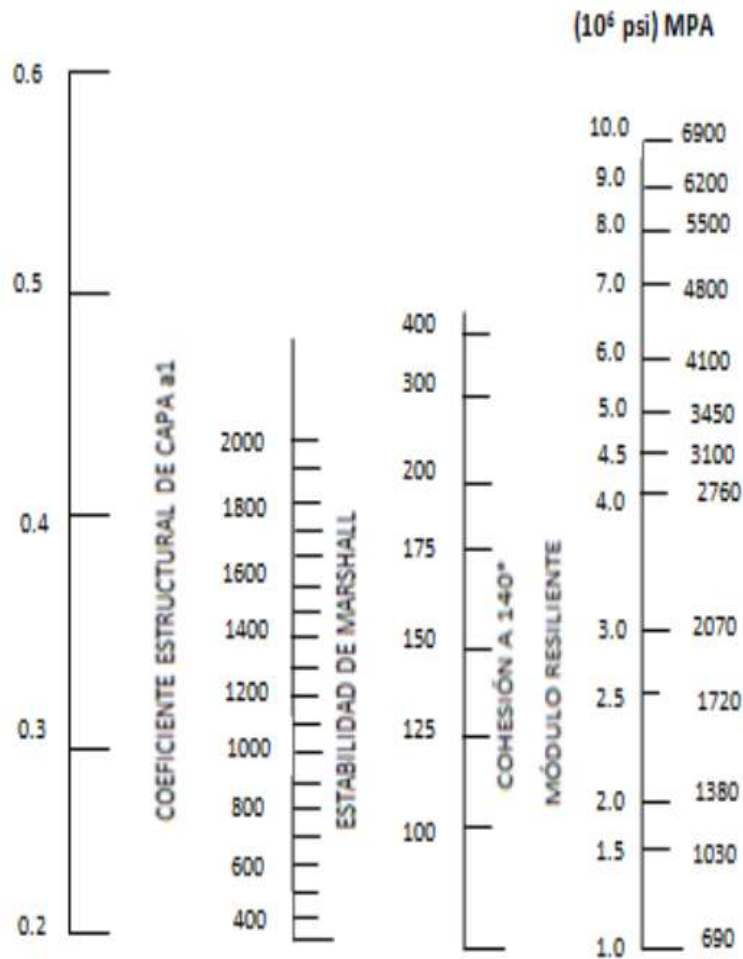
**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

### 1.1.3.9.5.11. Coeficientes estructurales a1, a2 y a3

El método AASTHO para el diseño de pavimentos flexibles a establecido ábacos para determinar los coeficientes estructurales a1, a2 y a3 de manera fácil y directa, simplemente relacionando características ingenieriles mediante ciertos ensayos de laboratorio como el módulo de resiliencia, CBR y triaxial.[31]

Los valores especificados de diseño para cada una de las capas que conforman el pavimento dependen de la capacidad de los materiales para resistir las cargas producidas por la circulación vehicular. [31]

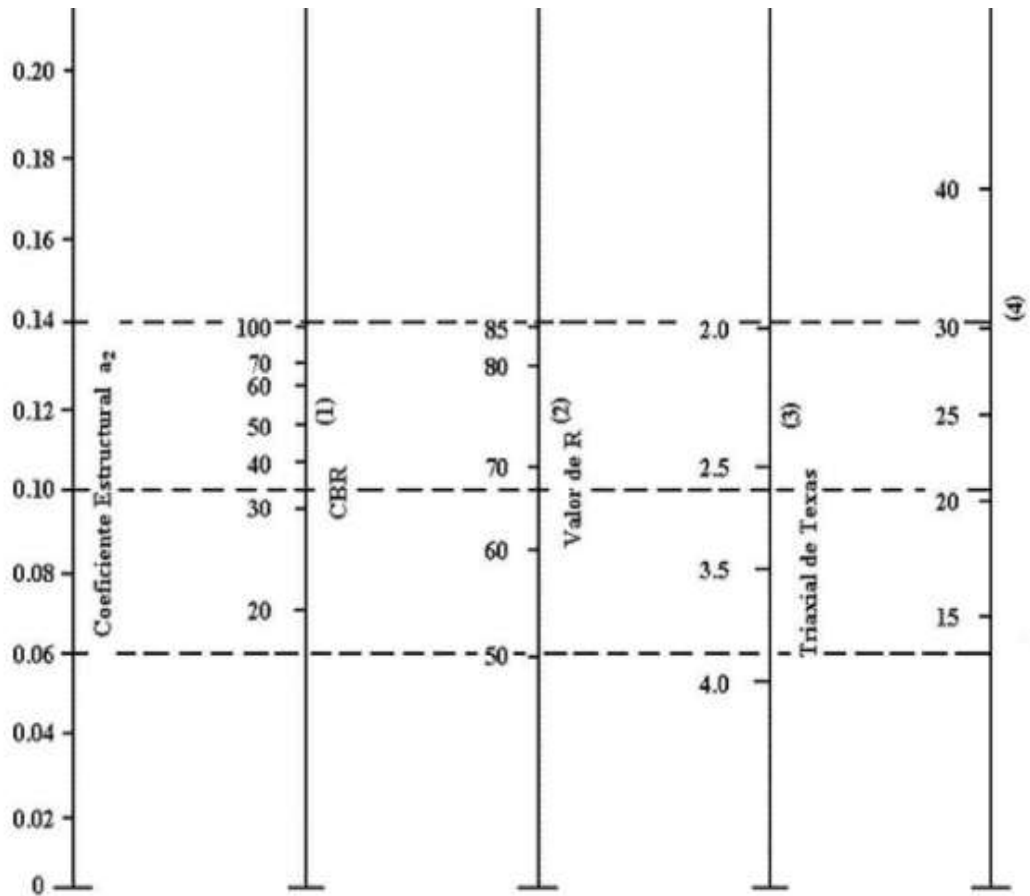
- **Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica (a1)**



**Figura 16.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a1

**Fuente:** AASTHO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

- **Coefficiente estructural de la base granular (a2)**



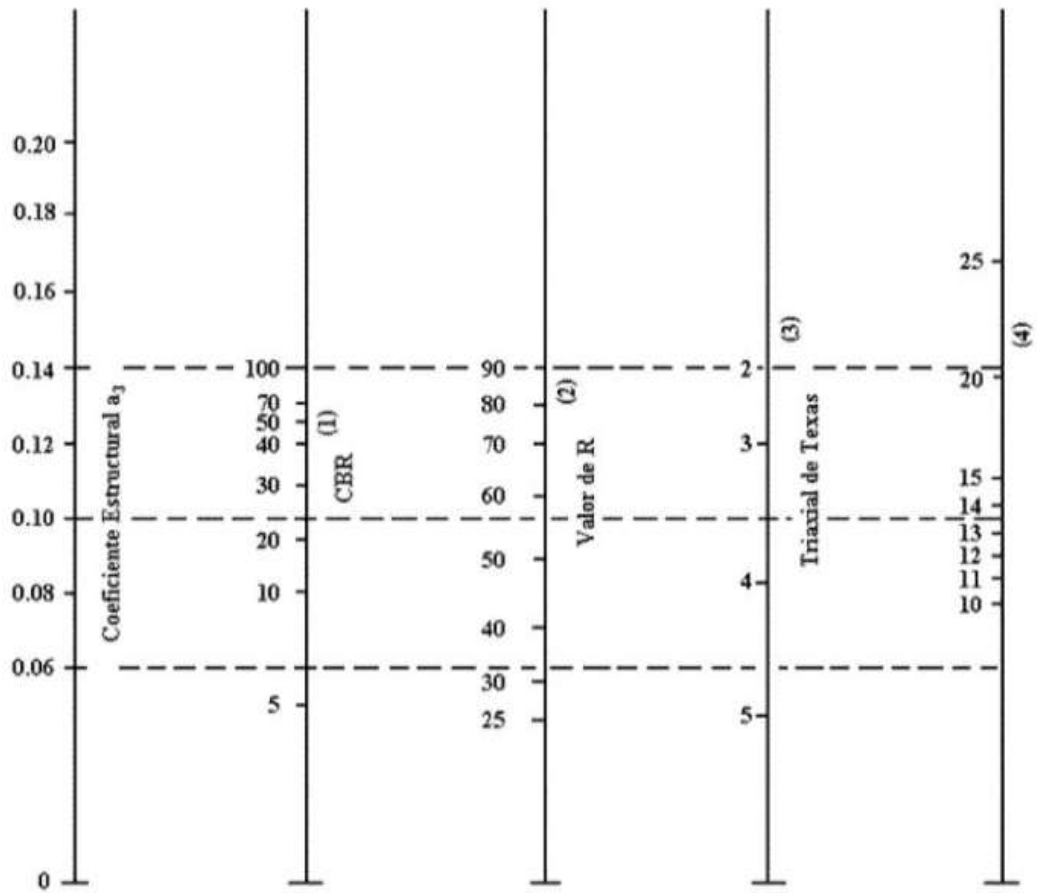
- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

**Figura 17.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a2

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”



- **Coefficiente estructural de la sub base granular (a<sub>3</sub>)**



- (1) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Illinois.
- (2) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de California, Nuevo México y Wyoming.
- (3) Escala derivada por correlaciones promedios obtenidas de Texas
- (4) Escala derivada del proyecto NCHRP (3)

**Figura 18.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a<sub>3</sub>

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

### 1.1.3.9.5.12. Coeficientes de drenaje

Se considera que un drenaje es de buena calidad dependiendo del tiempo en que el agua tarda en ser eliminada de las capas granulares (base y sub base), siempre se espera lograr un buen drenaje ya que con ello aumenta la capacidad portante de la subrasante (el módulo de resiliencia es inversamente proporcional al contenido de humedad), mejorando la calidad de las vías y permitiendo que se diseñe con capas de menor espesor. [31] [28]

**Tabla 23.** Tiempos de drenaje recomendados por AASHTO

Calidad de drenaje	Agua eliminada en
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

La AASHTO recomienda valores específicos para las capas granulares sin estabilizar como la base (m<sup>2</sup>) y la capa sub base (m<sup>3</sup>), en función de localidad que presenta el drenaje y el tiempo a lo largo de un año en porcentaje. [28]

**Tabla 24.** Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad a la que está expuesto el pavimento para pavimentos flexibles.

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### **1.1.4. Hipótesis**

El valor del CBR en laboratorio puede determinarse mediante correlaciones entre propiedades índices y mecánicas del suelo.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo General**

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

#### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos granulares de las parroquias Totoras y Montalvo 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 Totoras y Montalvo.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Nivel de Investigación**

En el presente proyecto experimental se presentan los siguientes niveles de investigación:

##### **a. Nivel Exploratorio**

La investigación que se efectúa posee sustentos previos en los que se pueden guiar para realizar las correlaciones que se desea obtener de la provincia de Tungurahua, y calificar los resultados como eficientes.

##### **b. Nivel Descriptivo**

Al finalizar el presente proyecto se evidenciará mediante la ayuda del programa ArcGIS los puntos georreferenciados de donde se tomaron las muestras para el estudio, a que población pertenece y el tipo de suelo que en ella se presenta.

##### **c. Nivel Explicativo**

Con la finalidad de facilitar la recolección de datos necesarios para el análisis y ejecución de la investigación, se socializó con los moradores de las parroquias Totoras y Montalvo acerca del proyecto y se les dio a conocer los beneficios del mismo.

##### **d. Nivel Analítico**

Luego de realizar los ensayos se procesan los datos obtenidos y se presenta un análisis e interpretación de los resultados de cada prueba mediante tablas y gráficas, además de una correlación entre las propiedades estudiadas.

#### **4.2. Tipo o Modalidad de Investigación**

Además, se presentan claramente dos tipos de investigación:

### **a. Investigación de campo**

Se procede a realizar ensayos in situ como: el ensayo de DCP y el Ensayo de Densidad de Campo mediante el Método del Cono y Arena de Ottawa.

### **b. Investigación de laboratorio**

Para caracterizar a los suelos en estudio se requiere ciertos datos que se obtienen específicamente mediante la práctica de ensayos de laboratorio como: Gravedad Específica, Límites de Consistencia (Límite Líquido y Límite Plástico), Granulometría, Contenido de Humedad, Próctor Modificado tipo B y CBR.

## **2.3. Población y Muestra**

### **2.3.1. Población**

El área de estudio se ubica en la provincia de Tungurahua, al sur este del Cantón Ambato, específicamente en las parroquias rurales de Montalvo y Totoras.

La parroquia de Montalvo tiene una superficie aproximada de 19 km<sup>2</sup>, posee un clima templado con una temperatura media entre 12 y 14 grados centígrados, en esta zona se consideran meses calurosos a junio y julio, mientras que, en noviembre y enero las temperaturas bajan totalmente. Posee una altura de 2900 m.s.n.m., su división política presenta dos zonas: Zona Alta y Zona Baja. [33]

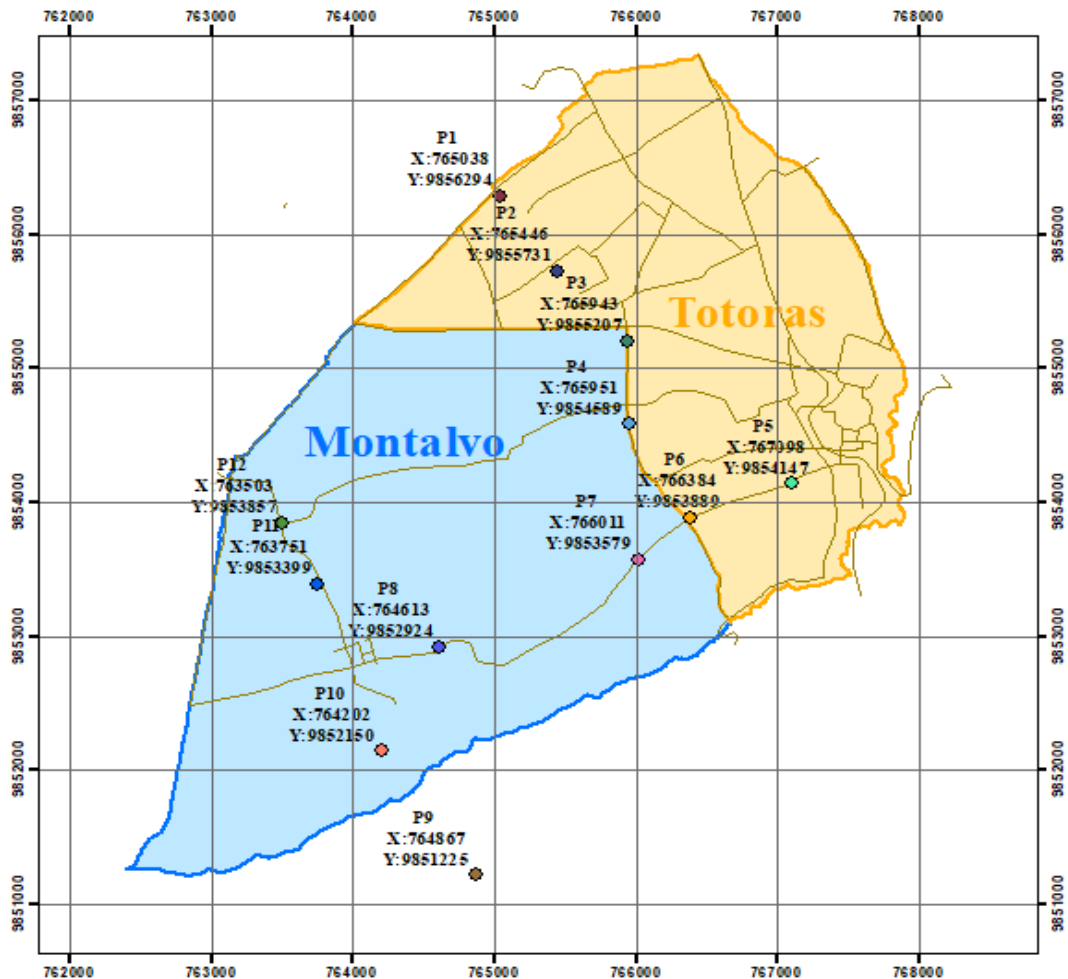
La parroquia Totoras tiene una superficie aproximada de 8 km<sup>2</sup>, posee un clima templado con una temperatura promedio de 14.5 grados centígrados, en esta zona se consideran meses calurosos a febrero y noviembre, mientras que, en julio y agosto las temperaturas bajan totalmente. Posee una altura de 2663 m.s.n.m., su división política presenta tres caseríos: La Dolorosa, Huachi Totoras y Totoras Centro. [34][35]

Con el desarrollo de este proyecto se busca identificar el tipo de suelo existente en la zona y las respectivas propiedades índices y mecánicas de cada uno, con el fin de establecer correlaciones entre ellas.

### 2.3.2. Muestra

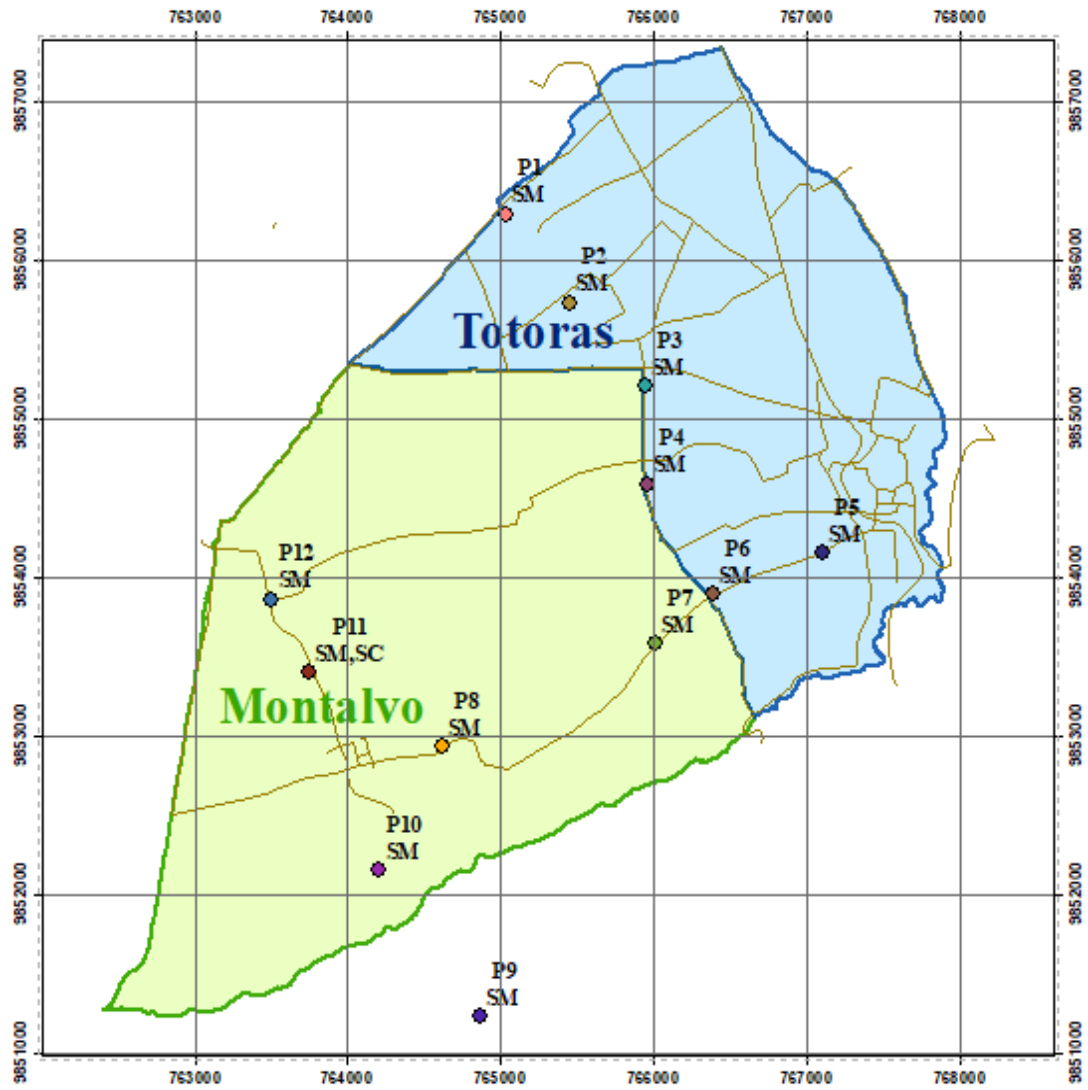
La cantidad de muestras tomadas en campo son 12, las mismas que se dividen a 6 muestras para cada parroquia estudiada (Totoras y Montalvo). Los pozos a cielo abierto realizados en campo para la extracción del suelo se los distribuyó a dos pozos por vía, considerando que de cada parroquia se eligió 3 vías para el desarrollo del proyecto. Cabe recalcar que la distancia mínima entre los dos pozos previamente seleccionados es de 500 m en el caso de que se tome del mismo lado de la carretera, caso contrario no interviene una distancia mínima para tomar la muestra.

La georreferenciación de cada muestra se basa en el sistema UTM (Universal Transversal de Mercator), considerando para la provincia de Tungurahua un DATUM (WGS 84 Zona 17 Sur).



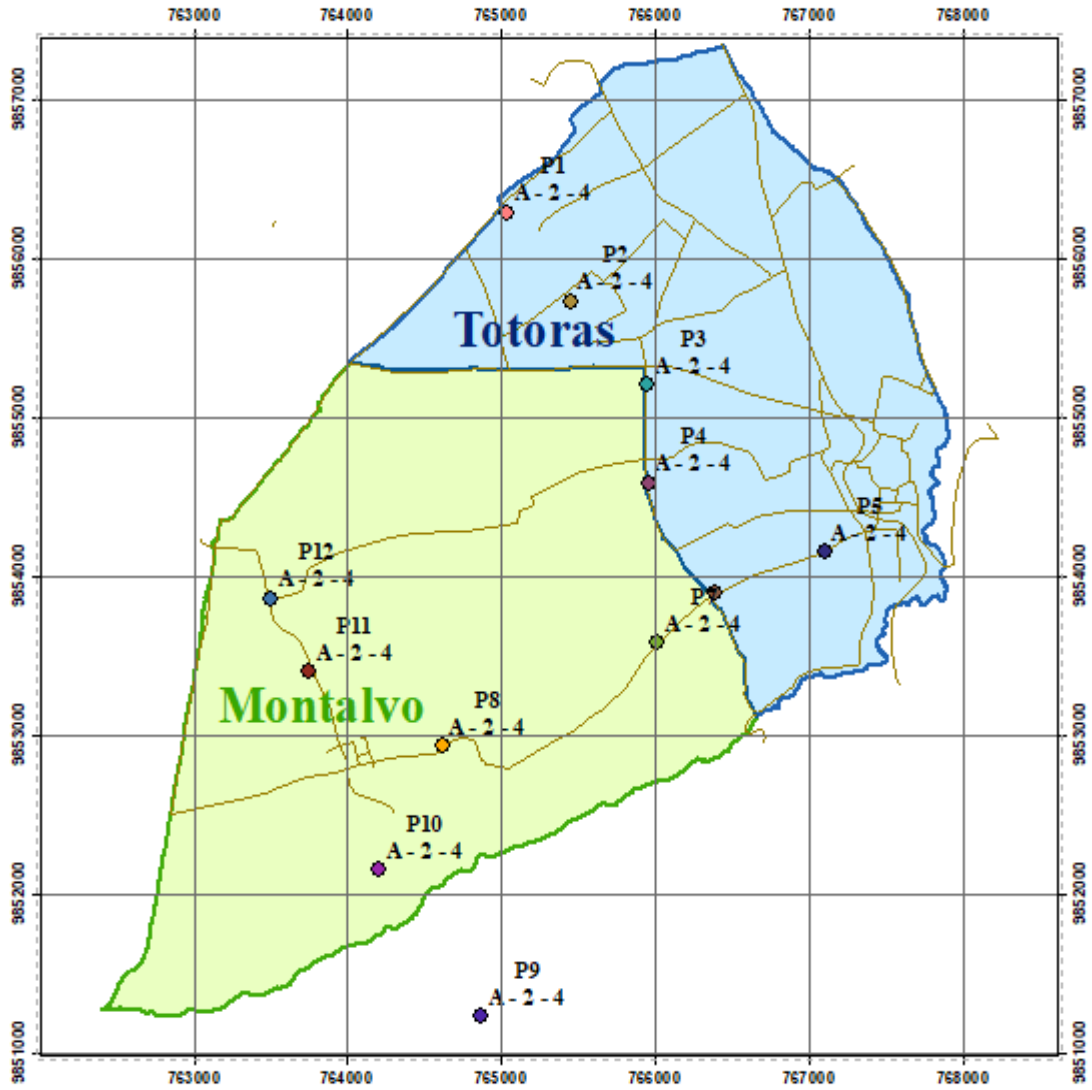
**Figura 19.** Localización geográfica de las 12 muestras de estudio

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 20.** Clasificación de los suelos de cada pozo de acuerdo a la SUCCS

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 21.** Clasificación de los suelos de cada pozo de acuerdo a la AASHTO

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



## 2.4. Materiales y Equipos

**Tabla 25.** Materiales y Equipos

<b>ENSAYOS</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>EQUIPOS</b>	<b>NORMA</b>
<b>Pozo a Cielo Abierto</b>	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro	AASHTO T 87-70
<b>Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)</b>	Muestras in situ	Cono Cincel Cuchareta Placa metálica Balanza Clavos Martillo	AASHTO T 191 2014
<b>Dinamic Cone Penetrometer (DCP)</b>	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación	ASTMD 6951-03
<b>Gravedad Específica de Sólidos</b>	50 gr de suelo que pasa tamiz # 4	Tamiz #4  Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta Baño María	AASHTO T 100 2015
<b>Granulometría</b>	Muestra cuarteada	Tamizadora Juego de Tamices Brocha Recipiente	AASHTO T 88 2013

<b>Límite Líquido (Copa Casagrande)</b>	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
<b>Límite Plástico</b>	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
<b>Próctor Modificado tipo B</b>	24 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
<b>California Bearing Ratio (CBR)</b>	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172	AASHTO T 193 2013

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## 2.5. Métodos

### 2.5.1. Plan de Recolección de Datos

**Tabla 26.** Plan de recolección de datos

<b>PREGUNTAS BÁSICAS</b>	<b>EXPLICACIÓN</b>
<b>¿Para qué?</b>	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas de diferentes suelos con su respectivo valor de CBR obtenido en laboratorio.
<b>¿A quiénes?</b>	A las muestras de suelo de las parroquias Totoras y Montalvo.
<b>¿Sobre qué aspectos?</b>	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.
<b>¿Quién?</b>	Paulina Mishell Altamirano Coro
<b>¿Cuándo?</b>	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.
<b>¿Dónde?</b>	Parroquias Totoras y Montalvo para tomas de muestras y ensayos en situ. Laboratorio de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
<b>¿Técnicas de Recolección?</b>	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. 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>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. 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 contenido óptimo 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:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## **2.5.2. Ensayos**

### **2.5.2.1.Procedimiento**

#### **FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS**

##### **a. Pozo a Cielo Abierto**



**Figura 22.** Pozo a cielo abierto de 1 metro cúbico

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**b. Densidad de Campo (Método del Cono y Arena de Ottawa)**



**Figura 23.** Excavación para determinar la densidad de campo

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**c. Dinamic Cone Penetrometer (DCP)**



**Figura 24.** Ejecución de los golpes para a penetración del DCP

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**d. Gravedad específica de sólidos**



**Figura 25.** Eliminación del aire de la muestra de suelo

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**e. Granulometría**



**Figura 26.** Tamices ordenados correctamente

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**f. Límite líquido (Copa de Casagrande)**



**Figura 27.** Ranura en la muestra del suelo

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**g. Límite Plástico**



**Figura 28.** Rollitos de aproximadamente 3 mm de espesor

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

#### **h. Próctor Modificado tipo B**



**Figura 29.** Suelo seco agregado cierto porcentaje de agua

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

#### **i. California Bearing Radio (CBR)**



**Figura 30.** Peso del molde más suelo antes del ensayo CBR

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

#### **2.5.3. Plan de Procesamiento y Análisis de Información**

Para el procesamiento y el análisis de los datos recolectados mediante los ensayos realizados en el laboratorio y en campo, se utilizará el Software Excel, en el cual se diseñarán formatos por parte del autor para cada una de las pruebas realizadas: DCP, densidad de campo, gravedad específica, granulometría, límites de Atterberg, Próctor modificado B y CBR.

Para determinar la correlación que tienen entre sí, las propiedades índices y mecánicas que se obtuvieron al procesar los datos, se realizarán correlaciones de 2 y 3 variables, conocidas como simples y múltiples, respectivamente. Las correlaciones de 2 variables

se realizarán con ayuda de Excel y de las líneas de tendencia, para obtener el valor del coeficiente de correlación ( $r$  %), mientras que, las correlaciones de 3 variables se realizarán en Excel mediante el método de mínimos cuadrados, para obtener en este caso el valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

En fin, las correlaciones pueden presentarse como: lineales, logarítmicas, potenciales, exponenciales y polinómicas de segundo grado, siendo la última únicamente para las correlaciones simples, se aprobarán como útiles aquellas que presenten un coeficiente mayor a 50% ( $R^2 = 50\%$ ). Además, se interpretará a las correlaciones como: Regular, Buena, Muy Buena, Aceptable y Excelente, de acuerdo al siguiente criterio:

**Tabla 27.** Interpretación del coeficiente de determinación

Valor de $R^2$	Interpretación
$1.0 \geq R^2 \leq 0.90$	Excelente
$0.90 > R^2 \leq 0.80$	Aceptable
$0.80 > R^2 \leq 0.70$	Muy Buena
$0.70 > R^2 \leq 0.60$	Buena
$0.60 > R^2 \leq 0.50$	Regular

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### 2.5.3.1. Determinación de Correlaciones Múltiples

Para la determinación de las correlaciones múltiples se trabajará con tres variables establecidas de la siguiente manera:

X → Variable Dependiente

Y → Variable Dependiente

Z → Variable Independiente

Además, dependiendo del tipo de correlación a calcular se utilizará las siguientes tablas y sus respectivas ecuaciones:



## A. Correlaciones lineales Múltiples

**Tabla 28.** Formato para correlaciones lineales múltiples

N	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z <sup>2</sup>
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
ΣN	ΣX	ΣY	ΣZ	ΣXZ	ΣYZ	ΣXY	ΣX <sup>2</sup>	ΣY <sup>2</sup>	ΣZ <sup>2</sup>

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

$$\sum Z = a_0N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

$$\sum XZ = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2$$

Las tres ecuaciones planteadas anteriormente se resuelven mediante una matriz inversa con ayuda del Excel y los coeficientes obtenidos, se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

## B. Correlaciones logarítmicas

**Tabla 29.** Formato para correlaciones logarítmicas

N	X	Y	Z	X' = Log (X)	X'Z	YZ	X'Y	X'^2	Y^2	Z^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
$\Sigma N$	$\Sigma X$	$\Sigma Y$	$\Sigma Z$	$\Sigma X'$	$\Sigma X'Z$	$\Sigma YZ$	$\Sigma X'Y$	$\Sigma X'^2$	$\Sigma Y^2$	$\Sigma Z^2$

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

$$\sum Z = a_0 N + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y$$

$$\sum X'Z = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y$$

$$\sum YZ = a_0 \sum Y + a_1 \sum X'Y + a_2 \sum Y^2$$

Las tres ecuaciones planteadas anteriormente se resuelven mediante una matriz inversa con ayuda del Excel y los coeficientes obtenidos, se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + a_1 \log X' + a_2 Y$$

### C. Correlaciones exponenciales

Tabla 30. Formato para correlaciones exponenciales

N	X	Y	Z	Z' = Log (Z)	XZ'	YZ'	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	Z' <sup>2</sup>
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
ΣN	ΣX	ΣY	ΣZ	ΣZ'	ΣXZ'	ΣYZ'	ΣXY	ΣX <sup>2</sup>	ΣY <sup>2</sup>	ΣZ' <sup>2</sup>

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

$$\sum Z' = a_0 N + a_1 \sum X + a_2 \sum Y$$

$$\sum XZ' = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 + a_2 \sum XY$$

$$\sum YZ' = a_0 \sum Y + a_1 \sum XY + a_2 \sum Y^2$$

Las tres ecuaciones planteadas anteriormente se resuelven mediante una matriz inversa con ayuda del Excel y los coeficientes obtenidos, se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + e^{(a_1 * X)} + e^{(a_2 * Y)}$$

#### D. Correlaciones potenciales

**Tabla 31.** Formato para correlaciones potenciales

N	X	Y	Z	X' = Log (X)	Y' = Log (Y)	Z' = Log (Z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X' <sup>2</sup>	Y' <sup>2</sup>	Z' <sup>2</sup>
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
ΣN	ΣX	ΣY	ΣZ	ΣX'	ΣY'	ΣZ'	ΣX'Z'	ΣY'Z'	ΣX'Y'	ΣX' <sup>2</sup>	ΣY' <sup>2</sup>	ΣZ' <sup>2</sup>

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

$$\sum Z' = a_0N + a_1 \sum X' + a_2 \sum Y'$$

$$\sum X'Z' = a_0 \sum X' + a_1 \sum X'^2 + a_2 \sum X'Y'$$

$$\sum Y'Z' = a_0 \sum Y' + a_1 \sum X'Y' + a_2 \sum Y'^2$$

Las tres ecuaciones planteadas anteriormente se resuelven mediante una matriz inversa con ayuda del Excel y los coeficientes obtenidos, se reemplazan en la siguiente ecuación:

$$Z = a_0 + X^{a_1} * Y^{a_2}$$

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis y Discusión de los Resultados

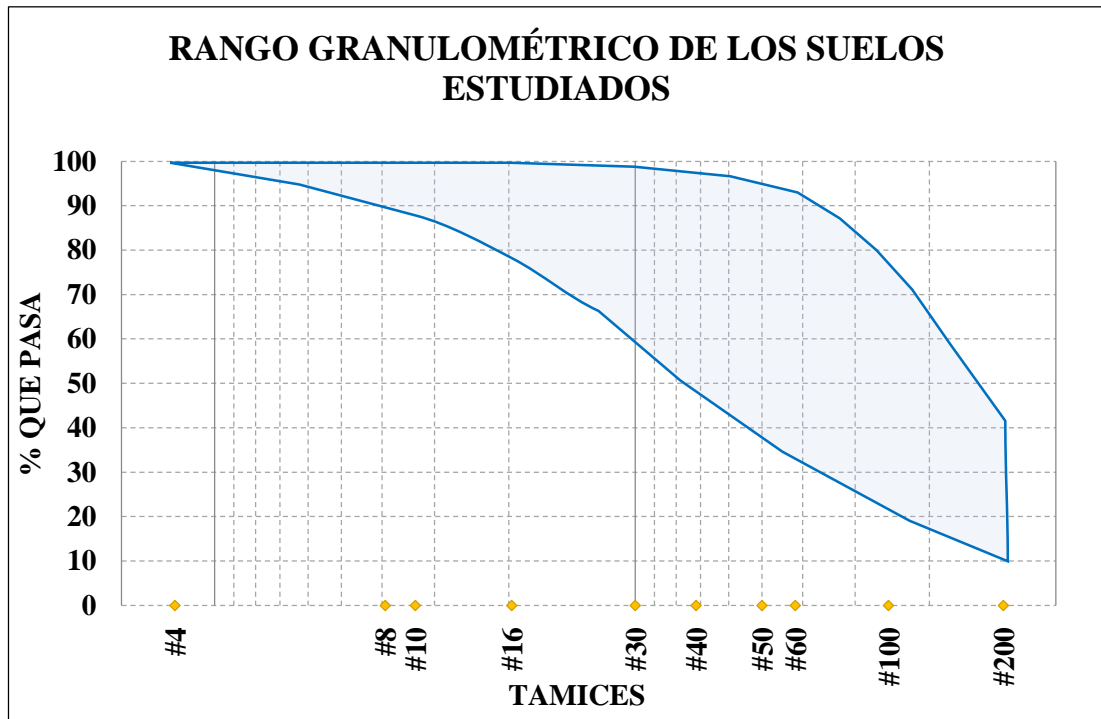
##### 3.1.1. Clasificación SUCS y AASHTO

**Tabla 32.** Tabla Resumen de la Clasificación SUCS Y AASHTO de los suelos estudiados

<b>Muestra</b>	<b>Clasificación AASHTO</b>	<b>Clasificación SUCS</b>
<b>1</b>	A-2-4	SM
<b>2</b>	A-2-4	SM
<b>3</b>	A-2-4	SM
<b>4</b>	A-2-4	SM
<b>5</b>	A-2-4	SM
<b>6</b>	A-2-4	SM
<b>7</b>	A-2-4	SM
<b>8</b>	A-2-4	SM
<b>9</b>	A-2-4	SM
<b>10</b>	A-2-4	SM
<b>11</b>	A-2-4	SM, SC
<b>12</b>	A-2-4	SM

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

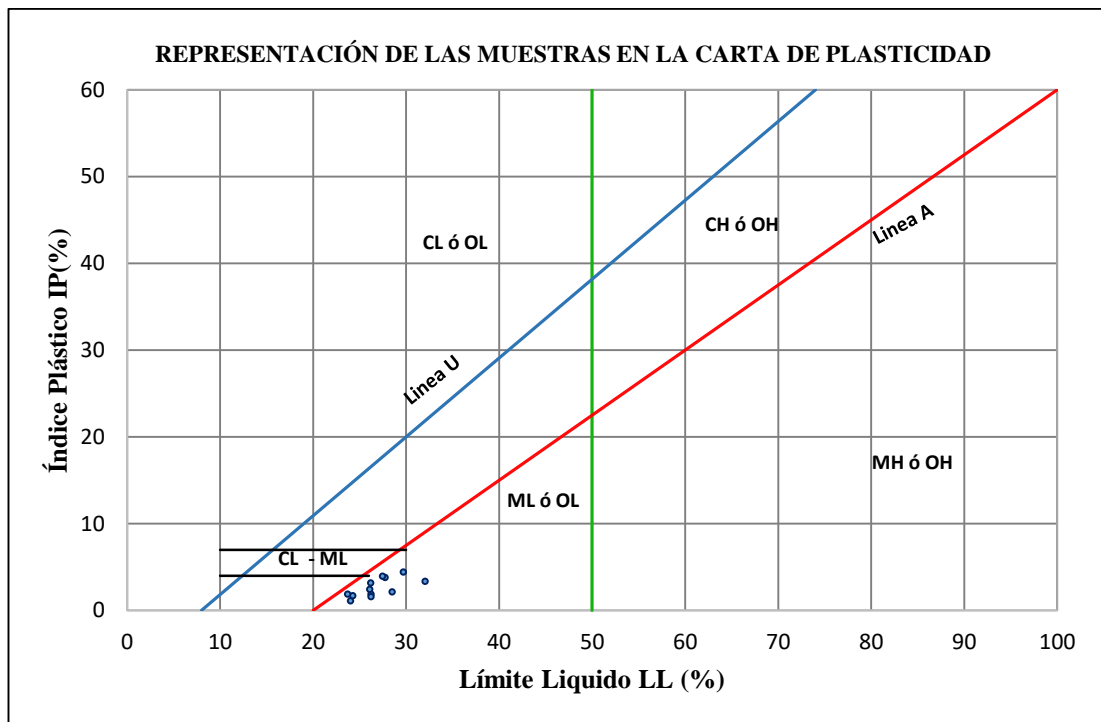
### 3.1.2. Rango Granulométrico de los suelos estudiados



**Figura 31.** Rango granulométrico de los suelos estudiados

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### 3.1.3. Representación de las muestras en la carta de plasticidad



**Figura 32.** Representación de las muestras en la carta de plasticidad

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### **3.1.4. Determinación de propiedades físicas**

#### **3.1.4.1. Resumen de rangos obtenidos**

Luego de analizar las 12 muestras de suelo tomadas de las parroquias de Totoras y Montalvo, se presenta un resumen de los valores obtenidos dado en rangos para cada una de las propiedades determinadas mediante los ensayos de campo y de laboratorio.

El suelo en general tenía una apariencia suelta, disgregable y fácil de excavar. Su tonalidad varía entre café oscuro o claro dependiendo la cantidad de humedad con la que se encontraba en el momento de la extracción de la muestra.

El Contenido de Humedad Natural ( $W_{NAT}$  %) tiene un rango de 7.07% a 17.18%

La Densidad Seca In situ ( $\gamma_{dIN\ SITU}$  gr/cm<sup>3</sup>) determinada con ayuda del Cono y Arena de Ottawa tiene un rango de 1.45 gr/cm<sup>3</sup> a 1.93 gr/cm<sup>3</sup>, dichos valores corresponden a los suelos granulares.

Los rangos obtenidos para las propiedades gravimétricas son:

- Relación de Vacíos (e) de 0.38 a 0.83, valores que se encuentran cercanos al rango establecido para suelos granulares que van entre 0.43 - 0.67.
- Porosidad (n%) de 27.61% a 45.31%, valores que están dentro del rango para arenas limpias y uniformes que es entre 29% - 50 %.
- Grado de Saturación del Agua (Gw%) de 29.69% a 89.97%
- Grado de Saturación del Aire (Ga%) de 10.03% a 70.31%

El ensayo granulométrico realizado a las 12 muestras permitió establecer los rangos de las siguientes propiedades del suelo:

- Diámetro dimensional (D60 mm) de 0.129 mm a 0.456 mm
- Diámetro equiparable (D30 mm) de 0.071 mm a 0.188 mm
- Diámetro efectivo (D10 mm) de 0.036 mm a 0.081 mm
- Coeficiente de uniformidad (CU) de 1.654 a 10.364, los valores obtenidos en su mayoría no superan a 5, lo que se interpreta como que los suelos analizados son uniformes.

- Coeficiente de curvatura (CC) de 0.671 a 1.762, los valores obtenidos en su mayoría se encuentran fuera del rango entre 1 – 3, lo que se interpreta como que los suelos analizados son mal graduados.
- Grava (G%) no existieron partículas
- Arena (S%) de 65.96 % a 89.76%
- Fino (F%) de 10.24% a 34.04 %

Los Límites Atterberg se determinaron mediante la utilización de la Copa de Casagrande para el Límite Líquido obteniendo entre los resultados entre 23.69% a 32.03%, mientras que para el Límite Plástico se realizó los rollitos obteniendo un rango entre 21.79% a 28.66%. Con ello, se procedió a establecer el Índice Plástico e Índice de Liquidez con rangos de 1.12% a 4.44% y de -5.59% a -1.74% respectivamente; tomando en cuenta que al dar negativo los valores del Índice de Liquidez se asimilan como un valor constante de cero “0”.

Los suelos analizados en base a la AASHTO se clasifican en su totalidad A-2-4 (0), es decir, como materiales granulares, específicamente del grupo de arenas limosas que tienen una calidad en su subrasante de excelente a buena.

Los suelos analizados en base a la SUCS se clasificaron como SM, es decir, como arenas limosas; a excepción del suelo obtenido del pozo # 11 que tiene la característica particular de ser un suelo SM y SC, interpretándolo como una arena limosa y a su vez como una arena arcillosa.

La Gravedad Específica varía entre 2.34 a 2.74.

Mediante la ejecución del Próctor Modificado B se obtuvo los resultados de:

- Densidad Seca Máxima que varía entre 1.600 kg/cm<sup>3</sup> a 1.805 kg/cm<sup>3</sup>
- Contenido de Humedad Óptima que varía entre 13.07% a 21.10%
- Grado de Compactación que varía entre 87.028 a 120.64%

Los resultados obtenidos del CBR considerando un 95% de la Densidad Seca Máxima tienen un rango de 15.5% a 49%, valores que se interpretan como regulares y buenos para su utilización en capas de sub base y base.

Mientras que el ensayo de DCP presento valores de penetración en el suelo de 5.65 mm/golpe a 35.13 mm/golpe, lo que indica que los suelos analizados son diversos.



