



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

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO CIVIL**

**TEMA:**

---

---

**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y  
MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y  
QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.**

---

---

**AUTOR: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**TUTOR: Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado**

**Ambato – Ecuador**

**Agosto - 2021**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. **Daniel Roberto Barreno Gavilanes**, portador de la cedula de ciudadanía: C.I. 1804650016, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Agosto 2021

---

**Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado**

**TUTOR**

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Daniel Roberto Barreno Gavilanes**, con C.I. 1804650016 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental, con el tema “**CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Agosto 2021



---

**Daniel Roberto Barreno Gavilanes**  
**C.I: 1804650016**  
**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Ambato, Agosto 2021



---

**Daniel Roberto Barreno Gavilanes**  
**C.I: 1804650016**  
**AUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante **Daniel Roberto Barreno Gavilanes** de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**.

Ambato, Agosto 2021

Para constancia firman:

---

**Ing. Mg. Diego Sebastián Chérrez Gavilanes**  
**Miembro Calificador**

---

**Ing. Mg. Favio Paúl Portilla Yandún**  
**Miembro Calificador**

## **DEDICATORIA**

*La dedicatoria de éste trabajo*

*Para mis padres: José y Doris*

*En especial a mi mamá que siempre ha creído en mí*

*Por todo y por tanto, y por su amor infinito.*

**Daniel**

## AGRADECIMIENTO

*Agradecido con Dios con la vida, por tantas bendiciones, a todas las personas que me apoyaron de una u otra manera.*

*A mis amigos: hicieron que las cosas sean más agradables.*

*Y recordando siempre que amigo es aquel que te ayuda a vivir y ser mejor en la vida.*

Daniel

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	iii
<b>DERECHOS DE AUTOR</b> .....	iv
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vii
<b>ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS</b> .....	viii
<b>RESUMEN</b> .....	xxii
<b>ABSTRACT</b> .....	xxiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes .....	1
1.1.2 Justificación.....	2
1.1.3 Fundamentación Teórica.....	4
1.1.3.1 Suelos.....	4
1.1.3.1.1. Clasificación de los Suelos .....	4
1.1.3.1.1.1. Sistema de Clasificación AASHTO .....	5
1.1.3.1.1.1.1. Criterios de Clasificación.....	5
1.1.3.1.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS.....	8
1.1.3.1.2.1. Suelos de grano grueso .....	8
1.1.3.1.2.2. Suelos de grano fino.....	8
1.1.3.2 Propiedades índice .....	11



1.1.3.2.1. Contenido de Humedad (W%).....	11
1.1.3.2.2. Granulometría .....	11
1.1.3.2.3. Relación de Vacíos (e) .....	13
1.1.3.2.4. Porosidad ( $\eta\%$ ).....	14
1.1.3.2.5. Densidad de Campo .....	14
Peso Volumétrico Natural .....	14
1.1.3.2.6. Peso Volumétrico Seco (Densidad Seca) $\gamma_d$ .....	15
1.1.3.2.7. Densidad Seca Máxima – Humedad Óptima .....	15
1.1.3.3    Límites de Atterberg (Plasticidad).....	15
1.1.3.3.1. Límite Líquido (Ll) .....	16
1.1.3.3.2. Límite Plástico (Lp) .....	16
1.1.3.3.3. Índice plástico (Ip) .....	16
1.1.3.3.4. Índice de Liquidez (Il).....	16
1.1.3.4    Propiedades Mecánicas.....	17
1.1.3.4.1. Ensayo CBR .....	17
1.1.3.4.2. El Cono Dinámico de Penetración .....	19
1.1.3.4.2.1. Aplicaciones del ensayo de penetración dinámica de cono DCP .....	20
1.1.3.4.2.2. Principales Ventajas del DCP .....	20
1.1.3.4.3. Compactación.....	20
1.1.3.4.3.1. Factores que afectan la compactación.....	21
1.1.3.4.3.1.1. Tipo de Suelo .....	21
1.1.3.4.3.1.2. Energía Específica.....	21
1.1.3.4.3.1.3. El contenido de Humedad .....	21
1.1.3.4.4. Proctor Modificado .....	21