### 3.1.5. Nomenclatura

**Tabla 33.** Nomenclatura y sus unidades

<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
$W_{NAT}$	Contenido de Humedad Natural	%
$\gamma_h$	Densidad o peso unitario húmedo	$kg/m^3$
$\gamma_{d\ IN\ SITU}$	Densidad o peso unitario seco	$kg/m^3$
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	%
GS	Gravedad Específica	Adimensional
$\gamma_{d\ MÁX}$	Densidad o peso unitario seco máximo	$kg/m^3$
$W_{ÓPT}$	Contenido de humedad óptimo	%
Gc	Grado de compactación	%
DN	Índice de penetración	mm/golpe
CBR <sub>0.1"</sub>	CBR para 0.1 pulg. de penetración	%
CBR <sub>0.2"</sub>	CBR para 0.2 pulg. de penetración	%
CBR <sub>MAYOR</sub>	CBR mayor entre 0.1" y 0.2"	%

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### 3.1.6. Correlaciones

**Tabla 34.** Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre propiedades índices

Nº	Ecuación	Coef. R <sup>2</sup> (%)	Nº de Muestra	Fig
<b>CORRELACIONES ENTRE PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
<b>1</b>	$LP = 0.0405 LL^2 - 1.5361 LL + 36.063$	85%	12	33
<b>2</b>	$\gamma d_{MÁX} = -0.0072W_{ÓPT}^2 + 0.2352W_{ÓPT} - 0.2238$	62%	11	34
<b>3</b>	$W_{ÓPT} = 0.0644 LL^2 - 1.4073 LL + 32.078$	77%	12	35
<b>4</b>	$W_{ÓPT} = 0.122 LP^2 - 3.6382 LP + 50.262$	77%	12	36
<b>5</b>	$W_{ÓPT} = -57.8860 + 49.1938 * \log(LL) + 0.1752 * LP$	74%	12	37
<b>6</b>	$W_{NAT} = -118.1997 + 147.1031 * \log(LL) - 3.2781 * LP$	68%	11	38
<b>7</b>	$\gamma d_{MÁX} = 2.614 * e^{0.0251 LL} * e^{-0.0403 LP}$	69%	11	39
<b>8</b>	$\gamma d_{MÁX} = 2.2664 * e^{-0.0004 LP} * e^{-0.0038 S}$	67%	11	40
<b>9</b>	$\gamma d_{MÁX} = 3.2352 * W_{NAT}^{0.0324} * LP^{-0.2351}$	63%	11	41
<b>10</b>	$W_{ÓPT} = 0.0734 * W_{NAT}^{0.0832} * LP^{1.6328}$	61%	12	42

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 35.** Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre DN y propiedades índice

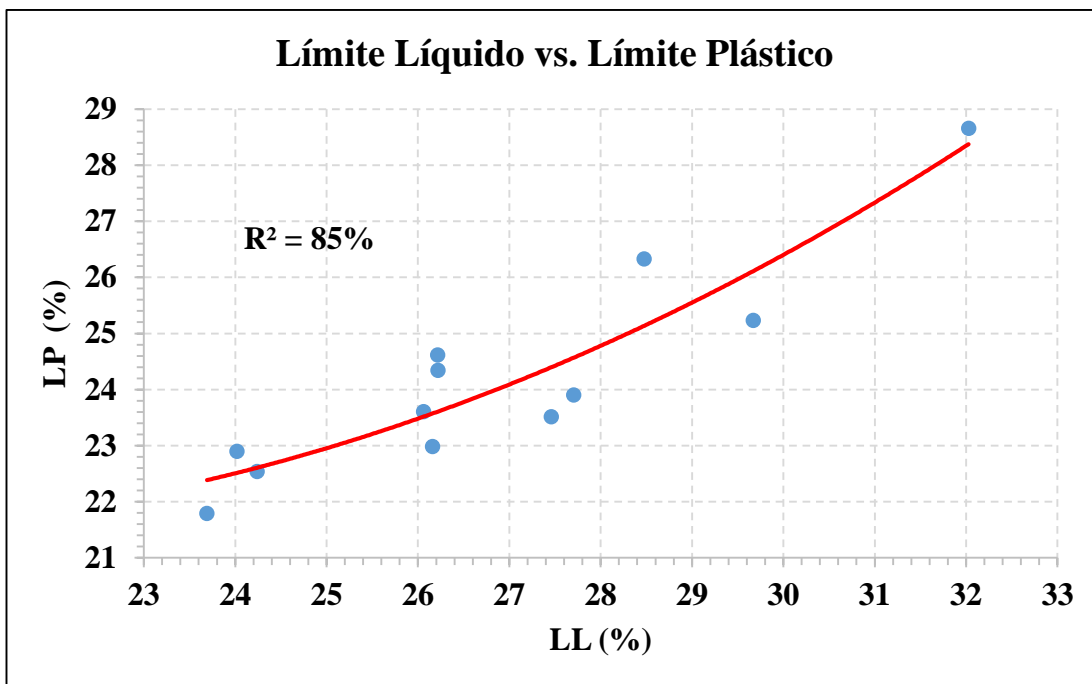
Nº	Ecuación	Coef. R <sup>2</sup> (%)	Nº de Muestra	Fig
<b>CORRELACIONES DN vs. PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
1	$DN = 984284 * LL^{-3.412}$	61%	11	43
2	$DN = 0.3548LP^2 - 19.821 LP + 284.55$	55%	10	44
3	$DN = 44.909 * e^{-0.048 F}$	61%	10	45
4	$DN = 41.738 * e^{-0.35 CBR}$	50%	10	46
5	$\gamma d_{IN\ SITU} = 2.1507 - 0.0156 DN - 0.0222 W_{NAT}$	68%	10	47
6	$\gamma d_{IN\ SITU} = 9.0638 * DN^{-0.0765} * W_{OPT}^{-0.538}$	72%	10	48
7	$DN = 145.9146 * e^{-0.3658 LL} * e^{0.3155 LP}$	62%	10	49
8	$W_{OPT} = 16.985 - 5.2514 * \log(DN) + 0.3661 W_{NAT}$	63%	10	50
9	$DN = 1441.7138 * e^{-2.434 \gamma d_{IN\ SITU}} * e^{-0.554 CC}$	72%	10	51
10	$DN = 48.9784 - 134.2637 * \log(\gamma d_{IN\ SITU}) - 1.3036 CC$	65%	10	52
11	$DN = 408.8232 * e^{-1.4946 \gamma d_{IN\ SITU}} * e^{-0.3101 IP}$	65%	12	53

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 36.** Ecuaciones de correlaciones de 2 y 3 variables entre CBR y propiedades índices

Nº	Ecuación	Coef. R <sup>2</sup> (%)	Nº de Muestra	Fig
<b>CORRELACIONES CBR vs. PROPIEDADES ÍNDICE</b>				
1	$CBR = 400.7532 - 328.8371 * \log(LL) + 6.2551 W_{OPT}$	65%	12	54
2	$CBR = 875.3872 * LP^{-2.7155} * W_{OPT}^{1.9591}$	69%	11	55
3	$CBR = 35.2938 * G_s^{-3.6055} * W_{OPT}^{1.2386}$	82%	10	56
4	$CBR = 64.8009 + 6.2624 W_{OPT} - 4.9431 LL$	72%	11	57
5	$CBR = 192.8338 - 121.9474 \gamma_{d_{MAX}} + 1.1576 n$	62%	10	58
6	$CBR = 2984.6643 * e^{-3.1607 \gamma_{d_{MAX}}} * e^{0.0368 F}$	66%	10	59

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 33.** Límite Líquido vs. Límite Plástico

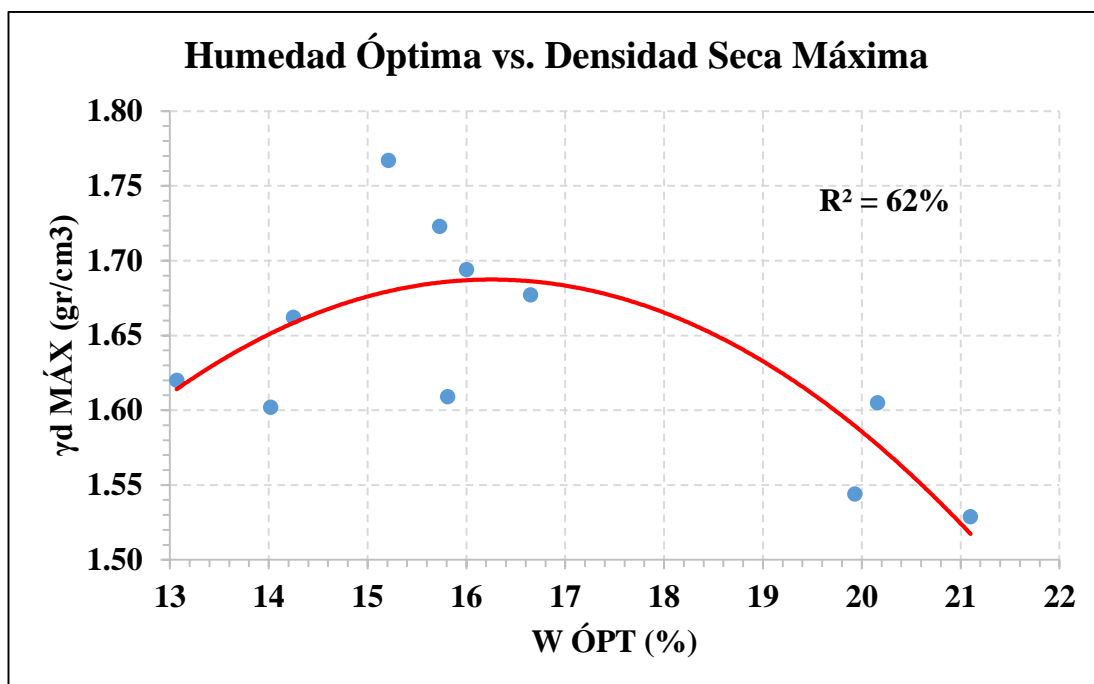
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$LP = 0.0405 LL^2 - 1.5361 LL + 36.063$
<b>Coefficiente de correlación:</b>	$R^2 = 85 \%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia polinómica de segundo grado que correlaciona 2 variables: Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 85% que indica una correlación alta. Se trabajó con un total de 12 muestras.

El LL y el LP son directamente proporcionales, es decir, un suelo necesita un mayor LL para pasar de su estado plástico a líquido y a su vez necesita un mayor LP para pasar de su estado sólido a plástico, en ambos casos el contenido de humedad debe aumentar de manera constante.



**Figura 34.** Humedad Óptima vs. Densidad Seca Máxima

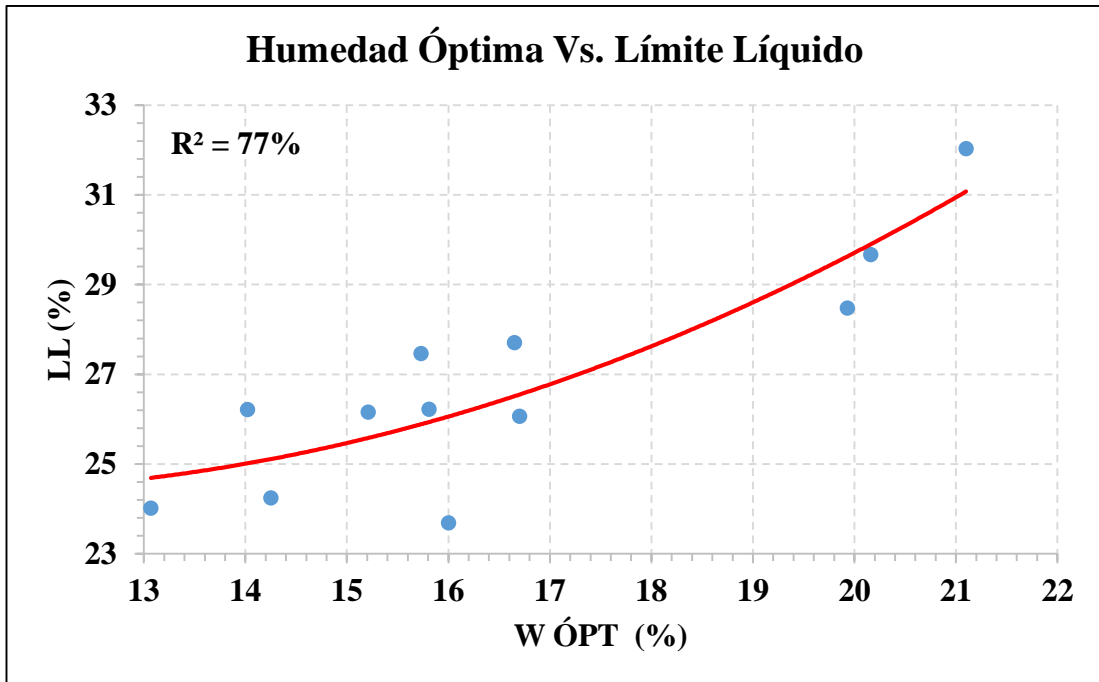
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma d_{MÁX} = -0.0072W_{ÓPT}^2 + 0.2352W_{ÓPT} - 0.2238$
<b>Coefficiente de correlación:</b>	$R^2 = 62\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una línea de tendencia polinómica de segundo grado que correlaciona 2 variables: Humedad Óptima ( $W_{ÓPT}$  %) y Densidad Seca Máxima ( $\gamma d_{MÁX}$  gr/cm<sup>3</sup>); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 62% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarta 1, para este caso la que corresponde al Pozo #5, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

El  $\gamma d_{MÁX}$  y la  $W_{ÓPT}$  son directamente proporcionales, es decir aumentan de manera constante pero solo hasta cierto límite, ya que si se llega a superar el valor de la  $W_{ÓPT}$  el agua reemplaza las partículas del suelo y al ser menos denso tenderá a disminuir la  $\gamma d_{MÁX}$ .



**Figura 35.** Humedad Óptima vs. Límite Líquido

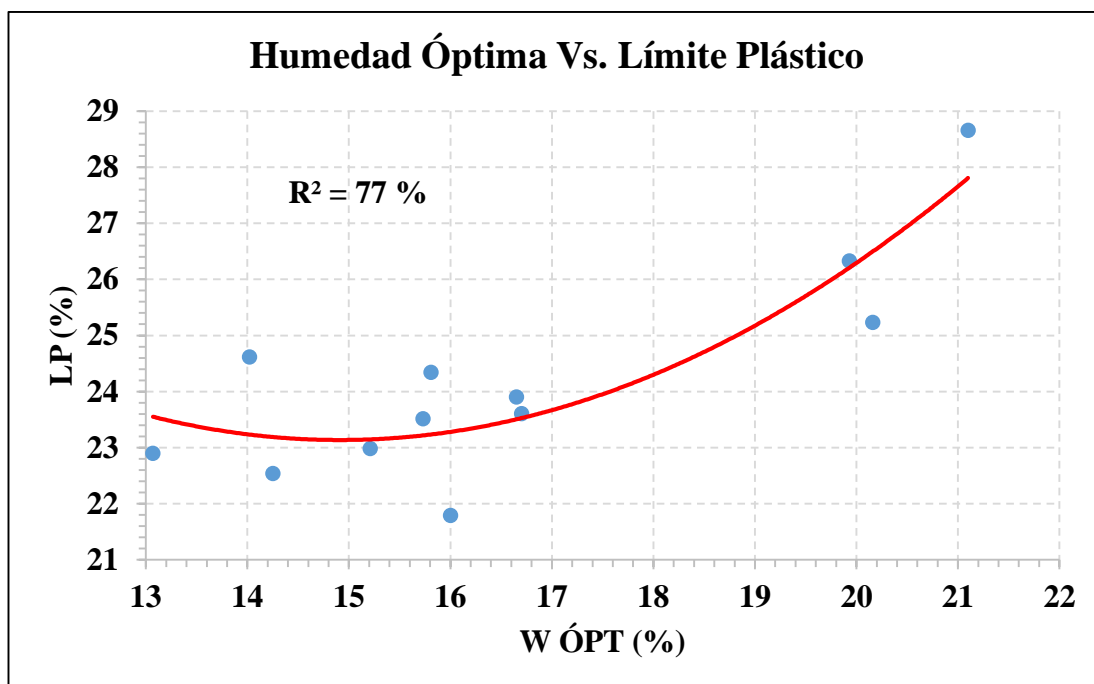
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$W_{\text{ÓPT}} = 0.0644 LL^2 - 1.4073 LL + 32.078$
<b>Coefficiente de correlación:</b>	$R^2 = 77\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia polinómica de segundo grado que correlaciona 2 variables: Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$  %) y Límite Líquido (LL%); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “ $R^2$ ” de 77% que indica una correlación muy buena. Se trabajó con el total de muestras tomadas en campo (12 muestras).

La  $W_{\text{ÓPT}}$  y el LL son directamente proporcionales, lo que significa que los suelos necesitan mayor cantidad de agua para llegar a la humedad óptima esto podría ser debido a la presencia significativa de finos que se caracterizan por tener LL altos.



**Figura 36.** Humedad Óptima vs. Límite Plástico

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

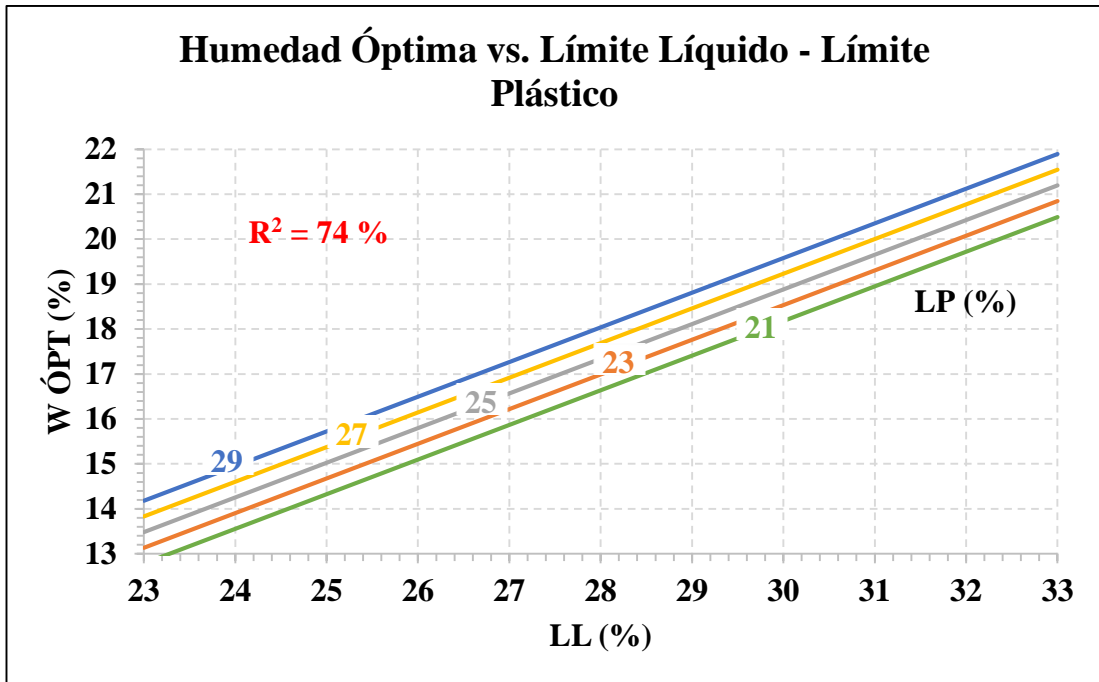
<b>Ecuación:</b>	$W_{\text{ÓPT}} = 0.122 LP^2 - 3.6382 LP + 50.262$
<b>Coefficiente de correlación:</b>	$R^2 = 77\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia polinómica de segundo grado que correlaciona 2 variables: Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$  %) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “ $R^2$ ” de 77% que indica una correlación muy buena. Se trabajó con el total de muestras tomadas en campo (12 muestras).

La  $W_{\text{ÓPT}}$  % y el LP son directamente proporcionales, lo que significa que los suelos necesitan mayor cantidad de agua para llegar a la humedad óptima y a su condición plástica. Mientras exista una considerable presencia de finos la cantidad de humedad que se necesite para llegar a la humedad óptima se irá incrementando en función de los mismos.





**Figura 37.** Humedad Óptima vs. Límite Líquido - Límite Plástico

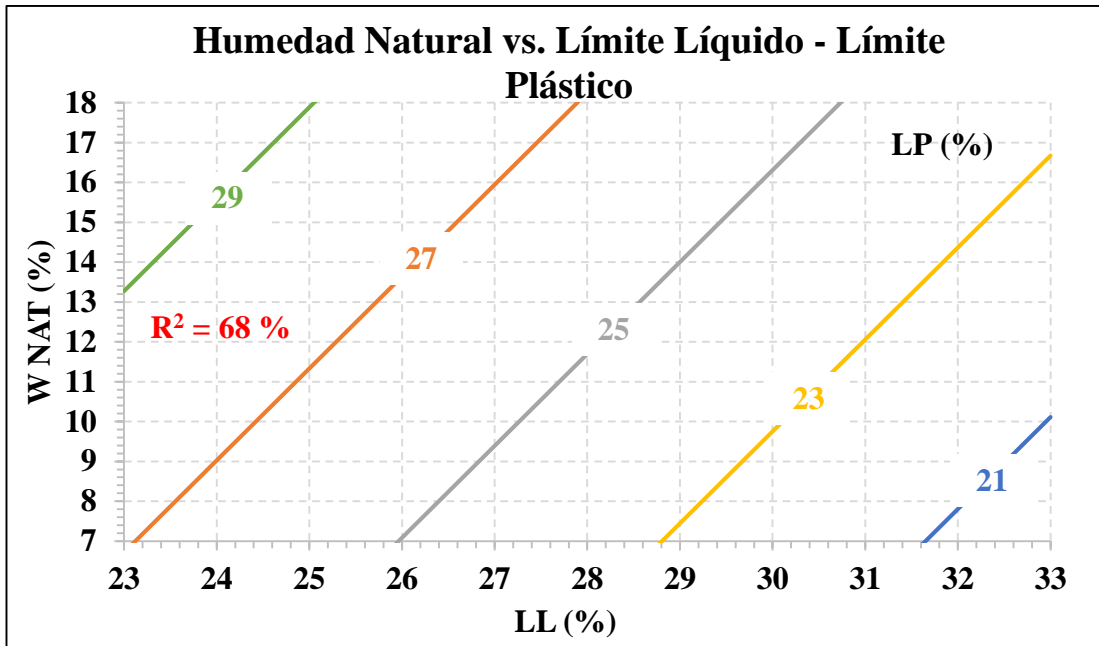
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$W_{\text{ÓPT}} = -57.8860 + 49.1938 * \log(\text{LL}) + 0.1752 * \text{LP}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 74\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Logarítmica de 3 variables: Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}\%$ ), Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 74% que indica una correlación muy buena. Se trabajó con el total de muestras tomadas en campo (12 muestras).

La  $W_{\text{ÓPT}}$  es directamente proporcional al LL y al LP, indica que el suelo necesita cierta cantidad de agua para llegar a su estado plástico y un poco más para lograr su estado líquido. Cantidades mayores de agua indican presencia de suelos finos los que se caracterizan por tener  $W_{\text{ÓPT}}$  altas en relación con los suelos friccionantes.



**Figura 38.** Humedad Natural vs. Límite Líquido - Límite Plástico

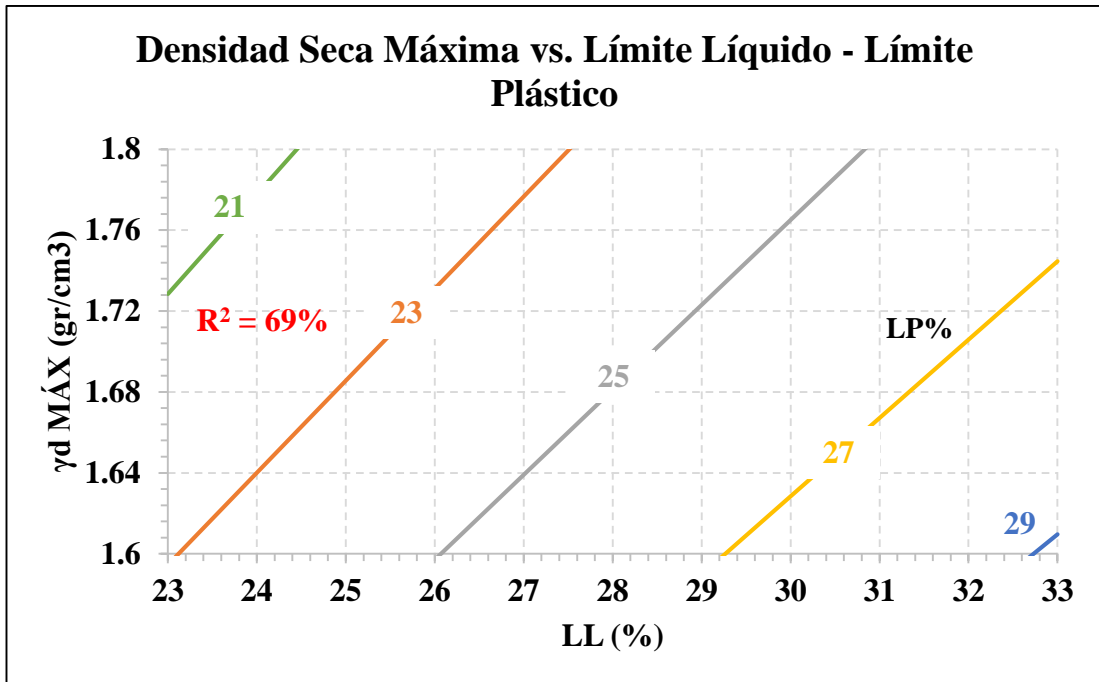
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$W_{NAT} = -118.1997 + 147.1031 * \log(LL) - 3.2781 * LP$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 68\%$

**Análisis e Interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Logarítmica de 3 variables: Humedad Natural ( $W_{NAT}\%$ ), Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 68% que indica una correlación BUENA. Con el objetivo de obtener una correlación  $> 50\%$  se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso la que corresponde al Pozo #1, por ello se trabaja solo con 11 muestras.

La  $W_{NAT}$  es directamente proporcional al LL y al LP, ya que el suelo con cierta cantidad de agua primero llega a su estado plástico y consecutivamente a su estado líquido, siguiendo este tipo de comportamiento siempre y cuando la humedad natural se encuentre en un rango de 7% a 18%.



**Figura 39.** Densidad Seca Máxima vs. Límite Líquido - Líquido Plástico

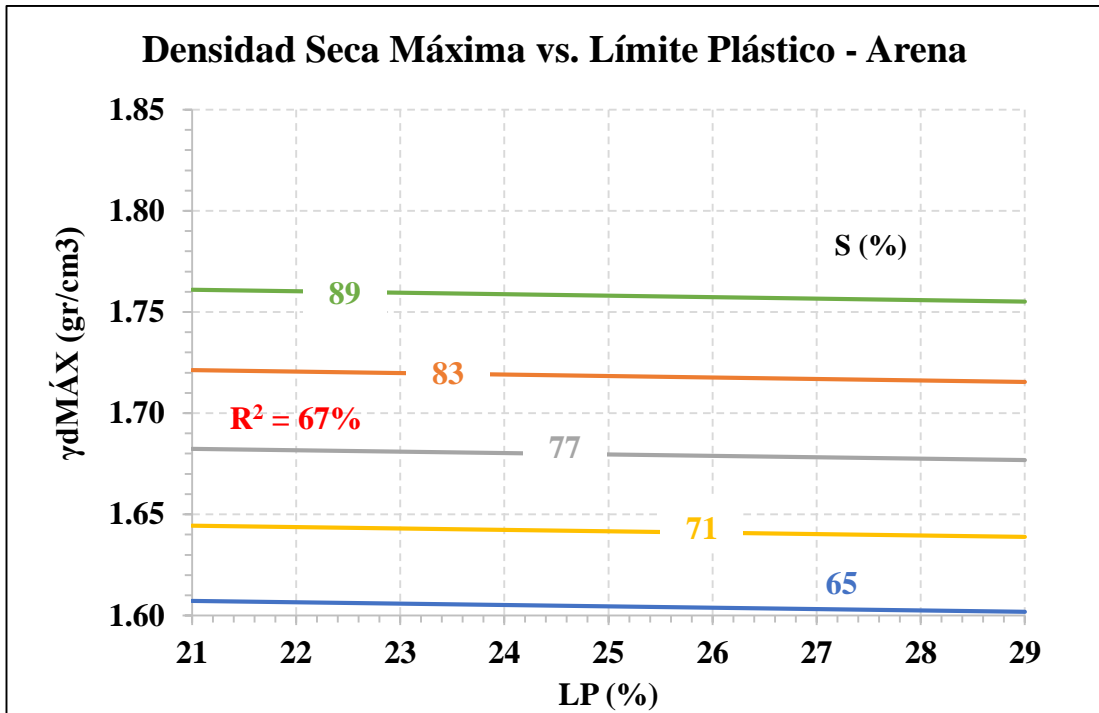
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma d_{MÁX} = 2.614 * e^{0.0251 LL * e^{-0.0403 LP}}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 69\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: Densidad Seca Máxima ( $\gamma d_{MÁX}$  gr/cm<sup>3</sup>), Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 69% que indica una correlación BUENA. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso la que corresponde al Pozo #11, por ello se trabaja solo con 11 muestras.

Se puede observar que mientras menor límite plástico y a su vez menos límite líquido tenga el suelo va a alcanzar mayores densidades. Esto es típico de suelos friccionantes que contengan poco porcentaje de finos.



**Figura 40.** Densidad Seca Máxima vs. Límite Plástico – Arena

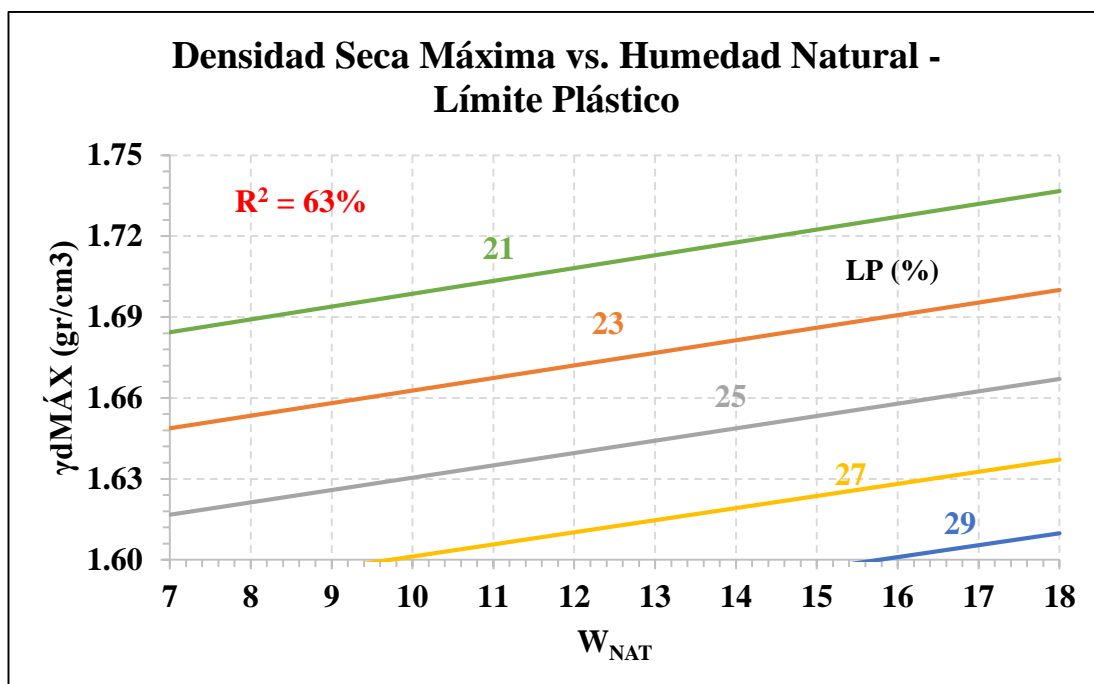
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma_{dMÁX} = 2.2664 * e^{-0.0004 LP} * e^{-0.0038 S}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 67\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: Densidad Seca Máxima ( $\gamma_{dMÁX}$  gr/cm<sup>3</sup>), Límite Plástico (LP%) y Arena (S%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 67% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso las que corresponden al Pozo #11, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

El LP es directamente proporcional al S% por lo que sí existe menor cantidad de arena el agua retenida y absorbida será menor, e inversamente proporcional a la  $\gamma_{dMÁX}$  indicando densidades mayores en los suelos granulares.



**Figura 41.** Densidad Seca Máxima vs. Humedad Natural – Límite Plástico

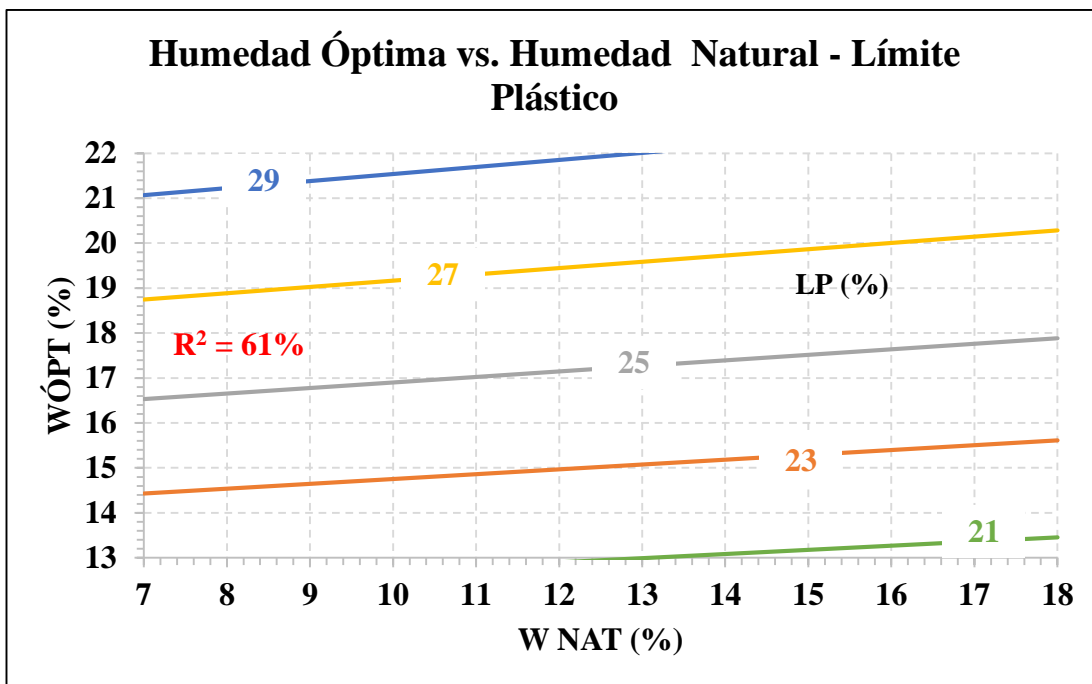
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma_{dMÁX} = 3.2352 * W_{NAT}^{0.0324} * LP^{-0.2351}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 63\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Potencial de 3 variables: Densidad Seca Máxima ( $\gamma_{dMÁX}$  gr/cm<sup>3</sup>), Humedad Natural ( $W_{NAT}$  %) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 63% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarta 1, para este caso las que corresponden al Pozo #5, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

El  $\gamma_{dMÁX}$  es inversamente proporcional a la  $W_{NAT}$  y al LP, lo que indica que un suelo que tenga un contenido de humedad natural alto y un límite plástico alto, el suelo va a ser menos denso.



**Figura 42.** Humedad Óptima vs. Humedad Natural – Límite Plástico

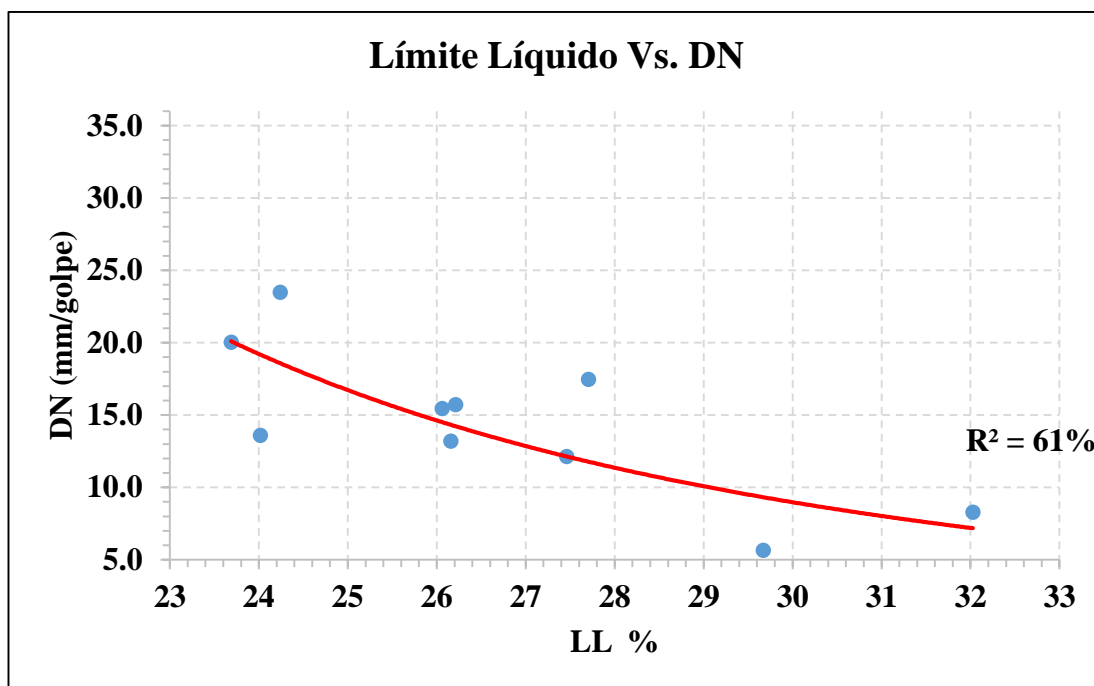
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$W_{\text{óPT}} = 0.0734 * W_{\text{NAT}}^{0.0832} * \text{LP}^{1.6328}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 61\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Potencial de 3 variables: Humedad Óptima ( $W_{\text{óPT}}$  %), Humedad Natural ( $W_{\text{NAT}}$  %) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 61% que indica una correlación buena. Se trabajó con el total de muestras tomadas en campo (12 muestras).

La  $W_{\text{óPT}}$  es directamente proporcional a la  $W_{\text{NAT}}$  y al LP, lo que indica que un suelo necesita mayor cantidad de agua para alcanzar su  $W_{\text{óPT}}$ . Tomando en cuenta que el LP aumentará hasta el límite de su estado plástico.



**Figura 43.** Límite líquido vs. DN

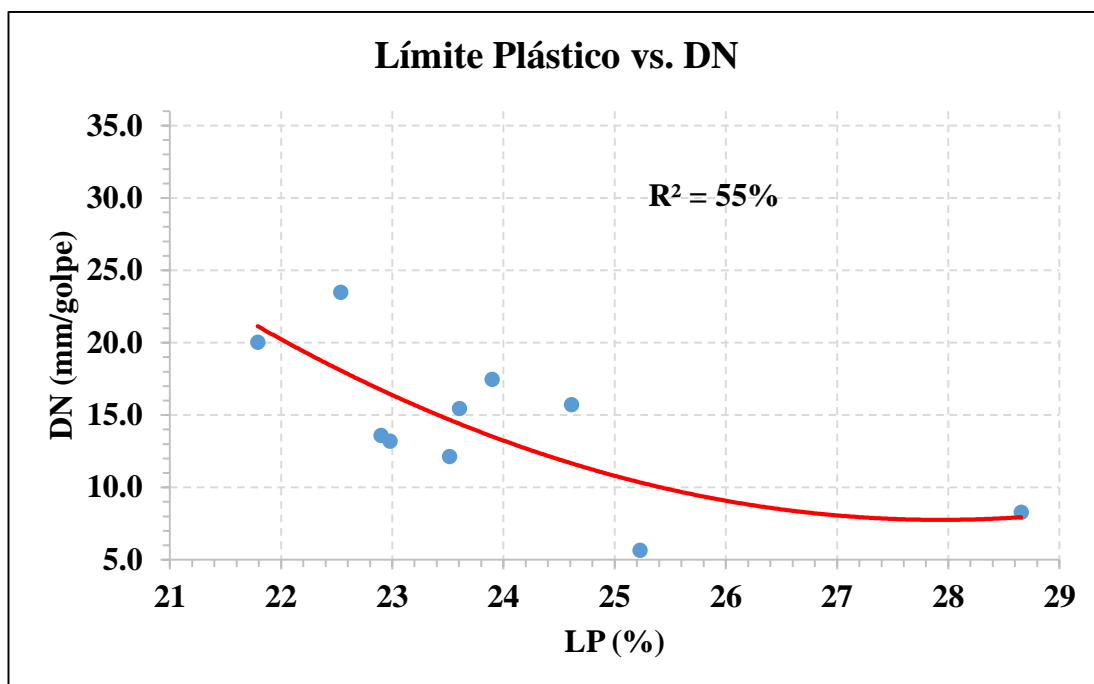
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 984284 * LL^{-3.412}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 61\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia potencial de segundo grado que correlaciona 2 variables: DN (DN mm/golpe) y Límite Líquido (LL%); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 61 % que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso la que corresponde al Pozo #1 y Pozo #7, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

El DN y el LL es inversamente proporcional, lo que se puede interpretar que existe una fácil penetración en el suelo con baja cantidad de agua, debido a que el suelo es menos denso por no contener la cantidad de agua adecuada. Considerando esto para los suelos analizados.



**Figura 44.** Límite Plástico vs. DN

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

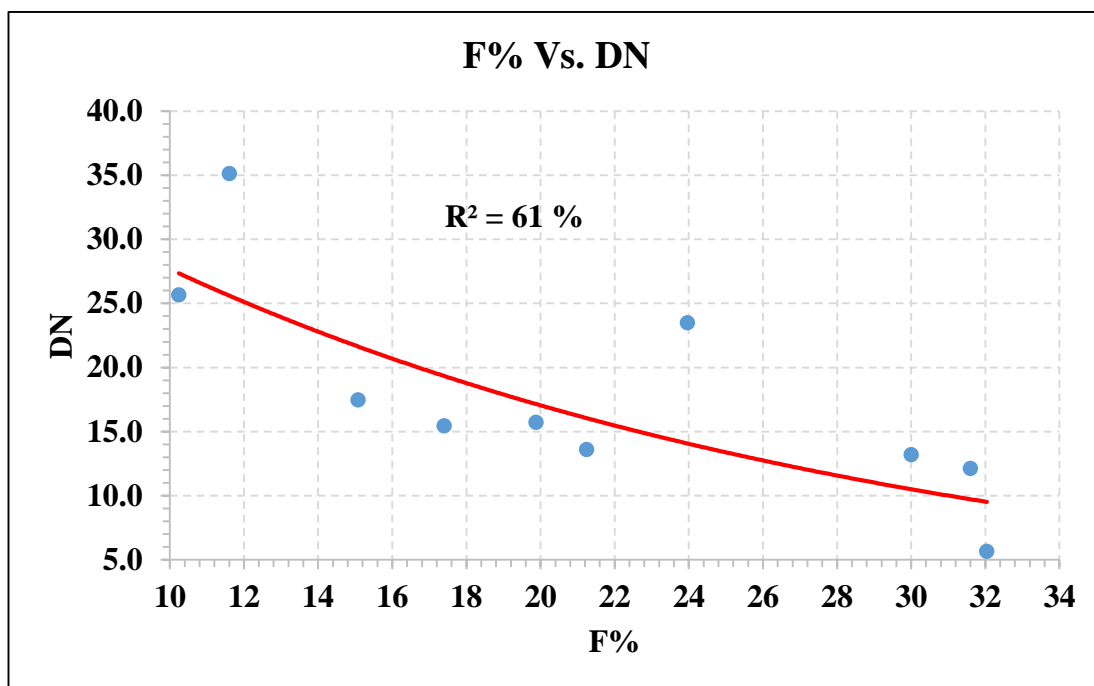
<b>Ecuación:</b>	$DN = 0.3548LP^2 - 19.821 LP + 284.55$
<b>Coefficiente de correlación:</b>	$R^2 = 55\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia polinómica de segundo grado que correlaciona 2 variables: Límite Plástico (LP %) y DN (DN mm/golpe); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 55% que indica una correlación regular. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #7, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN y el LP es inversamente proporcional, lo que se puede interpretar que un suelo con baja cantidad de agua es más fácil de penetrar. Esto puede ser debido a la gran cantidad de vacíos de aire que presente el suelo cuando se encuentre en su estado plástico.





**Figura 45.** Fino N°200 vs. DN

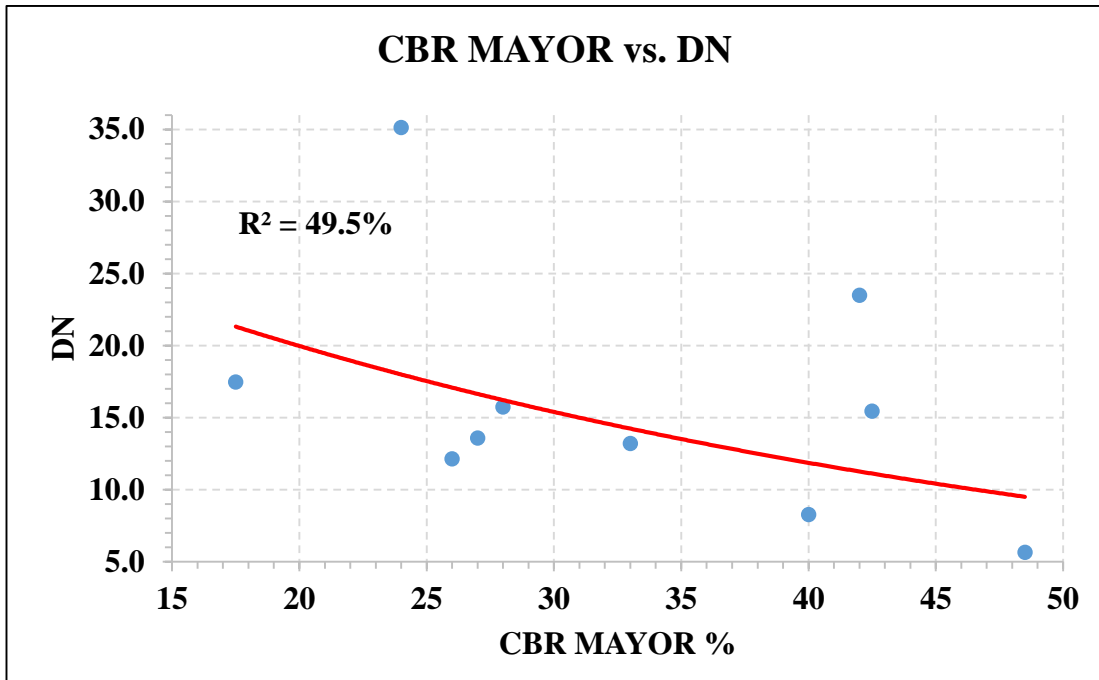
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 44.909 * e^{-0.048 F}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 61\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia Exponencial que correlaciona 2 variables: DN (DN mm/golpe) y Límite Líquido (LL%); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 61 % que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso la que corresponde al Pozo #8 y Pozo #9, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN y el F% son inversamente proporcionales, al presentarse un suelo con mayor cantidad finos el índice de penetración es menor, debido a que los suelos finos tienen la facilidad de acomodar sus partículas de mejor manera eliminando los vacíos y por ende obteniendo mayor resistencia.



**Figura 46.** CBR vs. DN

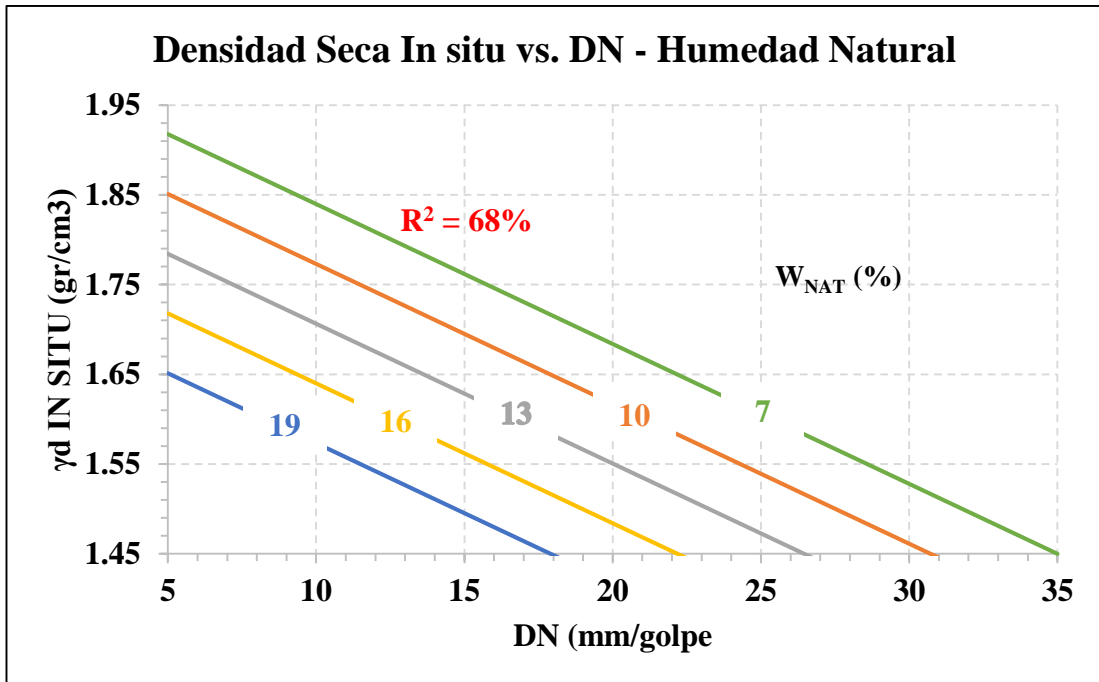
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 41.738 * e^{-0.35CBR}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 49.5\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una línea de tendencia Exponencial que correlaciona 2 variables: DN (DN mm/golpe) y CBR (CBR %); en la cual se obtuvo un coeficiente de correlación “R<sup>2</sup>” de 49.5 % que indica que no existe una correlación entre las 10 muestras tomadas.

El DN y el CBR son inversamente proporcionales, ya que si se tiene un suelo con un valor alto de CBR corresponde a un suelo resistente y a su vez en campo se evidenciará dificultad al momento de realizar las penetraciones con el DCP.



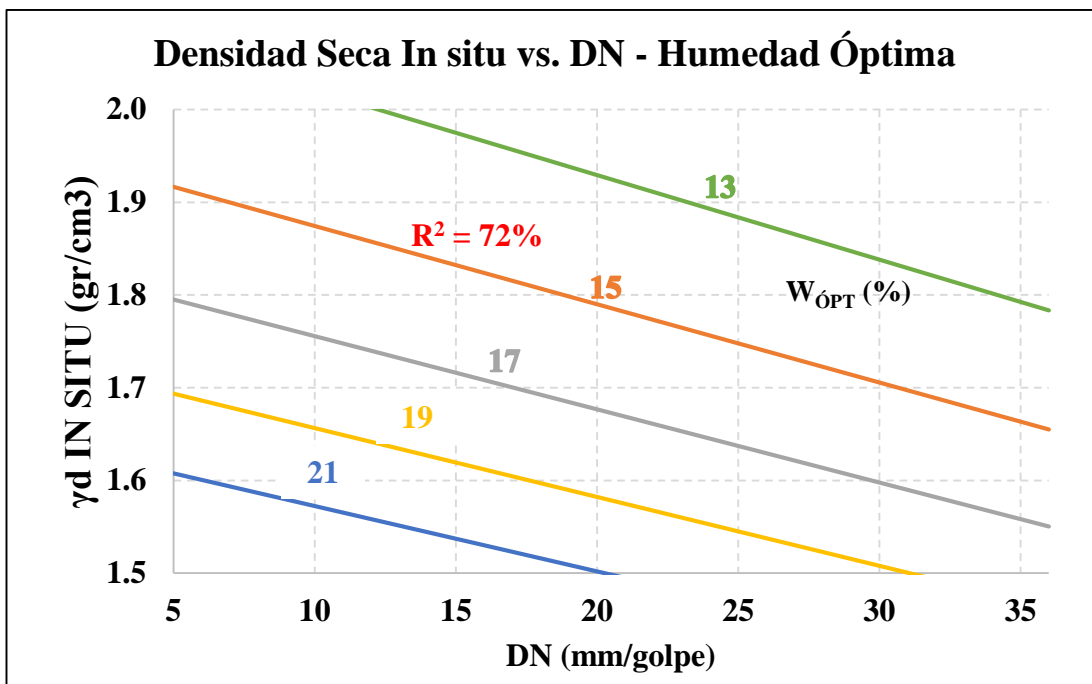
**Figura 47.** Densidad Seca In situ vs. DN - Humedad Natural

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma_{d\ IN\ SITU} = 2.1507 - 0.0156\ DN - 0.0222\ W_{NAT}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 68\%$

Es una correlación múltiple de tipo Lineal de 3 variables: Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d\ IN\ SITU}$  gr/cm<sup>3</sup>), DN (DN mm) y Humedad Natural ( $W_{NAT}$  %); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 68% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #6, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN es directamente proporcional a la  $\gamma_{d\ IN\ SITU}$ , esto se evidencia porque el suelo no presenta resistencia a la penetración y por ende va a ser menos denso. Con respecto a la  $W_{NAT}$  cuando es alta en los suelos la  $\gamma_{d\ IN\ SITU}$  es baja.



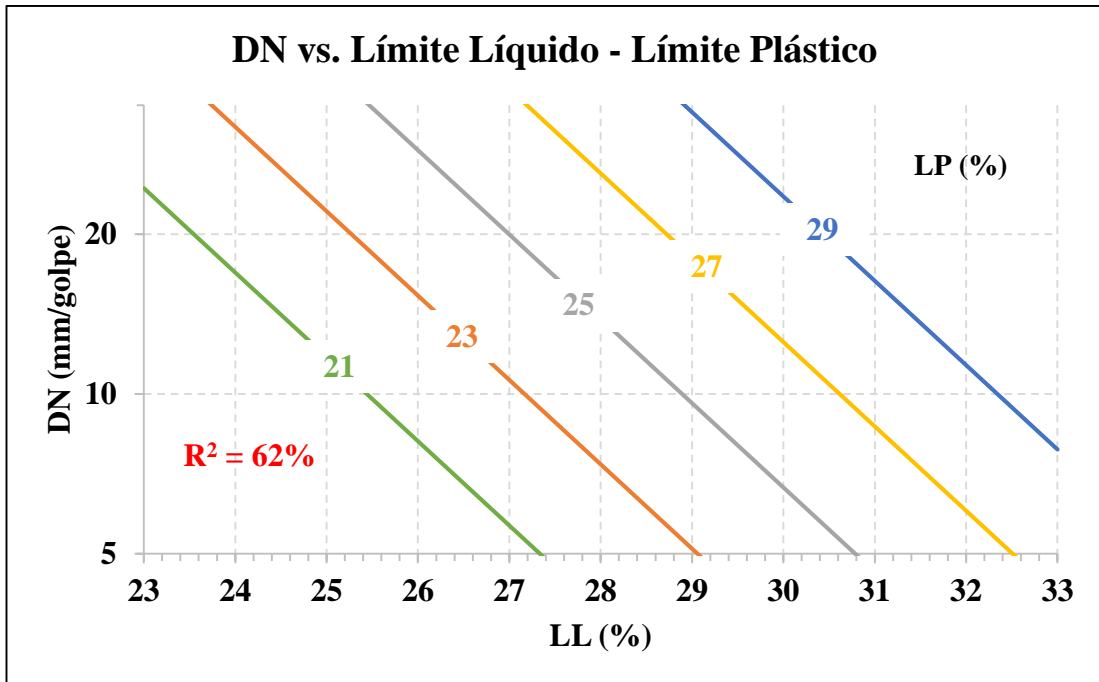
**Figura 48.** Densidad Seca In situ vs. DN - Humedad Óptima

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$\gamma_{d_{IN\ SITU}} = 9.0638 * DN^{-0.0765} * W_{\acute{O}PT}^{-0.538}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 72\%$

Es una correlación múltiple de tipo Potencial de 3 variables: Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d_{IN\ SITU}}$  gr/cm<sup>3</sup>), DN (DN mm) y Humedad Óptimo ( $W_{\acute{O}PT}$  %); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 72% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #6, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

Se observa que un suelo necesita mayor cantidad de humedad para alcanzar su densidad máxima, tomando en cuenta que ésta se va a ver afectada si se incrementa la cantidad de agua más allá del estado óptimo, ya que disminuiría la resistencia del suelo.



**Figura 49.** DN vs. Límite Líquido - Límite Plástico

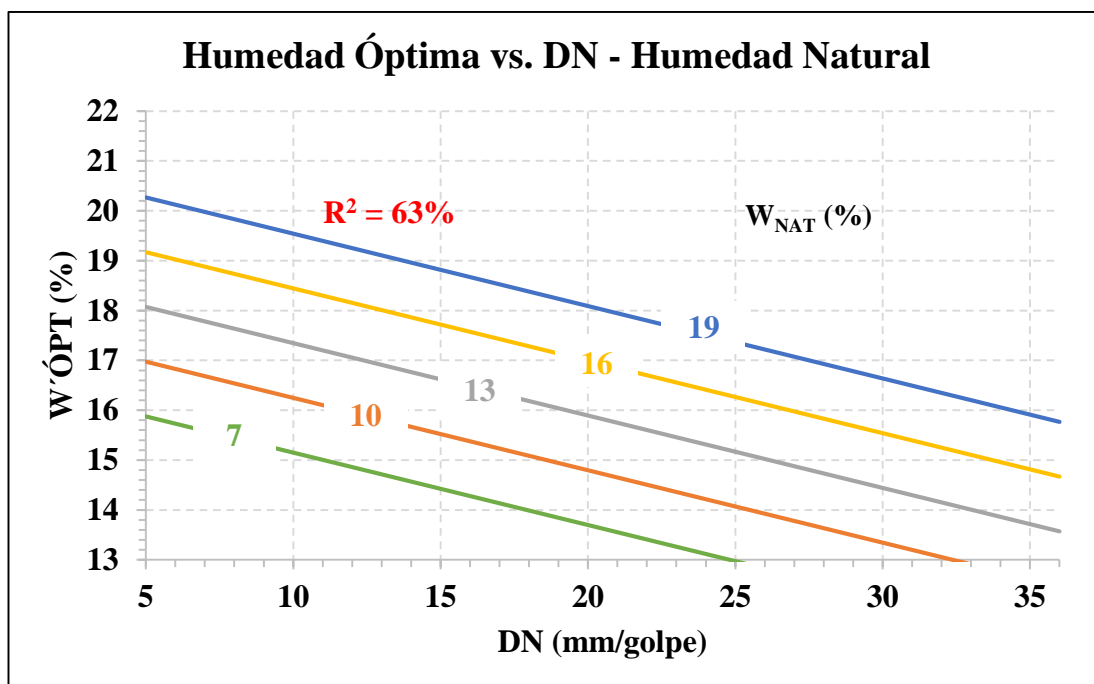
**Realizado por:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 145.9146 * e^{-0.3658 LL} * e^{0.3155 LP}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 62\%$

**Interpretación:**

En la figura superior se aprecia una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: DN (DN mm/golpe), Límite Líquido (LL%) y Límite Plástico (LP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 59% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso las que corresponden al Pozo #2, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN es inversamente proporcional al LL y LP, por lo que cuando la consistencia plástica y líquida del suelo es alta, es decir, la cantidad de agua es alta la resistencia a la penetración tiende a disminuir.



**Figura 50.** Humedad Óptima vs. DN - Humedad Natural

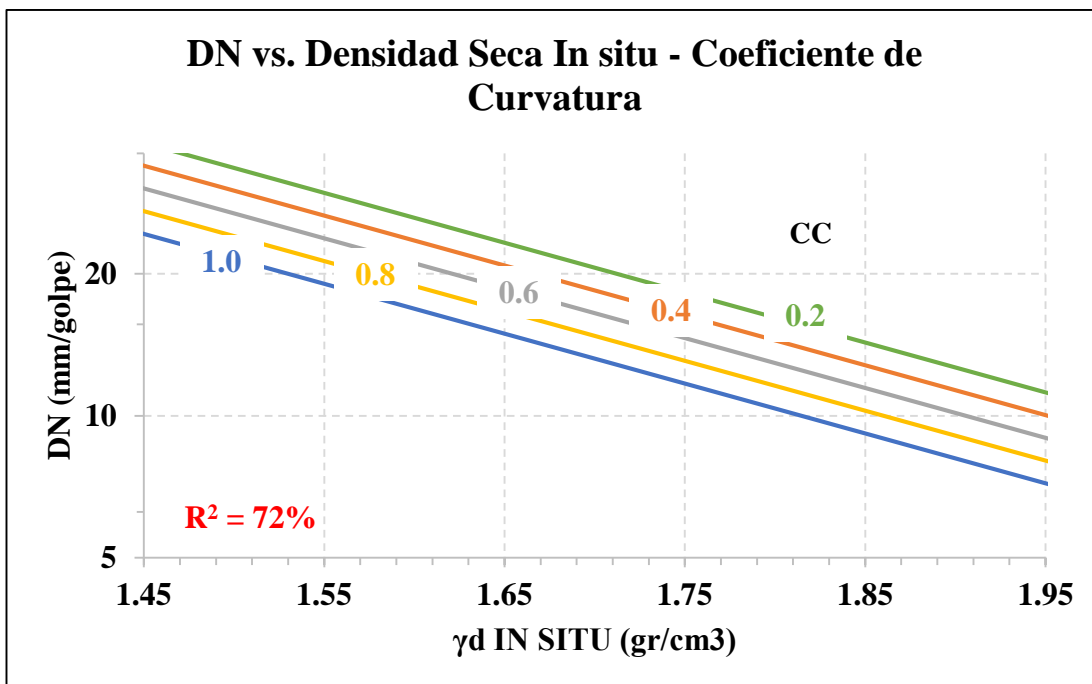
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$W_{\text{ÓPT}} = 16.985 - 5.2514 * \log(DN) + 0.3661W_{\text{NAT}}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 63\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una correlación múltiple de tipo Logarítmica de 3 variables: Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$ ), (DN mm), Humedad Natural ( $W_{\text{NAT}}$ ); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 61% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación  $> 50\%$  se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #2, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

La  $W_{\text{ÓPT}}$  es directamente proporcional al DN y la  $W_{\text{NAT}}$ . Cuando se presenta un suelo con una  $W_{\text{NAT}}$  alto para que el suelo llegue a la  $W_{\text{ÓPT}}$  se requiere mayor cantidad de agua. Por ningún motivo el contenido natural debe superar al óptimo porque la densidad del suelo comenzaría a disminuir y consecuentemente se convertiría en un suelo de baja resistencia y fácil de penetrar.



**Figura 51.** DN vs. Densidad Seca In situ – Coeficiente de Curvatura

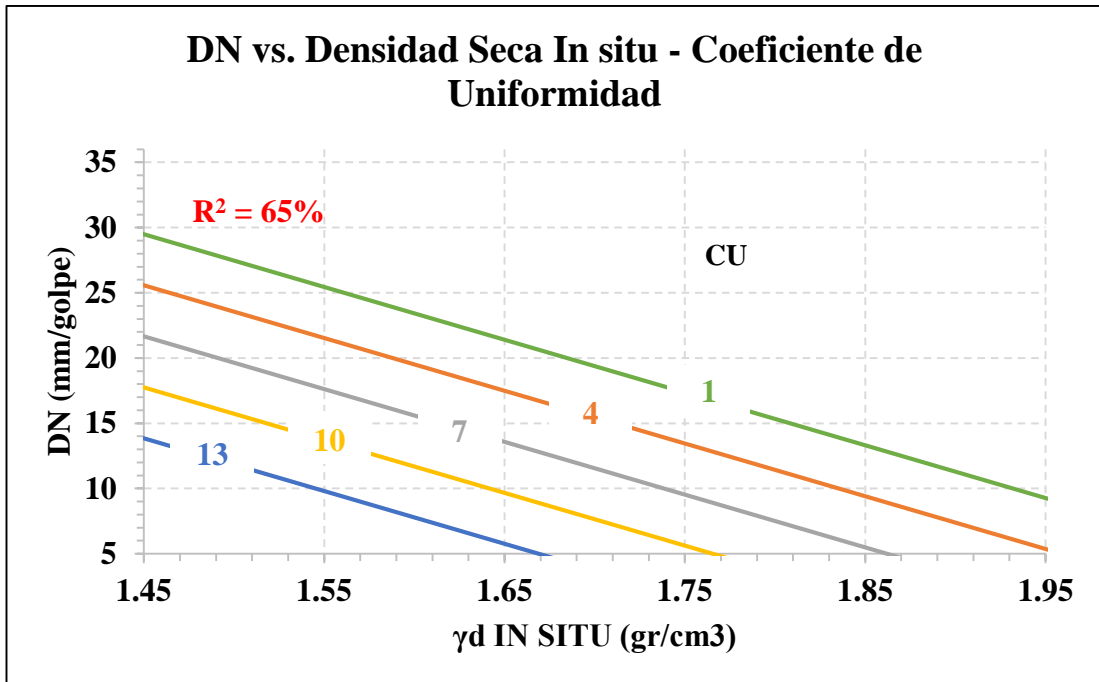
**Realizado por:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 1441.7138 * e^{-2.434 \gamma_{d\text{ IN SITU}}} * e^{-0.554 CC}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 72\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: (DN mm/golpe), Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d\text{ IN SITU}}$  gr/cm<sup>3</sup>) y Coeficiente de Curvatura (CC); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 72% que indica una correlación muy buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #3 y Pozo #11, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN es inversamente proporcional a la  $\gamma_{d\text{ IN SITU}}$  y al CC. Se entiende que un suelo denso en condiciones naturales, es decir, con sus partículas acomodadas con respecto al coeficiente de curvatura indica que es un suelo bien graduado. Por ende, es un suelo difícil de penetrar, resistente.



**Figura 52.** DN vs. Densidad Seca In situ – Coeficiente de Uniformidad

**Realizado por:** Paulina Mishell Altamirano Coro

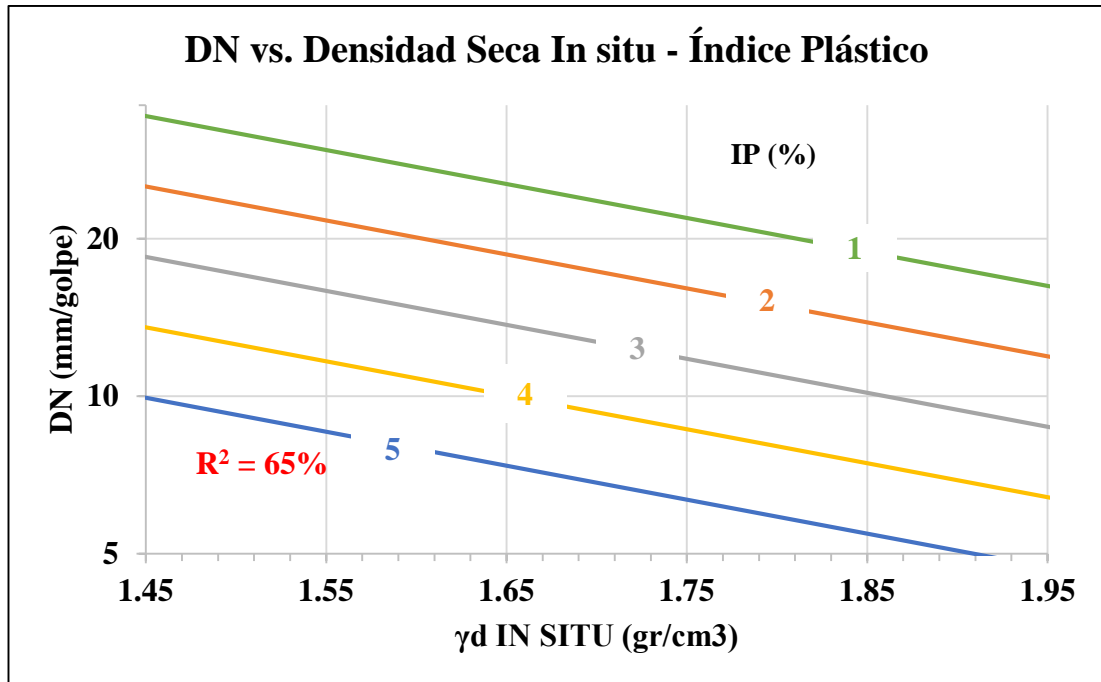
<b>Ecuación:</b>	$DN = 48.9784 - 134.2637 * \log(\gamma_{d_{IN\ SITU}}) - 1.3036\ CU$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 65\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una correlación múltiple de tipo Logarítmica de 3 variables: (DN mm/golpe), Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d_{IN\ SITU}}$  gr/cm<sup>3</sup>) y Coeficiente de Uniformidad (CU); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 65% que indica una correlación muy buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #9, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

El DN es inversamente proporcional a la  $\gamma_{d_{IN\ SITU}}$  y al CU. Se presenta que un suelo denso posee una mayor resistencia al corte y con respecto al coeficiente de uniformidad mientras mayor sea indica que el suelo está mejor graduado, lo que de igual manera impide la fácil penetración.





**Figura 53.** DN vs. Densidad Seca In situ – Índice Plástico

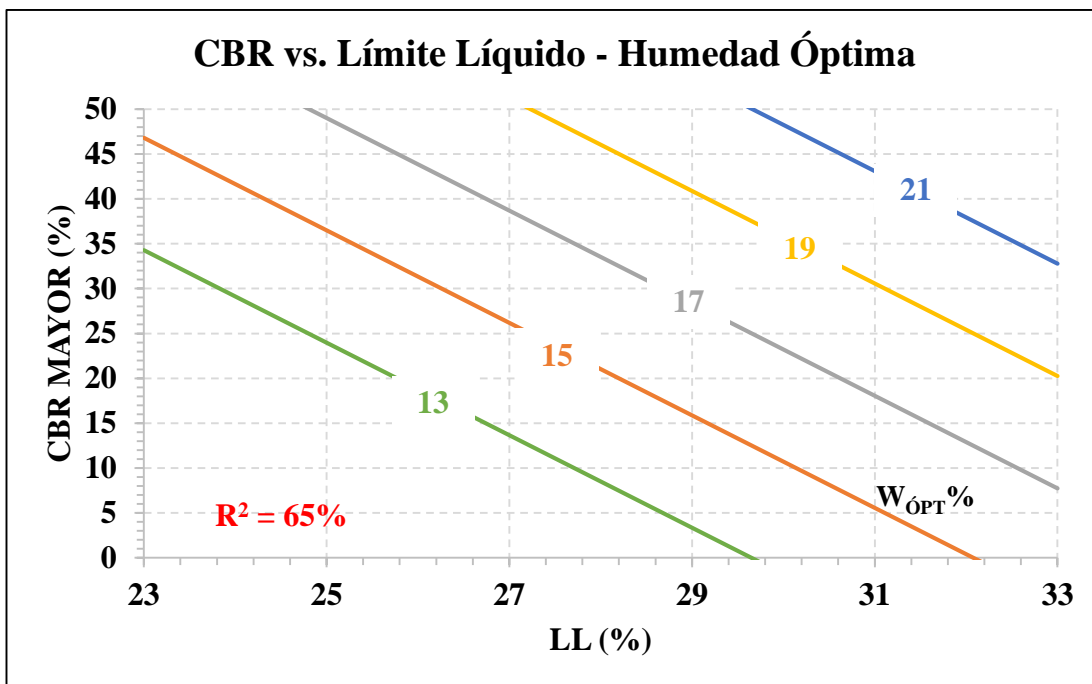
**Realizado por:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$DN = 408.8232 * e^{-1.4946 \gamma_{d\ IN\ SITU}} * e^{-0.3101 IP}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 65\%$

**Análisis e interpretación:**

En la figura superior se aprecia una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: (DN mm), Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d\ IN\ SITU}$  gr/cm<sup>3</sup>) y Índice Plástico (IP%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 65% que indica una correlación buena. Se trabajó solo con las 12 muestras.

Considerando un valor de IP% constante, se tiene que cuando un suelo posee mayor  $\gamma_{d\ IN\ SITU}$  es decir es más denso, a su vez el valor del índice plástico es menor lo que indica una menor resistencia a corte. Considerando solo para los suelos analizados.



**Figura 54.** CBR<sub>MAYOR</sub> vs. Límite Líquido - Humedad Óptima

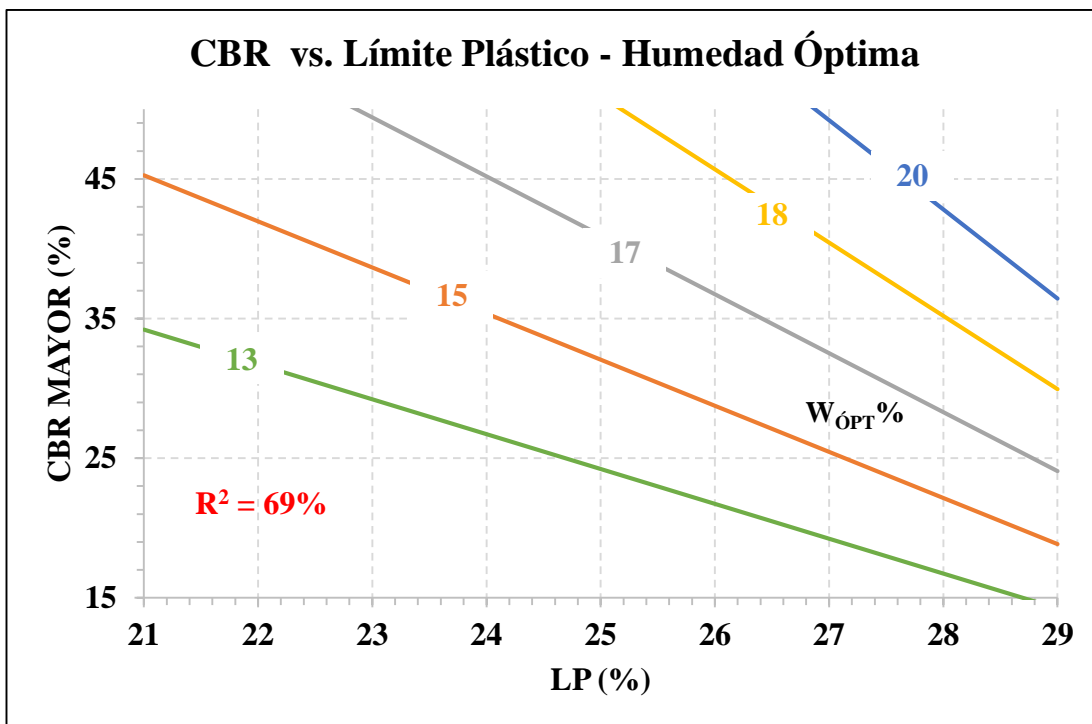
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR_{MAYOR} = 400.7532 - 328.8371 * \log(LL) + 6.2551W_{\text{ÓPT}}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 65\%$

#### **Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Logarítmica de 3 variables: CBR (CBR %), Límite Líquido (LL %) y Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}\%$ ); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 65% que indica una correlación buena. Se trabajó con el total de muestras tomadas en campo (12 muestras).

Se observa que mientras el suelo necesita más humedad para llegar a su condición óptima el valor de CBR va a ir aumentando. Sin embargo, se puede ver que, a medida que el límite líquido sea mayor para llegar a su condición líquida se va a ver afectado el valor de CBR disminuyendo considerablemente.



**Figura 55.** CBRvs. Límite Plástico – Humedad Óptima

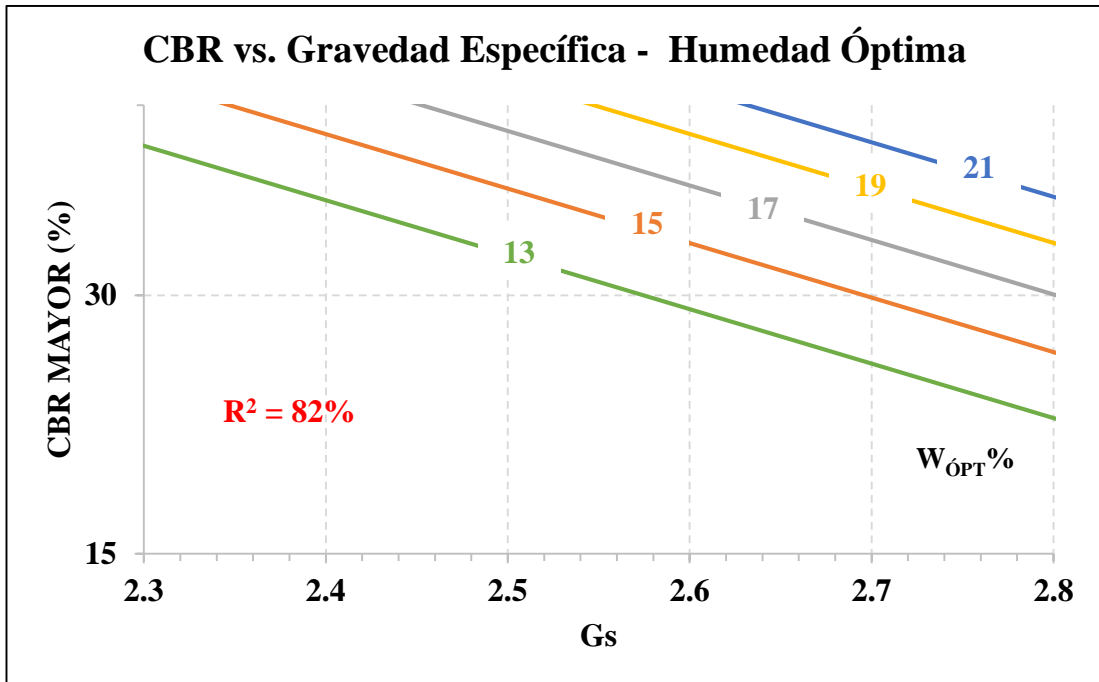
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR = 875.3872 * LP^{-2.7155} * W_{\text{ÓPT}}^{1.9591}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 69\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Potencial de 3 variables: CBR (CBR %), Límite Plástico (LP%) y Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$  %); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 69% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación  $> 50\%$  se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso las que corresponden al Pozo #3, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

Se observa un comportamiento similar a la gráfica anterior. Cuando el límite plástico aumenta constantemente hasta llegar al contenido óptimo de humedad y esto influye directamente en el aumento del valor del CBR, tomando en cuenta que si se supera los límites de humedad la resistencia del suelo disminuirá.



**Figura 56.** CBR<sub>MAYOR</sub> vs. Gravedad Específica - Humedad Óptima

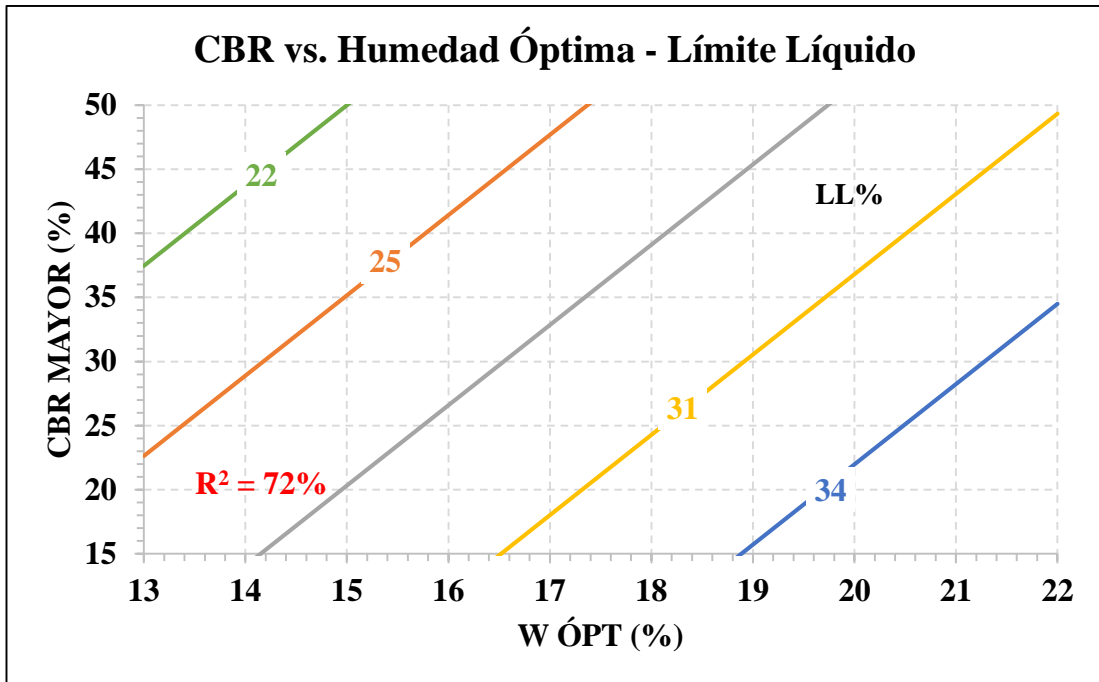
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR = 35.2938 * Gs^{-3.6055} * W_{\text{ÓPT}}^{1.2386}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 82\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Potencial de 3 variables: CBR (CBR %), Gravedad Específica (Gs) y Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$  %); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 82% que indica una correlación aceptable. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #1 y Pozo #3, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

Se observar que la gravedad específica considerada como densidad relativa aumenta constantemente hasta llegar al contenido óptimo de humedad y esto influye directamente en la resistencia al corte del suelo debido a lo que el valor de CBR es alto.



**Figura 57.** CBR vs. Humedad Óptima – Límite Líquido

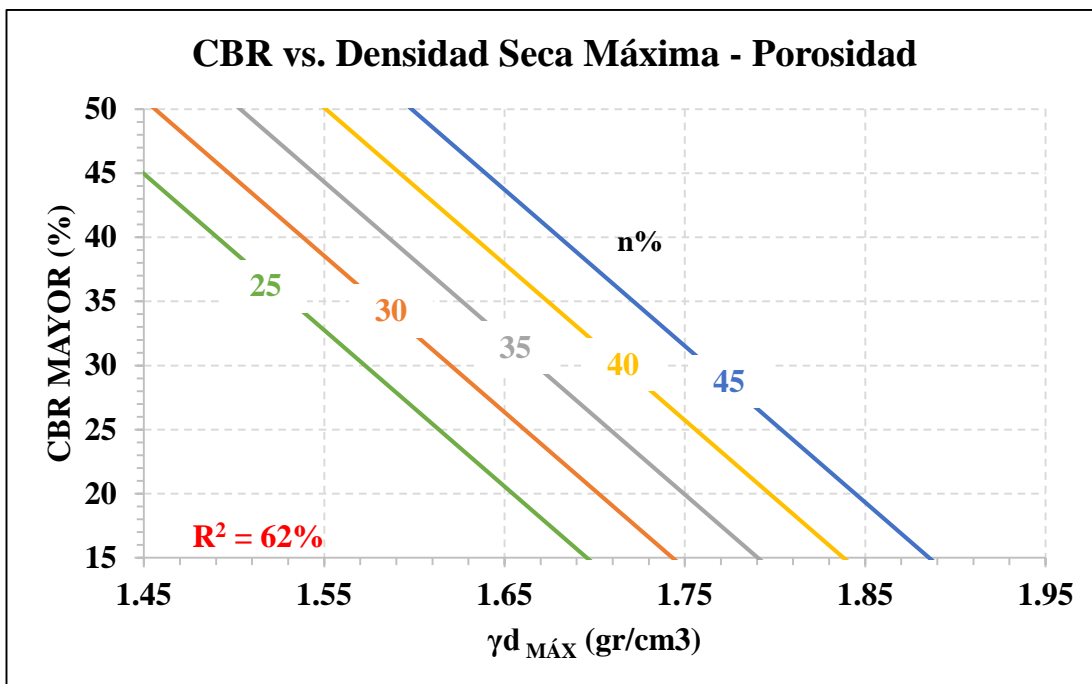
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR = 64.8009 + 6.2624 W_{\text{ÓPT}} - 4.9431 LL$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 72\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Lineal de 3 variables: CBR (CBR %), Humedad Óptima ( $W_{\text{ÓPT}}$  %) y Límite Líquido (LL %); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “ $R^2$ ” de 72% que indica una correlación muy buena. Con el objetivo de obtener una correlación  $> 50\%$  se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso las que corresponden al Pozo #3, por ello se trabajó solo con 11 muestras.

Se puede observar que a menor límite líquido y a su vez a menor humedad óptima se van a alcanzar valores de CBR altos. Esto supone que en campo es beneficioso ya que el suelo con menos finos va a necesitar poco contenido de humedad para compactarse y ser un suelo resistente a cargas.



**Figura 58.** CBR<sub>MAYOR</sub> vs. Densidad Seca Máxima - Porosidad

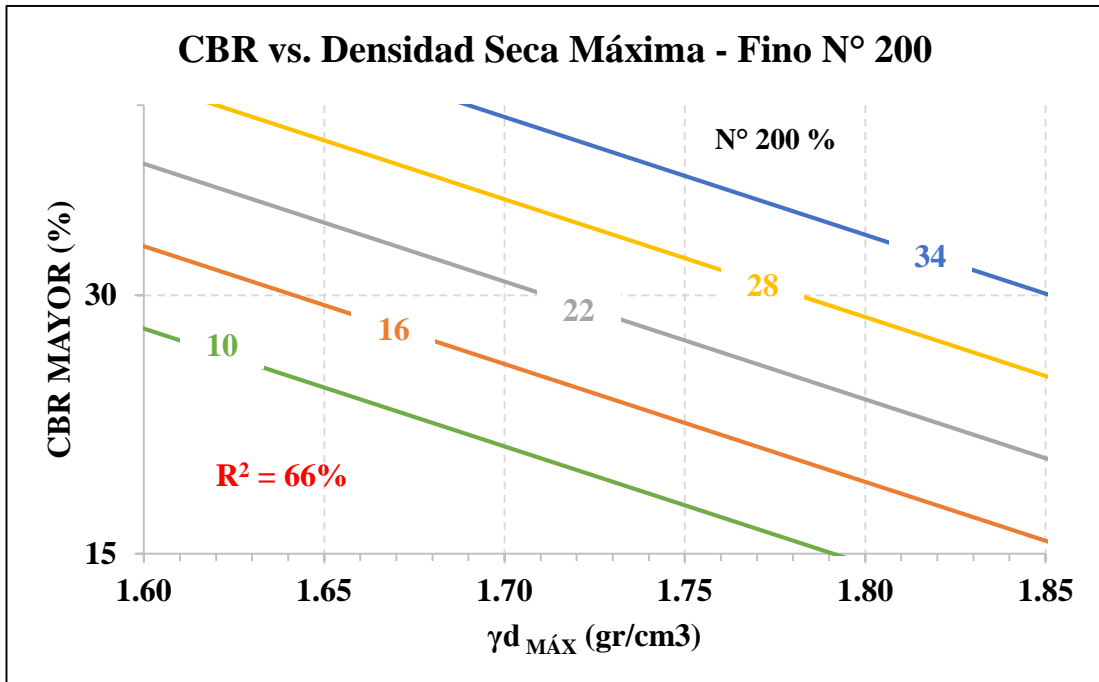
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR_{MAYOR} = 192.8338 - 121.9474 \gamma_{d_{MÁX}} + 1.1576 n$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 62\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Lineal de 3 variables: CBR (CBR %), Densidad Seca In situ ( $\gamma_{d_{IN\ SITU}}$  gr/cm<sup>3</sup>) y Porosidad (n%); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 62% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarten 2, para este caso las que corresponden al Pozo #9 y Pozo #10, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

Se observa que mientras se presente un suelo con mayor porosidad al momento de realizar la compactación, se va a alcanzar densidades más altas y producto de ello el CBR también será mayor siendo capaz de soportar cargas.



**Figura 59.** CBR vs. Densidad Seca Máxima – Fino N° 200

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

<b>Ecuación:</b>	$CBR_{MAYOR} = 2984.6643 * e^{-3.1607 \gamma_{dMÁX}} * e^{0.0368 F}$
<b>Coefficiente de determinación:</b>	$R^2 = 66\%$

**Análisis e interpretación:**

Es una correlación múltiple de tipo Exponencial de 3 variables: CBR (CBR %), Densidad Seca Máxima ( $\gamma_{dMÁX}$  gr/cm<sup>3</sup>) y Fino N° 200 (N° 200); en la cual se obtuvo un coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” de 66% que indica una correlación buena. Con el objetivo de obtener una correlación > 50% se optó que del total de muestras de suelo tomadas en campo (12 muestras) se descarte 1, para este caso la que corresponde al Pozo #2 y Pozo #10, por ello se trabajó solo con 10 muestras.

Se observa que un suelo que posee mayor cantidad de F% en suelos granulares sus partículas logran una mayor compactación eliminando una parte de los vacíos. Por ello el suelo se hará más denso y la resistencia al corte aumentará.

### 3.1.6.1. Tabla resumen de los ensayos de campo y de laboratorio

**Tabla 37.** Tabla resumen de las propiedades del suelo

Ensayo:			Densidad de Campo							Granulometría							
N°	Parroquia	Ubicación	W nat (%)	γ Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	γ Seca In situ (g/cm <sup>3</sup> )	e	n (%)	Gw (%)	Ga (%)	D60	D30	D10	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Totoras	Huachi Totoras-Paso Lateral	17.18	1.798	1.535	0.57	36.19	72.84	27.16	0.353	0.135	0.077	4.584	0.671	0	88.40	11.60
2	Totoras	Huachi Totoras-Paso Lateral	7.07	1.939	1.811	0.45	31.19	41.04	58.96	0.196	0.100	0.061	3.213	0.836	0	78.76	21.24
3	Totoras	San José-Huachi Totoras	16.11	1.851	1.594	0.47	31.87	80.57	19.43	0.215	0.106	0.073	2.945	0.716	0	84.92	15.08
4	Totoras	San José-Huachi Totoras	15.15	1.670	1.451	0.67	40.12	54.78	45.22	0.161	0.089	0.062	2.597	0.794	0	76.04	23.96
5	Totoras	Totoras-La Esperanza	14.06	1.690	1.481	0.67	39.97	52.13	47.87	0.456	0.188	0.044	10.364	1.762	0	82.60	17.40
6	Totoras	Totoras-La Esperanza	12.10	2.162	1.928	0.38	27.61	84.54	15.46	0.161	0.095	0.068	2.368	0.824	0	80.12	19.88
7	Montalvo	La Esperanza-Montalvo	9.25	1.589	1.455	0.83	45.31	29.69	70.31	0.153	0.102	0.081	1.889	0.840	0	89.76	10.24
8	Montalvo	La Esperanza-Montalvo	8.17	1.995	1.844	0.46	31.61	47.64	52.36	0.129	0.095	0.078	1.654	0.897	0	86.24	13.76
9	Montalvo	Montalvo-Cevallos	10.19	1.829	1.660	0.50	33.19	50.96	49.04	0.159	0.071	0.043	3.698	0.737	0	65.96	34.04
10	Montalvo	Montalvo-Cevallos	14.18	2.017	1.766	0.39	27.84	89.97	10.03	0.157	0.081	0.053	2.962	0.788	0	70.00	30.00
11	Montalvo	Montalvo-Manzana de Oro	16.23	1.862	1.602	0.64	38.89	66.85	33.15	0.229	0.075	0.036	6.361	0.682	0	67.96	32.04
12	Montalvo	Montalvo-Manzana de Oro	15.47	1.888	1.635	0.68	40.38	62.64	37.36	0.182	0.077	0.043	4.233	0.758	0	68.40	31.60

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Tabla 38. Tabla resumen de las propiedades del suelo**

Ensayo:			Límites Atterberg				Clasificación del suelo		GS	Compactación			CBR (%)			DCP
N°	Parroquia	Ubicación	Límite Líquido LL%	Límite Plástico LP%	Índice Plástico IP%	Índice Liquidez IL%	AASTHO	SUCS		yd máx (g/cm <sup>3</sup> )	W ópt (%)	Gc (%)	95 % yd máx			DN (mm/golpe)
													0,1"	0,2"	Mayor	
1	Totoras	Huachi Totoras-Paso Lateral	26.22	24.34	1.87	-4.11	A-2-4	SM	2.405	1.637	15.81	93.76%	24	23	24	35.13
2	Totoras	Huachi Totoras-Paso Lateral	24.02	22.90	1.12	-5.59	A-2-4	SM	2.632	1.620	13.07	111.79%	27	27	27	13.59
3	Totoras	San José-Huachi Totoras	27.71	23.90	3.81	-1.91	A-2-4	SM	2.340	1.716	16.65	92.90%	16	18	18	17.46
4	Totoras	San José-Huachi Totoras	24.24	22.54	1.71	-3.45	A-2-4	SM	2.422	1.702	14.25	85.23%	42	39	42	23.48
5	Totoras	Totoras-La Esperanza	26.06	23.60	2.46	-2.83	A-2-4	SM	2.468	1.607	16.70	92.19%	42	43	43	15.45
6	Totoras	Totoras-La Esperanza	26.21	24.61	1.60	-4.98	A-2-4	SM	2.664	1.631	14.02	118.23%	28	26	28	15.72
7	Montalvo	La Esperanza-Montalvo	28.48	26.33	2.15	-4.51	A-2-4	SM	2.660	1.609	19.93	90.42%	45	39	45	25.67
8	Montalvo	La Esperanza-Montalvo	32.03	28.66	3.37	-3.56	A-2-4	SM	2.697	1.600	21.10	115.27%	40	38	40	8.27
9	Montalvo	Montalvo-Cevallos	23.69	21.79	1.90	-2.71	A-2-4	SM	2.485	1.713	16.00	96.92%	47	38	47	20.02
10	Montalvo	Montalvo-Cevallos	26.16	22.98	3.18	-1.99	A-2-4	SM	2.448	1.805	15.21	97.86%	33	30	33	13.20
11	Montalvo	Montalvo-Manzana de Oro	29.67	25.23	4.44	-1.93	A-2-4	SM, SC	2.621	1.623	20.16	98.69%	49	46	49	5.65
12	Montalvo	Montalvo-Manzana de Oro	27.46	23.51	3.95	-1.74	A-2-4	SM	2.743	1.723	15.73	94.92%	26	23	26	12.12

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### 3.1.7. Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles AASHTO 93

#### 3.1.7.1. Cálculo del TPDA

Para el análisis de tráfico se tomó la vía “La Esperanza – Montalvo”, se determinó el TPDA con respecto al jueves, 21 de noviembre. El conteo se lo realizó durante 12 horas (6:00 am – 6:00 pm), de las cuales se pudo determinar cómo la hora pico de 7:00 am a 8:00 pm

**Tabla 39.** Valores de tráfico en la hora pico

Hora	Vehículos	Buses	Camiones			Total 15 minutos
			2 Ejes	3 Ejes	4 Ejes	
7:00 - 7:15	4	1				5
7:15 - 7:30	3	1	1	2		7
7:30 - 7:45	2	2				4
7:45 - 8:00	4	1	1			6
<b>Total</b>	13	5	2	2	0	22
<b>%</b>	59.1%	22.7%	9.1%	9.1%	0.0%	100.0%

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

#### 3.1.7.1.1. Factor de Hora Pico

$$FHP = \frac{\text{Totalde vehículos}}{4 * (\text{mayor tráfico en 15 minutos})}$$

$$FHP = \frac{22}{4 * 7}$$

$$FHP = 0.79$$

El valor obtenido en el factor de hora pico (FHP) es menor que la unidad por tanto se considera que existen concentraciones de flujo máximo de vehículos en intervalos cortos de tiempo dentro de la hora pico. Para este proyecto se asumirá  $FHP = 1$  para considerar que el tráfico es uniforme.

#### 3.1.7.1.2. Porcentaje de la trigésima hora

Tomando en cuenta que la carretera a proyectar se encuentra en una zona rural, consideraremos un valor de 15% el cual se encuentra en función de la hora pico asumida en el punto anterior.

$$TPDA_{actual} = \frac{VHP * FHP}{15\%}$$

Donde:

VHP → Total de vehículos por tipo

FHP → factor de hora pico

TPDA → tráfico promedio anual

- Para livianos

$$TPDA_{actual} = \frac{13 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{actual} = 87 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Para buses

$$TPDA_{actual} = \frac{5 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{actual} = 34 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

- Para camiones

$$TPDA_{actual} = \frac{4 * 1}{15\%}$$

$$TPDA_{actual} = 27 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

### 3.1.7.1.3. Tr\u00e1nsito futuro

Para el c\u00e1lculo del tr\u00e1fico futuro se utilizar\u00e1 la f\u00f3rmula propuesta por el MOP [24]:

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

**Tabla 40.** Per\u00edodo de dise\u00f1o seg\u00fan el tipo de carretera

Clasificaci\u00f3n de la v\u00eda	Per\u00edodo de an\u00e1lisis (a\u00f1os)
Urbana de alto volumen de tr\u00e1fico	30 - 50
Rural de alto volumen de tr\u00e1fico	20 - 50
Pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tr\u00e1fico	10 - 20

**Fuente:** AASHTO 93, “Gu\u00eda para el dise\u00f1o de la estructura del Pavimento”

Para el presente proyecto la vía analizada es no pavimentada de bajo volumen de tráfico, por ende, el período de análisis se realizará para 20 años, tomando en cuenta los siguientes índices de crecimiento vehicular.

**Tabla 41.** Índice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipo de vehículos		
	Livianos	Buses	Camiones
2015 - 2020	3.97	1.97	1.94
2020 - 2025	3.57	1.78	1.74
2026 – 2030	3.25	1.62	1.58
2031 – 2035	3.25	1.62	1.58
2036 - 2039	3.25	1.62	1.58

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

**Tabla 42.** Tráfico proyectado para 20 años

n (años)	Período	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones	
0	2019	3.97	1.97	1.94	87	34	27	148
1	2020	3.97	1.97	1.94	90	35	28	153
2	2021	3.57	1.78	1.74	93	35	28	156
3	2022	3.57	1.78	1.74	97	36	28	161
4	2023	3.57	1.78	1.74	100	36	29	165
5	2024	3.57	1.78	1.74	104	37	29	170
6	2025	3.57	1.78	1.74	107	38	30	175
7	2026	3.25	1.62	1.58	109	38	30	177
8	2027	3.25	1.62	1.58	112	39	31	182
9	2028	3.25	1.62	1.58	116	39	31	186
10	2029	3.25	1.62	1.58	120	40	32	192
11	2030	3.25	1.62	1.58	124	41	32	197
12	2031	3.25	1.62	1.58	128	41	33	202
13	2032	3.25	1.62	1.58	132	42	33	207
14	2033	3.25	1.62	1.58	136	43	34	213
15	2034	3.25	1.62	1.58	141	43	34	218
16	2035	3.25	1.62	1.58	145	44	35	224
17	2036	3.25	1.62	1.58	150	45	35	230
18	2037	3.25	1.62	1.58	155	45	36	236
19	2038	3.25	1.62	1.58	160	46	36	242
20	2039	3.25	1.62	1.58	165	47	37	249

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Considerando el MTOP [24], en la Tabla. 5 se considera el diseño para una vía colector IV, debido a que el tráfico proyectado para los 20 años es mayor que 100 pero no sobrepasa los 300; el valor obtenido mediante los cálculos para el TPDA es de 249 vehículos/hora.

### 3.1.7.2. Cálculo y diseño de la estructura del pavimento flexible

#### 3.1.7.2.1. Ejes equivalentes acumulados según el período de diseño ( $W_{18}$ )

**Tabla 43.** Factores de daños de acuerdo al tipo de vehículo

Tipo	Simple		Simple Doble		Tandem		Tridem		Factor de Daño
	Ton	$(P/6.6)^4$	Ton	$(P/5.8)^4$	Ton	P	Ton	P	
Liviano	3	0.04							0.04
Bus	4	0.13	8	0.91					1.04
C - 2P	3	0.04		0					0.04
	4	0.13		0					0.13
C - 2G	7	1.27	11	3.24					4.51

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

#### Factor de distribución por carril

El factor de distribución por carril se toma basándose en la AASHTO [31], el indicado para un camino vecinal clase V que le corresponde el 100% de los ejes equivalentes.