1.1.3.5	Diseño Estructural de Pavimento Flexible.....	24
1.1.3.5.1.	Pavimento Flexible .....	24
1.1.3.5.2.	Principales funciones y características de cada una de las capas que conforman el pavimento flexible.....	24
1.1.3.5.3.	Análisis de Tránsito.....	26
1.1.3.5.4.	Composición .....	26
1.1.3.5.5.	Volumen.....	26
1.1.3.5.6.	Método AASHTO 93 para el diseño de Pavimentos Flexibles..	27
1.1.3.5.7.	Período de diseño de la vía .....	27
1.1.3.5.8.	Determinación de Espesores de capa .....	30
1.1.3.6	Correlaciones .....	33
1.1.3.6.1.	Definiciones .....	33
	Varianza .....	33
1.1.3.6.2.	Correlación.....	34
1.1.3.6.2.1.	Correlación Lineal.....	34
1.1.3.6.2.2.	Correlación Múltiple .....	35
1.1.3.6.3.	Coefficiente de correlación de Pearson (r) .....	35
1.1.3.6.4.	Las Rectas de Regresión de Mínimos cuadrados.....	36
1.1.4	Hipótesis.....	37
1.2	Objetivos .....	37
1.2.1	Objetivo General: .....	37
1.2.2	Objetivos Específicos:.....	37
CAPÍTULO II .....		38
2.	METODOLOGÍA .....	38
2.1	Niveles de investigación .....	38

2.1.1 Investigación Exploratoria .....	38
2.1.2 Investigación de laboratorio .....	38
2.1.3 Investigación correlacional .....	38
2.2 Población y Muestra.....	38
2.2.1 Población.....	38
2.2.2 Muestra.....	39
2.3 Equipos y Materiales.....	40
2.4 Métodos.....	42
2.4.1 Plan de Recolección de la información.....	42
2.4.2 Ensayos de Campo y Laboratorio .....	43
2.4.3 Plan de Procesamiento y Análisis de la información.....	46
2.4.3.1 Plan de procesamiento .....	46
2.4.3.2 Plan de Análisis de la información .....	46
CAPÍTULO III.....	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	47
3.1.1 Propiedades índice .....	47
3.1.1.1 Densidad de Campo .....	47
3.1.1.2 Gravedad Específica .....	48
3.1.1.3 Granulometría .....	49
3.1.1.4 Límites de Atterberg .....	49
3.1.2 Clasificación de los suelos .....	50
3.1.3 Propiedades Mecánicas .....	52
3.1.3.1 Propiedades Proctor .....	52
3.1.3.2 CBR .....	52

3.1.3.3	DCP.....	53
3.1.4	Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93.....	78
3.1.4.1	Conteo Vehicular .....	78
➤	Determinación de Espesores de capa .....	86
3.2	Verificación de Hipótesis .....	94
CAPÍTULO IV .....		95
4.1	CONCLUSIONES .....	95
4.2	RECOMENDACIONES .....	97
Bibliografía .....		98
ANEXOS .....		101
A.	Ensayos realizados .....	102
B.	Conteo vehicular.....	198
C.	Archivo Fotográfico .....	203

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla1.</b>	Tamaño de las Partículas.....	4
<b>Tabla2:</b>	Sistema de clasificación AASHTO .....	7
<b>Tabla 3:</b>	Sistema Unificado de Suelos.....	9
<b>Tabla 4.</b>	Símbolo de cada grupo del Sistema SUCS .....	10
<b>Tabla 5:</b>	Peso Mínimo de muestra Humedad .....	11
<b>Tabla 6:</b>	Relación Penetración – Carga Unitaria Patrón .....	18
<b>Tabla 8.</b>	Especificaciones de la prueba Proctor modificada.....	23
<b>Tabla 9.</b>	Periodo de diseño recomendado por la AASHTO. ....	28
<b>Tabla 10.</b>	Factor de distribución por carril.....	28

<b>Tabla 11.</b> Niveles de confiabilidad sugerida de acuerdo a la clasificación funcional .....	28
<b>Tabla 12.</b> Valores correspondientes a los niveles de confiabilidad R. ....	29
<b>Tabla 13.</b> Valores mínimos D1, D2 en pulgadas.....	30
<b>Tabla 14.</b> Capacidad de Drenaje .....	33
<b>Tabla15.</b> Coeficientes de drenaje .....	33
<b>Tabla 16.</b> Equipo y Materiales .....	40
<b>Tabla 17.</b> Plan de Recolección de Datos .....	42
<b>Tabla 18.</b> Resultados del Ensayo Arena de Ottawa .....	47
<b>Tabla19.</b> Resultados de Ensayo Granulométrico .....	48
<b>Tabla 20.</b> Resultados Ensayo Granulométrico .....	49
<b>Tabla 21.</b> Resultados de los Ensayos Límites de Atterberg .....	49
<b>Tabla 22.</b> Clasificación de los suelos según las normativas AASHTO Y SUCS .....	50
<b>Tabla 23.</b> Resultados del Ensayo Proctor Modificado .....	52
<b>Tabla 24.</b> Resultado del Ensayo CBR .....	52
<b>Tabla 26.</b> Resultado del Ensayo DCP de Laboratorio.....	53
<b>Tabla 27.</b> Nomenclatura de las Variables de los Ensayos.....	54
<b>Tabla 28.</b> Correlaciones entre las propiedades del Suelo.....	55
<b>Tabla 29.</b> Volumen Vehicular Hora Pico .....	78
<b>Tabla 30.</b> Tráfico Actual en el 1 <sup>er</sup> año.....	80
<b>Tabla 31.</b> Índice de crecimiento Vehicular .....	81
<b>Tabla 32.</b> Tráfico futuro para el período de diseño. ....	81
<b>Tabla 33.</b> Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado.....	82
<b>Tabla 34.</b> Período de diseño según la vía proyecto. ....	83
<b>Tabla 35.</b> Factor de daño según el tipo de vehículo MTOP .....	83