#### Factor de distribución por dirección

El factor de distribución por dirección se toma basándose en la AASHTO [31], el indicado es el de dos carriles con un porcentaje de 50%

**Tabla 44.** Factor de distribución por dirección

Número de carriles en ambas direcciones	% de vehículos en el carril de diseño
2	50
4	45
6 o más	40

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

El número de ejes equivalentes se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$W18_{TOTAL} = 365 * TPDA_{FINAL} * FD$$

$$A = 365 * TPDA_{FINAL-LIVIANO} * FD$$

$$A = 365 * 165 * 0.04$$

$$A = 2409$$

$$B = 365 * TPDA_{FINAL-BUS} * FD$$

$$B = 365 * 47 * 1.04$$

$$B = 17841$$

$$C = 365 * TPDA_{FINAL-CAMIÓN} * FD$$

$$C = 365 * 37 * 0.17$$

$$C = 2296$$

$$W18_{PARCIAL} = A + B + C$$

$$W18_{PARCIAL} = 2409 + 17841 + 2296$$

$$W18_{PARCIAL} = 22546$$

$$W18_{ACUMULADO} = 376823 + 22546$$

$$W18_{ACUMULADO} = 399369$$

**Tabla 45.** Número de ejes equivalentes

n	Período	Índice de crecimiento (i%)			TPDA Futuro			Total	W18 Parcial	W18 acumulado	W18 por dirección	W18 de diseño
		Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Camiones					
0	2019	3.97	1.97	1.94	87	34	27	148	15852	15852	7926	7926
1	2020	3.97	1.97	1.94	90	35	28	153	16337	32189	16095	16095
2	2021	3.57	1.78	1.74	93	35	28	156	16381	48570	24285	24285
3	2022	3.57	1.78	1.74	97	36	28	161	16819	65389	32695	32695
4	2023	3.57	1.78	1.74	100	36	29	165	16925	82314	41157	41157
5	2024	3.57	1.78	1.74	104	37	29	170	17363	99677	49839	49839
6	2025	3.57	1.78	1.74	107	38	30	175	17849	117526	58763	58763
7	2026	3.25	1.62	1.58	109	38	30	177	17878	135404	67702	67702
8	2027	3.25	1.62	1.58	112	39	31	182	18363	153767	76884	76884
9	2028	3.25	1.62	1.58	116	39	31	186	18422	172189	86095	86095
10	2029	3.25	1.62	1.58	120	40	32	192	18922	191111	95556	95556
11	2030	3.25	1.62	1.58	124	41	32	197	19360	210471	105236	105236
12	2031	3.25	1.62	1.58	128	41	33	202	19480	229951	114976	114976
13	2032	3.25	1.62	1.58	132	42	33	207	19918	249869	124935	124935
14	2033	3.25	1.62	1.58	136	43	34	213	20418	270287	135144	135144
15	2034	3.25	1.62	1.58	141	43	34	218	20491	290778	145389	145389
16	2035	3.25	1.62	1.58	145	44	35	224	20991	311769	155885	155885
17	2036	3.25	1.62	1.58	150	45	35	230	21444	333213	166607	166607
18	2037	3.25	1.62	1.58	155	45	36	236	21579	354792	177396	177396
19	2038	3.25	1.62	1.58	160	46	36	242	22031	376823	188412	188412
20	2039	3.25	1.62	1.58	165	47	37	249	22546	399369	199685	199685

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Se puede concluir que el total de ejes equivalentes (W18) para el año 2039 es de 199685, para lo que la AASHTO [31] plantea espesores mínimos para la carpeta asfáltica y para la base granular.

**Tabla 46.** Espesores mínimos según los ejes equivalentes

<b>Tránsito W18</b>	<b>Carpeta asfáltica (D<sub>1</sub>)</b>	<b>Base Granular (D<sub>2</sub>)</b>
Menos de 5 000	1.0 ó Tandem Superficial	4.0
50 001 a 150 000	2.0	4.0
150 001 a 500 000	2.5	4.0
150 001 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:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

- **Carpeta asfáltica:**

$$D_1 = 2.5 \text{ plg} = 6.35 \text{ cm (aproximadamente 5 cm)}$$

- **Base granular:**

$$D_2 = 4.0 \text{ plg} = 10.16 \text{ cm (aproximadamente 10 cm)}$$

### 3.1.7.2.2. Confiabilidad (R)

**Tabla 47.** Nivel de confiabilidad de acuerdo a la zona

<b>Clasificación del tipo de carretera por su función</b>	<b>Nivel de confiabilidad recomendado “R”</b>	
	<b>Urbana</b>	<b>Rural</b>
Interestatales y vías rápidas	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

De acuerdo a la Tabla 41. al diseñar una vía en una zona rural y de tipo colectoras IV tomaremos el valor medio entre los límites establecidos, en este caso 85%



### 3.1.7.2.3. Desviación estándar normal ( $Z_r$ )

Considerando los valores propuestos de la AASHTO [31] para la desviación estándar se toma el siguiente:

**Tabla 48.** Valores de  $Z_R$ , en función de la confiabilidad R

Confiabilidad R%	Desviación normal estándar $Z_R$	Confiabilidad R%	Desviación normal estándar $Z_R$
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:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

### 3.1.7.2.4. Desviación estándar global ( $S_o$ )

La AASHTO [31], para la desviación estándar global cuando se realiza el diseño de un pavimento flexible recomienda utilizar un valor promedio de 0.45

### 3.1.7.2.5. Índice de serviciabilidad (PSI)

La AASHTO [31], para el índice de serviciabilidad inicial se considera un valor de 4.2 y para el final cuando se realiza el diseño del pavimento flexible de una vía secundaria recomienda utilizar un valor promedio de 2.0, por lo tanto se tiene:

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

### 3.1.7.2.6. Módulo de Resiliencia (Mr)

El módulo de resiliencia se calcula basándose en una de las fórmulas planteadas por la AASHTO[31]. Cabe recalcar que el valor tomado para el CBR% es del Pozo# 3 que corresponde a un CBR DE 18%.

$$Mr \text{ (PSI)} = 3\ 000 * CBR^{0.65}$$

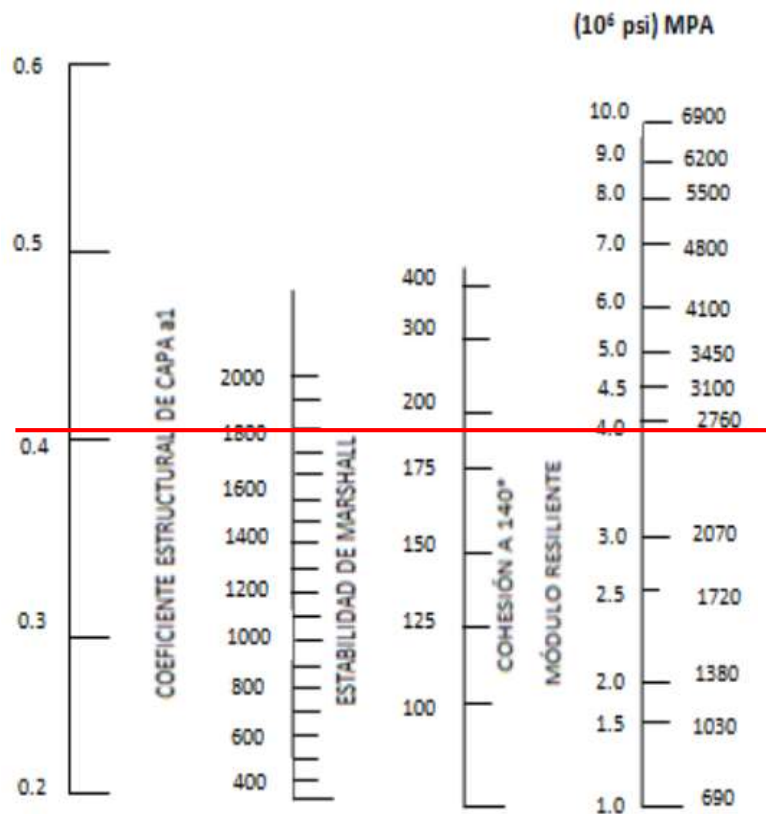
$$Mr \text{ (PSI)} = 3\ 000 * 18^{0.65}$$

$$Mr \text{ (PSI)} = 19636 \text{ PSI}$$

$$Mr \text{ (KSI)} = 19.636 \text{ KSI}$$

### 3.1.7.2.7. Coeficientes de la carpeta asfáltica

- Coeficiente a1



**Figura 60.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a1

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

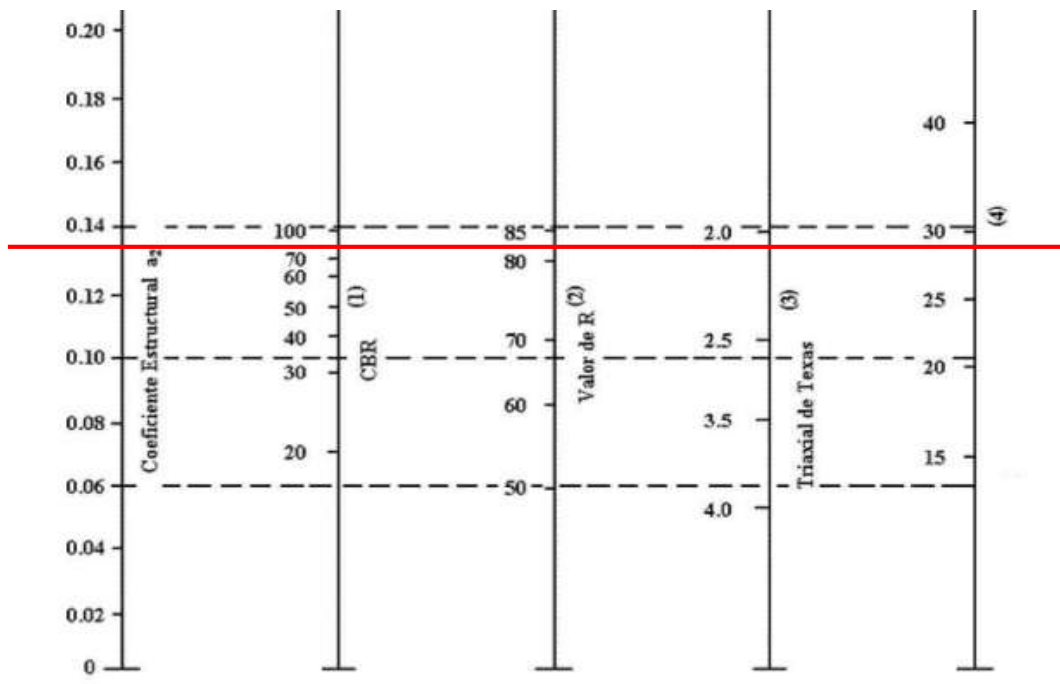
**Tabla 49.** Determinación de valores del coeficiente a1

Módulos Elásticos		Valores a1
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:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Se toma un valor para  $a_1 = 0.405$ ; considerando lo que establece la AASHTO que la estabilidad mínima es de 1 800 lb para vehículos pesados.

- **Coficiente a2**



**Figura 61.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a2

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

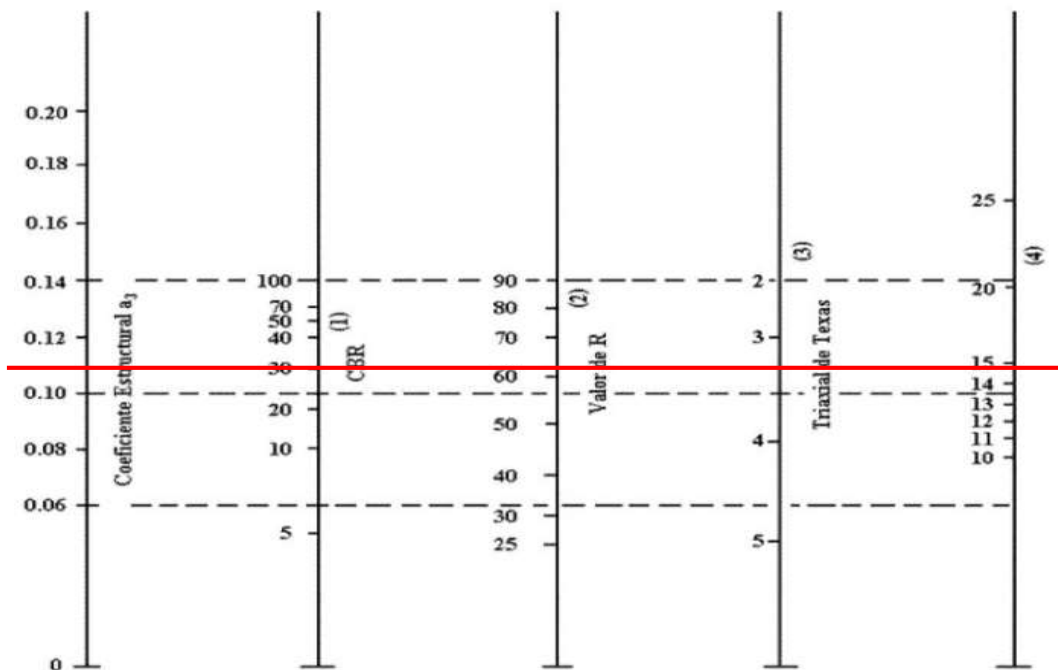
**Tabla 50.** Determinación de valores del coeficiente a2

Base de agregados	
CBR	a2
50	0.115
55	0.120
60	0.125
70	0.130
80	0.133
90	0.137
100	0.140

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Las Normas de Diseño Geométrico de Carreteras MTOP 2003 [24], establece que la capa base de los agregados tiene como un CBR máximo de 80%, por ello el valor de a2 para nuestro diseño es 0.133

- **Coficiente a3**



**Figura 62.** Ábaco para la estimación del valor del coeficiente estructural a3

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

**Tabla 51.** Determinación de valores del coeficiente  $a_3$

<b>Base de agregados</b>	
<b>CBR</b>	<b><math>a_3</math></b>
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:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

Las especificaciones del MTOP 2003 [29], establecen que para la subrasante se puede asumir un valor para el CBR igual o mayor al 30%, por ello el coeficiente  $a_3$  será 0.108.

### 3.1.7.2.8. Coeficientes de drenaje $m_2$ y $m_3$

Los valores considerados para el diseño respecto al drenaje se toma de las tablas que plantea la AASHTO[31], para nuestro caso un drenaje con buena calidad que elimina el agua en 1 día, se estima que el pavimento flexible estará expuesto a un 25% de humedad por ellos se toma para  $m_2$  y  $m_3$  el valor de 1.00.

**Tabla 52.** Tiempos de drenaje recomendados por AASHTO

<b>Calidad de drenaje</b>	<b>Agua eliminada en</b>
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

**Tabla 53.** Corrección de coeficientes estructurales con respecto al drenaje y a la humedad a la que está expuesto el pavimento para pavimentos flexibles.

Calidad de drenaje	% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	< 1 %	1 – 5 %	5 – 25 %	> 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	<b>1.10 – 1.00</b>	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento”

### 3.1.7.2.9. Cálculo del número estructural (SN)

Para el cálculo del número estructural se realizará con la ayuda de una aplicación denominada “Ecuación AASHTO 93”, para ello se requiere los siguientes datos:

**Tabla 54.** Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes calculados

DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	249
Periodo de diseño	20 años
Ejes equivalentes	199685
Clasificación de la vía	IV orden
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2.0
CBR de subrasante	18%
Confiabilidad	85%
Desviación Estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliente de subrasante	19636
Módulo de la carpeta asfáltica (ksi)	2760
Módulo de resiliente de capa base (ksi)	207
Módulo de resiliencia de capa sub base (ksi)	97
Coefficiente a1	0.405
Coefficiente a2	0.133
Coefficiente a3	0.108
Coefficiente m2 y m3	1.00

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85 % Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 19636 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 =** 199685  Calcular W18

Número Estructural  
**SN =** 1.74

Calcular Salir

**Figura 63.** Cálculo del Número estructural AASHTO 93

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

**Tabla 55.** Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente calculados

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993				
PROYECTO	: Tesis de grado		TRAMO	: Vía Totoras - Montalvo
SECCION	: km	1+000 a km	1+450	FECHA : diciembre,2019
DATOS DE ENTRADA :				
<b>1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES</b>			<b>DATOS</b>	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760.00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207.00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97.00	
<b>2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			199,685	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)				
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1.037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0.45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			19.64	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20	
<b>3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO</b>				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0.405	
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.133	
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m <sub>2</sub> )			1.000	
Subbase (m <sub>3</sub> )			1.000	
DATOS DE SALIDA :				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		1.74		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		0.52		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		0.32		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		0.90		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
		PROPUESTA		
	TEORICO	ESPESOR	SN*	
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	3.3 cm	5.0 cm	0.80	
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6.0 cm	10.0 cm	0.52	
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	21.2 cm	15.0 cm	0.64	
ESPESOR TOTAL (cm)		30.0 cm	1.96	

**Fuente:** AASHTO 93

**3.1.7.2.10. Diseño de pavimento flexibles mediante el Método AASHTO 93 con el valor de ejes equivalente W18 impuesto.**

**Tabla 56.** Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes impuestos

<b>DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”</b>	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	3568
Periodo de diseño	35 años
Ejes equivalentes	4 000 000
Clasificación de la vía	Orden II
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2.0
CBR de subrasante	18%
Confiabilidad	85%
Desviación Estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliente de subrasante	19636
Módulo de la carpeta asfáltica	2760
Módulo de resiliente de capa base	207
Módulo de resiliencia de capa sub base	97
Coefficiente a1	0.405
Coefficiente a2	0.133
Coefficiente a3	0.108
Coefficiente m2 y m3	1.00

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**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 2.0

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 19636 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 **W18 = 4000000**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.82**

Calcular Salir

**Figura 64.** Cálculo del Número estructural AASHTO 93

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

**Tabla 57.** Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalentes impuestos

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de grado	<b>TRAMO</b>	: Vía Totoras - Montalvo
<b>SECCION</b>	: km 1+000 a km 1+450	<b>FECHA</b>	: diciembre,2019
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			4,000,000
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)			19.64
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			35
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0.405
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1.000
Subbase (m <sub>3</sub> )			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>2.82</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>1.10</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0.44</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>1.29</b>	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
		ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	TEORICO 6.9 cm	<b>7.5 cm</b>	1.20
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.3 cm	<b>15.0 cm</b>	0.79
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	22.3 cm	<b>20.0 cm</b>	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>42.5 cm</b>	<b>2.83</b>

**Fuente:** AASHTO 93

### **3.1.8. Aplicación de las correlaciones en el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles con el método AASHTO 93**

#### **3.1.8.1. Ubicación**

Para obtener el valor del CBR utilizando las correlaciones a partir de las propiedades índices y mecánicas conocidas, se tomará de referencia al Pozo# 3 el cual corresponde a la parroquia de Totoras en la vía que une San José – Huachi Totoras.

#### **3.1.8.2. Datos del suelo para el diseño**

- **Límite Líquido**

$$LL = 27.71\%$$

- **Límite Plástico**

$$LP = 23.90\%$$

- **Densidad Seca In Situ**

$$\gamma_{d\text{IN SITU}} = 1.594 \text{ g/cm}^3$$

- **DN**

$$DN = 17.46 \text{ mm/golpe}$$

#### **3.1.8.3. Determinación del CBR**

- **Opción 1**

Conociendo LL y LP:

$$W_{\text{OPT}} = 16.8\% \text{ (Figura 37.)} \rightarrow \text{CBR} = 19\% \text{ (Figura 54.)}$$

- **Opción 2**

Conociendo DN y  $\gamma_{d\text{IN SITU}}$ :

$$W_{\text{NAT}} = 16\% \text{ (Figura 48.)} \rightarrow \text{CBR} = 28\% \text{ (Figura 57.)}$$

- **Opción 3**

Conociendo DN:

$$\text{CBR} = 23\% \text{ (Figura 46.)}$$

- **Opción 4**

$$CBR_{LABORATORIO} = 18\%$$

Finalmente se realiza el promedio con los CBR% determinados con las 3 opciones:

$$CBR_{MAYOR} = \frac{CBR1 + CB3 + CBR_{LABORATORIO}}{3}$$

$$CBR_{MAYOR} = \frac{19 + 23 + 18}{3}$$

$$CBR_{MAYOR} = 20\%$$

Nota: Para el promedio se descarta el valor del CBR de la opción 3 debido a que el valor se incrementa considerablemente con respecto a los demás.

**3.1.8.3.1. Cálculo del número estructural (SN) con CBR = 20% y ejes equivalentes calculados.**

**Tabla 58.** Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes calculados y CBR 20%

<b>DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”</b>	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	249
Periodo de diseño	20 años
Ejes equivalentes	199685
Clasificación de la vía	Orden II
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2.0
CBR de subrasante	20%
Confiabilidad	85%
Desviación Estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliente de subrasante	21027
Módulo de la carpeta asfáltica (ksi)	2760
Módulo de resiliente de capa base (ksi)	207
Módulo de resiliencia de capa sub base (ksi)	97
Coficiente a1	0.405
Coficiente a2	0.133
Coficiente a3	0.108
Coficiente m2 y m3	1.00

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**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 2.0

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 21027 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 **W18 = 199685**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 1.69**

Calcular Salir

**Figura 65.** Cálculo del Número Estructural SN, AASHTO 93

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

**Tabla 59.** Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente calculados y CBR=20%

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de grado	<b>TRAMO</b>	: Vía Totoras - Montalvo
<b>SECCION</b>	: km 1+000 a km 1+450	<b>FECHA</b>	: diciembre,2019
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			199.685
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)			21.03
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 <sub>1</sub> )			0.405
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1.000
Subbase (m <sub>3</sub> )			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		<b>1.69</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		<b>0.52</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		<b>0.32</b>	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		<b>0.86</b>	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	3.3 cm	<b>5.0 cm</b>	0.80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	6.0 cm	<b>10.0 cm</b>	0.52
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	20.1 cm	<b>15.0 cm</b>	0.64
ESPESOR TOTAL (cm)		<b>30.0 cm</b>	<b>1.96</b>

**Fuente:** AASHTO 93

**3.1.8.3.2. Diseño de pavimento flexibles mediante el Método AASHTO 93 con el valor de ejes equivalente W18 impuesto y CBR = 20%**

**Tabla 60.** Datos para el cálculo de SN, ejes equivalentes impuestos y CBR 20%

<b>DATOS OBTENIDOS PARA EL CÁLCULO DE “SN”</b>	
Tipo de pavimento	Flexible
TPDA 2039	3568
Periodo de diseño	35 años
Ejes equivalentes	4 000 000
Clasificación de la vía	Orden II
Serviciabilidad inicial	4.2
Serviciabilidad final	2.0
CBR de subrasante	20%
Confiabilidad	85%
Desviación Estándar	-1.037
Desviación global	0.45
Módulo de resiliente de subrasante	21027
Módulo de la carpeta asfáltica (ksi)	2760
Módulo de resiliente de capa base (ksi)	207
Módulo de resiliencia de capa sub base (ksi)	97
Coefficiente a1	0.405
Coefficiente a2	0.133
Coefficiente a3	0.108
Coefficiente m2 y m3	1.00

**Fuente:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85 % | Zr=-1.037 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2.0

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 21027 psi

Información adicional para pavimentos rígidos  
 Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)  Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)  Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 = 4000000**  
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN = 2.75**

Calcular Salir

**Figura 66.** Cálculo del Número Estructural SN, AASHTO 93

**Fuente:** AASHTO 93, “Guía para el diseño de la estructura del Pavimento

**Tabla 61.** Diseño de pavimentos flexible con ejes equivalente equivalentes y CBR=20%

METODO AASHTO 1993			
<b>PROYECTO</b>	: Tesis de grado		<b>TRAMO</b> : Vía Totoras - Montalvo
<b>SECCION</b>	: km	1+000 a km 1+450	<b>FECHA</b> : diciembre,2019
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			2760.00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			207.00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			97.00
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			4,000,000
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)			21.03
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4.2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2.0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			35
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a <sub>1</sub> )			0.405
Base granular (a <sub>2</sub> )			0.133
Subbase (a <sub>3</sub> )			0.108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m <sub>2</sub> )			1.000
Subbase (m <sub>3</sub> )			1.000
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN <sub>REQ</sub> )		2.74	
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN <sub>CA</sub> )		1.10	
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN <sub>BG</sub> )		0.44	
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN <sub>SB</sub> )		1.21	
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
		TEORICO	ESPESOR
			SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	6.9 cm	7.5 cm	1.20
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8.4 cm	15.0 cm	0.79
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	28.3 cm	20.0 cm	0.85
ESPESOR TOTAL (cm)		42.5 cm	2.83

**Fuente:** AASHTO 93

### 3.1.9. Resumen de los pavimentos flexibles diseñados con AASHTO 93

**Tabla 62.** Resumen del diseño flexible de pavimentos.

Tipo de tráfico	CBR = 18%				CBR = 20 %			
	Bajo		Alto		Bajo		Alto	
TPDA	249		3568		249		3568	
W18	199 685		4 000 000		199 685		4 000 000	
Mr	19.64		19.64		21.03		21.03	
SN	1.74		2.82		1.69		2.74	
Espesores de capas	Cal. (cm)	Asu. (cm)	Cal. (cm)	Asu. (cm)	Cal. (cm)	Asu. (cm)	Cal. (cm)	Asu. (cm)
Carpeta Asfáltica	3.3	5.0	6.9	7.5	3.3	5.0	6.9	7.5
Base granular	6.0	10.0	8.3	15.0	6.0	10.0	8.4	15.0
Sub base granular	21.2	15.0	22.3	20.0	20.1	15.0	28.3	20.0

Fuente: Paulina Mishell Altamirano Coro

Nota:

Cal. → Valor del espesor de capa calculado

Asu. → Valor del espesor de capa asumido

### 3.2.Verificación De Hipótesis

Al concluir el presente proyecto de investigación se determina 27 correlaciones con coeficientes de determinación  $R^2$  entre 55% y 84%

#### H: Hipótesis Alternativa

H: El valor del CBR en laboratorio se puede determinar en base a las correlaciones entre propiedades índice y mecánicas de los suelos.

**HO: Hipótesis Nula**

HO: El valor del CBR en laboratorio no se puede determinar en base a las correlaciones entre propiedades índices y mecánicas de los suelos.

Considerando la hipótesis planteada y las correlaciones obtenidas que tuvieron un coeficiente de determinación  $R^2$  superior al 50%, se decide aceptar la hipótesis alternativa.



## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones

- Se obtuvieron 12 muestras de las parroquias de Totoras y Montalvo con la finalidad de clasificar los suelos y determinar correlaciones, para ello se ejecutó análisis de: límites Atterberg (Límite Líquido - Límite Plástico - Índice de plasticidad), granulometría, gravedad específica, densidad de campo y laboratorio, CBR y DCP.
- Las muestras tomadas en las parroquias de Totoras y Montalvo corresponden según la clasificación AASHTO a suelos de tipo A – 2 – 4 (0) mientras que la SUCS los identifica como SM, por lo que se evidencia suelos arenosos limosos, con plasticidad baja.
- El ensayo de granulometría clasifico a las muestras como suelos arenosos, debido a que la distribución promedio de los suelos fue 21.74% para finos, 78.26% para arenas y 0% para gravas.
- El ensayo de Próctor Modificado B para determinar las condiciones óptimas de las muestras de suelos, presentó densidades máximas de 1.600 gr/cm<sup>3</sup> a 1.805 gr/cm<sup>3</sup> mientras que para contenidos óptimos de humedad de 13.01 % a 21.10 %; lo que indica que se trabajó con suelos granulares.
- El CBR determinado en laboratorio con condiciones de densidad y humedad controladas, evidencia que los suelos de la parroquia de Totoras tienen una menor resistencia al corte que los de la parroquia de Montalvo, teniendo rangos de 18% - 43% y de 26% - 49%, respectivamente.
- Las muestras analizadas representan suelos arenosos, los mismos que absorben agua con mayor facilidad, debido a esto se obtuvo un grado de saturación promedio alto de 61%.

- Las muestras analizadas representan suelos tipo SM (Arena Limosa) y tienen CBR aceptables en un rango de 18% a 49% por lo que pueden utilizarse como subrasantes para el diseño de pavimentos.
- La correlación simple más alta es la que involucra Límite Líquido y Límite Plástico, obteniendo un coeficiente de correlación de 85% al analizar las 12 muestras. Esto puede ser debido a que las muestras de suelos son idénticas.
- El ensayo DCP (Penetración Dinámica de Cono) se puede aplicar con mayor facilidad en suelos granulares, específicamente en arenas que pasan más del 50% por el tamiz N°4 y más del 12% por el tamiz N° 200 mas no para aquellos suelos de fracción gruesa por la dificultad de penetración que puede afectar considerablemente los resultados.
- Las correlaciones no presentan coeficientes excelentes de determinación ( $R^2$ ) debido a la variación que existe en las condiciones del suelo al realizar los ensayos, tanto de laboratorio como de campo, a pesar de presentarse suelos del mismo tipo.
- La correlación simple determinada con 10 muestras entre el DCP y el CBR tiene un coeficiente de determinación de 50%; ésta se pudo ver afectada por las condiciones diferentes del suelo al momento de realizar los ensayos, considerando que el DCP se lo realiza en campo con humedad y densidad natural, mientras que el CBR se lo hace en el laboratorio con humedad óptima y densidad máxima, previamente analizadas con el ensayo de Próctor Modificado B.
- Las correlaciones más altas se presentan al correlacionar los resultados de los ensayos en los que no interviene directamente las condiciones naturales en las que se encontraba el suelo.
- Las correlaciones que involucran valores de CBR y son analizadas solo con una variable no presentan buenos coeficientes de correlación. Mientras que si se analizan con dos variables aumenta el coeficiente notablemente. Debido a que para la obtención del CBR intervienen varios factores.

- En el ensayo DCP la penetración por golpe (mm) varía desde 3 mm hasta 50 mm, por lo que podemos evaluar al suelo como bueno ya que no se tienen penetraciones profundas, a pesar de encontrarse en su estado natural.
- Las correlaciones permitieron determinar un CBR calculado de 20% que en relación al CBR real de laboratorio de 18%, presenta una variación mínima, que indica que se puede obtener valores confiables mediante las gráficas y ecuaciones establecidas para las correlaciones simples y múltiples.
- En el diseño de pavimentos flexible mediante AASHTO 93 los espesores resultantes al trabajar con los CBR real de 18% y el CBR calculado de 20% para un tráfico bajo se obtuvo la carpeta asfáltica de 5.0 cm, base granular de 10.0 cm y sub base granular de 15.0 cm. Por ello, consideramos que las correlaciones se pueden usar para el diseño preliminar de pavimentos flexibles.
- En el diseño de pavimentos flexible mediante AASHTO 93 los espesores resultantes al trabajar con los CBR real de 18% y el CBR calculado de 20% para un tráfico alto se obtuvo la carpeta asfáltica de 7.5 cm, base granular de 15.0 cm y sub base granular de 20.0 cm. Por ello, consideramos que las correlaciones se pueden usar para el diseño preliminar de pavimentos flexibles.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda previo a la ejecución de los ensayos, sean de campo o laboratorio, la revisión y estudio de las normas que rigen cada uno, para evitar resultados erróneos que afecten directamente a las correlaciones resultantes.
- Se recomienda previo a cualquier análisis de correlaciones realizar la clasificación de los suelos con la finalidad de obtener correlaciones específicas para cada tipo de suelo y con ello coeficientes aceptables, considerando que cada suelo tiene sus propiedades que respetan ciertos rangos.
- Se recomienda realizar un mayor número de perforaciones con la finalidad de obtener coeficientes de determinación más confiables y a su vez que sean confiables para el diseño de pavimentos.
- Se debe tener mucho cuidado al momento de realizar el ensayo CBR a la intemperie, ya que el contenido de humedad añadido a las muestras en algunos suelos disminuye rápidamente debido a la exposición al sol y al viento.
- Las correlaciones no tienen un coeficiente de determinación excelente por ende las gráficas y ecuaciones expuestas en el proyecto, podrían ser útiles para un diseño de pavimento preliminar, debido al grado de correlación que brindan los resultados.
- Para el ensayo de granulometría se recomienda que la muestra de suelo sea secada al horno y posteriormente disgregar los terrones de suelo, con la finalidad de obtener una granulometría correcta y no alterada debido a la mala manipulación del mismo.
- Se recomienda utilizar muestras diferentes para cada molde al realizar el ensayo Próctor Modificado B, para evitar resultados erróneos debido a la reutilización de suelo, alteraciones en su compactación e influir en las propiedades físicas y mecánicas.
- Se recomienda que la utilización de las gráficas y ecuaciones generadas en este proyecto se haga con el debido criterio técnico, considerando que las muestras analizadas corresponden a zonas y tipos de suelo en específicos.

- Para el diseño de pavimento flexible se recomienda revisar con anterioridad las normas AASHTO 93 y MTOP 2003, para evitar errores en la toma de coeficientes que caracterizan y determinan los espesores de las capas que componen al pavimento, con la finalidad de evitar fallos estructurales en los pavimentos.

## Referencias Bibliográficas

- [1] J. F. León Calderón, “Determinación de la correlación entre los índices DCP In situ y CBR de laboratorio.,” Universidad de CUenca, Cuenca, 2017.
- [2] F. Viscarra Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” p. 16, 2006.
- [3] J. Jersey, Sara; Tingle, “Evaluation of In Situ Paviment Layers with the Dynamic Cone Penetrometer DCP,” p. 24, 2007.
- [4] C. G. Suárez Galarza, María Belen; Fernández Paucar, “Correlación y fundamentos de utilización del Módulo de Reacción en el Diseño de Pavimentos Rígidos, en función de los ensayos de CBR, DCP y ensayo Dinamico de carga con aplicación práctica en la vía Salado-Lentag en el tramo de las abscias 50 + 000 a la 5,” *ESPE*, p. 5, 2012.
- [5] L. H. Castillo Morejon, Joan ALberto; Mena Garzón, “Correlacion entre el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) y la Relación de Soporte de California (CBR) en campo para el sulode subrasante de la via Portoviejo-Manta,” p. 17, 2019.
- [6] M. Soledad, G. Lorenzini, and S. V. Arcos, “Correlación entre Densímetro Nuclear y Cono de Arena para Suelos Finos de Baja Plasticidad y no Cohesivos Correlation between Nuclear Densimeter and Sand Cone Method por Low,” *Esc. Construcción Civ. Pontif. Univ. Católica Chile*, vol. 5, pp. 23–32, 2006.
- [7] D. K. Talukdar, “A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil,” *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 559–562, 2014.
- [8] G. Molina, E. Hernández, and C. Castillo, “Determinación de la correlación entre el coeficiente de compresión y propiedades índice en suelos de expansión urbana de Pereira,” *Av. Investig. en Ing.*, vol. 9, no. 2, pp. 72–79, 2012.
- [9] S. & M. D. D. Rashmi, “CBR Predicted by Index Properties for Alluvial Soils of South Gujarat,” *Indian Geotech. Conf.*, pp. 79–82, 2010.
- [10] B. C. C. T. Datta, “Correlation Between Cbr and Index Properties of Soil,” *Proc.*

- Indian Geotech. Conf.*, vol. 889, no. 1, pp. 17–19, 2011.
- [11] Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, “APLICACIÓN DE SUELOS EN LAS DIFERENTES OBRAS DE INGENIERÍA CIVIL,” p. 12, 2016.
- [12] J. Badillo and R. Rodríguez, “Fundamentos de la Mecánica de Suelos,” *Mecánica de Suelos*, vol. 1. p. 644, 2005.
- [13] C. Zebrowski, “Los suelos con cangahua en el Ecuador,” *Memorias del III Simp. Int. sobre Suelos volcánicos Endur.*, p. 10, 1997.
- [14] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, *MANUAL VISUALIZADO DE MECÁNICA DE SUELOS*, VOL 1. QUITO: PUCE, 2002.
- [15] Francisco Mantilla Negrete, *Mecánica de Suelos*. AMBATO.
- [16] P. A. Alvarado Salcedo, “CORRELACIÓN DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA Y CBR TIPO I PARA ARENAS LIMOSAS (SM),” UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA, 2010.
- [17] O. H. Guamán Iler, “ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN DEL CBR CON RESPECTO AL ENSAYO DE PENETRÓMETRO CÓNICO ESTÁTICO EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.
- [18] A. A. Angamarca Solano, “Determinación de CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la Sub-Rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito,” Universidad Central del Ecuador, 2013.
- [19] F. P. Portilla Yandún, “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,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2001.
- [20] J. L. DEVORE, *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México.
- [21] C. Martínez Bencardino, *Estadística y Muestreo*. Colombia, 2012.
- [22] J. A. Jiménez Nieto, “Parámetros estadísticos,” pp. 1–33, 2008.

- [23] C. Laguna, “Correlación y regresión lineal,” *Análisis Explor. datos*, p. 18, 2019.
- [24] MTOP, “Normas de diseño geométrico de carreteras,” *Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador-MTOP*, p. 475, 2003.
- [25] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, “Volumen No. 2 - Libro A Norma para estudios y diseños viales,” *Minist. Transp. y Obras Públicas del Ecuador*, vol. Volumen 2A, pp. 1–382, 2012.
- [26] M. F. Laica Moreira, “Diseño geométrico del camino vecinal La Independencia - anillo vial hacia la comunidad Jaime Roldós Aguilera II bloque, ubicado en el cantón Arajuno, provincia de Pastaza,” Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [27] C. M. Robalino Barrera, “Diseño geométrico de la carretera ubicada entre los tramos Las Estancias - Colonia García Moreno de la parroquia de Río Negro, del cantón Baños de Agua Santa, provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2017.
- [28] F. Morerira, “APUNTES DE PAVIMENTOS.pdf,” *Univ. TÉCNICA AMBATO, Fac. Ing. Civ. Y MECÁNICA*.
- [29] M. de T. y O. P. del Ecuador, *Volumen N° 3 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. Quito, 2013.
- [30] C. I. Jorge, *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala, 2002.
- [31] Escuela de Caminos de Montaña, “Guía para el Diseño de la Estructura del Pavimento (1993),” *AASHTO (American Assoc. State Highw. Transp.)*, 1993.
- [32] A. J. Campos Villafuerte, “Diseño geométrico y estructural del pavimento de la vía Constantino Fernández - San Bartolomé de Pinllo; quebrada Shahuanshi,” 2016.
- [33] Equipo Consultor del GAD Parroquial Montalvo - Ambato, “Breve reseña histórica e introducción de la parroquia Montalvo,” 2015. [Online]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdiagnostico/1865016160001\\_diagnostico-montalvo\\_15-05-2015\\_23-25-23.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1865016160001_diagnostico-montalvo_15-05-2015_23-25-23.pdf).



- [34] A. D. Pérez Sanchez, “Levantamiento de información turística y su aporte a la gestión turística del GAD Parroquial de Totoras Cantón Ambato Provincia de Tungurahua,” Universidad Técnica de Ambato, 2018.
- [35] Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Totoras, “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Totoras,” 2015. [Online]. Available: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1865021160001\\_PDOT\\_TOTORAS\\_DEFINITIVO\\_01-07-2016\\_08-39-49.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1865021160001_PDOT_TOTORAS_DEFINITIVO_01-07-2016_08-39-49.pdf).

## ANEXOS

### Anexo 1. Ubicación de las muestras tomadas



N° de Pozo	Coordenada Este	Coordenada Norte
P1	765038	9856294
P2	765446	9855731
P3	765943	9855207
P4	765951	9854589
P5	767098	9854147
P6	766384	9853889

N° de Pozo	Coordenada Este	Coordenada Norte
P7	766011	9853579
P8	764613	9852924
P9	764867	9851225
P10	764202	9852150
P11	763751	9853399
P12	763503	9853857

## Anexo 2. Tablas de datos

### Ensayo DCP

**Tabla 63.** Ensayo DCP Pozo# 1



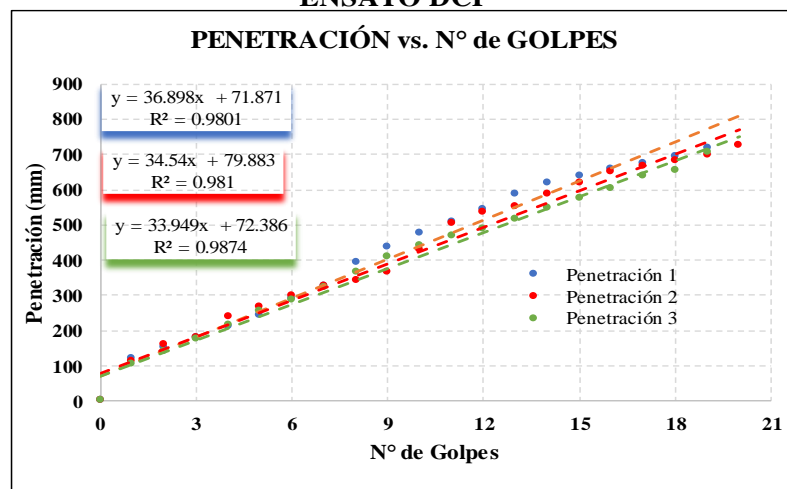
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

#### ENSAYO DCP



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1	36.898
2	34.54
3	33.949

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	118	114	105
2	150	161	139
3	178	180	175
4	210	240	216
5	242	266	253
6	288	296	285
7	325	327	320
8	394	343	363
9	438	366	410
10	475	428	441
11	508	505	469
12	544	536	486
13	585	551	515
14	616	586	545
15	637	618	576
16	658	650	604
17	675	664	637
18	692	680	654
19	715	695	705
20		725	

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 64. Ensayo DCP Pozo# 2



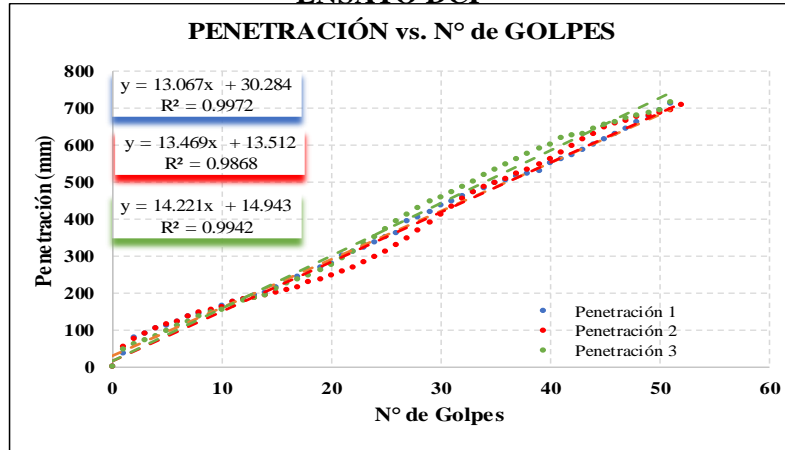
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN ( Prom)
1 13.067	13.59
2 13.469	
3 14.221	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	36	53	45
2	77	75	59
3	90	90	70
4	101	102	80
5	111	113	96
6	120	122	111
7	135	134	122
8	142	145	136
9	150	151	144
10	163	161	152
11	175	173	165
12	180	182	179
13	191	186	186
14	201	192	192
15	213	198	210
16	233	205	225
17	241	212	235
18	259	227	245
19	268	235	260
20	277	245	276
21	298	255	293
22	309	266	312
23	322	280	331
24	335	295	351
25	348	310	372
26	362	327	393

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	391	347	412
28	405	366	430
29	419	388	445
30	434	410	458
31	447	431	473
32	460	452	486
33	471	470	500
34	481	485	517
35	495	497	531
36	502	509	547
37	515	520	562
38	522	532	576
39	530	546	588
40	550	560	600
41	560	578	617
42	572	596	624
43	585	615	630
44	599	630	642
45	613	648	654
46	629	657	660
47	644	664	672
48	660	675	678
49	676	680	685
50	693	685	692
51	712	694	715
52		708	

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 65. Ensayo DCP Pozo# 3



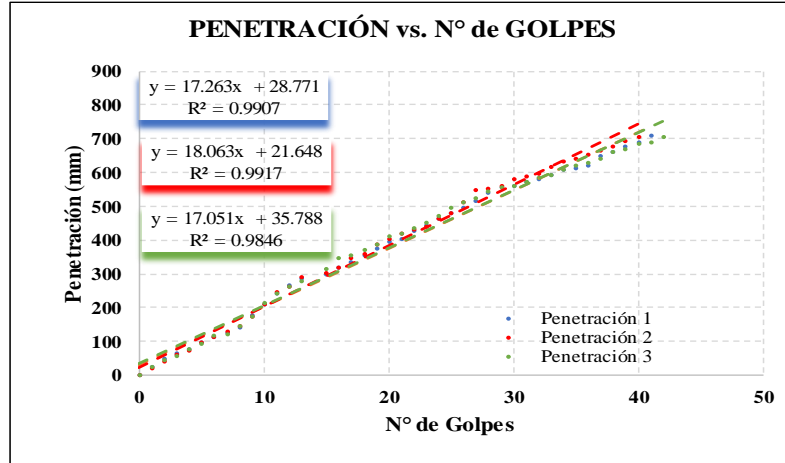
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN ( Prom)
1 17.263	17.46
2 18.063	
3 17.051	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	23	20	25
2	47	40	46
3	63	61	58
4	78	72	75
5	95	97	93
6	111	113	116
7	126	128	122
8	143	146	145
9	178	175	174
10	211	210	215
11	243	244	241
12	264	260	263
13	288	291	280
15	300	302	316
16	319	318	346
17	336	346	354
18	356	358	372
19	376	386	386
20	394	403	411
21	402	421	420
22	426	430	435
23	442	440	450
24	465	465	472
25	480	480	494
26	495	511	512

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	515	546	525
28	540	554	543
29	555	560	555
30	561	582	560
31	572	590	571
32	580	597	586
33	591	615	592
34	608	631	608
35	614	640	619
36	620	652	630
37	648	666	640
38	659	675	661
39	677	695	670
40	691	705	685
41	709		690
42			705

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 66. Ensayo DCP Pozo# 4



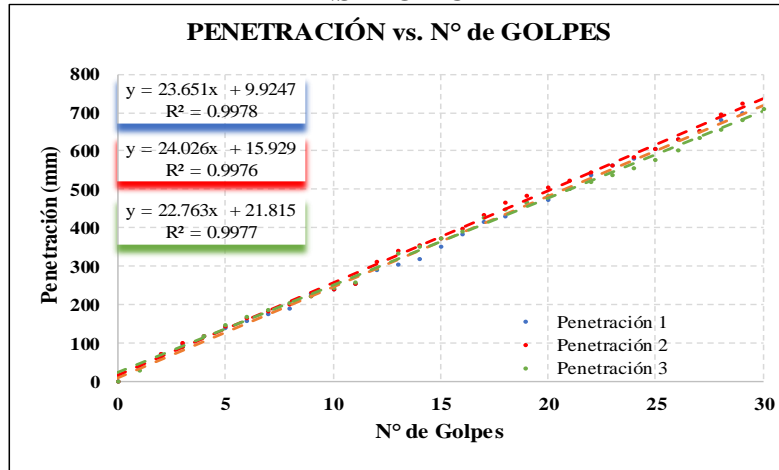
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	N ( Prom)
1	23.651
2	24.026
3	22.763
	23.48

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	36	42	30
2	72	72	65
3	96	100	90
4	120	120	118
5	140	142	148
6	156	163	167
7	174	183	185
8	190	200	204
9	228	221	222
10	240	240	243
11	254	256	258
12	290	310	294
13	305	342	333
14	320	356	351
15	350	374	371
16	382	396	390
17	415	435	428
18	430	464	446
19	464	485	465
20	474	504	482
21	500	523	500
22	539	543	521
23	561	563	539
24	582	585	556
25	605	607	577

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
26	630	630	600
27	651	652	633
28	682	696	657
29	700	725	680
30			708

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 67. Ensayo DCP Pozo# 5



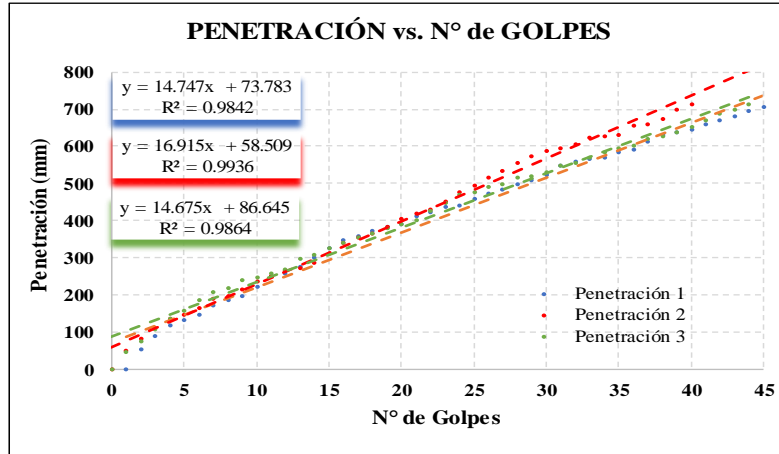
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN ( Prom)
1	14.747
2	16.915
3	14.675
	15.45

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	54	49	46
2	88	83	76
3	118	112	108
4	132	137	136
5	146	148	158
6	172	163	186
7	186	188	209
8	197	197	219
9	223	214	239
10	249	238	246
11	257	249	258
12	276	264	268
13	301	273	298
14	325	287	307
15	347	312	325
16	359	341	339
17	371	356	353
18	383	364	364
19	392	382	378
20	412	404	389
21	423	419	402
22	436	428	426
23	442	451	448
24	459	475	469
25	471	494	475
26	483	514	489

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	498	534	498
28	509	554	516
29	524	572	521
30	548	588	529
31	559	593	547
32	566	606	556
33	571	623	568
34	583	628	585
35	592	632	593
36	613	655	602
37	629	659	619
38	638	674	625
39	644	697	636
40	658	712	653
41	669		669
42	681		686
43	694		699
44	705		714

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 68. Ensayo DCP Pozo# 6



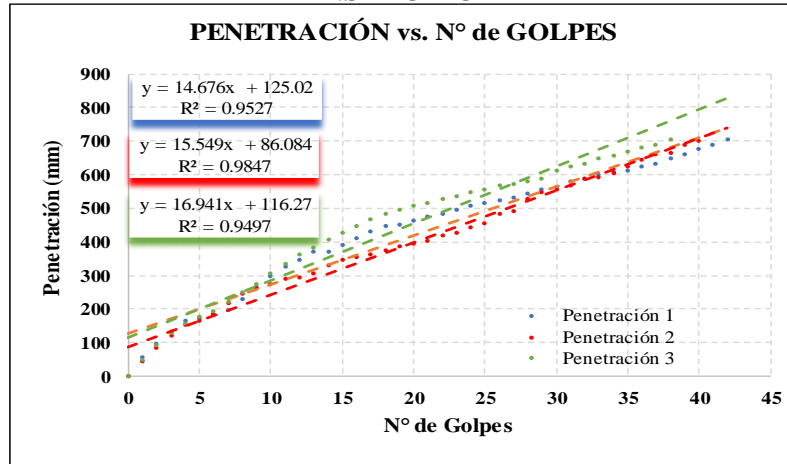
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1	14.676
2	15.549
3	16.941
	15.72

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	55	45	50
2	98	85	92
3	135	121	129
4	165	153	159
5	175	164	179
6	184	186	192
7	196	217	221
8	228	246	248
9	267	261	276
10	299	276	306
11	325	289	335
12	346	293	361
13	369	306	384
14	371	331	407
15	392	345	429
16	412	354	449
17	431	362	467
18	446	376	484
19	453	385	495
20	462	394	508
21	474	403	517
22	485	418	526
23	495	429	535
24	509	443	549
25	517	457	557
26	524	483	567

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	533	492	574
28	542	528	582
29	558	547	590
30	564	557	614
31	579	568	624
32	588	587	631
33	599	591	648
34	608	606	658
35	612	624	670
36	623	644	681
37	634	659	690
38	648	665	704
39	659	689	
40	675	701	
41	689		
42	704		

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



Tabla 69. Ensayo DCP Pozo# 7



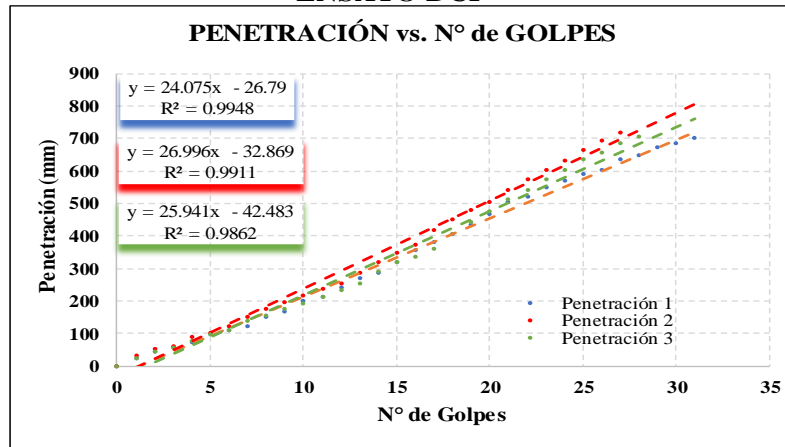
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN ( Prom)
1 24.075	25.67
2 26.996	
3 25.941	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	24	33	25
2	42	53	43
3	57	60	55
4	72	87	78
5	98	102	95
6	110	122	110
7	122	149	137
8	151	177	155
9	168	195	173
10	198	216	193
11	213	238	213
12	242	255	232
13	271	286	254
14	286	317	288
15	320	349	318
16	354	373	337
17	382	417	361
18	403	449	405
19	435	480	443
20	465	505	475
21	502	539	510
22	521	573	539
23	548	604	574
24	571	629	604
25	590	664	637
26	601	693	655

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	635	719	685
28	648		706
29	671		
30	683		
31	701		

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 70. Ensayo DCP Pozo# 8



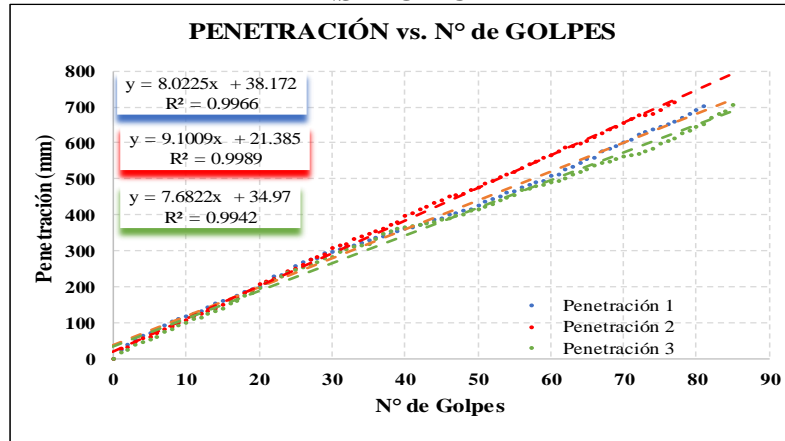
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1 8.0225	8.27
2 9.1009	
3 7.6822	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	24	27	17
2	39	32	24
3	54	45	39
4	65	58	48
5	73	62	54
6	83	71	60
7	94	81	75
8	104	91	81
9	111	100	93
10	119	108	100
11	125	117	110
12	132	125	115
13	145	133	124
14	154	141	134
15	161	150	141
16	166	162	153
17	174	171	162
18	187	182	174
19	193	191	184
20	200	206	198
21	212	215	210
22	229	221	220
23	234	231	229
24	241	245	239
25	257	251	246
26	269	261	255
27	276	275	260
28	281	283	270
29	293	290	279

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
30	297	307	284
31	304	314	296
32	311	320	305
33	316	332	311
34	321	340	316
35	329	349	320
36	336	356	334
37	342	363	349
38	347	372	353
39	355	380	360
40	360	396	364
41	366	406	368
42	372	417	371
43	379	423	376
44	386	433	381
45	392	441	386
46	400	450	391
47	406	455	396
48	412	460	400
49	417	468	411
50	427	476	416
51	436	486	421
52	445	494	429
53	452	504	440
54	461	513	446
55	467	521	454
56	476	531	469
57	482	541	474
58	489	548	479
59	496	558	485

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
60	509	567	491
61	511	577	496
62	525	586	501
63	532	591	512
64	546	597	521
65	554	606	526
66	560	617	537
67	576	627	543
68	584	637	548
69	592	646	555
70	601	655	562
71	610	667	567
72	624	677	571
73	631	678	578
74	639	681	584
75	645	692	599
76	653	704	604
77	660	714	612
78	671		628
79	681		635
80	692		643
81	703		653
82			668
83			679
84			688
85			706

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

Tabla 71. Ensayo DCP Pozo# 9



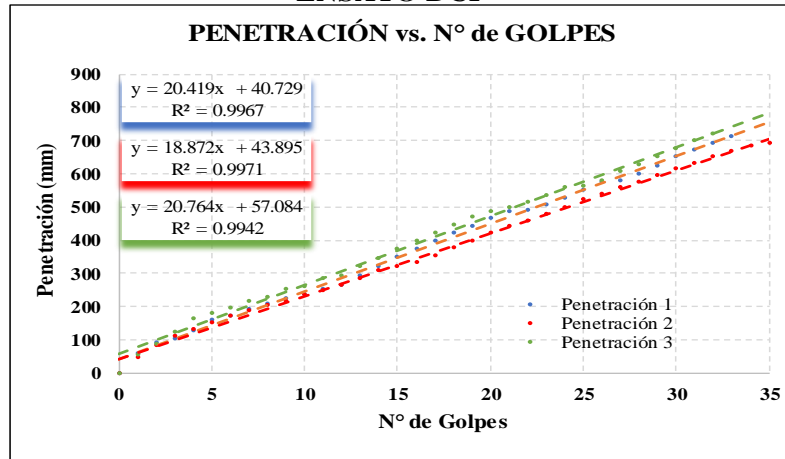
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)	DN ( Prom)
1 20.419	20.02
2 18.872	
3 20.764	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	61	50	55
2	92	84	87
3	104	111	126
4	128	133	163
5	159	154	179
6	171	171	197
7	195	189	216
8	208	205	231
9	224	219	254
10	236	236	261
11	254	248	285
12	266	264	294
13	294	286	321
14	322	308	347
15	350	321	374
16	374	334	399
17	397	355	424
18	421	377	447
19	444	399	470
20	466	421	487
21	487	441	498
22	492	460	514
23	507	481	537
24	528	501	559
25	552	522	563
26	575	539	579

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	581	558	607
28	599	577	628
29	625	597	651
30	651	616	675
31	672	633	699
32	691	652	720
33	714	670	
34		686	
35		691	
36		704	

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 72. Ensayo DCP Pozo# 10



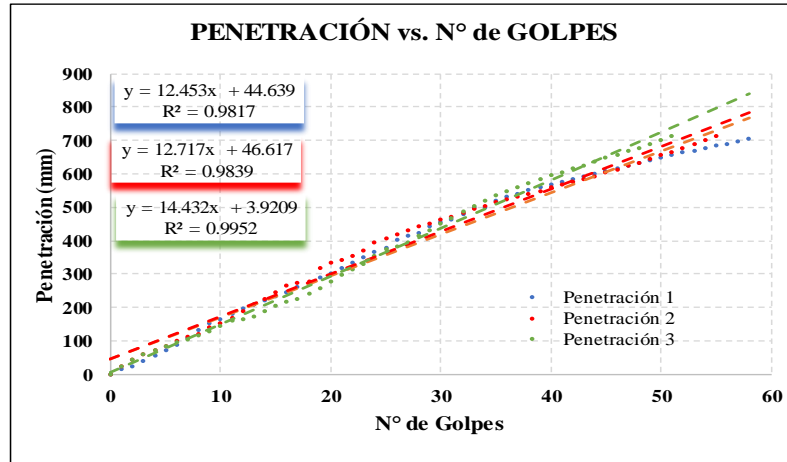
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN ( Prom)
1	13.20
2	
3	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	15	24	25
2	22	43	44
3	40	59	59
4	57	72	74
5	74	86	86
6	90	100	97
7	110	111	106
8	132	120	118
9	152	139	129
10	166	154	143
11	182	167	159
12	197	189	165
13	210	208	174
14	223	225	189
15	235	246	206
16	246	264	218
17	260	274	224
18	275	279	241
19	290	318	259
20	301	333	278
21	316	344	297
22	333	355	312
23	350	372	329
24	366	393	354
25	380	406	376
26	402	418	383

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	414	431	394
28	424	441	414
29	441	452	432
30	453	464	451
31	465	473	469
32	480	484	488
33	499	495	505
34	500	504	519
35	521	514	534
36	531	524	548
37	540	532	559
38	551	541	572
39	560	548	584
40	568	558	594
41	577	566	603
42	585	576	618
43	592	585	626
44	600	591	635
45	609	603	649
46	618	614	658
47	625	625	668
48	632	634	677
49	640	646	689
50	650	655	699
51	655	666	711
52	664	676	
53	670	687	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
54	678	699	
55	684	711	
56	690		
57	696		
58	705		

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 73. Ensayo DCP Pozo# 11**



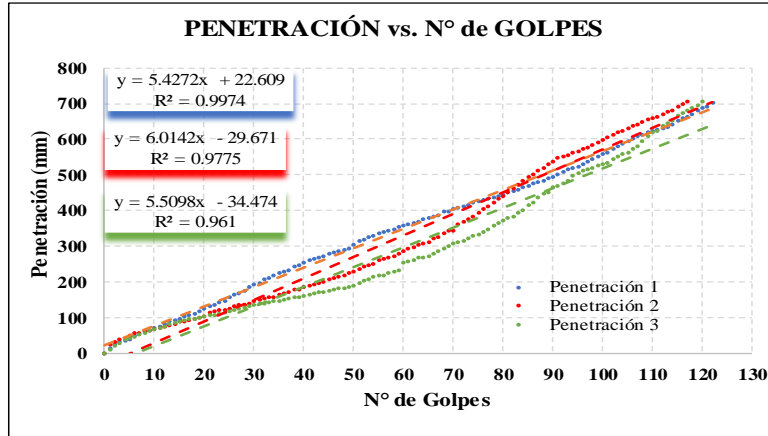
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

**ENSAYO DCP**



DN ( mm/golpe)		DN ( Prom)
1	5.4272	5.65
2	6.0142	
3	5.5098	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	15	24	10
2	25	31	22
3	31	39	29
4	36	42	38
5	41	49	43
6	49	56	47
7	55	59	52
8	62	61	58
9	66	63	63
10	70	69	68
11	77	72	71
12	84	76	76
13	89	80	81
14	92	84	86
15	96	89	89
16	103	91	94
17	107	94	96
18	112	97	98
19	119	101	101
20	124	104	104
21	132	115	106
22	136	119	109
23	144	121	112
24	148	123	116
25	159	127	119
26	164	131	121

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	168	135	125
28	176	137	129
29	185	139	132
30	194	146	136
31	198	149	138
32	206	154	140
33	211	156	143
34	219	159	146
35	224	164	148
36	229	169	151
37	234	172	153
38	244	178	156
39	248	179	158
40	256	185	161
41	261	189	164
42	266	194	168
43	269	198	171
44	273	202	172
45	278	209	176
46	282	213	178
47	286	216	182
48	290	220	184
49	295	225	186
50	304	229	191
51	314	235	197
52	318	242	205
53	327	246	209

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
54	331	251	214
55	336	261	217
56	341	266	220
57	345	269	226
58	348	274	229
59	354	279	232
60	358	287	254
61	362	294	258
62	366	299	263
63	370	305	267
64	375	308	270
65	380	312	274
66	384	321	281
67	388	327	288
68	396	337	293
69	399	344	301
70	404	343	308
71	407	362	310
72	411	368	315
73	415	377	321
74	421	385	328
75	426	394	334
76	429	403	341
77	432	412	349
78	437	422	357
79	441	432	364
80	445	442	371

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
81	450	451	378
82	454	463	385
83	459	472	394
84	465	484	402
85	470	493	415
86	475	502	424
87	480	512	436
88	485	520	448
89	490	529	453
90	495	538	465
91	500	547	471
92	508	550	478
93	514	556	482
94	518	563	499
95	524	567	506
96	531	572	513
97	537	578	517
98	544	585	521
99	550	592	527
100	557	598	531
101	562	604	535
102	574	611	546
103	581	618	552
104	588	624	557
105	594	631	561
106	601	636	573

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
107	608	641	582
108	613	648	594
109	618	654	609
110	622	659	618
111	627	664	623
112	631	670	638
113	634	678	645
114	641	682	652
115	653	691	667
116	658	697	673
117	663	704	681
118	671		687
119	682		694
120	687		705
121	693		
122	702		

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 74. Ensayo DCP Pozo# 12



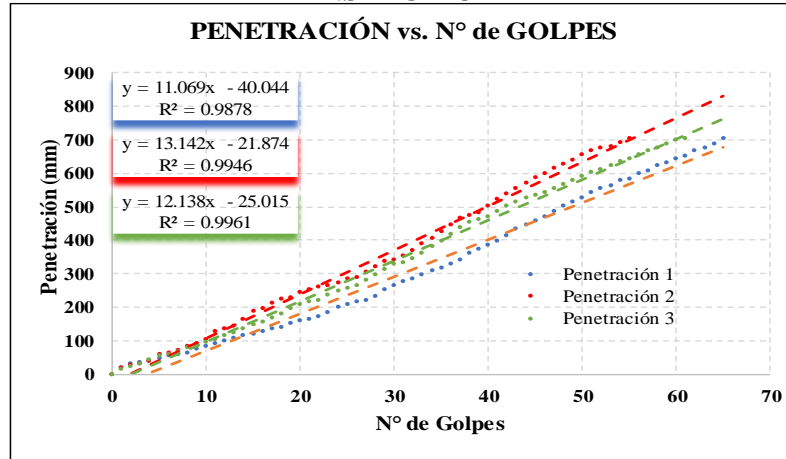
**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Manzana de Oro  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: ASTM D 6951-03  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

**ENSAYO DCP**



DN (mm/golpe)	DN (Prom)
1	12.12
2	
3	

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
0	0	0	0
1	20	18	13
2	30	25	23
3	35	32	32
4	40	40	42
5	47	58	53
6	54	65	59
7	60	71	67
8	65	84	78
9	76	92	84
10	85	105	95
11	91	126	105
12	100	134	115
13	107	145	124
14	114	162	137
15	120	186	148
16	128	197	157
17	136	214	169
18	141	224	180
19	150	230	194
20	160	244	207
21	164	251	215
22	172	259	221
23	185	265	237
24	199	274	249
25	207	283	255
26	218	290	266

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
27	220	306	282
28	234	321	296
29	252	336	312
30	265	342	327
31	276	353	334
32	286	369	345
33	297	389	362
34	307	407	381
35	317	425	399
36	327	445	418
37	343	464	436
38	360	472	454
39	374	484	462
40	387	503	471
41	399	521	487
42	413	538	502
43	432	556	515
44	445	572	528
45	457	586	533
46	471	599	542
47	486	614	554
48	501	626	567
49	515	641	578
50	526	654	590
51	541	667	601
52	554	674	613
53	562	680	624

Golpes	Penetración (mm)		
	1	2	3
54	577	692	634
55	584	704	645
56	597		654
57	606		666
58	624		675
59	631		686
60	643		699
61	652		705
62	667		
63	676		
64	687		
65	705		

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## Ensayo Densidad de Campo

Tabla 75. Densidad De Campo Pozo# 1



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

### 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)	2100
Peso de la funda (gr)	7.1
Peso de la masa del suelo (gr)	2092.9

#### 2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6375
Peso final frasco + cono + arena (gr)	2915
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	1619
Peso arena en la perforación	1841
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	1163.72

#### 3. Determinación del Contenido de Humedad

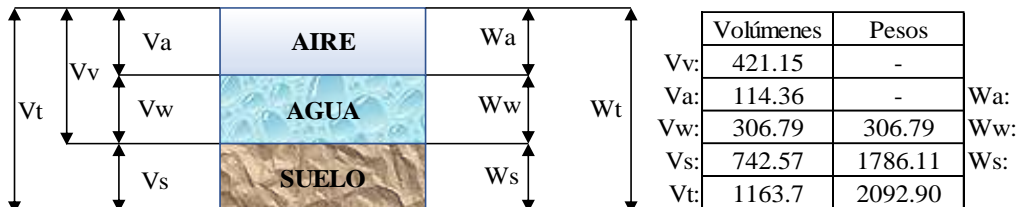
Recipiente número	80	66	78
Peso húmedo + recipiente (gr)	81.8	83.5	80.3
Peso seco + recipiente (gr)	74.4	75.7	73
Peso recipiente (gr)	30.9	30.4	30.8
Peso del agua	7.40	7.80	7.30
Peso de los sólidos	43.50	45.30	42.20
Contenido de humedad (%)	17.01	17.22	17.30
Contenido de humedad promedio (%)	17.18		

#### 4. Determinación de las fases del suelo

Proporciones en  
Volúmenes

Proporciones en  
Peso

GS = 2.405



#### 5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.798	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.535	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	17.18	%
Relación de Vacíos	0.57	%
Porosidad	36.19	%
Grado de Saturación del agua	72.84	%
Grado de Saturación del aire	27.16	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**



Tabla 76. Densidad De Campo Pozo# 2



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	2080
Peso de la funda (gr)	7.4
Peso de la masa del suelo (gr)	2072.6

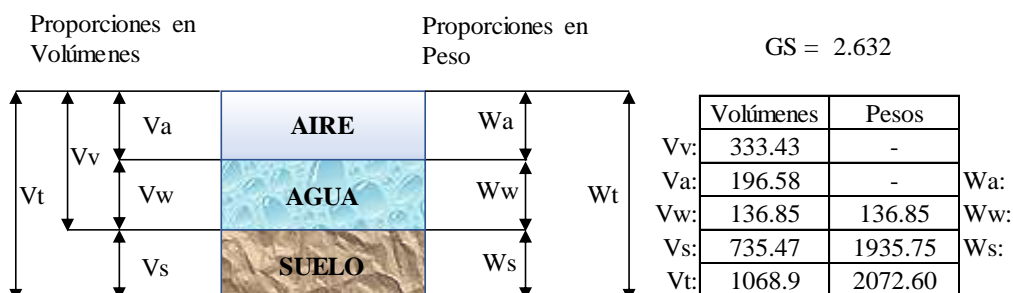
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6375
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3065
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	1619
Peso arena en la perforación	1691
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	1068.90

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	12	15	6
Peso húmedo + recipiente (gr)	81.8	87.5	91
Peso seco + recipiente (gr)	78.1	83.3	86.7
Peso recipiente (gr)	25.3	25.5	24.7
Peso del agua	3.70	4.20	4.30
Peso de los sólidos	52.80	57.80	62.00
Contenido de humedad (%)	7.01	7.27	6.94
Contenido de humedad promedio (%)	7.07		

**4. Determinación de las fases del suelo**



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.939	gr/cm3
Densidad Seca	1.811	gr/cm3
Contenido de Humedad	7.07	%
Relación de Vacíos	0.45	%
Porosidad	31.19	%
Grado de Saturación del agua	41.04	%
Grado de Saturación del aire	58.96	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 77. Densidad De Campo Pozo# 3**



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



Parroquia: Totoras

Vía: San José - Huachi Totoras

Profundidad: 65 cm

Fecha: 18 - Jun - 2019

Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	2085
Peso de la funda (gr)	7.2
Peso de la masa del suelo (gr)	2077.8

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6430
Peso final frasco + cono + arena (gr)	3035
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	1619
Peso arena en la perforación	1776
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	1122.63

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

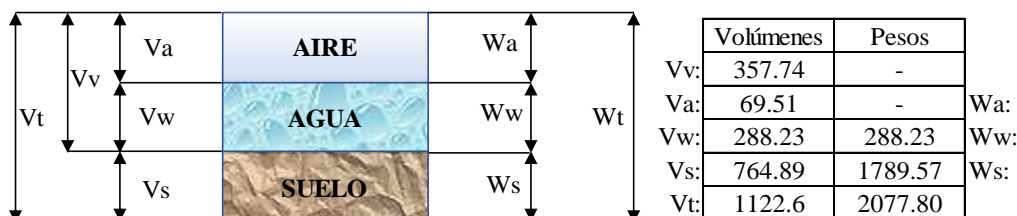
Recipiente número	32	37	40
Peso húmedo + recipiente (gr)	81.1	89.8	83.6
Peso seco + recipiente (gr)	73.5	81.1	75.3
Peso recipiente (gr)	26.6	26.5	24
Peso del agua	7.60	8.70	8.30
Peso de los sólidos	46.90	54.60	51.30
Contenido de humedad (%)	16.20	15.93	16.18
Contenido de humedad promedio (%)	16.11		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en  
Volúmenes

Proporciones en  
Peso

GS= 2.340



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.851	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.594	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	16.11	%
Relación de Vacíos	0.47	%
Porosidad	31.87	%
Grado de Saturación del agua	80.57	%
Grado de Saturación del aire	19.43	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 78. Densidad De Campo Pozo# 4**



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



Parroquia: Totoras	Proyecto: Tesis de Grado
Vía: San José - Huachi Totoras	Normas: AASHTO T 191 2014
Profundidad: 70 cm	Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro
Fecha: 01 - Jul - 2019	Revisado Por: Ing. Favio Portilla
Muestra: 4	Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	830
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	822.5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6520
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5385
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	779
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	492.41

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	12	65	16
Peso húmedo + recipiente (gr)	76.4	81.3	77.9
Peso seco + recipiente (gr)	69.6	74.7	70.4
Peso recipiente (gr)	25.1	31.1	20.5
Peso del agua	6.80	6.60	7.50
Peso de los sólidos	44.50	43.60	49.90
Contenido de humedad (%)	15.28	15.14	15.03
Contenido de humedad promedio (%)	15.15		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en Volúmenes	Proporciones en Peso	GS= 2.422
---------------------------	----------------------	-----------

	Volúmenes	Pesos
Vv:	197.55	-
Va:	89.33	-
Vw:	108.21	108.21
Vs:	294.87	714.29
Vt:	492.41	822.50

Wa:

Ww:

Ws:

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.670	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.451	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	15.15	%
Relación de Vacíos	0.67	%
Porosidad	40.12	%
Grado de Saturación del agua	54.78	%
Grado de Saturación del aire	45.22	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 79. Densidad De Campo Pozo# 5**



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



Parroquia: Totoras  
Vía: Totoras - La Esperanza  
Profundidad: 75 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 191 2014  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	815
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	807.5

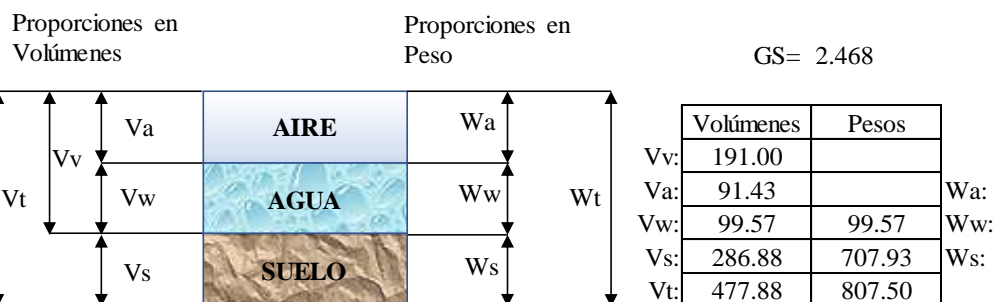
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6432
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5320
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	756
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	477.88

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	66	21	71
Peso húmedo + recipiente (gr)	82.9	80.6	81.8
Peso seco + recipiente (gr)	76.4	74.1	75.6
Peso recipiente (gr)	30.8	27.9	30.9
Peso del agua	6.50	6.50	6.20
Peso de los sólidos	45.60	46.20	44.70
Contenido de humedad (%)	14.25	14.07	13.87
Contenido de humedad promedio (%)	14.06		

**4. Determinación de las fases del suelo**



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.690	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.481	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	14.06	%
Relación de Vacíos	0.67	%
Porosidad	39.97	%
Grado de Saturación del agua	52.13	%
Grado de Saturación del aire	47.87	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 80. Densidad De Campo Pozo# 6**



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



Parroquia: Totoras  
Vía: Totoras - La Esperanza  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 191 2014  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	990
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	982.5

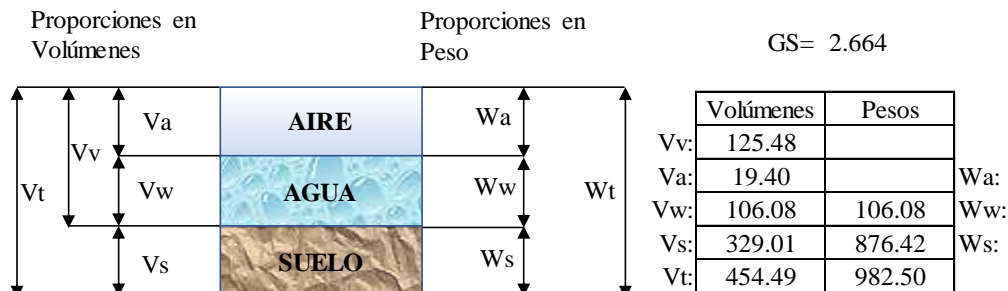
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6320
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5245
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	719
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	454.49

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	80	31	67
Peso húmedo + recipiente (gr)	79.1	73.2	81.4
Peso seco + recipiente (gr)	73.9	67.9	75.9
Peso recipiente (gr)	30.8	24.5	30.2
Peso del agua	5.20	5.30	5.50
Peso de los sólidos	43.10	43.40	45.70
Contenido de humedad (%)	12.06	12.21	12.04
Contenido de humedad promedio (%)	12.10		

**4. Determinación de las fases del suelo**



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	2.162	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.928	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	12.10	%
Relación de Vacíos	0.38	%
Porosidad	27.61	%
Grado de Saturación del agua	84.54	%
Grado de Saturación del aire	15.46	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 81. Densidad De Campo Pozo# 7**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	765
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	757.5

**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6345
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5235
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	754
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	476.61

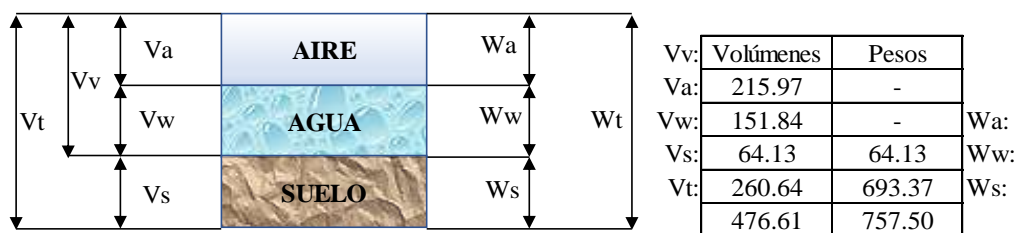
**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	41	46	3
Peso húmedo + recipiente (gr)	82.6	78.2	78.8
Peso seco + recipiente (gr)	78.3	73.7	74.3
Peso recipiente (gr)	30.9	24.8	26.8
Peso del agua	4.30	4.50	4.50
Peso de los sólidos	47.40	48.90	47.50
Contenido de humedad (%)	9.07	9.20	9.47
Contenido de humedad promedio (%)	9.25		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en Volúmenes                      Proporciones en Peso

GS= 2.660



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.589	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.455	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	9.25	%
Relación de Vacíos	0.83	%
Porosidad	45.31	%
Grado de Saturación del agua	29.69	%
Grado de Saturación del aire	70.31	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 82. Densidad De Campo Pozo# 8**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	870
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	862.5

**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)	5280
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	684
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	432.36

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

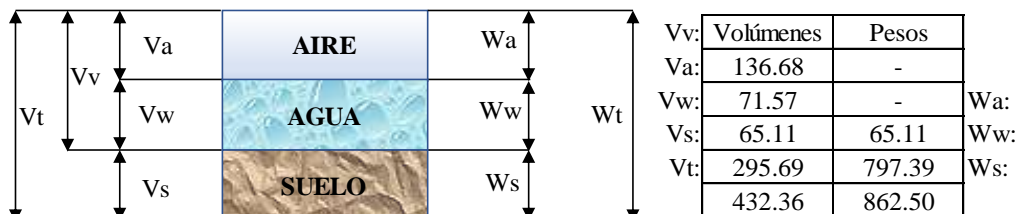
Recipiente número	59	2	78
Peso húmedo + recipiente (gr)	80.3	73.4	81.3
Peso seco + recipiente (gr)	76.6	69.6	77.5
Peso recipiente (gr)	30.7	23.9	30.7
Peso del agua	3.70	3.80	3.80
Peso de los sólidos	45.90	45.70	46.80
Contenido de humedad (%)	8.06	8.32	8.12
Contenido de humedad promedio (%)	8.17		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en  
Volúmenes

Proporciones en  
Peso

GS= 2.697



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.995	gr/cm3
Densidad Seca	1.844	gr/cm3
Contenido de Humedad	8.17	%
Relación de Vacíos	0.46	%
Porosidad	31.61	%
Grado de Saturación del agua	47.64	%
Grado de Saturación del aire	52.36	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 83. Densidad De Campo Pozo# 9**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 191 2014  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	810
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	802.5

**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)	5270
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	694
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	438.69

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

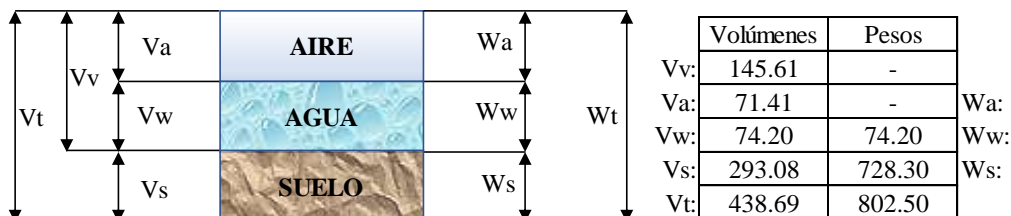
Recipiente número	59	66	65
Peso húmedo + recipiente (gr)	79.8	89.8	82.9
Peso seco + recipiente (gr)	75.3	84.3	78.1
Peso recipiente (gr)	30.7	30.7	31.1
Peso del agua	4.50	5.50	4.80
Peso de los sólidos	44.60	53.60	47.00
Contenido de humedad (%)	10.09	10.26	10.21
Contenido de humedad promedio (%)	10.19		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en  
Volúmenes

Proporciones en  
Peso

GS= 2.485



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.829	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.660	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	10.19	%
Relación de Vacíos	0.50	%
Porosidad	33.19	%
Grado de Saturación del agua	50.96	%
Grado de Saturación del aire	49.04	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**



**Tabla 84. Densidad De Campo Pozo# 10**



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Cevallos  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 191 2014  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	905
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	897.5

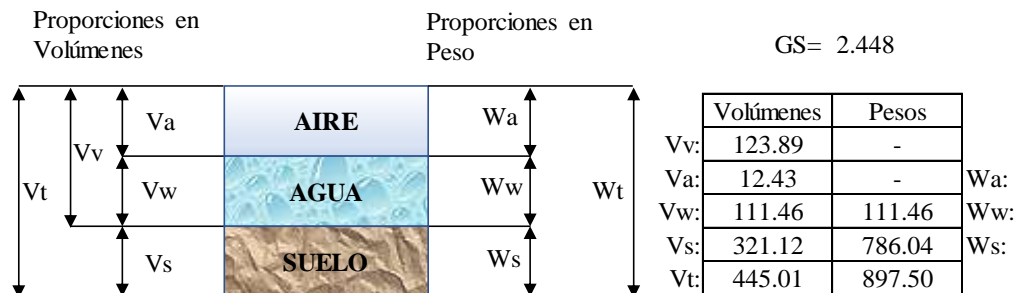
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6315
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5255
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	704
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	445.01

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	2	3	67
Peso húmedo + recipiente (gr)	77.5	77.3	73.4
Peso seco + recipiente (gr)	70.9	70.9	68.1
Peso recipiente (gr)	23.9	26.8	30.2
Peso del agua	6.60	6.40	5.30
Peso de los sólidos	47.00	44.10	37.90
Contenido de humedad (%)	14.04	14.51	13.98
Contenido de humedad promedio (%)	14.18		

**4. Determinación de las fases del suelo**



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	2.017	gr/cm3
Densidad Seca	1.766	gr/cm3
Contenido de Humedad	14.18	%
Relación de Vacíos	0.39	%
Porosidad	27.84	%
Grado de Saturación del agua	89.97	%
Grado de Saturación del aire	10.03	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 85. Densidad De Campo Pozo# 11**



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
Profundidad: 65 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 191 2014  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	803
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	795.5

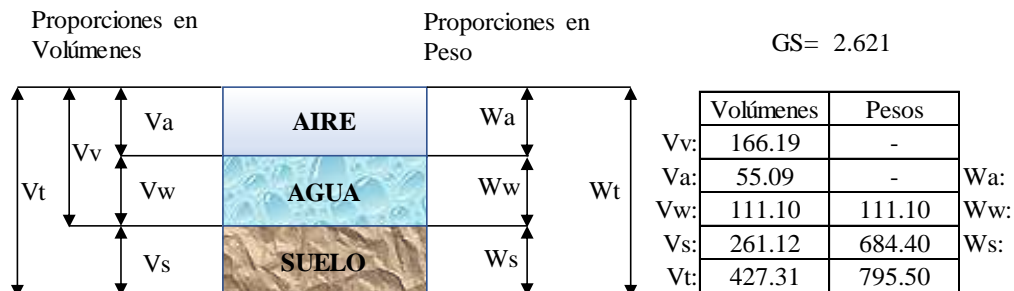
**2. Determinación del volumen de la perforación en el suelo o volumen de la masa**

Peso inicial frasco + cono + arena (gr)	6347
Peso final frasco + cono + arena (gr)	5315
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	676
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1,582
Volumen de la Perforación	427.31

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	31	78	41
Peso húmedo + recipiente (gr)	74.9	76.5	88
Peso seco + recipiente (gr)	67.8	70.1	80.1
Peso recipiente (gr)	24.5	30.7	30.9
Peso del agua	7.10	6.40	7.90
Peso de los sólidos	43.30	39.40	49.20
Contenido de humedad (%)	16.40	16.24	16.06
Contenido de humedad promedio (%)	16.23		

**4. Determinación de las fases del suelo**



**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.862	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.602	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	16.23	%
Relación de Vacíos	0.64	%
Porosidad	38.89	%
Grado de Saturación del agua	66.85	%
Grado de Saturación del aire	33.15	%

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

Tabla 86. Densidad De Campo Pozo# 12



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



Parroquia: Montalvo

Vía: Montalvo - Manzana de Oro

Profundidad: 70 cm

Fecha: 02 - Jul - 2019

Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado

Normas: AASHTO T 191 2014

Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro

Revisado Por: Ing. Favio Portilla

Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

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

**1. Determinación del peso del suelo extraído o Peso de la masa**

<b>Ensayo Número</b>	<b>1</b>
Peso de la masa del suelo + funda (gr)	985
Peso de la funda (gr)	7.5
Peso de la masa del suelo (gr)	977.5

**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)	5145
Peso arena en el cono (Calibración del cono) (gr)	356
Peso arena en la perforación	819
Densidad de la Arena de Ottawa (Calibración Arena)	1.582
Volumen de la Perforación	517.70

**3. Determinación del Contenido de Humedad**

Recipiente número	12	46	16
Peso húmedo + recipiente (gr)	79.7	80.7	71.1
Peso seco + recipiente (gr)	72.3	73.2	64.9
Peso recipiente (gr)	25.1	24.8	24.2
Peso del agua	7.40	7.50	6.20
Peso de los sólidos	47.20	48.40	40.70
Contenido de humedad (%)	15.68	15.50	15.23
Contenido de humedad promedio (%)	15.47		

**4. Determinación de las fases del suelo**

Proporciones en  
Volúmenes

Proporciones en  
Peso

GS= 2.743

		<b>AIRE</b>			
		<b>AGUA</b>			
		<b>SUELO</b>			
			<b>Volúmenes</b>	<b>Pesos</b>	
			Vv:	209.05	-
		Va:	78.09	-	
		Vw:	130.95	130.95	
		Vs:	308.65	846.55	
		Vt:	517.70	977.50	
		Wa:			
		Ww:			
		Ws:			

**5. Determinación de las propiedades índice del suelo analizado**

Peso Volumétrico del suelo húmedo	1.888	gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca	1.635	gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	15.47	%
Relación de Vacíos	0.68	%
Porosidad	40.38	%
Grado de Saturación del agua	62.64	%
Grado de Saturación del aire	37.36	%

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## Calibración del picnómetro

**Tabla 87.** Calibración del Picnómetro



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

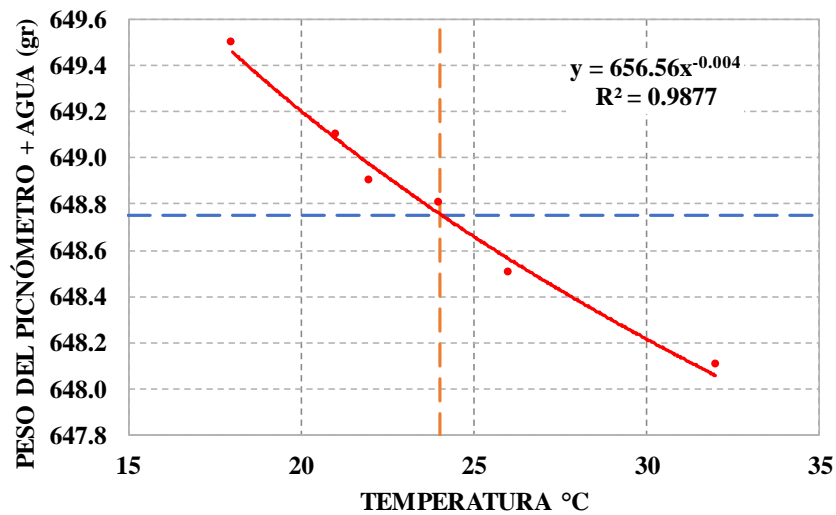


Proyecto: Tesis de Grado  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla

### CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

Calibración del Picnómetro		
Nº	Temperatura °C	Masa (gr)
1	18	649.5
2	21	649.1
3	22	648.9
4	24	648.8
5	26	648.5
6	32	648.1

### CURVA DE CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO



#### Temperatura Ensayo

Línea Vertical	X1	24	Y1	647.8
	X2	24	Y2	649.6
Línea Horizontal	X1	15	Y1	648.75
	X2	35	Y2	648.75

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## Ensayo de Gravedad Específica

Tabla 88. Gravedad Específica Pozo# 1



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



Parroquia: Totoras  
Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
Profundidad: 75 cm  
Fecha: 18 - Jun - 2019  
Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

### ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Suelos menores al tamiz #4

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,9
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	678,1
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	20,7
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	50
Recipiente + peso suelo seco	153,7
Peso del recipiente	103,8
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,9
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,405

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 89.** Gravedad Específica Pozo# 2



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



Parroquia: Totoras  
Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
Profundidad: 85 cm  
Fecha: 18 - Jun - 2019  
Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	649,37
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680,4
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,97
Temperatura del agua y suelo en °C	19
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9984
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	45
Recipiente + peso suelo seco	190,1
Peso del recipiente	140,1
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	50
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,632

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 90.** Gravedad Específica Pozo# 3



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



Parroquia: Totoras  
Vía: San José - Huachi Totoras  
Profundidad: 65 cm  
Fecha: 18 - Jun - 2019  
Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,8
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	677,2
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	21,1
Temperatura del agua y suelo en °C	24
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9973
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	50
Recipiente + peso suelo seco	153,3
Peso del recipiente	103,8
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,5
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,340

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 91.** Gravedad Específica Pozo# 4



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



Parroquia: Totoras  
Vía: San José - Huachi Totoras  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,85
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	678,2
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	20,55
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	39
Recipiente + peso suelo seco	156,9
Peso del recipiente	107,0
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,9
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,422

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Tabla 92.** Gravedad Específica Pozo# 5



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 100 2015  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	649,1
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	678,7
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	20,1
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	44
Recipiente + peso suelo seco	198,5
Peso del recipiente	148,8
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,7
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,468

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 93.** Gravedad Específica Pozo# 6



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



Parroquia: Totoras  
Vía: Totoras - La Esperanza  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,85
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680,0
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,65
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	45
Recipiente + peso suelo seco	189,8
Peso del recipiente	140,0
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,8
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,664

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 94.** Gravedad Específica Pozo# 7



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: La Esperanza-Montalvo  
Profundidad: 75 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648.85
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680.1
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18.75
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0.9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	KA3
Recipiente + peso suelo seco	133.4
Peso del recipiente	83.4
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	50
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2.660

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 95.** Gravedad Específica Pozo# 8



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: La Esperanza-Montalvo  
Profundidad: 75 cm  
Fecha: 01 - Jul - 2019  
Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,9
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680,4
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,5
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	47
Recipiente + peso suelo seco	152,4
Peso del recipiente	102,4
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	50
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,697

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 96.** Gravedad Específica Pozo# 9



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Cevallos  
Profundidad: 80 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	649,1
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	678,9
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	20
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	109
Recipiente + peso suelo seco	136,4
Peso del recipiente	86,6
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,8
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,485

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 97.** Gravedad Específica Pozo# 10



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Cevallos  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,9
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	678,4
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	20,3
Temperatura del agua y suelo en °C	22
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9978
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	57
Recipiente + peso suelo seco	154,9
Peso del recipiente	105,1
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,8
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,448

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 98.** Gravedad Específica Pozo# 11



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
Profundidad: 65 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	649,1
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	19
Temperatura del agua y suelo en °C	21
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,998
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	45
Recipiente + peso suelo seco	189,9
Peso del recipiente	140
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,9
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,621

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 99.** Gravedad Específica Pozo# 12



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



Parroquia: Montalvo  
Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
Profundidad: 70 cm  
Fecha: 02 - Jul - 2019  
Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
Normas: AASHTO T 100 2015  
Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

**ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA**  
**Suelos menores al tamiz #4**

Muestra número	1
Picnómetro número (Pg)	1
Pg + agua hasta la marca de aforo <b>Wbw</b>	648,85
Pg + agua + suelo (sumergido) <b>Wbws</b>	680,6
Desplazamiento agua <b>Ws + Wbw - Wbws</b>	18,15
Temperatura del agua y suelo en °C	23
Factor de Corrección por temperatura = <b>K</b>	0,9976
<b>PARA OBTENER LOS SÓLIDOS</b>	
Recipiente número	109
Recipiente + peso suelo seco	136,5
Peso del recipiente	86,6
Peso del suelo seco <b>Ws</b>	49,9
<b><math>G_s = (W_s * K) / (W_s + W_{bw} - W_{bws})</math></b>	2,743

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



## Ensayo de Granulometría

Tabla 100. Granulometría Pozo# 1



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

### GRANULOMETRÍA

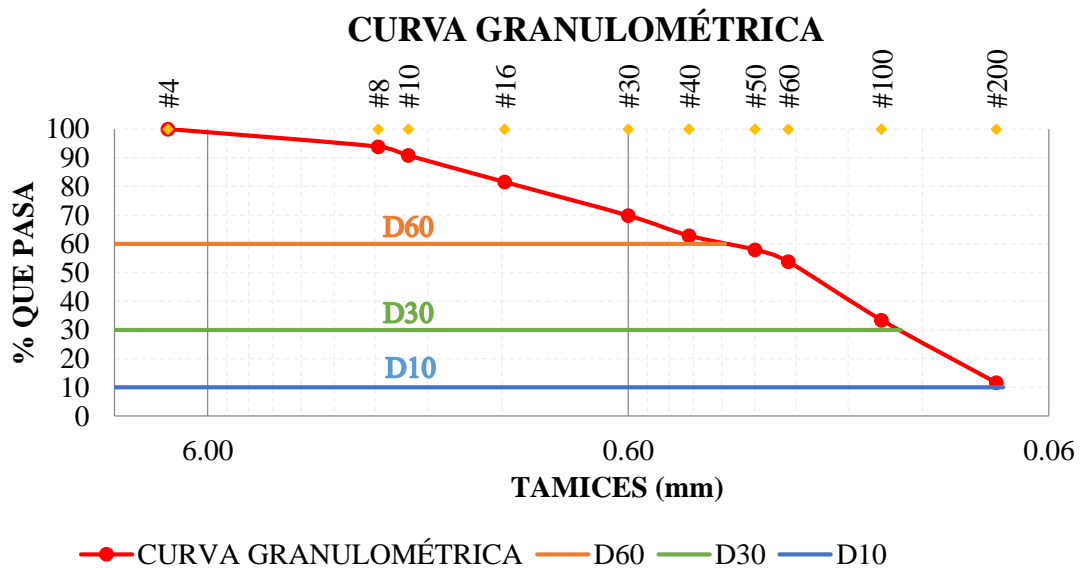
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	15.40	15.40	6.16	93.84
#10	2.00	7.70	23.10	9.24	90.76
#16	1.18	23.10	46.20	18.48	81.52
#30	0.60	29.20	75.40	30.16	69.84
#40	0.43	17.50	92.90	37.16	62.84
#50	0.30	12.20	105.10	42.04	57.96
#60	0.25	10.50	115.60	46.24	53.76
#100	0.15	50.80	166.40	66.56	33.44
#200	0.08	54.60	221.00	88.40	11.60
PASA #200			28.30		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

#### 1. Parámetros de la granulometría

Diametro Dimensional (D60)= 0.353 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.135 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.077 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 4.584  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.671

#### 2. Porcentaje de suelo

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 88.40  
 Fino (%) = 11.60



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 101. Granulometría Pozo# 2



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

**GRANULOMETRÍA**

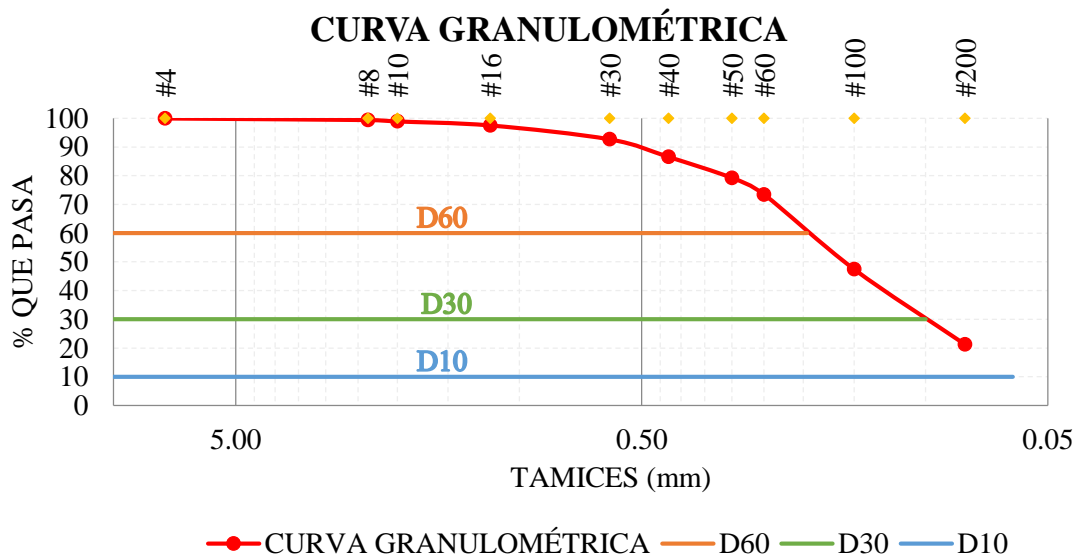
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	1.40	1.40	0.56	99.44
#10	2.00	1.20	2.60	1.04	98.96
#16	1.18	3.50	6.10	2.44	97.56
#30	0.60	12.10	18.20	7.28	92.72
#40	0.43	15.30	33.50	13.40	86.60
#50	0.30	18.30	51.80	20.72	79.28
#60	0.25	14.50	66.30	26.52	73.48
#100	0.15	65.10	131.40	52.56	47.44
#200	0.08	65.50	196.90	78.76	21.24
PASA #200			52.90		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.196 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.100 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.061 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 3.213  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.836