<b>Tabla 36.</b> Factor de distribución por carril-proyecto .....	83
<b>Tabla 37.</b> Número de Ejes Equivalentes-proyecto .....	84
<b>Tabla38.</b> Niveles de confiabilidad sugerida de acuerdo a la clasificación funcional-Proyecto.....	84
<b>Tabla 39.</b> Desviación Estándar Normal "Zr"-Proyecto. ....	85
<b>Tabla 40.</b> Valores mínimos D1, D2 en pulgadas.....	86
<b>Tabla 41.</b> Capacidad de Drenaje-Proyecto.....	88
<b>Tabla42.</b> Coeficientes de drenaje proyecto .....	89
<b>Tabla 43.</b> Datos para el diseño de pavimento flexible CBR de laboratorio Muestra #6 .....	89
<b>Tabla 44.</b> Diseño de pavimento flexible CBR laboratorio Muestra #6.....	90
<b>Tabla 45.</b> Datos para el diseño de pavimento flexible CBR correlacionado Muestra #3.....	91
<b>Tabla 46.</b> Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado.....	92
<b>Tabla 47.</b> Comparación de los espesores del pavimento flexible entre CBR de laboratorio vs CBR correlacionado.....	93
<b>Tabla 48.</b> Ensayo granulométrico 1.....	102
<b>Tabla 49.</b> Ensayo Densidad de Campo 1.....	103
<b>Tabla 50.</b> Ensayo Límite líquido y plástico 1.....	104
<b>Tabla 51.</b> Ensayo Gravedad Específica.....	105
<b>Tabla 52.</b> Ensayo DCP 1 .....	106
<b>Tabla 53.</b> Ensayo Proctor modificado 1 .....	107
<b>Tabla 54.</b> Compactación CBR 1.....	108
<b>Tabla 55</b> Ensayo CBR 1.....	109
<b>Tabla 56.</b> Ensayo Granulométrico #2.....	110
<b>Tabla 57.</b> Densidad de Campo Cono y Arena #2.....	111

<b>Tabla 58.</b> Ensayo Límite Líquido y plástico # 2 .....	112
<b>Tabla 59.</b> Ensayo de Gravedad Específica #2 .....	113
<b>Tabla 60.</b> Ensayo DCP #2 .....	114
<b>Tabla 61.</b> Ensayo Proctor Modificado # 2 .....	115
<b>Tabla 62.</b> Compactación para CBR # 2 .....	116
<b>Tabla 63.</b> Ensayo CBR # 2 .....	117
<b>Tabla 65.</b> Ensayo Densidad de Campo # 3 .....	119
<b>Tabla 66.</b> Ensayo Límite líquido y Plástico # 3 .....	120
<b>Tabla 67.</b> Ensayo Gravedad Específica #3 .....	121
<b>Tabla 68.</b> Ensayo DCP# 3 .....	122
<b>Tabla 69.</b> Ensayo Proctor Modificado #3 .....	123
<b>Tabla 70.</b> Compactación para CBR #3 .....	124
<b>Tabla 71.</b> Ensayo CBR #3 .....	125
<b>Tabla 72.</b> Ensayo granulométrico #4 .....	126
<b>Tabla 73.</b> Densidad de campo #4 .....	127
<b>Tabla 74.</b> Ensayo límite líquido y plástico #4 .....	128
<b>Tabla 75.</b> Gravedad específica #4 .....	129
<b>Tabla 76.</b> Ensayo DCP #4 .....	130
<b>Tabla 77.</b> Ensayo proctor modificado #4 .....	131
<b>Tabla 78.</b> Compactación CBR #4 .....	132
<b>Tabla 79.</b> Ensayo CBR #4 .....	133
<b>Tabla 80.</b> Ensayo granulométrico #5 .....	134
<b>Tabla 81.</b> Densidad de campo #5 .....	135
<b>Tabla 82.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #5 .....	136
<b>Tabla 83.</b> Ensayo Gravedad Específica #5 .....	137