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 78.76  
 Fino (%) = 21.24



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 102. Granulometría Pozo# 3



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

**GRANULOMETRÍA**

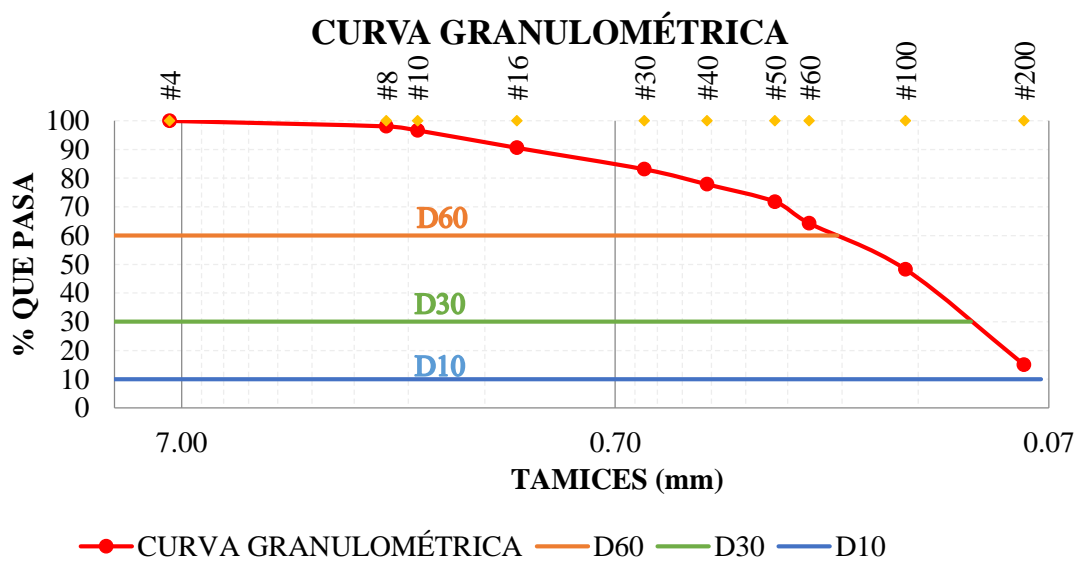
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	4.80	4.80	1.92	98.08
#10	2.00	3.50	8.30	3.32	96.68
#16	1.18	15.20	23.50	9.40	90.60
#30	0.60	18.70	42.20	16.88	83.12
#40	0.43	13.10	55.30	22.12	77.88
#50	0.30	15.10	70.40	28.16	71.84
#60	0.25	18.80	89.20	35.68	64.32
#100	0.15	40.10	129.30	51.72	48.28
#200	0.08	83.00	212.30	84.92	15.08
PASA #200			37.60		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.215 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.106 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.073 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 2.945  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.716

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 84.92  
 Fino (%) = 15.08



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 103. Granulometría Pozo# 4



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

**GRANULOMETRÍA**

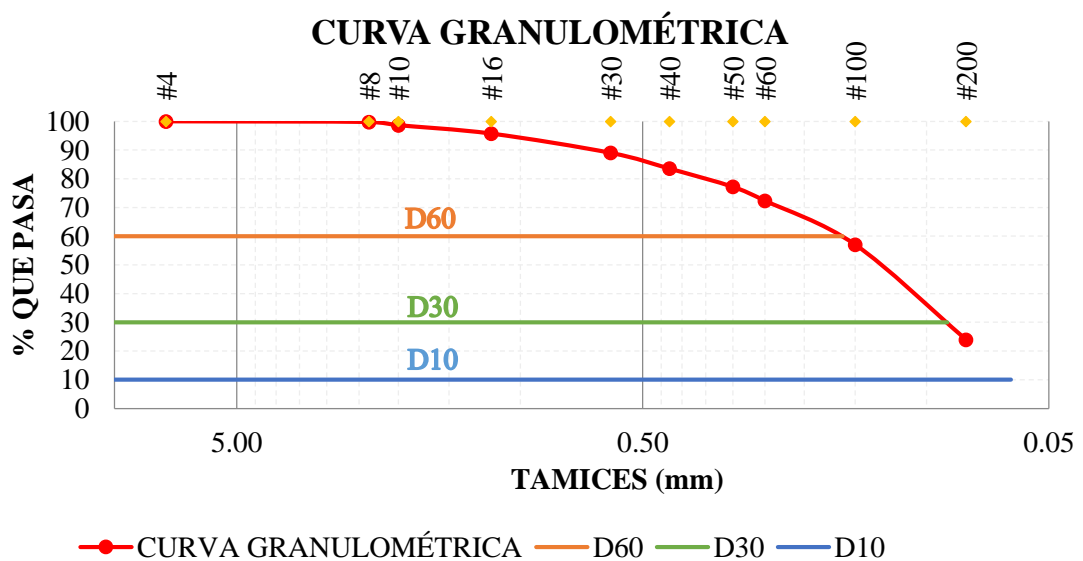
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	0.60	0.60	0.24	99.76
#10	2.00	2.80	3.40	1.36	98.64
#16	1.18	7.30	10.70	4.28	95.72
#30	0.60	16.80	27.50	11.00	89.00
#40	0.43	13.70	41.20	16.48	83.52
#50	0.30	15.90	57.10	22.84	77.16
#60	0.25	12.10	69.20	27.68	72.32
#100	0.15	38.20	107.40	42.96	57.04
#200	0.08	82.70	190.10	76.04	23.96
PASA #200			60.70		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.161 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.089 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.062 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 2.597  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.794

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 76.04  
 Fino (%) = 23.96



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 104. Granulometría Pozo# 5



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

**GRANULOMETRÍA**

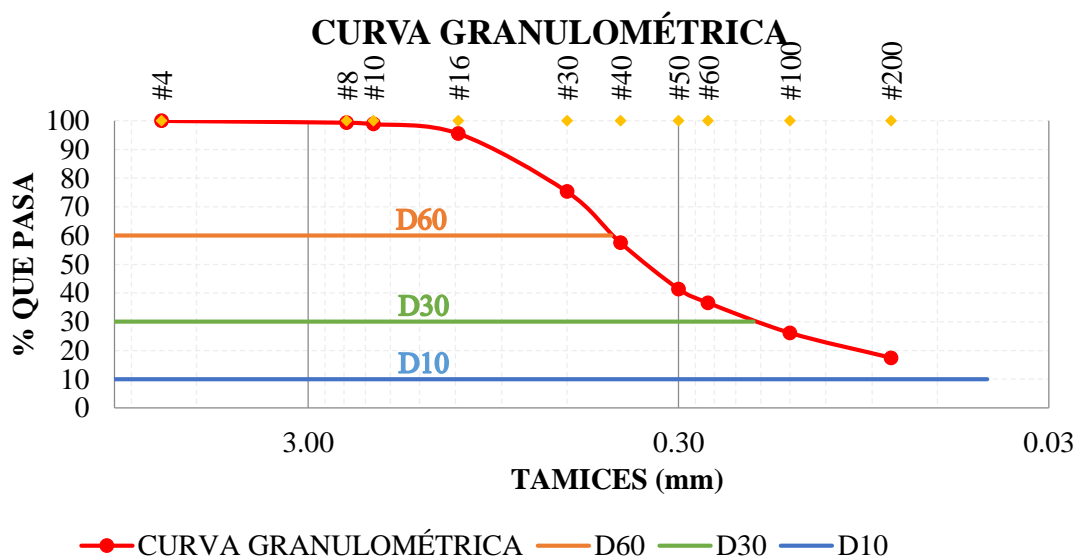
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	1.60	1.60	0.64	99.36
#10	2.00	1.20	2.80	1.12	98.88
#16	1.18	8.20	11.00	4.40	95.60
#30	0.60	50.70	61.70	24.68	75.32
#40	0.43	44.60	106.30	42.52	57.48
#50	0.30	40.20	146.50	58.60	41.40
#60	0.25	12.00	158.50	63.40	36.60
#100	0.15	26.30	184.80	73.92	26.08
#200	0.08	21.70	206.50	82.60	17.40
PASA #200			43.30		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.456 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.188 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.044 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 10.364  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 1.762

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 82.60  
 Fino (%) = 17.40



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 105. Granulometría Pozo# 6



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

**GRANULOMETRÍA**

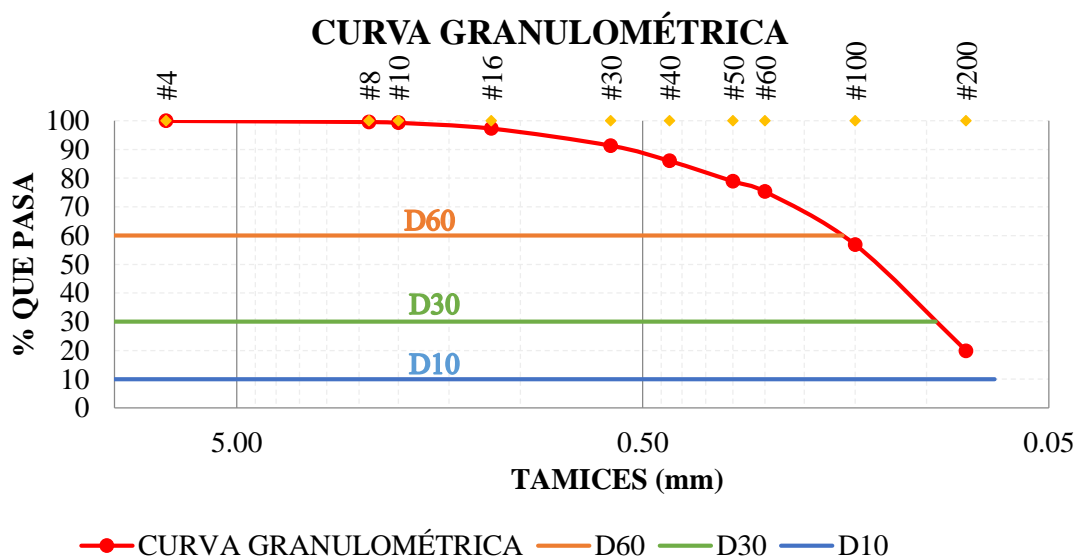
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	1.00	1.00	0.40	99.60
#10	2.00	0.70	1.70	0.68	99.32
#16	1.18	5.00	6.70	2.68	97.32
#30	0.60	14.90	21.60	8.64	91.36
#40	0.43	13.30	34.90	13.96	86.04
#50	0.30	17.80	52.70	21.08	78.92
#60	0.25	9.00	61.70	24.68	75.32
#100	0.15	46.20	107.90	43.16	56.84
#200	0.08	92.40	200.30	80.12	19.88
PASA #200			49.20		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.161 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.095 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.068 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 2.368  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.824

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 80.12  
 Fino (%) = 19.88



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 106. Granulometría Pozo# 7



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

**GRANULOMETRÍA**

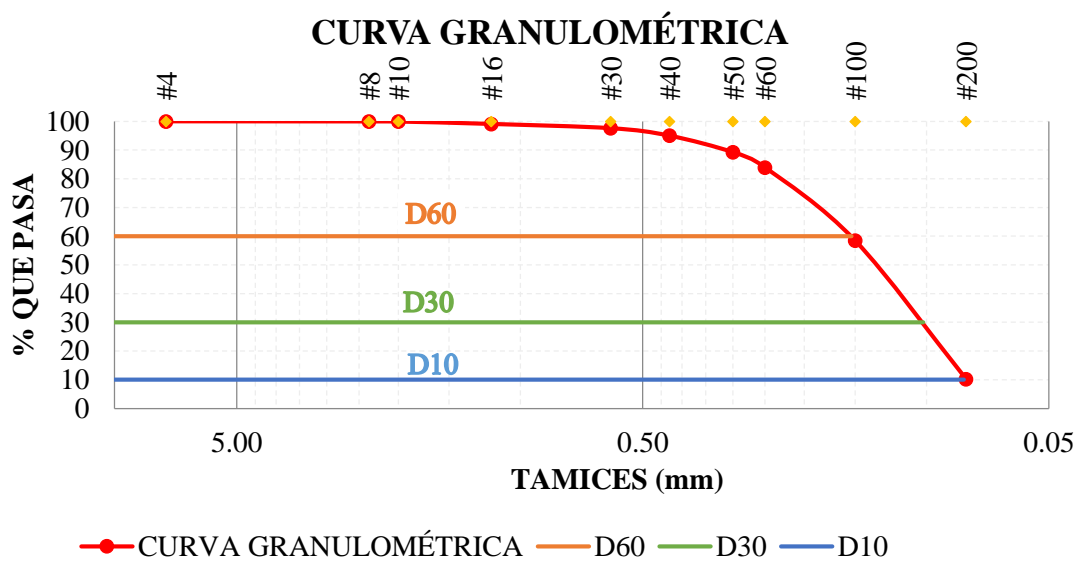
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	0.10	0.10	0.04	99.96
#10	2.00	0.10	0.20	0.08	99.92
#16	1.18	2.10	2.30	0.92	99.08
#30	0.60	3.70	6.00	2.40	97.60
#40	0.43	6.50	12.50	5.00	95.00
#50	0.30	14.40	26.90	10.76	89.24
#60	0.25	13.30	40.20	16.08	83.92
#100	0.15	63.70	103.90	41.56	58.44
#200	0.08	120.50	224.40	89.76	10.24
PASA #200			25.50		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.153 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.102 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.081 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 1.889  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.840

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 89.76  
 Fino (%) = 10.24



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 107. Granulometría Pozo# 8



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

**GRANULOMETRÍA**

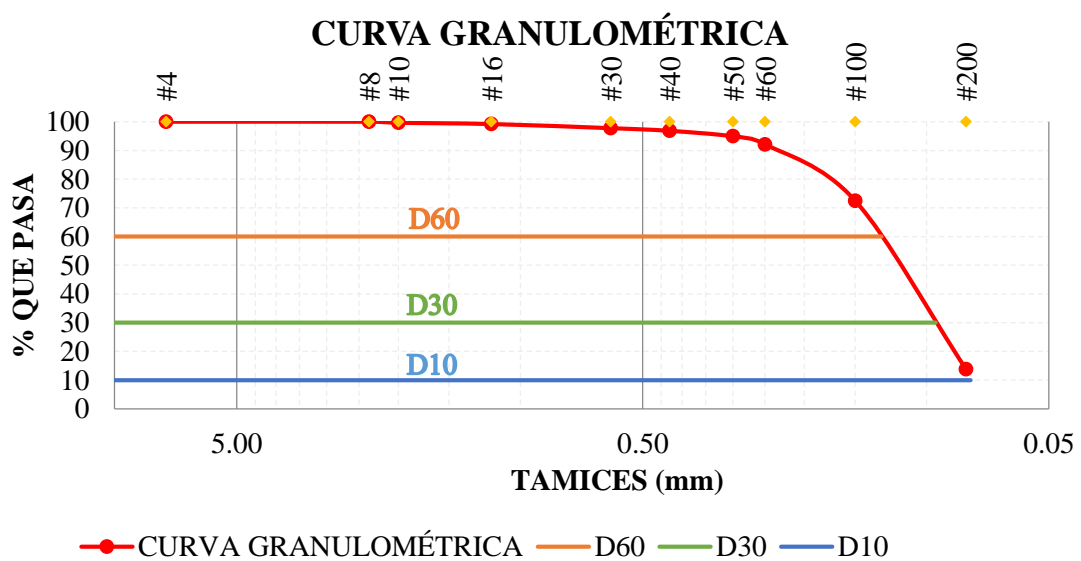
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	0.00	0.00	0.00	100.00
#10	2.00	0.90	0.90	0.36	99.64
#16	1.18	1.10	2.00	0.80	99.20
#30	0.60	3.60	5.60	2.24	97.76
#40	0.43	2.30	7.90	3.16	96.84
#50	0.30	4.80	12.70	5.08	94.92
#60	0.25	7.00	19.70	7.88	92.12
#100	0.15	49.10	68.80	27.52	72.48
#200	0.08	146.80	215.60	86.24	13.76
PASA #200			34.20		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.129 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.095 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.078 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 1.654  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.897

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 86.24  
 Fino (%) = 13.76



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



Tabla 108. Granulometría Pozo# 9



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

**GRANULOMETRÍA**

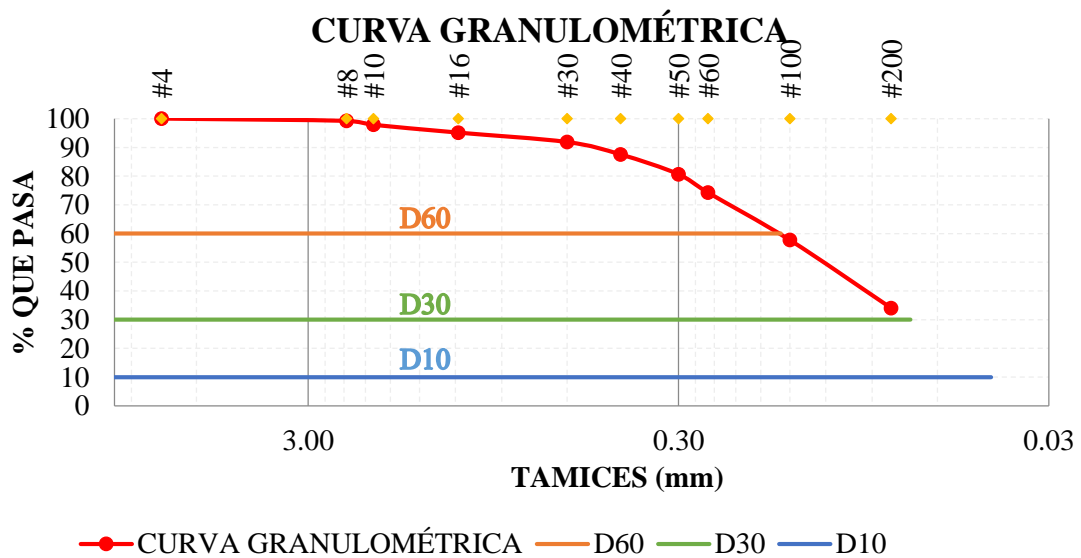
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	2.00	2.00	0.80	99.20
#10	2.00	3.40	5.40	2.16	97.84
#16	1.18	6.80	12.20	4.88	95.12
#30	0.60	8.20	20.40	8.16	91.84
#40	0.43	10.80	31.20	12.48	87.52
#50	0.30	17.20	48.40	19.36	80.64
#60	0.25	15.90	64.30	25.72	74.28
#100	0.15	41.50	105.80	42.32	57.68
#200	0.08	59.10	164.90	65.96	34.04
PASA #200			84.90		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.159 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.071 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.043 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 3.698  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.737

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 65.96  
 Fino (%) = 34.04



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 109. Granulometría Pozo# 10



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

**GRANULOMETRÍA**

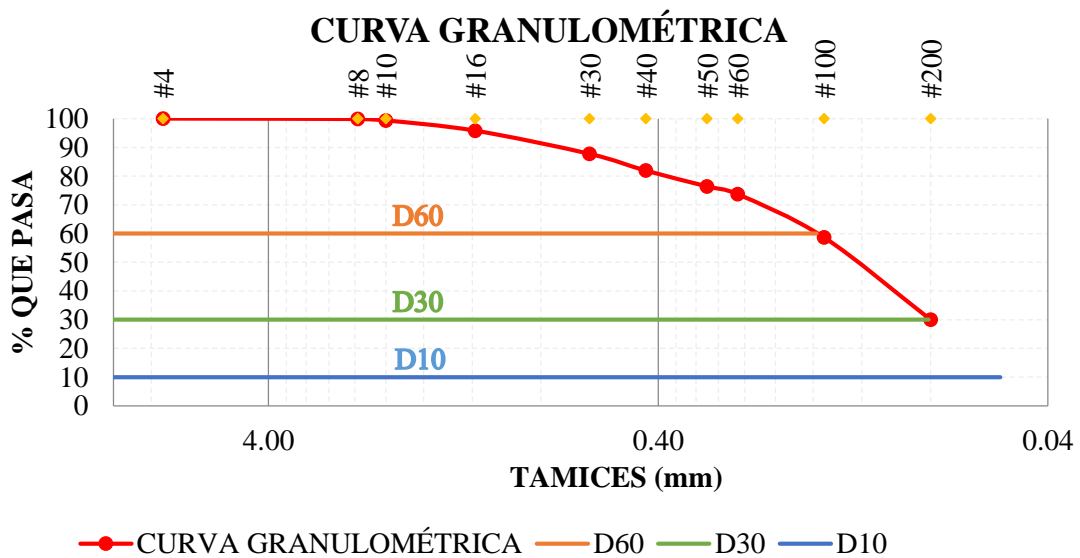
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	0.40	0.40	0.16	99.84
#10	2.00	1.20	1.60	0.64	99.36
#16	1.18	8.90	10.50	4.20	95.80
#30	0.60	20.20	30.70	12.28	87.72
#40	0.43	14.60	45.30	18.12	81.88
#50	0.30	13.70	59.00	23.60	76.40
#60	0.25	6.80	65.80	26.32	73.68
#100	0.15	37.70	103.50	41.40	58.60
#200	0.08	71.50	175.00	70.00	30.00
PASA #200			74.20		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.157 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.081 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.053 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 2.962  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.788

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 70.00  
 Fino (%) = 30.00



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 110. Granulometría Pozo# 11



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

**GRANULOMETRÍA**

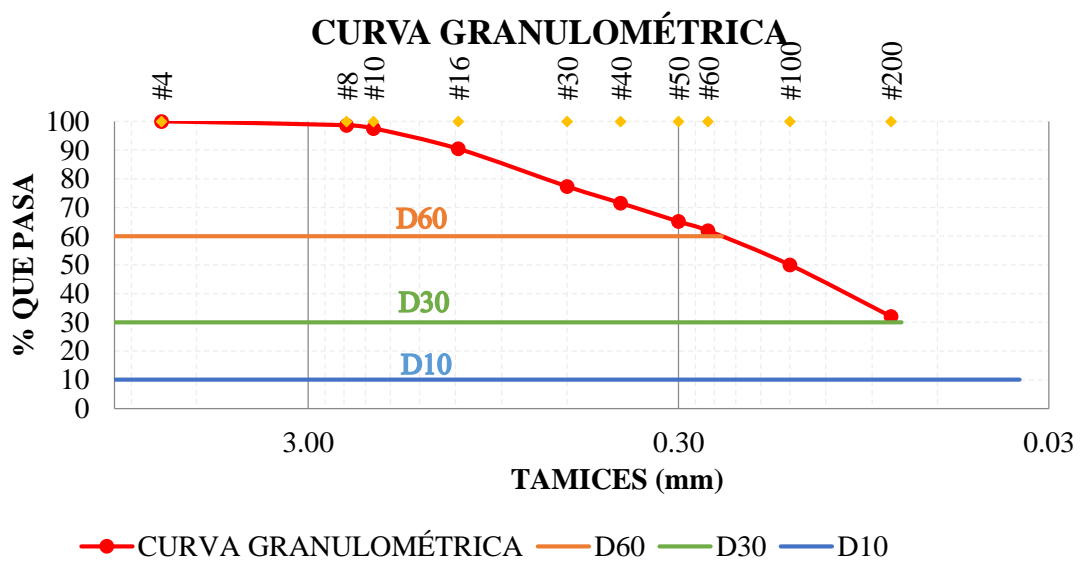
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	3.40	3.40	1.36	98.64
#10	2.00	2.70	6.10	2.44	97.56
#16	1.18	17.80	23.90	9.56	90.44
#30	0.60	32.70	56.60	22.64	77.36
#40	0.43	14.50	71.10	28.44	71.56
#50	0.30	16.10	87.20	34.88	65.12
#60	0.25	7.90	95.10	38.04	61.96
#100	0.15	29.90	125.00	50.00	50.00
#200	0.08	44.90	169.90	67.96	32.04
PASA #200			79.80		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.229 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.075 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.036 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 6.361  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.682

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 67.96  
 Fino (%) = 32.04



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 111. Granulometría Pozo# 12



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 88 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

**GRANULOMETRÍA**

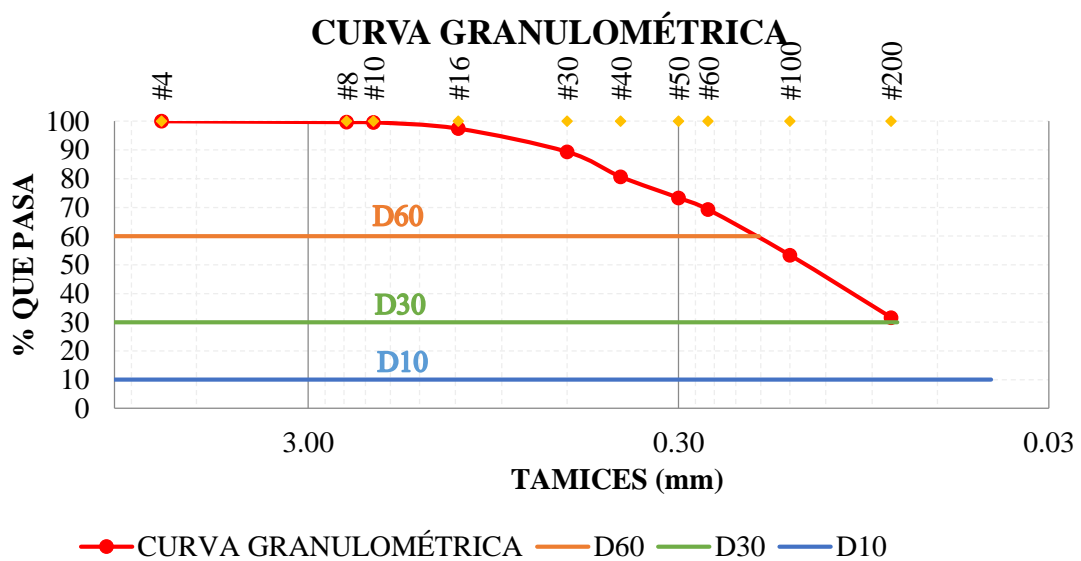
TAMIZ #	mm	Peso Retenido Por Tamiz (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Peso Retenido	% Que Pasa
#4	7.46	0.00	0.00	0.00	100.00
#8	2.36	0.80	0.80	0.32	99.68
#10	2.00	0.10	0.90	0.36	99.64
#16	1.18	5.50	6.40	2.56	97.44
#30	0.60	20.20	26.60	10.64	89.36
#40	0.43	21.70	48.30	19.32	80.68
#50	0.30	18.40	66.70	26.68	73.32
#60	0.25	10.10	76.80	30.72	69.28
#100	0.15	39.90	116.70	46.68	53.32
#200	0.08	54.30	171.00	68.40	31.60
PASA #200			78.80		
Peso Seco (gr):					<b>250.00</b>

**1. Parámetros de la granulometría**

Diametro Dimensional (D60)= 0.182 mm  
 Diametro Equiparable (D30)= 0.077 mm  
 Diámetro Efectivo (D10)= 0.043 mm  
 Coeficiente de uniformidad (CU) = 4.233  
 Coeficiente de Curvatura (CC) = 0.758

**2. Porcentaje de suelo**

Grava (%) = 0  
 Arena (%) = 68.40  
 Fino (%) = 31.60



**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## Ensayo de Límite Líquido y Límite Plástico

Tabla 112. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 1



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

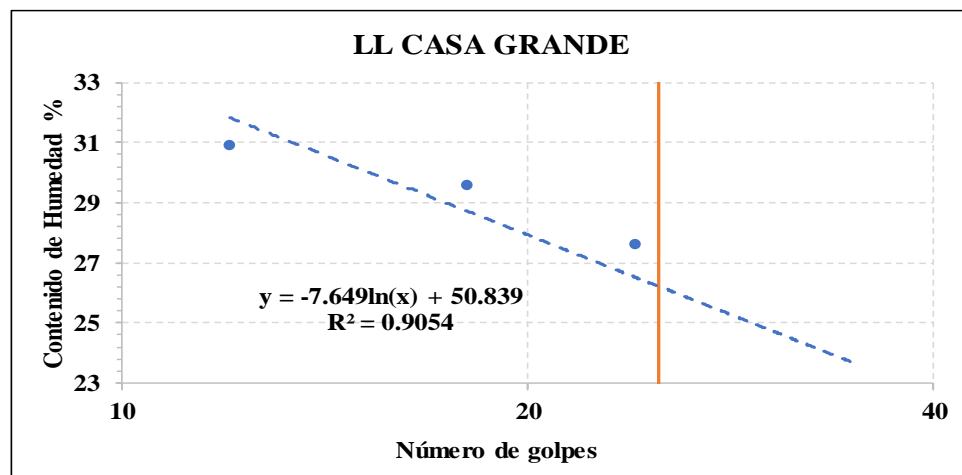


Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18-jun-19  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

### LÍMITES DE ATTERBERG

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
69	12	21.10	18.80	11.40	2.30	7.40	31.08	30.93
14		21.30	18.90	11.10	2.40	7.80	30.77	
68	18	21.70	19.30	11.10	2.40	8.20	29.27	29.58
61		22.60	20.00	11.30	2.60	8.70	29.89	
19	24	19.60	17.80	11.30	1.80	6.50	27.69	27.61
4		19.80	17.90	11.00	1.90	6.90	27.54	
71	35	19.40	17.90	11.20	1.50	6.70	22.39	22.62
37		19.90	18.30	11.30	1.60	7.00	22.86	
Límite Plástico								
9		11.60	11.40	10.50	0.20	0.90	22.22	24.34
12		11.40	11.20	10.40	0.20	0.80	25.00	
3		11.90	11.60	10.50	0.30	1.10	27.27	
7		11.00	10.90	10.50	0.10	0.40	25.00	
5		11.40	11.20	10.30	0.20	0.90	22.22	



Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	26.22	%	SUCS	SM
Límite Plástico	24.34	%		
Índice de Plasticidad	1.87	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-4.10			

Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 113. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 2**



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

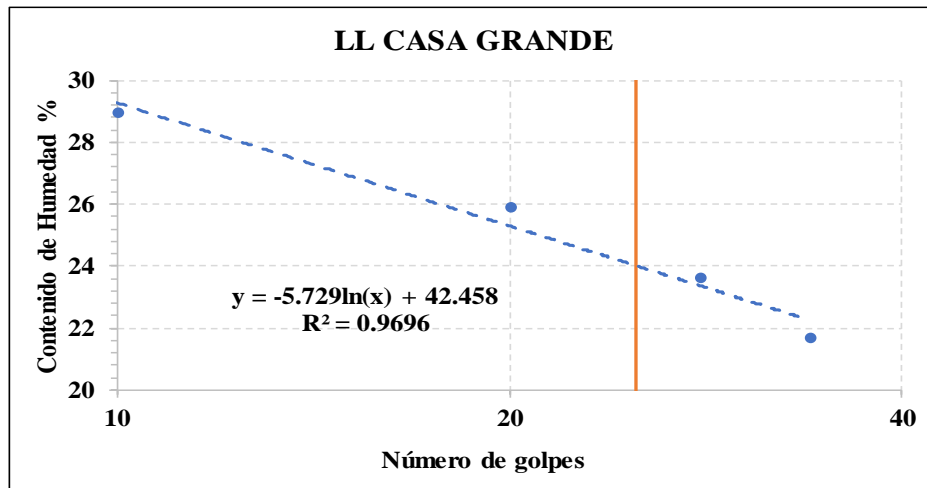


Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18-jun-19  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
40	10	21.00	18.80	11.10	2.20	7.70	28.57	28.95
43		20.60	18.40	10.90	2.20	7.50	29.33	
63	20	19.70	17.90	11.00	1.80	6.90	26.09	25.92
11		19.50	17.80	11.20	1.70	6.60	25.76	
23	28	18.40	17.00	11.10	1.40	5.90	23.73	23.63
32		19.60	18.00	11.20	1.60	6.80	23.53	
33	34	20.80	19.10	11.20	1.70	7.90	21.52	21.68
39		22.20	20.30	11.60	1.90	8.70	21.84	
Límite Plástico								
44		7.30	7.10	6.10	0.20	1.00	20.00	22.90
64		7.10	6.90	6.10	0.20	0.80	25.00	
9		7.30	7.10	6.20	0.20	0.90	22.22	
47		7.40	7.10	6.00	0.30	1.10	27.27	
19		7.00	6.90	6.40	0.10	0.50	20.00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	24.02	%	SUCS	SM
Límite Plástico	22.90	%		
Índice de Plasticidad	1.12	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-6.46			

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

Tabla 114. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 3



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

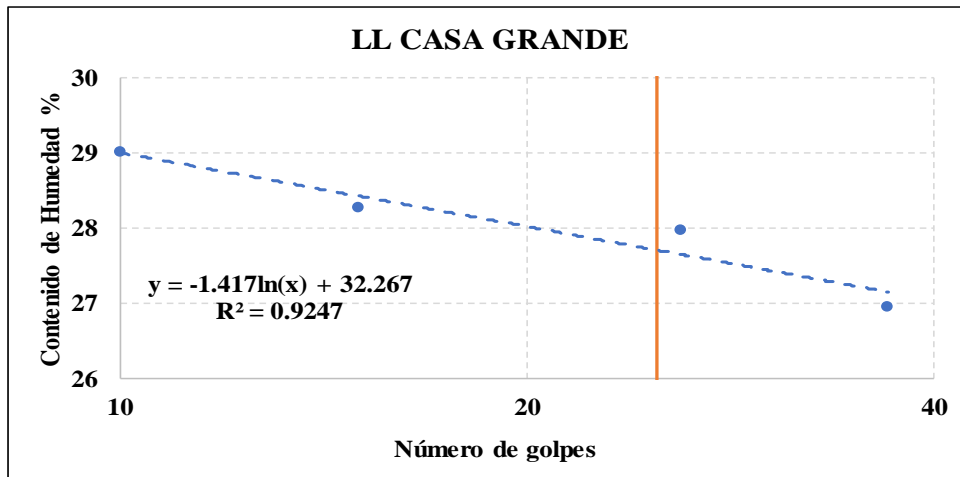


Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 18-jun-19  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
63	10	21.70	19.30	11.00	2.40	8.30	28.92	29.01
32		21.30	19.00	11.10	2.30	7.90	29.11	
33	15	20.60	18.50	11.00	2.10	7.50	28.00	28.29
23V		20.10	18.10	11.10	2.00	7.00	28.57	
62	26	21.70	19.40	11.00	2.30	8.40	27.38	27.98
31		23.60	21.20	12.80	2.40	8.40	28.57	
39V	37	22.40	20.10	11.70	2.30	8.40	27.38	26.96
40		23.50	20.90	11.10	2.60	9.80	26.53	
Límite Plástico								
74		12.10	11.80	10.70	0.30	1.10	27.27	23.90
82		11.60	11.40	10.40	0.20	1.00	20.00	
8		11.60	11.40	10.60	0.20	0.80	25.00	
3AL		11.40	11.20	10.30	0.20	0.90	22.22	
18		11.60	11.40	10.60	0.20	0.80	25.00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	27.71	%	SUCS	SM
Límite Plástico	23.90	%		
Índice de Plasticidad	3.81	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-0.66			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 115. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 4**



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

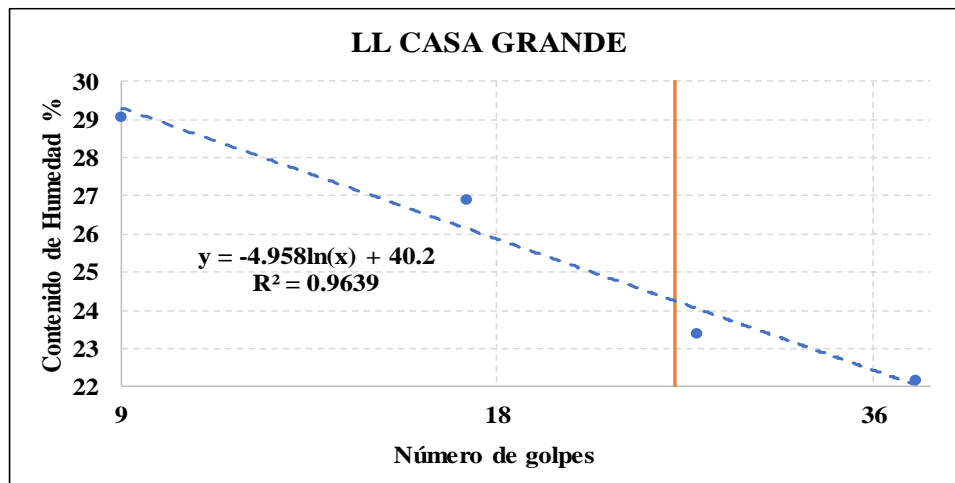


Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 1-jul-19  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
77	9	20.80	18.70	11.50	2.10	7.20	29.17	29.06
3		21.40	19.20	11.60	2.20	7.60	28.95	
19V	17	20.60	18.70	11.60	1.90	7.10	26.76	26.91
28		21.90	19.60	11.10	2.30	8.50	27.06	
32	26	20.20	18.50	11.10	1.70	7.40	22.97	23.39
9		21.50	19.50	11.10	2.00	8.40	23.81	
19	39	16.30	14.40	6.00	1.90	8.40	22.62	22.18
43		17.10	15.10	5.90	2.00	9.20	21.74	
Límite Plástico								
44		7.30	7.10	6.20	0.20	0.90	22.22	22.54
83		7.10	6.90	6.10	0.20	0.80	25.00	
71		7.30	7.10	6.10	0.20	1.00	20.00	
27		8.70	8.50	7.40	0.20	1.10	18.18	
47		7.40	7.10	6.00	0.30	1.10	27.27	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	24.24	%	SUCS	SM
Límite Plástico	22.54	%		
Índice de Plasticidad	1.71	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Líquidez	-0.58			

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**



**Tabla 116. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 5**



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

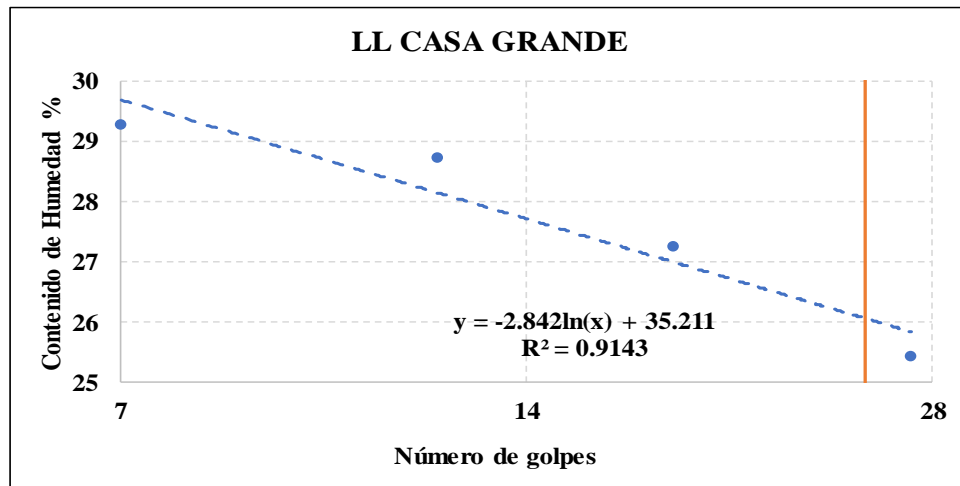


Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 1-jul-19  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
71	7	24.80	21.70	11.30	3.10	10.40	29.81	29.26
31		25.20	22.10	11.30	3.10	10.80	28.70	
61	12	19.70	17.90	11.40	1.80	6.50	27.69	28.73
20		22.20	19.70	11.30	2.50	8.40	29.76	
62	18	19.00	17.30	11.00	1.70	6.30	26.98	27.26
75		19.70	17.80	10.90	1.90	6.90	27.54	
74	27	18.80	17.30	11.50	1.50	5.80	25.86	25.43
33A		18.10	16.70	11.10	1.40	5.60	25.00	
<b>Límite Plástico</b>								
5AL		11.60	11.40	10.40	0.20	1.00	20.00	23.60
1AP		11.50	11.30	10.40	0.20	0.90	22.22	
3		11.50	11.30	10.60	0.20	0.70	28.57	
10P		11.40	11.20	10.30	0.20	0.90	22.22	
17		11.90	11.70	10.90	0.20	0.80	25.00	



<b>Resultados</b>				
<b>Límites de Atterberg</b>			<b>Clasificación del suelo</b>	
<b>Límite Líquido</b>	26.06	%	SUCS	SM
<b>Límite Plástico</b>	23.60	%		
<b>Índice de Plasticidad</b>	2.46	%	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Índice de Liquidez</b>	-0.03			

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

Tabla 117. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 6



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

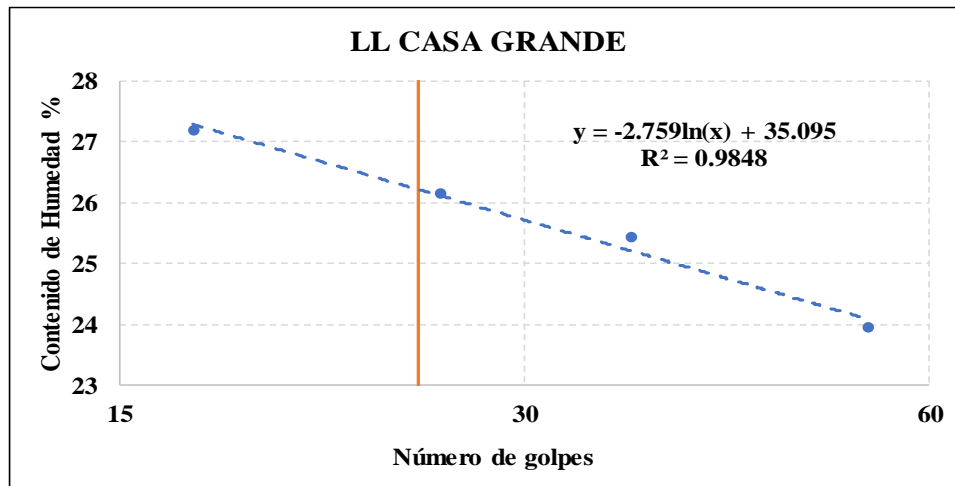


Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 1-jul-19  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
34	17	20.20	18.30	11.20	1.90	7.10	26.76	27.17
64		22.30	19.90	11.20	2.40	8.70	27.59	
21	26	21.30	19.20	11.20	2.10	8.00	26.25	26.15
14		23.20	20.70	11.10	2.50	9.60	26.04	
76	36	21.30	19.30	11.40	2.00	7.90	25.32	25.42
69		23.20	20.80	11.40	2.40	9.40	25.53	
8	54	20.70	18.80	10.90	1.90	7.90	24.05	23.93
12		21.30	19.30	10.90	2.00	8.40	23.81	
Límite Plástico								
31		11.80	11.60	10.70	0.20	0.90	22.22	24.61
13		11.50	11.30	10.50	0.20	0.80	25.00	
73		11.90	11.60	10.50	0.30	1.10	27.27	
14		11.50	11.30	10.60	0.20	0.70	28.57	
2AL		11.80	11.60	10.60	0.20	1.00	20.00	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	26.21	%	SUCS	SM
Límite Plástico	24.61	%		
Índice de Plasticidad	1.60	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-1.41			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 118. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 7**



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

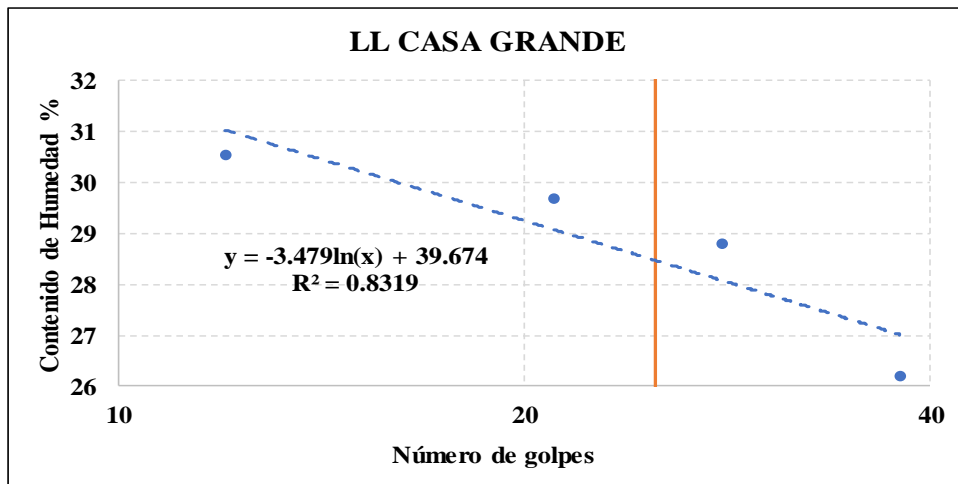


Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 1-jul-19  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
15	12	19.90	17.90	11.40	2.00	6.50	30.77	30.54
21		19.60	17.60	11.00	2.00	6.60	30.30	
12	21	18.70	16.90	10.80	1.80	6.10	29.51	29.67
31		19.90	18.20	12.50	1.70	5.70	29.82	
67	28	19.80	17.90	11.30	1.90	6.60	28.79	28.80
28		18.80	17.10	11.20	1.70	5.90	28.81	
65	38	18.80	17.10	10.80	1.70	6.30	26.98	26.20
62		18.30	16.80	10.90	1.50	5.90	25.42	
<b>Límite Plástico</b>								
16		12.10	11.80	10.70	0.30	1.10	27.27	26.33
17		11.80	11.50	10.30	0.30	1.20	25.00	
31		11.60	11.40	10.70	0.20	0.70	28.57	
13		11.50	11.30	10.40	0.20	0.90	22.22	
14		11.50	11.30	10.60	0.20	0.70	28.57	



<b>Resultados</b>				
<b>Límites de Atterberg</b>			<b>Clasificación del suelo</b>	
<b>Límite Líquido</b>	28.48	%	SUCS	SM
<b>Límite Plástico</b>	26.33	%		
<b>Índice de Plasticidad</b>	2.15	%	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Índice de Liquidez</b>	-1.61			

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 119. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 8**



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

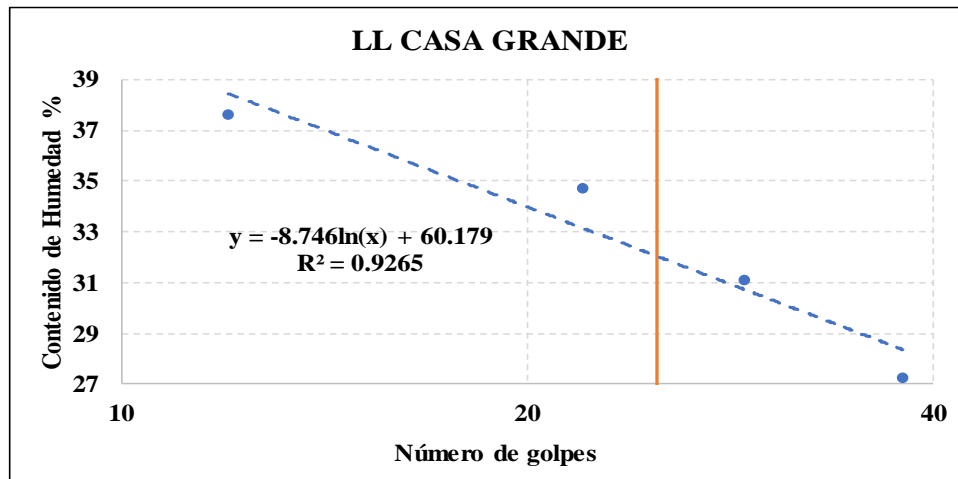


Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 1-jul-19  
 Muestra: 8

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
76	12	20.60	18.10	11.40	2.50	6.70	37.31	37.62
10		19.70	17.50	11.70	2.20	5.80	37.93	
10	22	18.70	16.70	10.90	2.00	5.80	34.48	34.70
74		20.00	17.80	11.50	2.20	6.30	34.92	
20	29	19.10	17.30	11.40	1.80	5.90	30.51	31.09
26		19.00	17.10	11.10	1.90	6.00	31.67	
75	38	18.50	16.90	11.00	1.60	5.90	27.12	27.27
90		19.00	17.30	11.10	1.70	6.20	27.42	
<b>Límite Plástico</b>								
7		11.90	11.60	10.50	0.30	1.10	27.27	28.66
3		11.80	11.40	10.10	0.40	1.30	30.77	
5		12.50	12.10	10.60	0.40	1.50	26.67	
10P		11.80	11.50	10.50	0.30	1.00	30.00	
12		12.00	11.60	10.20	0.40	1.40	28.57	



<b>Resultados</b>				
<b>Límites de Atterberg</b>			<b>Clasificación del suelo</b>	
<b>Límite Líquido</b>	32.03	%	SUCS	SM
<b>Límite Plástico</b>	28.66	%		
<b>Índice de Plasticidad</b>	3.37	%	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Índice de Liquez</b>	-3.86			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 120. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 9



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

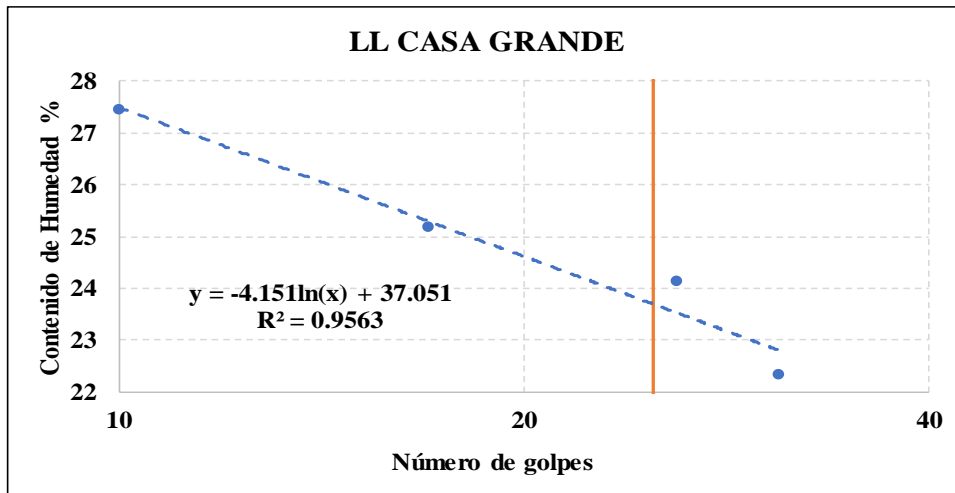


Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 2-jul-19  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido									
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%	
10	10	20.60	18.50	10.90	2.10	7.60	27.63	27.45	
26		21.00	18.90	11.20	2.10	7.70	27.27		
9	17	19.40	17.70	11.00	1.70	6.70	25.37	25.19	
28		19.90	18.20	11.40	1.70	6.80	25.00		
67	26	20.20	18.50	11.30	1.70	7.20	23.61	24.13	
10		20.70	18.90	11.60	1.80	7.30	24.66		
74	31	20.90	19.20	11.50	1.70	7.70	22.08	22.33	
21		22.60	20.50	11.20	2.10	9.30	22.58		
Límite Plástico									
17		11.80	11.60	10.70	0.20	0.90	22.22	21.79	
9		11.90	11.60	10.20	0.30	1.40	21.43		
31		12.00	11.70	10.40	0.30	1.30	23.08		
13		11.50	11.30	10.40	0.20	0.90	22.22		
14		11.70	11.50	10.50	0.20	1.00	20.00		



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	23.69	%	SUCS	SM
Límite Plástico	21.79	%		
Índice de Plasticidad	1.90	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-0.44			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 121. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 10**



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

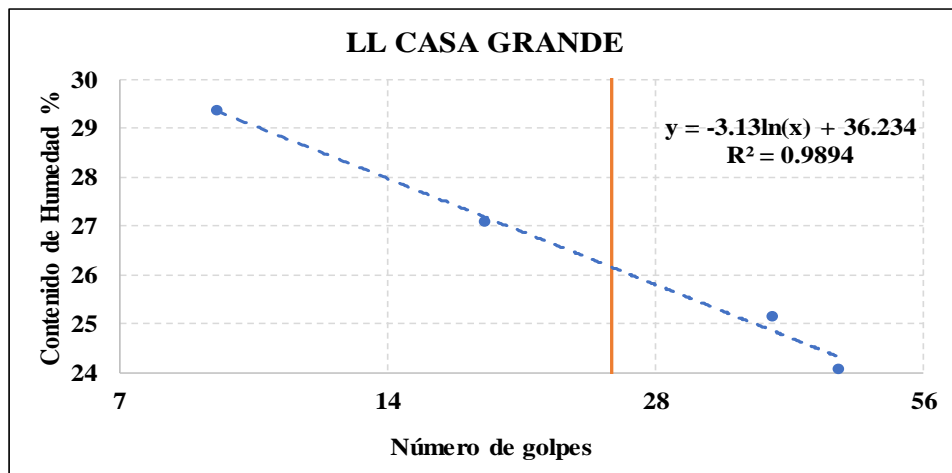


Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 2-jul-19  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
4	9	31.70	29.60	22.40	2.10	7.20	29.17	29.37
12		31.70	29.60	22.50	2.10	7.10	29.58	
9	18	32.40	30.30	22.50	2.10	7.80	26.92	27.10
1		32.00	29.90	22.20	2.10	7.70	27.27	
4	38	31.80	30.00	22.80	1.80	7.20	25.00	25.17
11		31.50	29.60	22.10	1.90	7.50	25.33	
12	45	33.90	31.50	21.50	2.40	10.00	24.00	24.07
5		33.40	31.30	22.60	2.10	8.70	24.14	
<b>Límite Plástico</b>								
5		11.60	11.40	10.60	0.20	0.80	25.00	22.98
12		11.70	11.50	10.60	0.20	0.90	22.22	
18		11.80	11.60	10.70	0.20	0.90	22.22	
10		11.80	11.50	10.40	0.30	1.10	27.27	
1AL		11.70	11.50	10.40	0.20	1.10	18.18	



<b>Resultados</b>				
<b>Límites de Atterberg</b>			<b>Clasificación del suelo</b>	
<b>Límite Líquido</b>	26.16	%	SUCS	SM
<b>Límite Plástico</b>	22.98	%		
<b>Índice de Plasticidad</b>	3.18	%	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Índice de Liquidez</b>	-3.91			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 122. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 11**



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

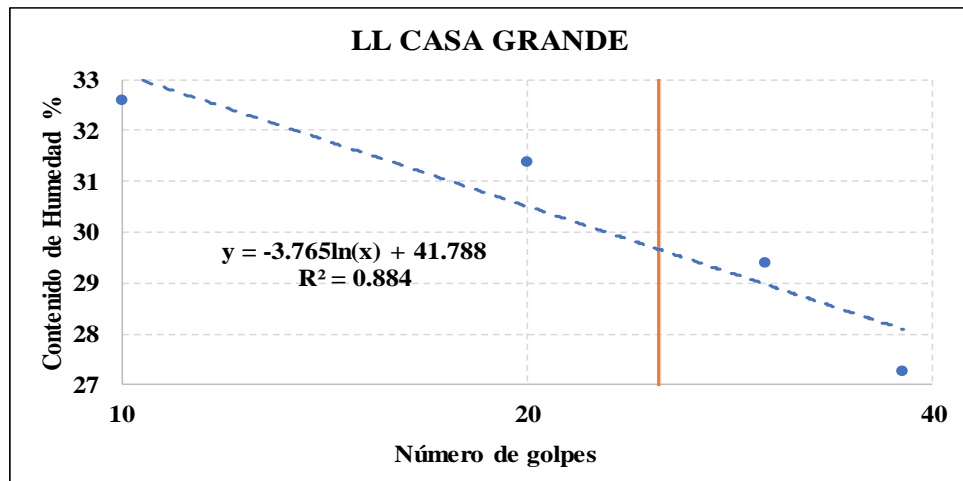


Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 2-jul-19  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

**LÍMITES DE ATTERBERG**

Límite Líquido								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
20	10	20.80	18.40	11.10	2.40	7.30	32.88	32.61
69		20.50	18.30	11.50	2.20	6.80	32.35	
4	20	21.90	19.30	11.10	2.60	8.20	31.71	31.39
61		21.10	18.80	11.40	2.30	7.40	31.08	
15	30	22.00	19.60	11.40	2.40	8.20	29.27	29.42
43		20.10	18.00	10.90	2.10	7.10	29.58	
11	38	20.70	18.70	11.40	2.00	7.30	27.40	27.27
68		19.70	17.80	10.80	1.90	7.00	27.14	
Límite Plástico								
10		11.90	11.60	10.30	0.30	1.30	23.08	25.23
5		11.40	11.20	10.50	0.20	0.70	28.57	
1AP		11.50	11.30	10.50	0.20	0.80	25.00	
1AL		12.00	11.70	10.60	0.30	1.10	27.27	
2A		12.40	12.20	11.30	0.20	0.90	22.22	



Resultados				
Límites de Atterberg			Clasificación del suelo	
Límite Líquido	29.67	%	SUCS	SM, SC
Límite Plástico	25.23	%		
Índice de Plasticidad	4.44	%	AASHTO	A-2-4 (0)
Índice de Liquidez	-0.56			

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 123. Límite Líquido y Límite Plástico Pozo# 12**



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

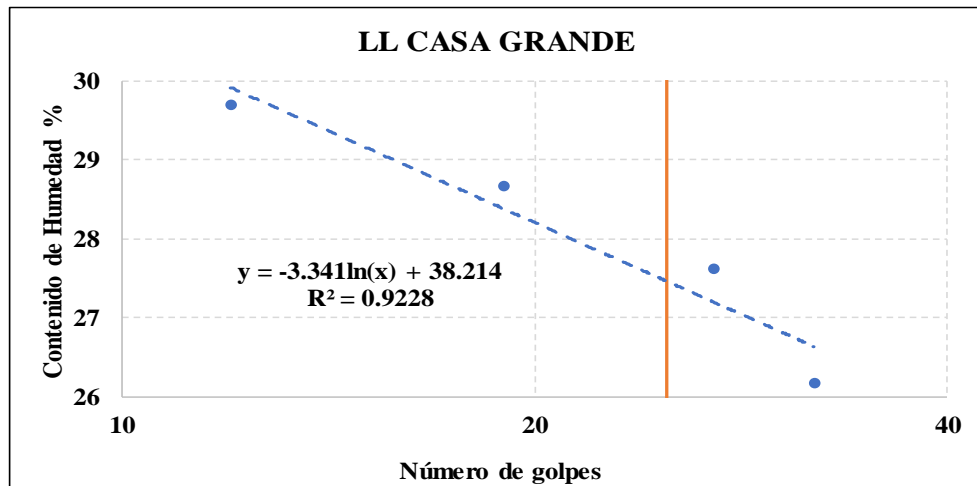


Parroquia: Montalvo  
 Vía: Manzana de Oro  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 2-jul-19  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 89 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

**LÍMITES DE ATTERBERG**

<b>Límite Líquido</b>								
Recipiente N°	# Golpes	Muestra Húm. + Rec.	Muestra Seca + Rec.	Peso Recipiente	Peso Agua	Peso Sólidos	W%	Promedio W%
75	12	21.00	18.70	10.80	2.30	7.90	29.11	29.69
76		21.20	18.90	11.30	2.30	7.60	30.26	
65	19	20.80	18.60	10.90	2.20	7.70	28.57	28.66
37		21.50	19.20	11.20	2.30	8.00	28.75	
19	27	21.30	19.10	11.20	2.20	7.90	27.85	27.61
71		22.00	19.70	11.30	2.30	8.40	27.38	
12	32	21.80	19.60	11.10	2.20	8.50	25.88	26.16
14		22.00	19.70	11.00	2.30	8.70	26.44	
<b>Límite Plástico</b>								
3		11.50	11.30	10.30	0.20	1.00	20.00	23.51
73		11.80	11.60	10.80	0.20	0.80	25.00	
4		12.00	11.80	10.90	0.20	0.90	22.22	
76		12.30	12.00	10.90	0.30	1.10	27.27	
16		11.90	11.60	10.30	0.30	1.30	23.08	



<b>Resultados</b>				
<b>Límites de Atterberg</b>			<b>Clasificación del suelo</b>	
<b>Límite Líquido</b>	27.46	%	SUCS	SM
<b>Límite Plástico</b>	23.51	%		
<b>Índice de Plasticidad</b>	3.95	%	AASHTO	A-2-4 (0)
<b>Índice de Liquidez</b>	-0.69			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



## Ensayo de Próctor Modificado B

**Tabla 124.** Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 1



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

### ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2221	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20797	21033	21361	21234				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3646	3882	4210	4083				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.642	1.748	1.896	1.839				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	31	29	44	46	72	62	87	80
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24.5	26.6	26.1	24.8	30.8	30.6	30.8	30.9
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	114.3	113.1	109.3	108.5	119.3	113.5	117.8	117.4
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	107.6	106.6	100.5	99.8	107.2	102.2	103.2	102.9
Peso sólidos W <sub>s</sub>	83.1	80	74.4	75	76.4	71.6	72.4	72
Peso del agua W <sub>w</sub>	6.7	6.5	8.8	8.7	12.1	11.3	14.6	14.5
Cont. Humedad $\omega$ %	8.06	8.13	11.83	11.60	15.84	15.78	20.17	20.14
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	8.09		11.71		15.81		20.15	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.519		1.565		1.637		1.530	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1.637 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>15.81 %</b></p>			
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.637 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15.81 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 125. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 2**



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

**ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2220.6	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				<b>Normas:</b>	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000			
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20720	20914	21218	21226				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3569	3763	4067	4075				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.607	1.695	1.832	1.835				
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	5	3	2	4	19	20	24	40
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24.2	26.9	24	25.7	26.5	24.6	24.1	24.1
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	111	108.2	113.2	112.8	113.2	116.2	111.4	115.3
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	106.6	104.1	105.6	105.6	103.1	105.7	98.5	102.4
Peso sólidos W <sub>s</sub>	82.4	77.2	81.6	79.9	76.6	81.1	74.4	78.3
Peso del agua W <sub>w</sub>	4.4	4.1	7.6	7.2	10.1	10.5	12.9	12.9
Cont. Humedad $\omega$ %	5.34	5.31	9.31	9.01	13.19	12.95	17.34	16.48
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	5.33		9.16		13.07		16.91	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.526		1.552		1.620		1.570	
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> </div> <div style="text-align: right;"> <p><b>Máxima densidad Seca:</b> 1.62 gr/cm<sup>3</sup></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b> 13.1 %</p> </div> </div>								
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.62 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 13.07 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 126. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 3**



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación				<b>Normas:</b>	AASHTO T-180				
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000					
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19167	19399	19778	19766					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4038	4270	4649	4637					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.739	1.838	2.002	1.996					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente número	40	2	79	81	69	61	37	1	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24.1	24	30.8	30.7	30.5	30.7	26	23.8	
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	135.7	136.1	117.1	116.5	117.8	115.1	126.3	127.9	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	126.8	127.4	107.4	106.9	105.2	103.2	108.7	110	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	102.7	103.4	76.6	76.2	74.7	72.5	82.7	86.2	
Peso del agua W <sub>w</sub>	8.9	8.7	9.7	9.6	12.6	11.9	17.6	17.9	
Cont. Humedad $\omega$ %	8.67	8.41	12.66	12.60	16.87	16.41	21.28	20.77	
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	8.54		12.63		16.64		21.02		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.602		1.632		1.716		1.650		
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p align="center"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> </div> <div style="width: 35%;"> <p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p align="center"><b>1.716 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p align="center"><b>16.65 %</b></p> </div> </div>									
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>									

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.716 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16.65 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 127. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 4**



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 4

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2220.6	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	21188	21468	21363	21273				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4037	4317	4212	4122				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.818	1.944	1.897	1.856				
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	34	45	27	36	33	23	76	6
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23.4	23.4	25.2	24.8	25.1	31.1	30.7	24.8
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	113.7	106	136.5	114.9	140.6	136.1	127.2	127.1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	105	97.9	122.2	104	122.5	119.5	109.3	108.2
Peso sólidos W <sub>s</sub>	81.6	74.5	97	79.2	97.4	88.4	78.6	83.4
Peso del agua W <sub>w</sub>	8.7	8.1	14.3	10.9	18.1	16.6	17.9	18.9
Cont. Humedad $\omega$ %	10.66	10.87	14.74	13.76	18.58	18.78	22.77	22.66
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	10.77		14.25		18.68		22.72	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.641		1.702		1.598		1.513	
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1.702 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>14.25 %</b></p>			
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.702 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.25 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 128. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 5**



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 5

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2221	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000				
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	21018	21292	21374	21410				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3867	4141	4223	4259				
Peso unitario húmedo γm (gr/cm <sup>3</sup> )	1.741	1.865	1.902	1.918				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente número	27	36	33	23	76	6	34	45
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	25.2	24.8	25.1	31.1	30.7	24.8	23.4	23.4
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	118.2	118.9	112	114.5	114.7	117.2	133.4	132.5
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	108.3	108.9	100	102.9	100.8	102	112.2	110.8
Peso sólidos W <sub>s</sub>	83.1	84.1	74.9	71.8	70.1	77.2	88.8	87.4
Peso del agua W <sub>w</sub>	9.9	10	12	11.6	13.9	15.2	21.2	21.7
Cont. Humedad ω%	11.91	11.89	16.02	16.16	19.83	19.69	23.87	24.83
Cont. Humedad promedio ω%	11.90		16.09		19.76		24.35	
Peso Volumétrico Seco γ <sub>d</sub> (gr/cm <sup>3</sup> )	1.556		1.606		1.588		1.542	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>				<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1.607 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>16.7 %</b></p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.607 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16.7 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 129. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 6**



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 6

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766384 Y: 9853889

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	17151	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2221	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180				
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000					
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	20794	21063	21281	21275					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3643	3912	4130	4124					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.641	1.762	1.860	1.857					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente número	16	17	25	71	81	50	56	75	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	24.3	24.7	24.3	30.6	30.7	31.2	30.5	30.7	
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	109.7	110.5	107.3	113.1	96.2	104	100.7	115.6	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	104.4	105.2	99.5	105.4	88.1	95.1	89.9	102.2	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	80.1	80.5	75.2	74.8	57.4	63.9	59.4	71.5	
Peso del agua W <sub>w</sub>	5.3	5.3	7.8	7.7	8.1	8.9	10.8	13.4	
Cont. Humedad $\omega$ %	6.62	6.58	10.37	10.29	14.11	13.93	18.18	18.74	
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	6.60		10.33		14.02		18.46		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.539		1.597		1.631		1.568		
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>									
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1.631 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>14.02 %</b></p>				
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>									

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.631 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 14.02 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 130. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 7**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 7

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579



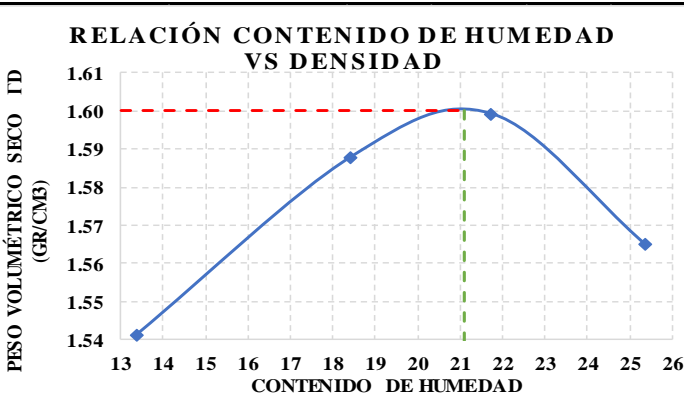
**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19170	19376	19611	19620				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4041	4247	4482	4491				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.740	1.829	1.930	1.934				
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	86	64	57	60	36	45	6	30
Peso del recipiente $W_r$	31.2	30.7	31.1	31	24.8	23.4	24.8	24.2
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	109.4	112	112.5	113.5	116.8	114.9	130.6	129.9
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	101.4	103.4	101.6	102.3	101.5	99.7	113.3	108.7
Peso sólidos $W_s$	70.2	72.7	70.5	71.3	76.7	76.3	88.5	84.5
Peso del agua $W_w$	8	8.6	10.9	11.2	15.3	15.2	17.3	21.2
Cont. Humedad $\omega\%$	11.40	11.83	15.46	15.71	19.95	19.92	19.55	25.09
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	11.61		15.58		19.93		22.32	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.559		1.582		1.609		1.581	
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> <p style="text-align: right;"> <b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1.609 gr/cm<sup>3</sup></b>  <b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>19.93 %</b> </p>								
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.609 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 19.93 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 131. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 8**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
Parroquia: Montalvo		Proyecto: Tesis de Grado	
Vía: La Esperanza-Montalvo		Normas: AASHTO T 180 2018	
Profundidad: 75 cm		Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro	
Fecha: 01 - Jul - 2019		Revisado Por: Ing. Favio Portilla	
Muestra: 8		Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924	
<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>			
<b>ESPECIFICACIONES</b>			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación	Normas: AASHTO T-180		
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>			
Ensayo Número	1	2	3
Humedad inicial añadida en %	9	13	17
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19188	19497	19651
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4059	4368	4522
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.748	1.881	1.947
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>			
Recipiente número	40	2	79
Peso del recipiente $W_r$	24.1	24	30.8
Rec+suelo húmedo $W_r+W_m$	118.3	118.8	106.7
Rec+suelo seco $W_s + W_m$	107.6	107.2	95.1
Peso sólidos $W_s$	83.5	83.2	64.3
Peso del agua $W_w$	10.7	11.6	11.6
Cont. Humedad $\omega\%$	12.81	13.94	18.04
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	13.38		18.43
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.541		1.588
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>			
<p style="text-align: center;"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> 			<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>1.600 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p style="text-align: center;"><b>21.1 %</b></p>
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>			
La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.6 gr/cm <sup>3</sup> , la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 21.1 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.			

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Tabla 132. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 9**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 9

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180				
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	8	12	16	20					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19174	19390	19744	19706					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4045	4261	4615	4577					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.742	1.835	1.987	1.971					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	34	4	49	51	50	41	25	3	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23.4	25.7	30.6	30.3	31.2	31.1	24.3	26.9	
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	114.1	114.5	110.3	110.8	128.4	126.7	114.4	114.5	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	107.3	107.7	101.9	102.4	114.5	114	99.9	100.6	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	83.9	82	71.3	72.1	83.3	82.9	75.6	73.7	
Peso del agua W <sub>w</sub>	6.8	6.8	8.4	8.4	13.9	12.7	14.5	13.9	
Cont. Humedad $\omega$ %	8.10	8.29	11.78	11.65	16.69	15.32	19.18	18.86	
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	8.20		11.72		16.00		19.02		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.610		1.642		1.713		1.656		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p align="center"><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p> <p>Máxima densidad Seca: <b>1.713 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p>Óptimo Contenido de Humedad: <b>16 %</b></p>									
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.713 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 16 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

**Tabla 133. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 10**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 10

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>		
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180			
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial añadida en %	5	9	13	17				
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19199	19536	19958	19764				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4070	4407	4829	4635				
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.752	1.897	2.079	1.996				
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>								
Recipiente número	34	4	49	51	50	41	25	3
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23.4	25.7	30.6	30.3	31.2	31.1	24.3	26.9
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	120.5	120.1	104.1	104.3	129.3	127.2	116.3	116.1
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	113.9	113.4	96.5	96.7	114.6	116.3	101.5	101.9
Peso sólidos W <sub>s</sub>	90.5	87.7	65.9	66.4	83.4	85.2	77.2	75
Peso del agua W <sub>w</sub>	6.6	6.7	7.6	7.6	14.7	10.9	14.8	14.2
Cont. Humedad $\omega$ %	7.29	7.64	11.53	11.45	17.63	12.79	19.17	18.93
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	7.47		11.49		15.21		19.05	
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.631		1.702		1.805		1.676	
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>								
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1.805 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>15.21 %</b></p>			
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>								

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.805 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15.21 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 134.** Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 11



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 11

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación							<b>Normas:</b>	AASHTO T-180	
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000	6000				
<b>1. PROCESO DE COMPACTACIÓN</b>									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19099	19372	19658	19566					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3970	4243	4529	4437					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.709	1.827	1.950	1.910					
<b>2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD</b>									
Recipiente número	5	6	1	22	19	25	20	21	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	7.1	7.2	7.8	7.2	7.5	7.2	7.3	7.5	
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	62.5	64.8	77.1	74.1	80.2	80.5	69	68.1	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	56.4	58.5	67.3	64.5	68	68.2	57.2	56	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	49.3	51.3	59.5	57.3	60.5	61	49.9	48.5	
Peso del agua W <sub>w</sub>	6.1	6.3	9.8	9.6	12.2	12.3	11.8	12.1	
Cont. Humedad $\omega$ %	12.37	12.28	16.47	16.75	20.17	20.16	23.65	24.95	
Cont. Humedad promedio $\omega$ %	12.33		16.61		20.16		24.30		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.522		1.567		1.623		1.537		
<b>3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA</b>									
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b></p> <p><b>1.623 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b></p> <p><b>20.16 %</b></p>				
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO</b>									

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.623 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 20.16 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

**Tabla 135. Ensayo Próctor Modificado B Pozo# 12**



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 180 2018  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

ESPECIFICACIONES									
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde	15129	gr			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde	2323	cm <sup>3</sup>			
Energía de Compactación				Normas:	AASHTO T-180				
Peso Inicial Deseado	6000	6000	6000	6000					
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN									
Ensayo Número	1	2	3	4					
Humedad inicial añadida en %	9	13	17	21					
P. molde+Suelo húmedo (gr)	19339	19759	19734	19664					
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4210	4630	4605	4535					
Peso unitario húmedo $\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.813	1.993	1.983	1.952					
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD									
Recipiente número	1	37	40	2	79	81	69	61	
Peso del recipiente W <sub>r</sub>	23.8	26	24.1	24	30.8	30.7	30.5	30.7	
Rec+suelo húmedo W <sub>r</sub> +W <sub>m</sub>	113.5	112.6	105.9	110.7	119.1	114.6	130.7	132.2	
Rec+suelo seco W <sub>s</sub> + W <sub>m</sub>	103.9	103.6	94.8	98.9	104.6	101	111.5	112.6	
Peso sólidos W <sub>s</sub>	80.1	77.6	70.7	74.9	73.8	70.3	81	81.9	
Peso del agua W <sub>w</sub>	9.6	9	11.1	11.8	14.5	13.6	19.2	19.6	
Cont. Humedad $\omega\%$	11.99	11.60	15.70	15.75	19.65	19.35	23.70	23.93	
Cont. Humedad promedio $\omega\%$	11.79		15.73		19.50		23.82		
Peso Volumétrico Seco $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.621		1.722		1.659		1.577		
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA									
<p><b>RELACIÓN CONTENIDO DE HUMEDAD VS DENSIDAD</b></p>					<p><b>Máxima densidad Seca:</b>  <b>1.7228 gr/cm<sup>3</sup></b></p> <p><b>Óptimo Contenido de Humedad:</b>  <b>15.73 %</b></p>				
4. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO									

La máxima densidad seca alcanzada según la gráfica corresponde a 1.7228 gr/cm<sup>3</sup>, la cual corresponde a un contenido de humedad óptimo de 15.73 %, sin embargo los parámetros pueden variar ligeramente cuando se traza la gráfica.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## Ensayo CBR

Tabla 136. CBR Pozo# 1



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 1

Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765038 Y: 9856294

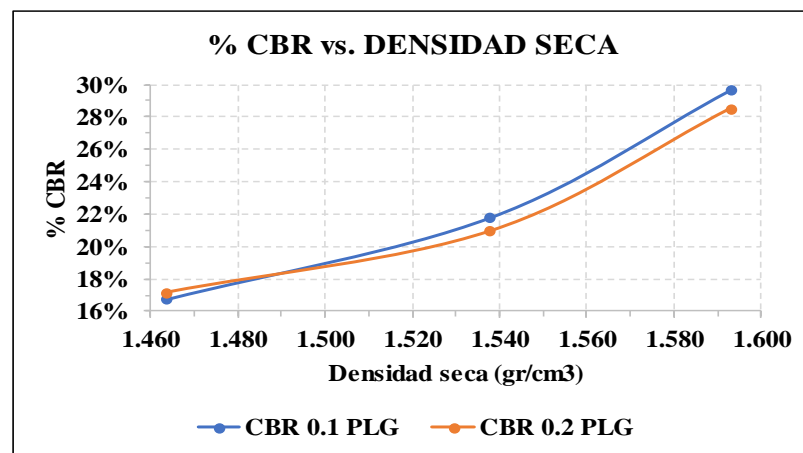
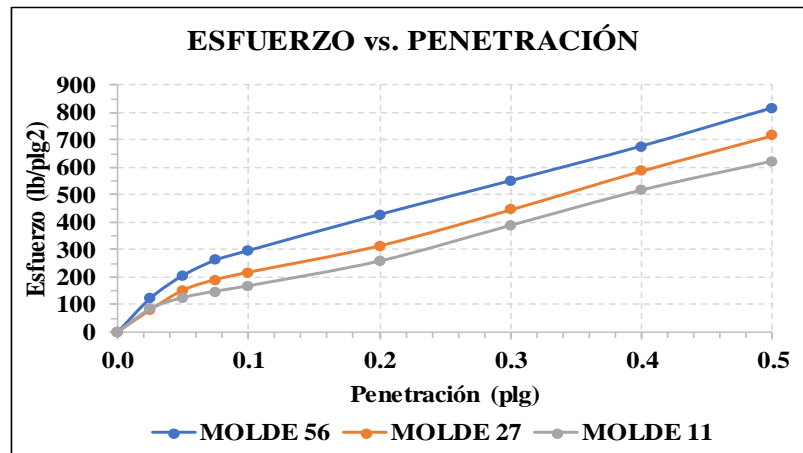
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15.81		
ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
DATOS DEL MOLDEO						
Muestra húmeda + molde (gr)	13942	10816	10686			
Masa Molde (gr)	9636	6652	6758			
Masa Muestra Humeda (gr)	4306	4164	3928			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.901	1.836	1.743			
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>49</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
P. Hum. + Recipiente	101.2	103.3	110.1	110.7	111.2	111.6
P. Seco + Recipiente	89.9	90.3	96.3	97.5	97.9	97.6
Peso Recipiente	30.5	24.3	24	30.3	26.8	25.7
Peso Agua	11.3	13	13.8	13.2	13.3	14
Peso de Sólidos	59.4	66	72.3	67.2	71.1	71.9
Contenido Humedad %	19.02	19.70	19.09	19.64	18.71	19.47
Con. Hum. Prom. %	19.36		19.36		19.09	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.593		1.538		1.464	
DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN						
Muestra húmeda + molde (gr)	14126		11132		11002	
Masa Molde (gr)	9636		6652		6758	
Masa Muestra Humeda (gr)	4490		4480		4244	
Masa Agua Absorbida	184		316		316	
% Agua Absorbida	4.27%		7.59%		8.04%	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>49</b>	<b>25</b>	<b>02</b>	<b>51</b>	<b>03</b>	<b>04</b>
P. Hum. + Recipiente	99.6	104.2	112	113.4	108	110.5
P. Seco + Recipiente	87.8	91.2	96	98.6	93.2	95.3
Peso Recipiente	30.5	24.3	24	30.3	26.8	25.7
Peso Agua	11.8	13	16	14.8	14.8	15.2
Peso de Sólidos	57.3	66.9	72	68.3	66.4	69.6
Contenido Humedad %	20.59	19.43	22.22	21.67	22.29	21.84
Con. Hum. Prom. %	20.01		21.95		22.06	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	1		2		3	
Penetración (plg)	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	Dial	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )
0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	370.3	123.4	243.3	81.1	253.3	84.4
0.050	618.3	206.1	458.3	152.8	373.6	124.5
0.075	786.2	262.1	573.3	191.1	443.3	147.8
0.100	889.2	296.4	653.3	217.8	502.3	167.4
0.200	1283.2	427.7	943.2	314.4	773.3	257.8
0.300	1653.6	551.2	1338.6	446.2	1163.5	387.8
0.400	2033.2	677.7	1763.3	587.8	1550.3	516.8
0.500	2453.3	817.8	2153.2	717.7	1868.3	622.8

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg <sup>2</sup> )	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	296.40	29.64%	1.593	427.73	28.52%	1.593
2	217.77	21.78%	1.538	314.40	20.96%	1.538
3	167.43	16.74%	1.464	257.77	17.18%	1.464

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.637 gr/cm<sup>3</sup>

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	
95%	1.555	24	23

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 137. CBR Pozo# 2



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Huachi Totoras-Paso Lateral  
 Profundidad: 85 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 2

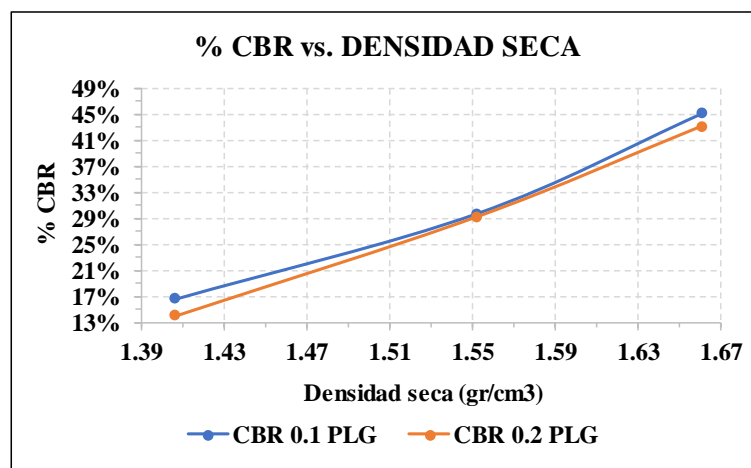
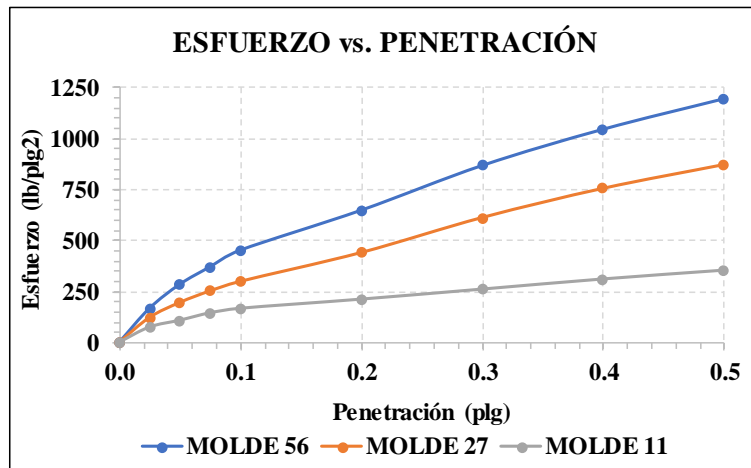
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765446 Y: 9855731

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		13.07		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2		3		
<b>N° de Capas</b>	5	5		5		
<b>N° de Golpes</b>	56	27		11		
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	13905	12415		12298		
Masa Molde (gr)	9634	8392		8692		
Masa Muestra Humeda (gr)	4271	4023		3606		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33		2253.34		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.886	1.774		1.600		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>	<b>PA6</b>
P. Hum. + Recipiente	192.7	260.2	257.5	262.1	231.8	220.7
P. Seco + Recipiente	175.3	234	231.3	235.1	209.5	199.2
Peso Recipiente	44	44.5	45.7	47.5	46.2	44.7
Peso Agua	17.4	26.2	26.2	27	22.3	21.5
Peso de Sólidos	131.3	189.5	185.6	187.6	163.3	154.5
Contenido Humedad %	13.25	13.83	14.12	14.39	13.66	13.92
Con. Hum. Prom. %	13.54		14.25		13.79	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.661		1.552		1.406	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	14234		12809		12906	
Masa Molde (gr)	9634		8392		8692	
Masa Muestra Humeda (gr)	4600		4417		4214	
Masa Agua Absorbida	329		394		608	
% Agua Absorbida	7.70%		9.79%		16.86%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>49</b>	<b>79</b>	<b>61</b>	<b>17</b>	<b>04</b>	<b>01</b>
P. Hum. + Recipiente	99	100.7	101.4	104.9	108.1	104.4
P. Seco + Recipiente	88.4	90.2	90	92.1	93.7	89.8
Peso Recipiente	30.5	30.9	30.2	24.7	25.7	23.7
Peso Agua	10.6	10.5	11.4	12.8	14.4	14.6
Peso de Sólidos	57.9	59.3	59.8	67.4	68	66.1
Contenido Humedad %	18.31	17.71	19.06	18.99	21.18	22.09
Con. Hum. Prom. %	18.01		19.03		21.63	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	499.3	166.4	363.3	121.1	223.3	74.4
0.050	852.5	284.2	583.6	194.5	323.8	107.9
0.075	1109.1	369.7	753.5	251.2	433.2	144.4
0.100	1354.3	451.4	893.5	297.8	499.6	166.5
0.200	1943.6	647.9	1318.6	439.5	634.9	211.6
0.300	2602.6	867.5	1833.3	611.1	783.2	261.1
0.400	3136.6	1045.5	2263.3	754.4	933.3	311.1
0.500	3586.9	1195.6	2613.2	871.1	1063.3	354.4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	451.43	45.14%	1.661	647.87	43.19%	1.661
2	297.83	29.78%	1.552	439.53	29.30%	1.552
3	166.53	16.65%	1.406	211.63	14.11%	1.406

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.620 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1.539	27

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



Tabla 138. CBR Pozo# 3



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 18 - Jun - 2019  
 Muestra: 3

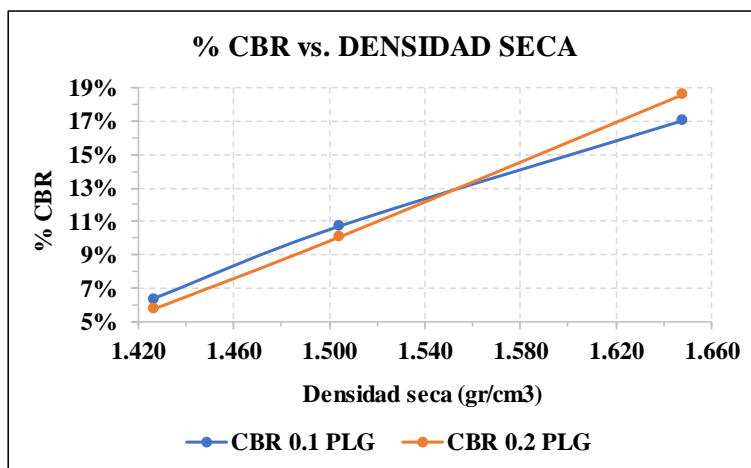
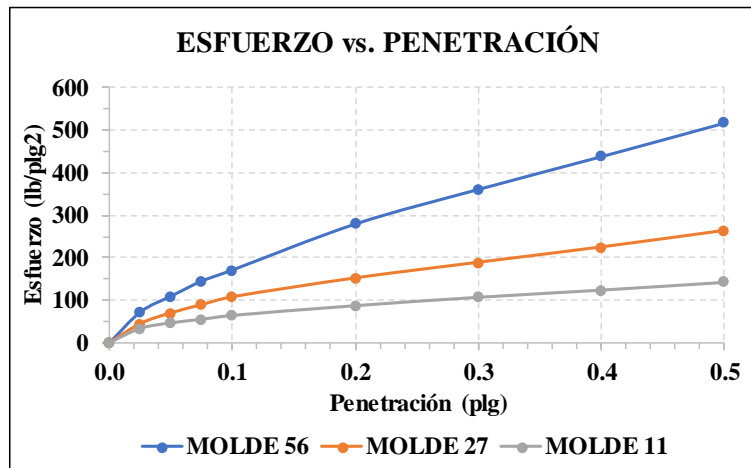
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765943 Y: 9855207

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		16.65		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11264	10945	10142			
Masa Molde (gr)	7000	7013	6416			
Masa Muestra Humeda (gr)	4264	3932	3726			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.883	1.733	1.654			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	<b>48</b>	<b>17</b>	<b>40</b>	<b>43</b>
P. Hum. + Recipiente	107.5	110.5	130.6	123.7	108.4	114.5
P. Seco + Recipiente	97.4	101.4	117.9	111.3	96.8	102.2
Peso Recipiente	27.9	36.2	37.8	26.3	24.1	24.6
Peso Agua	10.1	9.1	12.7	12.4	11.6	12.3
Peso de Sólidos	69.5	65.2	80.1	85	72.7	77.6
Contenido Humedad %	14.53	13.96	15.86	14.59	15.96	15.85
Con. Hum. Prom. %	14.24		15.22		15.90	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.648		1.504		1.427	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11443		11253		10594	
Masa Molde (gr)	7000		7013		6416	
Masa Muestra Humeda (gr)	4443		4240		4178	
Masa Agua Absorbida	179		308		452	
% Agua Absorbida	4.20%		7.83%		12.13%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>72</b>	<b>51</b>	<b>67</b>	<b>75</b>	<b>81</b>	<b>37</b>
P. Hum. + Recipiente	126	126.4	123.3	124	157.4	158.1
P. Seco + Recipiente	106.3	107.1	102.8	105.4	128.9	129.7
Peso Recipiente	30.7	30.1	28.2	34.2	30.1	27.3
Peso Agua	19.7	19.3	20.5	18.6	28.5	28.4
Peso de Sólidos	75.6	77	74.6	71.2	98.8	102.4
Contenido Humedad %	26.06	25.06	27.48	26.12	28.85	27.73
Con. Hum. Prom. %	25.56		26.80		28.29	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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	215.4	71.8	133.0	44.3	98.7	32.9
0.050	327.2	109.1	208.4	69.5	138.3	46.1
0.075	433.9	144.6	266.3	88.8	163.6	54.5
0.100	512.2	170.7	321.7	107.2	191.3	63.8
0.200	837.6	279.2	454.9	151.6	260.8	86.9
0.300	1082.1	360.7	565.6	188.5	320.4	106.8
0.400	1313.9	438.0	673.7	224.6	371.8	123.9
0.500	1551.2	517.1	790.6	263.5	426.9	142.3

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	170.73	17.07%	1.648	279.20	18.61%	1.648
2	107.23	10.72%	1.504	151.63	10.11%	1.504
3	63.77	6.38%	1.427	86.93	5.80%	1.427

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.716 gr/cm3

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	16.0	17.5

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 139. CBR Pozo# 4



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: San José - Huachi Totoras  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 4

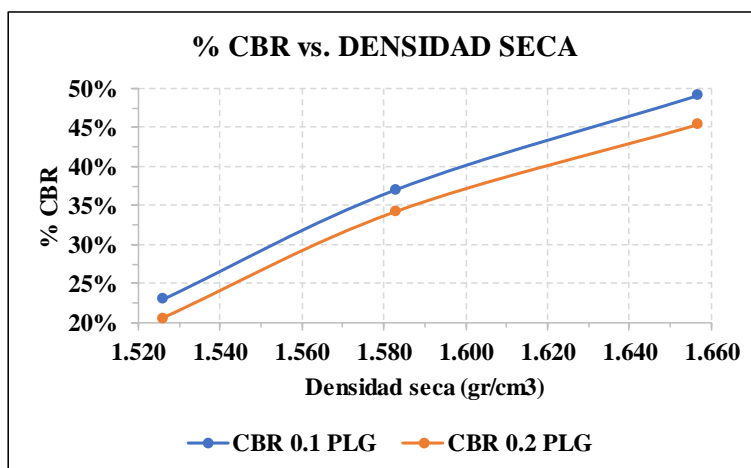
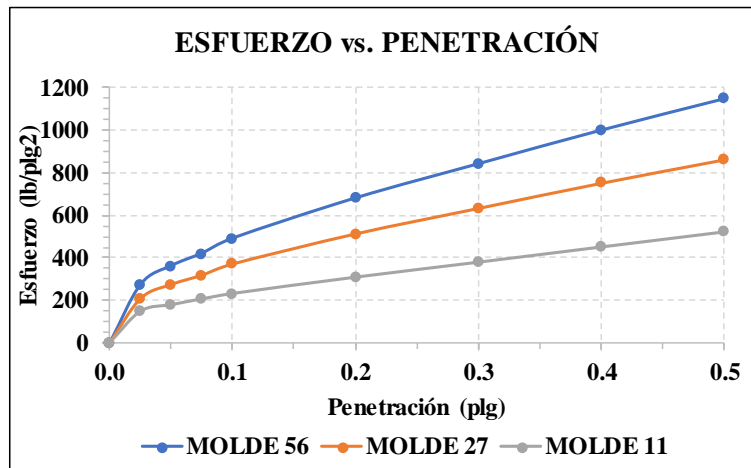
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 765951 Y: 9854589

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		14.25		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11981	10952	11416			
Masa Molde (gr)	7589	6730	7394			
Masa Muestra Humeda (gr)	4392	4222	4022			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.939	1.861	1.785			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>49</b>	<b>79</b>	<b>03</b>	<b>17</b>	<b>25</b>	<b>61</b>
P. Hum. + Recipiente	133.1	130.8	130.9	127.8	123.1	124.4
P. Seco + Recipiente	118.4	116.3	115.2	112.8	109.3	110.6
Peso Recipiente	32.8	30.7	27.8	25.7	26.89	30.2
Peso Agua	14.7	14.5	15.7	15	13.8	13.8
Peso de Sólidos	85.6	85.6	87.4	87.1	82.41	80.4
Contenido Humedad %	17.17	16.94	17.96	17.22	16.75	17.16
Con. Hum. Prom. %	17.06		17.59		16.95	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.657		1.583		1.526	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12236		11278		11757	
Masa Molde (gr)	7589		6730		7394	
Masa Muestra Humeda (gr)	4647		4548		4363	
Masa Agua Absorbida	255		326		341	
% Agua Absorbida	5.81%		7.72%		8.48%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>37</b>	<b>02</b>	<b>75</b>	<b>81</b>	<b>G</b>	<b>51</b>
P. Hum. + Recipiente	120	122.9	123.5	123.4	91.2	116.4
P. Seco + Recipiente	105.9	107.9	109.4	108.1	77.9	101.8
Peso Recipiente	26	23.9	30.6	30.6	9.9	30.2
Peso Agua	14.1	15	14.1	15.3	13.3	14.6
Peso de Sólidos	79.9	84	78.8	77.5	68	71.6
Contenido Humedad %	17.65	17.86	17.89	19.74	19.56	20.39
Con. Hum. Prom. %	17.88		19.65		20.39	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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	823.2	274.4	623.7	207.9	443.6	147.9
0.050	1085.9	362.0	820.7	273.6	533.6	177.9
0.075	1263.4	421.1	953.8	317.9	616.9	205.6
0.100	1475.4	491.8	1112.8	370.9	693.2	231.1
0.200	2044.8	681.6	1539.9	513.3	925.6	308.5
0.300	2528.7	842.9	1902.5	634.2	1138.6	379.5
0.400	3004.4	1001.5	2259.7	753.2	1354.8	451.6
0.500	3448.6	1149.5	2592.7	864.2	1569.3	523.1

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	491.80	49.18%	1.657	681.60	45.44%	1.657
2	370.93	37.09%	1.583	513.28	34.22%	1.583
3	231.07	23.11%	1.526	308.53	20.57%	1.526

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.702 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	42	39

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 140. CBR Pozo# 5



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 5

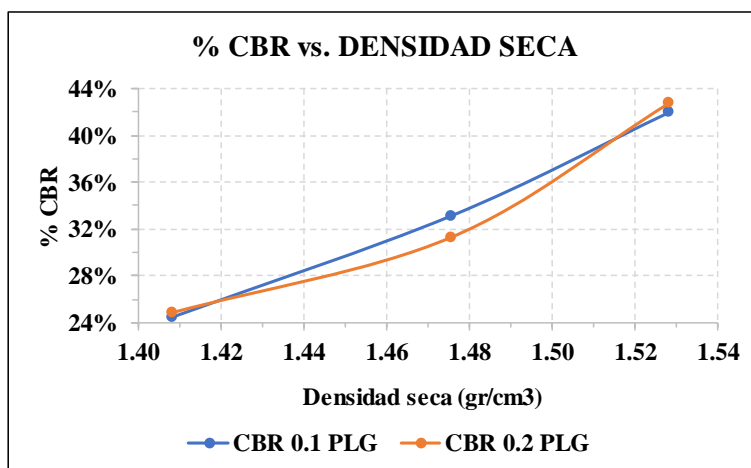
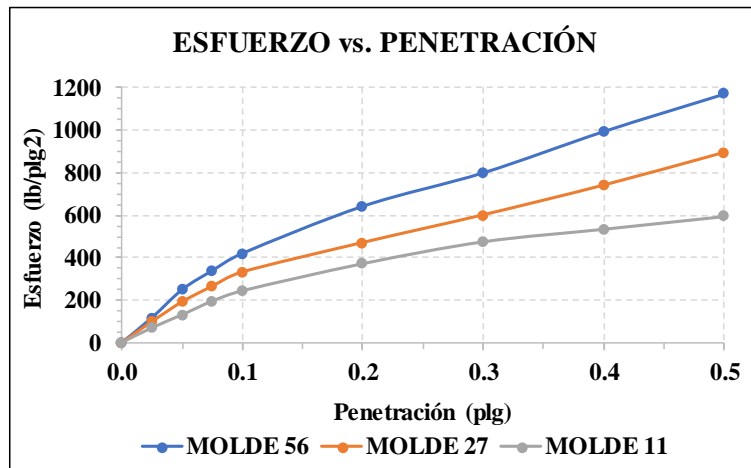
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 767098 Y: 9854147

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		16.70		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	13683	12309	12168			
Masa Molde (gr)	9634	8389	8433			
Masa Muestra Humeda (gr)	4049	3920	3735			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.788	1.728	1.658			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>01</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>69</b>	<b>50</b>	<b>04</b>
P. Hum. + Recipiente	116.4	115.9	123	122.8	111.6	112.8
P. Seco + Recipiente	102.9	102.6	109.5	109.4	99.4	99.8
Peso Recipiente	23.7	24.1	31.1	30.7	31.2	25.7
Peso Agua	13.5	13.3	13.5	13.4	12.2	13
Peso de Sólidos	79.2	78.5	78.4	78.7	68.2	74.1
Contenido Humedad %	17.05	16.94	17.22	17.03	17.89	17.54
Con. Hum. Prom. %	16.99		17.12		17.72	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.528		1.475		1.408	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	13987		12688		12755	
Masa Molde (gr)	9634		8389		8433	
Masa Muestra Humeda (gr)	4353		4299		4322	
Masa Agua Absorbida	304		379		587	
% Agua Absorbida	7.51%		9.67%		15.72%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
P. Hum. + Recipiente	94.7	91.2	95.8	98	99.1	100.2
P. Seco + Recipiente	79.9	78.5	81.7	84	83.8	85.2
Peso Recipiente	9.9	10	9.8	9.8	9.7	9.7
Peso Agua	14.8	12.7	14.1	14	15.3	15
Peso de Sólidos	70	68.5	71.9	74.2	74.1	75.5
Contenido Humedad %	21.14	18.54	19.61	18.87	20.65	19.87
Con. Hum. Prom. %	19.08		19.76		19.87	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	353.6	117.9	296.3	98.8	208.3	69.4
0.050	748.8	249.6	573.4	191.1	393.8	131.3
0.075	1015.9	338.6	793.3	264.4	587.3	195.8
0.100	1259.2	419.7	993.3	331.1	733.6	244.5
0.200	1925.9	642.0	1408.9	469.6	1118.9	373.0
0.300	2398.9	799.6	1799.6	599.9	1429.8	476.6
0.400	2983.2	994.4	2219.3	739.8	1608.2	536.1
0.500	3513.6	1171.2	2680.7	893.6	1789.3	596.4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	419.73	41.97%	1.528	641.97	42.80%	1.528
2	331.10	33.11%	1.475	469.63	31.31%	1.475
3	244.53	24.45%	1.408	372.97	24.86%	1.408

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.607 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	41.5	42.5

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 141. CBR Pozo# 6



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



Parroquia: Totoras  
 Vía: Totoras - La Esperanza  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 6

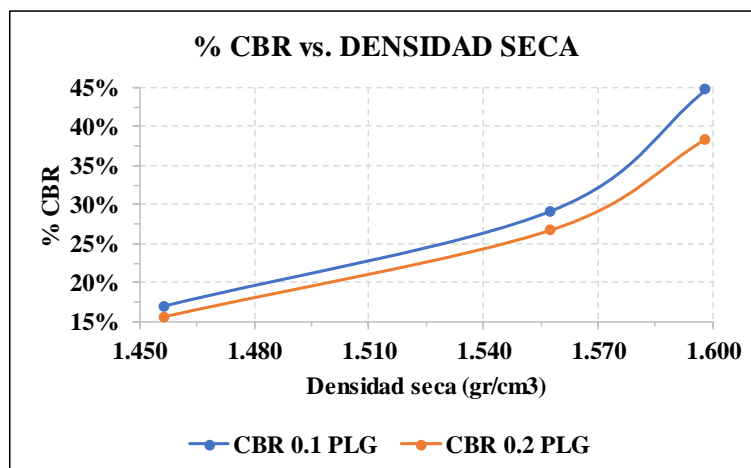
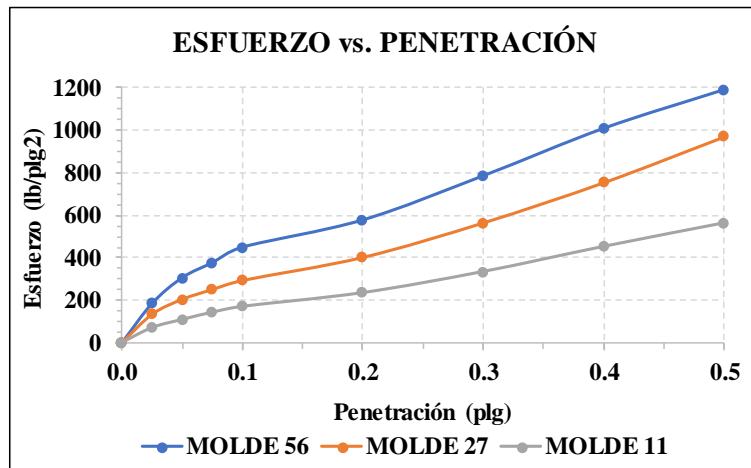
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766384 Y: 9854147

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		14.02		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11219	11099	10245			
Masa Molde (gr)	7075	7028	6475			
Masa Muestra Humeda (gr)	4144	4071	3770			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.830	1.795	1.673			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>03</b>	<b>69</b>	<b>79</b>	<b>41</b>	<b>17</b>	<b>01</b>
P. Hum. + Recipiente	109.8	118.2	122.5	104.5	116.2	130.2
P. Seco + Recipiente	99.3	107.1	110.4	94.8	104.3	116.5
Peso Recipiente	26.8	30.7	30.9	31.1	24.7	23.7
Peso Agua	10.5	11.1	12.1	9.7	11.9	13.7
Peso de Sólidos	72.5	76.4	79.5	63.7	79.6	92.8
Contenido Humedad %	14.48	14.53	15.22	15.23	14.95	14.76
Con. Hum. Prom. %	14.51		15.22		14.86	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.598		1.558		1.457	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11585		11442		10772	
Masa Molde (gr)	7075		7028		6475	
Masa Muestra Humeda (gr)	4510		4414		4297	
Masa Agua Absorbida	366		343		527	
% Agua Absorbida	8.83%		8.43%		13.98%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>T31</b>	<b>T14</b>	<b>T34</b>	<b>T13</b>	<b>T29</b>	<b>T11A</b>
P. Hum. + Recipiente	68.6	68	79.3	70.2	73.6	77.2
P. Seco + Recipiente	59.4	58.5	67.6	59.4	62.3	64.1
Peso Recipiente	7.3	7.7	7.7	7.9	7.3	7.6
Peso Agua	9.2	9.5	11.7	10.8	11.3	13.1
Peso de Sólidos	52.1	50.8	59.9	51.5	55	56.5
Contenido Humedad %	17.66	18.70	19.53	20.97	20.55	23.19
Con. Hum. Prom. %	18.18		20.25		21.87	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	553.3	184.4	398.8	132.9	209.3	69.8
0.050	913.9	304.6	608.3	202.8	323.6	107.9
0.075	1125.7	375.2	747.9	249.3	426.3	142.1
0.100	1343.9	448.0	875.6	291.9	508.6	169.5
0.200	1728.9	576.3	1203.3	401.1	703.8	234.6
0.300	2353.5	784.5	1693.6	564.5	1003.3	334.4
0.400	3023.3	1007.8	2263.9	754.6	1359.4	453.1
0.500	3570.2	1190.1	2913.6	971.2	1693.3	564.4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	447.97	44.80%	1.598	576.30	38.42%	1.598
2	291.87	29.19%	1.558	401.10	26.74%	1.558
3	169.53	16.95%	1.457	234.60	15.64%	1.457

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.631 gr/cm3

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	
95%	1.549	28	26

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



Tabla 142. CBR Pozo# 7



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 7

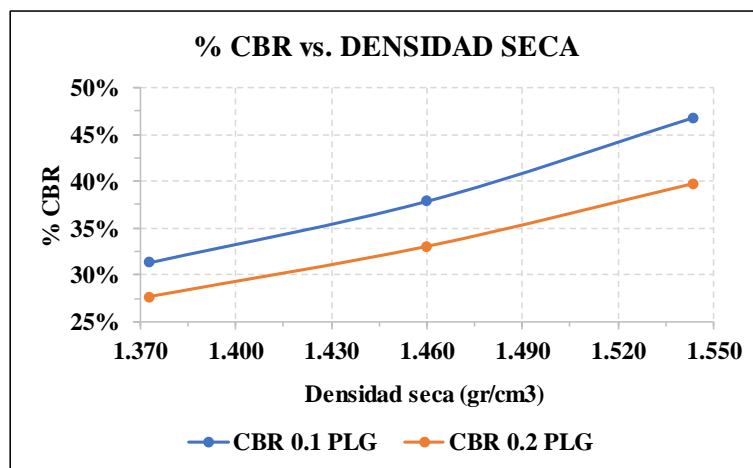
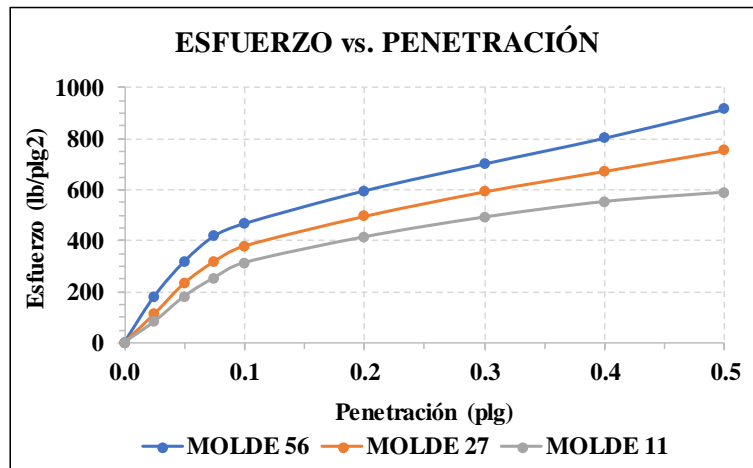
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 766011 Y: 9853579

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		19.93		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	13904	12385	12098			
Masa Molde (gr)	9639	8396	8347			
Masa Muestra Humeda (gr)	4265	3989	3751			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.883	1.759	1.665			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>22</b>	<b>50</b>	<b>27</b>	<b>61</b>	<b>49</b>	<b>04</b>
P. Hum. + Recipiente	110.3	117.3	117.8	111.8	109.5	131.2
P. Seco + Recipiente	98.4	102	101.5	98.5	95.5	112.9
Peso Recipiente	45.2	31.2	25.3	30.2	30.5	25.7
Peso Agua	11.9	15.3	16.3	13.3	14	18.3
Peso de Sólidos	53.2	70.8	76.2	68.3	65	87.2
Contenido Humedad %	22.37	21.61	21.39	19.47	21.54	20.99
Con. Hum. Prom. %	21.99		20.43		21.26	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.544		1.460		1.373	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	13928		12532		12391	
Masa Molde (gr)	9639		8396		8347	
Masa Muestra Humeda (gr)	4289		4136		4044	
Masa Agua Absorbida	24		147		293	
% Agua Absorbida	0.56%		3.69%		7.81%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>T07</b>	<b>T11</b>	<b>T28</b>	<b>T03</b>	<b>T27</b>	<b>T30</b>
P. Hum. + Recipiente	67.3	82.1	76.7	72	86.3	84.5
P. Seco + Recipiente	56.5	68.7	63.6	60	70.2	69.5
Peso Recipiente	7.4	7.2	7.6	7.9	7.4	7.3
Peso Agua	10.8	13.4	13.1	12	16.1	15
Peso de Sólidos	49.1	61.5	56	52.1	62.8	62.2
Contenido Humedad %	22.00	21.79	23.39	23.03	25.64	24.12
Con. Hum. Prom. %	21.89		23.21		24.88	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	545.2	181.7	335.2	111.7	246.3	82.1
0.050	955.6	318.5	698.8	232.9	543.6	181.2
0.075	1257.5	419.2	955.3	318.4	763.2	254.4
0.100	1403.1	467.7	1136.3	378.8	939.5	313.2
0.200	1789.5	596.5	1486.6	495.5	1243.3	414.4
0.300	2107.8	702.6	1775.8	591.9	1476.6	492.2
0.400	2412.3	804.1	2018.6	672.9	1659.3	553.1
0.500	2753.6	917.9	2263.5	754.5	1770.2	590.1

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	467.70	46.77%	1.544	596.50	39.77%	1.544
2	378.77	37.88%	1.460	495.53	33.04%	1.460
3	313.17	31.32%	1.373	414.43	27.63%	1.373

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.609 gr/cm3

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	45	39

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 143. CBR Pozo# 8



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: La Esperanza-Montalvo  
 Profundidad: 75 cm  
 Fecha: 01 - Jul - 2019  
 Muestra: 8

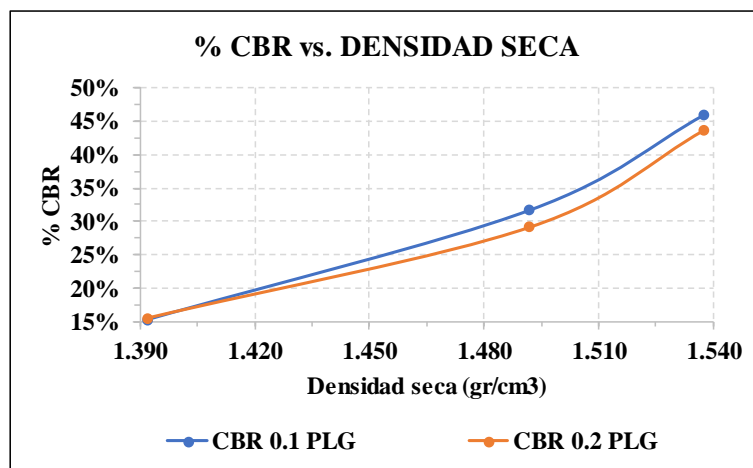
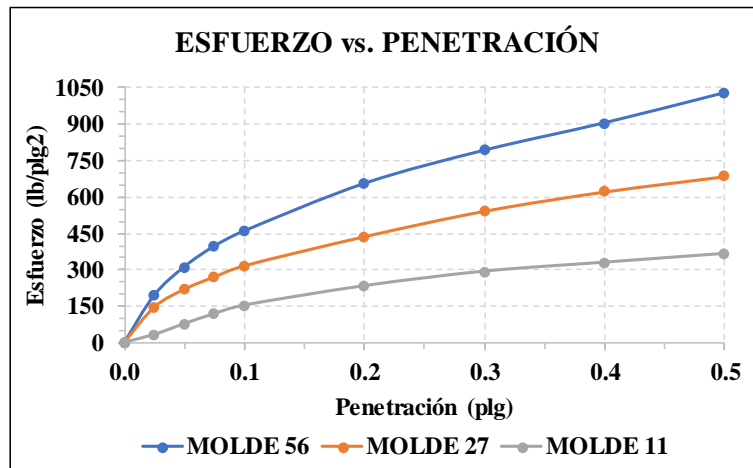
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764613 Y: 9852924

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		21.10		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
10	11199	10457	12076			
Masa Molde (gr)	7006	6405	8299			
Masa Muestra Humeda (gr)	4193	4052	3777			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.852	1.786	1.676			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>34</b>	<b>02</b>	<b>03</b>	<b>17</b>	<b>01</b>	<b>04</b>
P. Hum. + Recipiente	96.9	99.8	114.6	116.6	121.5	117.7
P. Seco + Recipiente	84.2	87.2	99.7	101.9	104.6	102.4
Peso Recipiente	23.4	24	26.8	24.7	23.7	25.7
Peso Agua	12.7	12.6	14.9	14.7	16.9	15.3
Peso de Sólidos	60.8	63.2	72.9	77.2	80.9	76.7
Contenido Humedad %	20.89	19.94	20.44	19.04	20.89	19.95
Con. Hum. Prom. %	20.41		19.74		20.42	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.538		1.492		1.392	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	11308		10638		12394	
Masa Molde (gr)	7006		6405		8299	
Masa Muestra Humeda (gr)	4302		4233		4095	
Masa Agua Absorbida	109		181		318	
% Agua Absorbida	2.60%		4.47%		8.42%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>03</b>	<b>04</b>	<b>02</b>	<b>49</b>	<b>51</b>	<b>25</b>
P. Hum. + Recipiente	117.2	111.5	107	117.69	115.1	114.4
P. Seco + Recipiente	99.4	95.1	88.9	100.4	96	95
Peso Recipiente	26.8	25.7	24	30.5	30.3	24.3
Peso Agua	17.8	16.4	18.1	17.29	19.1	19.4
Peso de Sólidos	72.6	69.4	64.9	69.9	65.7	70.7
Contenido Humedad %	24.52	23.63	27.89	24.74	29.07	27.44
Con. Hum. Prom. %	24.07		26.31		28.26	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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	583.8	194.6	436.1	145.4	96.5	32.2
0.050	933.3	311.1	657.2	219.1	229.8	76.6
0.075	1188.8	396.3	809.6	269.9	353.8	117.9
0.100	1376.8	458.9	948.6	316.2	459.3	153.1
0.200	1963.3	654.4	1308.8	436.3	699.1	233.0
0.300	2373.8	791.3	1624.6	541.5	878.6	292.9
0.400	2712.3	904.1	1863.6	621.2	989.3	329.8
0.500	3085.0	1028.3	2053.9	684.6	1098.3	366.1

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	458.93	45.89%	1.538	654.43	43.63%	1.538
2	316.20	31.62%	1.492	436.27	29.08%	1.492
3	153.10	15.31%	1.392	233.03	15.54%	1.392

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.600 gr/cm3

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	40.00	37.50

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 144. CBR Pozo# 9



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 80 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 9

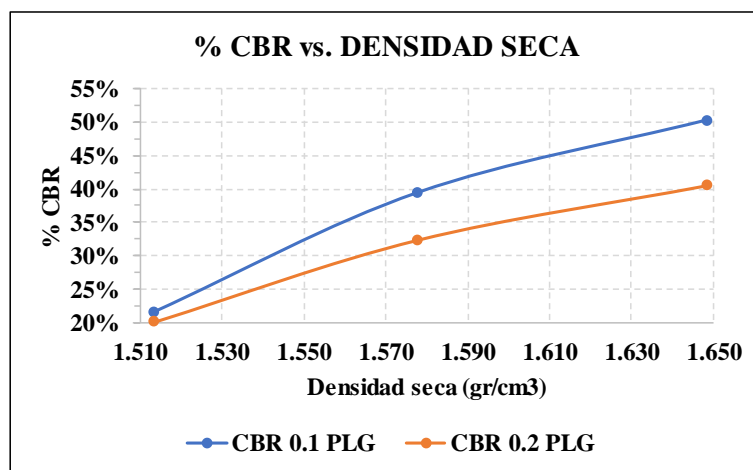
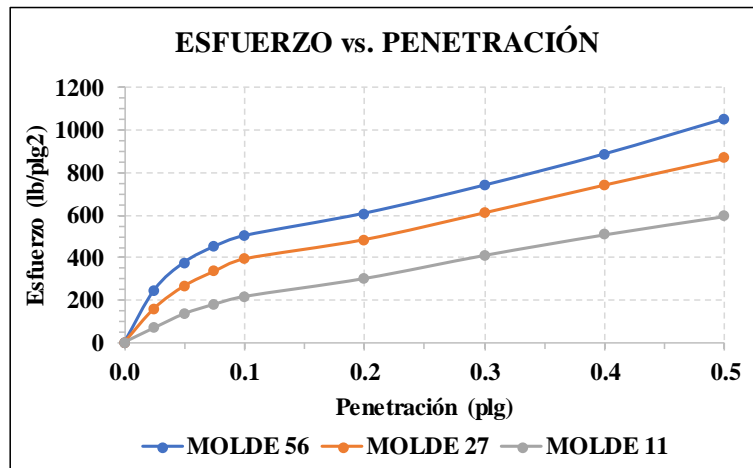
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764867 Y: 9851225

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		16.00		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12741	10989	11012			
Masa Molde (gr)	8298	6724	6967			
Masa Muestra Humeda (gr)	4443	4265	4045			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.962	1.880	1.795			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>04</b>	<b>22</b>	<b>50</b>	<b>61</b>	<b>27</b>	<b>49</b>
P. Hum. + Recipiente	116.5	123.5	123.5	112.1	116.3	116.7
P. Seco + Recipiente	102.1	110.9	108.8	98.8	102.1	103.1
Peso Recipiente	25.7	45.2	31.2	30.2	25.3	30.5
Peso Agua	14.4	12.6	14.7	13.3	14.2	13.6
Peso de Sólidos	76.4	65.7	77.6	68.6	76.8	72.6
Contenido Humedad %	18.85	19.18	18.94	19.39	18.49	18.73
Con. Hum. Prom. %	19.01		19.17		18.61	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.648		1.578		1.513	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12753		11097		11246	
Masa Molde (gr)	8298		6724		6967	
Masa Muestra Humeda (gr)	4455		4373		4279	
Masa Agua Absorbida	12		108		234	
% Agua Absorbida	0.27%		2.53%		5.78%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>7KC</b>	<b>8KC</b>	<b>9KC</b>	<b>10KC</b>
P. Hum. + Recipiente	137.2	139.6	131.9	136.9	124.1	125
P. Seco + Recipiente	121.3	123	116.2	118.4	107.6	109.5
Peso Recipiente	40.5	40.8	32.1	33.2	30.7	33.4
Peso Agua	15.9	16.6	15.7	18.5	16.5	15.5
Peso de Sólidos	80.8	82.2	84.1	85.2	76.9	76.1
Contenido Humedad %	19.68	20.19	18.67	21.71	21.46	20.37
Con. Hum. Prom. %	19.94		20.19		20.91	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	743.3	247.8	483.4	161.1	206.3	68.8
0.050	1133.1	377.7	801.1	267.0	405.8	135.3
0.075	1356.2	452.1	1008.6	336.2	539.6	179.9
0.100	1508.9	503.0	1184.2	394.7	650.3	216.8
0.200	1825.7	608.6	1458.3	486.1	905.5	301.8
0.300	2223.9	741.3	1839.2	613.1	1233.8	411.3
0.400	2665.5	888.5	2233.4	744.5	1526.3	508.8
0.500	3163.3	1054.4	2612.3	870.8	1786.3	595.4

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	502.97	50.30%	1.648	608.57	40.57%	1.648
2	394.73	39.47%	1.578	486.10	32.41%	1.578
3	216.77	21.68%	1.513	301.83	20.12%	1.513

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.713 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	47	38

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 145. CBR Pozo# 10



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Cevallos  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 10

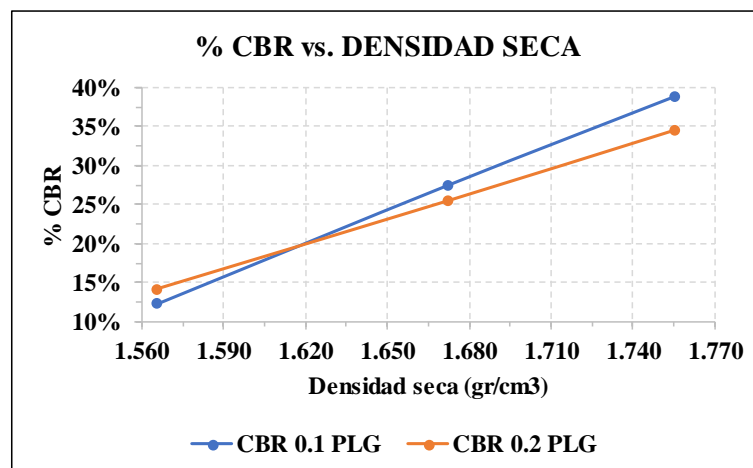
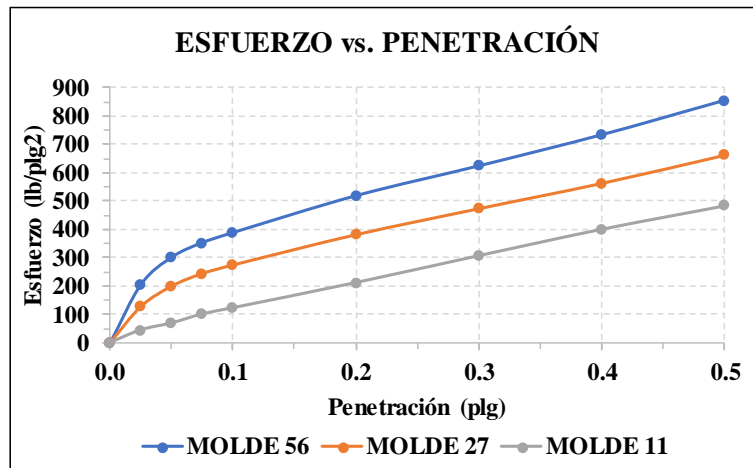
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 764202 Y: 9852150

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15.21		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2		3		
<b>N° de Capas</b>	5	5		5		
<b>N° de Golpes</b>	56	27		11		
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	14262	12921		12566		
Masa Molde (gr)	9506	8366		8337		
Masa Muestra Humeda (gr)	4756	4555		4229		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33		2253.34		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.100	2.008		1.877		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>	<b>PA6</b>
P. Hum. + Recipiente	229.2	245.8	259.7	236.8	267.1	264.6
P. Seco + Recipiente	198.8	212.8	224.3	204.8	230.5	228.1
Peso Recipiente	44	44.5	45.7	47.5	46.2	44.7
Peso Agua	30.4	33	35.4	32	36.6	36.5
Peso de Sólidos	154.8	168.3	178.6	157.3	184.3	183.4
Contenido Humedad %	19.64	19.61	19.82	20.34	19.86	19.90
Con. Hum. Prom. %	19.62		20.08		19.88	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.756		1.672		1.566	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	14370		13116		12869	
Masa Molde (gr)	9506		8366		8337	
Masa Muestra Humeda (gr)	4864		4750		4532	
Masa Agua Absorbida	108		195		303	
% Agua Absorbida	2.27%		4.28%		7.16%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>	<b>PA6</b>
P. Hum. + Recipiente	189.1	189.1	201.7	202.5	197.9	196.6
P. Seco + Recipiente	163.5	165.9	173.9	177	170.8	170.4
Peso Recipiente	44	44.5	45.7	47.5	46.2	44.7
Peso Agua	25.6	23.2	27.8	25.5	27.1	26.2
Peso de Sólidos	119.5	121.4	128.2	129.5	124.6	125.7
Contenido Humedad %	21.42	19.11	21.68	19.69	21.75	20.84
Con. Hum. Prom. %	20.27		20.69		21.30	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	616.6	205.5	383.6	127.9	133.4	44.5
0.050	903.6	301.2	598.6	199.5	206.8	68.9
0.075	1058.8	352.9	733.3	244.4	303.2	101.1
0.100	1164.9	388.3	823.8	274.6	368.6	122.9
0.200	1556.3	518.8	1146.6	382.2	636.6	212.2
0.300	1873.2	624.4	1423.9	474.6	923.1	307.7
0.400	2203.6	734.5	1693.8	564.6	1203.8	401.3
0.500	2569.5	856.5	1993.2	664.4	1453.0	484.3

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	388.30	38.83%	1.756	518.77	34.58%	1.756
2	274.60	27.46%	1.672	382.20	25.48%	1.672
3	122.87	12.29%	1.566	212.20	14.15%	1.566

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.805 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	
95%	1.715	33	30

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



Tabla 146. CBR Pozo# 11



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 65 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 11

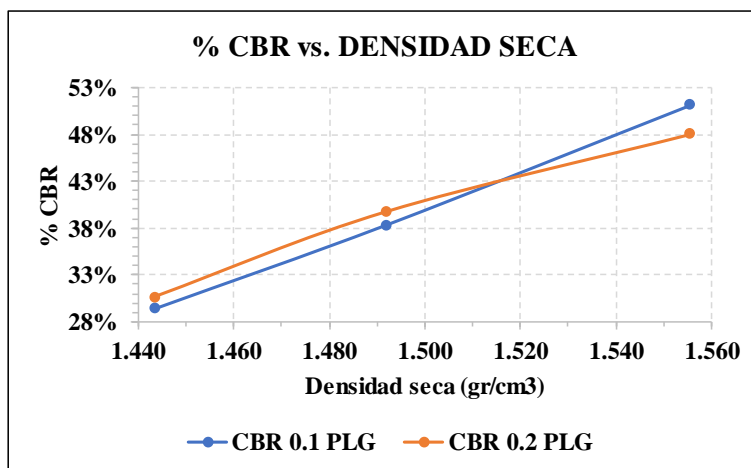
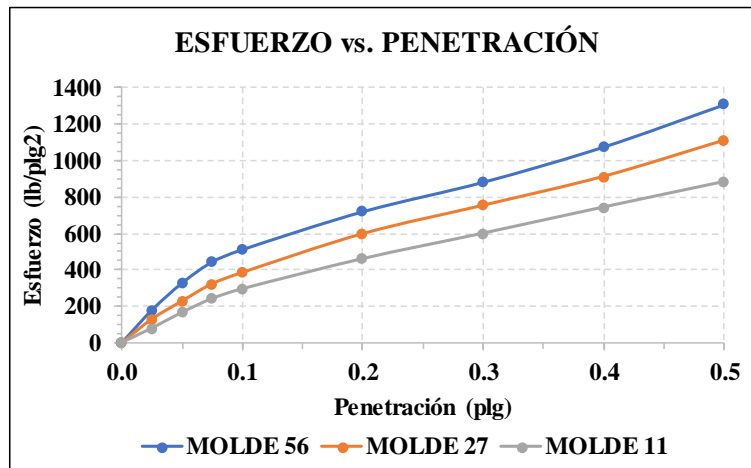
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763751 Y: 9853399

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		20.16		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2		3		
<b>N° de Capas</b>	5	5		5		
<b>N° de Golpes</b>	56	27		11		
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12635	12538		12631		
Masa Molde (gr)	8301	8396		8635		
Masa Muestra Humeda (gr)	4334	4142		3996		
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33		2253.34		
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.914	1.826		1.773		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>PA1</b>	<b>PA2</b>	<b>PA3</b>	<b>PA4</b>	<b>PA5</b>	<b>PA6</b>
P. Hum. + Recipiente	210	211.4	143.4	146.7	237	234.6
P. Seco + Recipiente	179	180.1	125.2	128.9	201.5	199.3
Peso Recipiente	44	44.5	45.7	47.5	46.2	44.7
Peso Agua	31	31.3	18.2	17.8	35.5	35.3
Peso de Sólidos	135	135.6	79.5	81.4	155.3	154.6
Contenido Humedad %	22.96	23.08	22.89	21.87	22.86	22.83
Con. Hum. Prom. %	23.02		22.38		22.85	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.556		1.492		1.444	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	12725		12705		12805	
Masa Molde (gr)	8301		8396		8635	
Masa Muestra Humeda (gr)	4424		4309		4170	
Masa Agua Absorbida	90		167		174	
% Agua Absorbida	2.08%		4.03%		4.35%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>22</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>04</b>	<b>16</b>	<b>03</b>
P. Hum. + Recipiente	181.9	182.6	161.5	173.9	186.9	186.7
P. Seco + Recipiente	155.8	157.4	139.3	148.2	157.8	157.9
Peso Recipiente	45.2	44.9	44.5	36.6	36.2	36.6
Peso Agua	26.1	25.2	22.2	25.7	29.1	28.8
Peso de Sólidos	110.6	112.5	94.8	111.6	121.6	121.3
Contenido Humedad %	23.60	22.40	23.42	23.03	23.93	23.74
Con. Hum. Prom. %	23.00		23.22		23.84	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	539.4	179.8	386.8	128.9	237.3	79.1
0.050	985.0	328.3	682.9	227.6	496.6	165.5
0.075	1333.2	444.4	966.9	322.3	723.6	241.2
0.100	1533.8	511.3	1150.8	383.6	882.3	294.1
0.200	2161.6	720.5	1789.3	596.4	1378.6	459.5
0.300	2649.8	883.3	2257.2	752.4	1798.2	599.4
0.400	3233.2	1077.7	2733.6	911.2	2228.6	742.9
0.500	3933.2	1311.1	3328.8	1109.6	2648.8	882.9

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	511.27	51.13%	1.556	720.53	48.04%	1.556
2	383.60	38.36%	1.492	596.43	39.76%	1.492
3	294.10	29.41%	1.444	459.53	30.64%	1.444

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima: 1.623 gr/cm3

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg	
95%	1.542	48.5	46

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

Tabla 147. CBR Pozo# 12



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



Parroquia: Montalvo  
 Vía: Montalvo - Manzana de Oro  
 Profundidad: 70 cm  
 Fecha: 02 - Jul - 2019  
 Muestra: 12

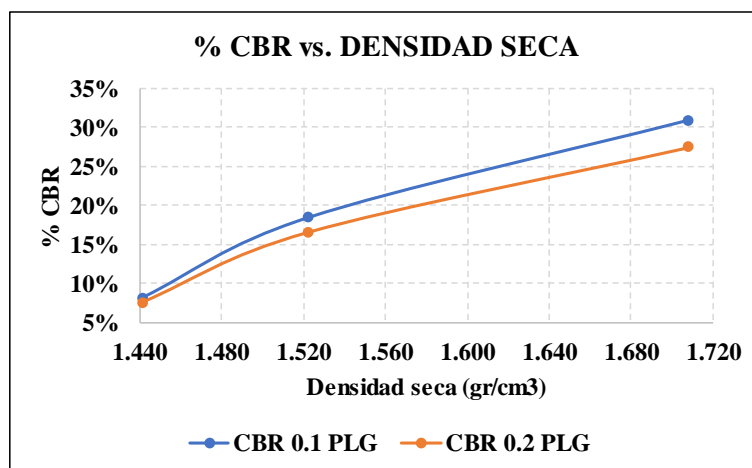
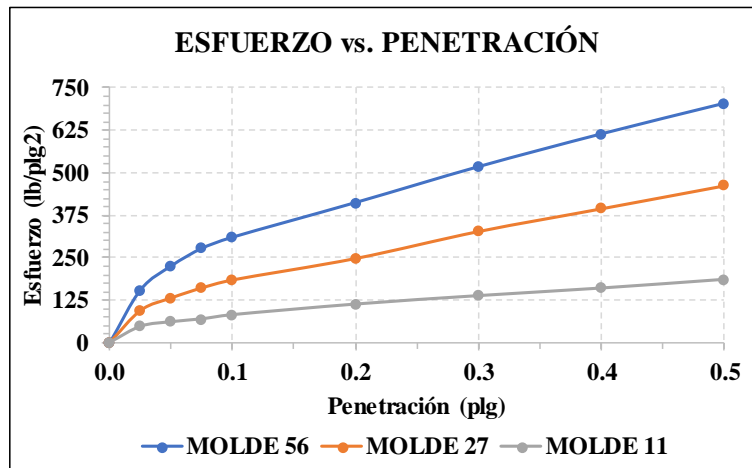
Proyecto: Tesis de Grado  
 Normas: AASHTO T 193 2013  
 Ensayado por: Egda. Paulina Mishell Altamirano Coro  
 Revisado Por: Ing. Favio Portilla  
 Coordenadas: X: 763503 Y: 9853857

<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>						
<b>TIPO:</b>	PROCTOR MODIFICADO	<b>PESO DEL MARTILLO:</b>		10 lb		
<b>NORMA:</b>	AASHTO T-180	<b>ALTURA DE CAIDA:</b>		18 "		
<b>PESO MUESTRA (gr):</b>	6000	<b>CONT. HUMEDAD ÓPTIMO (%)</b>		15.73		
<b>ENSAYO DE COMPACTACION C.B.R.</b>						
<b>MOLDE N°</b>	1	2	3			
<b>N° de Capas</b>	5	5	5			
<b>N° de Golpes</b>	56	27	11			
<b>DATOS DEL MOLDEO</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	14030	12319	10665			
Masa Molde (gr)	9631	8392	6969			
Masa Muestra Humeda (gr)	4399	3927	3696			
Volumen Muestra (cm <sup>3</sup> )	2264.61	2268.33	2253.34			
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.943	1.731	1.640			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>69</b>	<b>27</b>
P. Hum. + Recipiente	126	120.6	127.7	129.6	117.1	140.5
P. Seco + Recipiente	113.8	110	115.1	116.9	106.5	126.7
Peso Recipiente	26.5	31.1	23.4	24.3	30.7	25.3
Peso Agua	12.2	10.6	12.6	12.7	10.6	13.8
Peso de Sólidos	87.3	78.9	91.7	92.6	75.8	101.4
Contenido Humedad %	13.97	13.43	13.74	13.71	13.98	13.61
Con. Hum. Prom. %	13.70		13.73		13.80	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.708		1.522		1.441	
<b>DATOS DESPUÉS DE LA SATURACIÓN</b>						
Muestra húmeda + molde (gr)	14183		12547		11099	
Masa Molde (gr)	9631		8392		6969	
Masa Muestra Humeda (gr)	4552		4155		4130	
Masa Agua Absorbida	153		228		434	
% Agua Absorbida	3.48%		5.81%		11.74%	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>	<b>Arriba</b>	<b>Abajo</b>
<b>Recipiente N°</b>	<b>T34</b>	<b>T27</b>	<b>T30</b>	<b>T13</b>	<b>T14</b>	<b>T11A</b>
P. Hum. + Recipiente	82.6	75.5	93.2	84.5	90.2	85.3
P. Seco + Recipiente	68.2	62.5	76.5	70	73.5	68.5
Peso Recipiente	7.7	7.4	7.3	7.9	7.7	7.6
Peso Agua	14.4	13	16.7	14.5	16.7	16.8
Peso de Sólidos	60.5	55.1	69.2	62.1	65.8	60.9
Contenido Humedad %	23.80	23.59	24.13	23.35	25.38	27.59
Con. Hum. Prom. %	23.70		23.74		26.48	

ENSAYO CBR						
MOLDE N°	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
0.025	465.3	155.1	283.4	94.5	142.3	47.4
0.050	675.3	225.1	393.4	131.1	182.3	60.8
0.075	830.9	277.0	482.6	160.9	207.9	69.3
0.100	928.8	309.6	553.0	184.3	245.2	81.7
0.200	1235.0	411.7	743.5	247.8	339.3	113.1
0.300	1552.3	517.4	983.3	327.8	414.6	138.2
0.400	1842.1	614.0	1185.1	395.0	482.2	160.7
0.500	2112.6	704.2	1389.1	463.0	559.9	186.6

PORCENTAJES CBR (CORREGIDOS)						
MOLDE N°	Presión (lb/plg2)	CBR 0,1 Plg	Densidad Seca	Presión (lb/plg2)	CBR 0,2 Plg	Densidad Seca
1	309.60	30.96%	1.708	411.67	27.44%	1.708
2	184.33	18.43%	1.522	247.83	16.52%	1.522
3	81.73	8.17%	1.441	113.10	7.54%	1.441

**ENSAYO CBR DE LABORATORIO**



Densidad Seca Máxima:	1.723 gr/cm3
-----------------------	--------------

DSM	% CBR 0,1 plg	% CBR 0,2 plg
95%	1.637	26
		23

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

### Anexo 3. Conteo de Tráfico

**Tabla 148. Conteo Vehicular Manual (TPDA)**



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



Proyecto: Tesis de grado  
 Realizado por: Egda. Paulina Altamirano  
 Revisado por: Ing. Favio Portilla

Ubicación: La esperanza - Montalvo  
 Fecha: 21/11/2019  
 Estación: 12 horas (6:00 am - 6:00 pm)

Proyecto: "CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS TOTORAS Y MONTALVO, CANTÓN AMBATO. PROVINCIA DE TUNGURAHUA.

#### RESULTADOS DEL CONTEO DE TRÁFICO

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS							TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			C - 2P	C - 2G	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	TOTAL		
6:00 - 6:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3
6:15 - 6:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	7
6:30 - 6:45	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	11
6:45 - 7:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	15
7:00 - 7:15	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	20
7:15 - 7:30	3	1	1	2	0	0	0	0	3	7	27
7:30 - 7:45	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	31
7:45 - 8:00	4	1	1	0	0	0	0	0	1	6	37
8:00 - 8:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	40
8:15 - 8:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	42
8:30 - 8:45	3	1	1	0	0	0	0	0	1	5	47
8:45 - 9:00	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	50
9:00 - 9:15	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	52
9:15 - 9:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	55
9:30 - 9:45	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5	60
9:45 - 10:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	62
10:00 - 10:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	64
10:15 - 10:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	67
10:30 - 10:45	1	1	2	0	0	0	0	0	2	4	71
10:45 - 11:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	75
11:00 - 11:15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	76
11:15 - 11:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	79
11:30 - 11:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	82
11:45 - 12:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	86
12:00 - 12:15	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5	91
12:15 - 12:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	95
12:45 - 13:00	1	1	1	0	0	0	0	0	1	3	98
13:00 - 13:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	101
13:15 - 13:30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	102
13:30 - 13:45	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	104
13:45 - 14:00	2	1	0	1	0	0	0	0	1	4	108
14:15 - 14:30	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	112
14:30 - 14:45	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	115
14:45 - 15:00	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	117
15:00 - 15:15	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	120
15:15 - 15:30	3	1	2	0	0	0	0	0	2	6	126
15:30 - 15:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	129
15:45 - 16:00	1	1	0	1	0	0	0	0	1	3	132
16:00 - 16:15	1	1	1	0	0	0	0	0	1	3	135
16:15 - 16:30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	137
16:30 - 16:45	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	140
16:45 - 17:00	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	144
17:00 - 17:15	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4	148
17:15 - 17:30	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	151
17:30 - 17:45	2	1	1	0	0	0	0	0	1	4	155
17:45 - 18:00	2	2	0	0	0	0	0	0	0	4	159
18:00 - 18:15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	161
18:15 - 18:30	3	2	0	0	0	0	0	0	0	5	166
18:30 - 18:45	3	1	1	0	0	0	0	0	1	5	171
18:45 - 19:00	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	174
<b>Total:</b>	104	54	11	5	0	0	0	0	16	174	
%	59.77%	31.03%	6.32%	2.87%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.20%	100.00%	

**Autor: Paulina Mishell Altamirano Coro**

## Anexo 4. Pesos y dimensiones máximas de carga por eje

**Tabla 149.** Tabla nacional de pesos y dimensiones

TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES DE VEHÍCULOS DE CARGA PESADA MOTORIZADOS, REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES								
TIPO	VALOR POR USD	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)			
					Largo	Ancho	Alto	
2 D	20			CAMIÓN DE DOS (2) EJES PEQUEÑO	7	5,50	2,60	3,00
2DA	20			CAMIÓN DE DOS (2) EJES MEDIANOS	10	7,50	2,60	3,50
2DB	36			CAMIÓN DE DOS (2) EJES GRANDES	18	12,20	2,60	4,10
3-A	52			CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10
4-C	60			CAMIÓN DE CUATRO (4) EJES	31	12,20	2,60	4,10
4-B OCTÓPUDO	64			CAMIÓN CON TÁNDEM DIRECCIONAL Y POSTERIOR	34	12,20	2,60	4,10
V2DB	36			VOQUETA DE DOS (2) EJES	18	12,20	2,60	4,10
V3A	52			VOQUETA DE TRES (3) EJES	27	12,20	2,60	4,10
T2	36			TRACTO CAMIÓN DE DOS (2) EJES	18	8,50	2,60	4,10
T3	52			TRACTO CAMIÓN DE TRES (3) EJES	27	8,50	2,60	4,10
R2	48			REMOLQUE DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10
R3	64			REMOLQUE DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10
S1	24			SEMIRREMOLQUE DE UN (1) EJE	11	13,20	2,60	4,10
S2	40			SEMIRREMOLQUE DE DOS (2) EJES	20	13,20	2,60	4,10
S3	48			SEMIRREMOLQUE DE TRES (3) EJES	24	13,20	2,60	4,10
B1	24			REMOLQUE BALANCEADO DE UN (1) EJE	7	10,00	2,60	4,10
B2	40			REMOLQUE BALANCEADO DE DOS (2) EJES	14	10,00	2,60	4,10
B3	48			REMOLQUE BALANCEADO DE TRES (3) EJES	21	10,00	2,60	4,10

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

**Tabla 150.** Tabla nacional de pesos y dimensiones combinadas

TABLA NACIONAL DE PESO BRUTO VEHICULAR Y DIMENSIONES MÁXIMAS PERMISIBLES EN COMBINACIONES								
TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO COMBINADO (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			32	20,50	2,60	4,30		
**2R3			39	20,50	2,60	4,30		
*3R3			48	20,50	2,60	4,30		
**3R2			41	20,50	2,60	4,30		
2B1			25	20,50	2,60	4,30		
2B2			32	20,50	2,60	4,30		
2B3			39	20,50	2,60	4,30		
3B1			34	20,50	2,60	4,30		
3B2			41	20,50	2,60	4,30		
3B3			48	20,50	2,60	4,30		

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas

Anexo 5. Archivo Fotográfico

ENSAYO POZO A CIELO ABIERTO



**Figura 67.** Limpieza de la capa vegetal  
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 68.** Medición del pozo a cielo abierto  
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 69.** Georreferencia de los pozos  
**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



## ENSAYO DCP



**Figura 70.** Lectura de las penetraciones

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 71.** Ejecución de los golpes para el DCP

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 72.** Asegurando la punta de acero

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

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



**Figura 73.** Colocación de la placa metálica

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 74.** Cavidad cilíndrica dentro de la placa metálica

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 75.** Colocación de la Arena de Ottawa en la cavidad en el suelo

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA



**Figura 76.** Colocación del agua dentro del picnómetro

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 77.** Toma de temperatura de la muestra dentro del picnómetro

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 78.** Muestra pesada para proceder a secar al horno.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO GRANULOMETRÍA



**Figura 79.** Colocación de la muestra de suelo en el primer tamiz.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 80.** Tamizado de la muestra durante 15 minutos.

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO



**Figura 81.** Mezcla de suelo con agua

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 82.** Colocación de la muestra de suelo en la copa de Casagrande

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 83.** Muestra de suelo dividida con el ranurador

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO LÍMITE PLÁSTICO



**Figura 84.** Muestra tamizada por Tamiz #40

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 85.** Rollito aproximadamente de 3 mm

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 86.** Muestras húmedas colocadas en los recipientes

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO PROCTOR MODIFICADO B



**Figura 87.** Tamizado de la muestra por el Tamiz #4

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 88.** Mezcla del suelo con los porcentajes establecidos

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 89.** Pesado de la muestra luego de ser compactada y enrazada

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro

## ENSAYO CBR



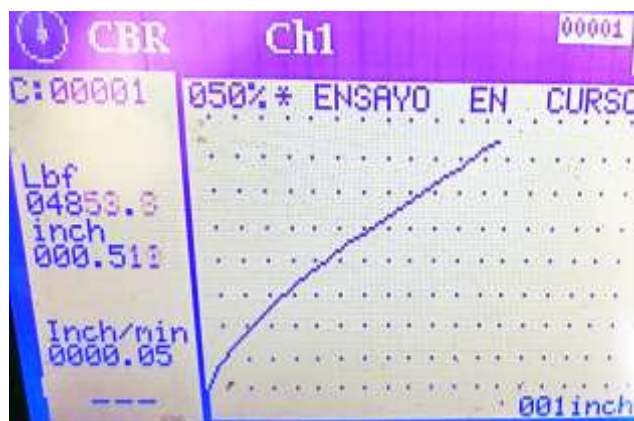
**Figura 90.** Compactación de la muestra de suelo molde 27 golpes

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 91.** Colocación del molde en la Máquina de CBR

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



**Figura 92.** Lectura de datos obtenidos de la Máquina de CBR

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro



## CONTEO DE TRÁFICO



**Figura 93.** Vehículos en la vía Totoras - Montalvo

**Autor:** Paulina Mishell Altamirano Coro