<b>Tabla 84.</b> Ensayo DCP #5 .....	138
<b>Tabla 85.</b> Ensayo Proctor Modificado #5 .....	139
<b>Tabla 86.</b> Compactación para CBR #5 .....	140
<b>Tabla87.</b> Ensayo CBR # 5 .....	141
<b>Tabla 88.</b> Ensayo Granulométrico # 6.....	142
<b>Tabla 89.</b> Densidad de Campo # 6 .....	143
<b>Tabla 90.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico # 6.....	144
<b>Tabla 91.</b> Ensayo Gravedad Específica # 6.....	145
<b>Tabla 92.</b> Ensayo DCP # 6 .....	146
<b>Tabla 93.</b> Ensayo Proctor Modificado # 6 .....	147
<b>Tabla 94.</b> Compactación CBR # 6 .....	148
<b>Tabla 95.</b> Ensayo CBR # 6.....	149
<b>Tabla 96.</b> Ensayo Granulométrico # 7.....	150
<b>Tabla 97.</b> Densidad de Campo # 7 .....	151
<b>Tabla 98.</b> Límite Líquido y Plástico # 7.....	152
<b>Tabla 99.</b> Gravedad Específica # 7.....	153
<b>Tabla 100.</b> Ensayo DCP # 7 .....	154
<b>Tabla 101.</b> Ensayo Proctor Modificado #7 .....	155
<b>Tabla 102.</b> Compactación CBR #7 .....	156
<b>Tabla 103.</b> ENSAYO CBR #7.....	157
<b>Tabla 104.</b> Ensayo Granulométrico #8.....	158
<b>Tabla 105.</b> Densidad de Campo #8 .....	159
<b>Tabla 106.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #8 .....	160
<b>Tabla 107.</b> Gravedad específica #8 .....	161
<b>Tabla 108.</b> Ensayo DCP #8 .....	162



<b>Tabla 109.</b> Ensayo Proctor Modificado #8 .....	163
<b>Tabla 110.</b> Compactación CBR #8 .....	164
.....	165
<b>Tabla 112.</b> Ensayo Granulométrico #9.....	166
<b>Tabla 113.</b> Densidad de Campo #9 .....	167
<b>Tabla 114.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #9.....	168
<b>Tabla 115.</b> Gravedad Específica #9 .....	169
<b>Tabla 116.</b> Ensayo DCP #9 .....	170
<b>Tabla 117.</b> Ensayo Proctor Modificado #9 .....	171
<b>Tabla 118.</b> Compactación CBR #9.....	172
<b>Tabla 119.</b> Ensayo CBR #9.....	173
<b>Tabla 120.</b> Ensayo Granulométrico #10.....	174
<b>Tabla 121.</b> Densidad de Campo #10 .....	175
<b>Tabla 122.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #10 .....	176
<b>Tabla 123.</b> Gravedad Específica #10.....	177
<b>Tabla 124.</b> Ensayo DCP #10 .....	178
<b>Tabla 125.</b> Ensayo Proctor Modificado #10 .....	179
<b>Tabla 126.</b> Compactación CBR #10.....	180
<b>Tabla 127</b> Ensayo CBR #10.....	181
<b>Tabla 128.</b> Ensayo Granulométrico #11.....	182
<b>Tabla 129</b> Densidad de Campo #11 .....	183
<b>Tabla 130.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #11 .....	184
<b>Tabla 131.</b> Gravedad Específica #11.....	185
<b>Tabla 132.</b> Ensayo DCP #11 .....	186
<b>Tabla 133.</b> Ensayo Proctor Modificado #11 .....	187

<b>Tabla 134.</b> Compactación CBR #11.....	188
<b>Tabla 135.</b> Ensayo CBR #11 .....	189
<b>Tabla 136</b> Ensayo Granulométrico #12.....	190
<b>Tabla 137.</b> Densidad de Campo y Arena #12.....	191
<b>Tabla 138.</b> Ensayo Límite Líquido y Plástico #12 .....	192
<b>Tabla 139.</b> Gravedad Específica #12.....	193
<b>Tabla 140.</b> Ensayo DCP #12 .....	194
<b>Tabla 141.</b> Ensayo Proctor Modificado 12 .....	195
<b>Tabla 142.</b> Compactación CBR #12.....	196
<b>Tabla 143.</b> Ensayo CBR #12 .....	197
<b>Tabla 144:</b> Conteo Vehicular TPDA Domingo .....	198
<b>Tabla 145:</b> Conteo Vehicular TPDA Lunes .....	199
<b>Tabla 146:</b> Conteo Vehicular TPDA Martes .....	200
<b>Tabla 147:</b> Conteo Vehicular TPDA Miércoles.....	201
<b>Tabla 148:</b> Conteo Vehicular TPDA Jueves .....	202

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en el grupo A-2, A-4, A-5, A6 Y A7 .....	6
<b>Figura 2:</b> Gráfico de Plasticidad utilizado con la tabla 3 para la Clasificación Unificada de suelos. ....	8
<b>Figura 3:</b> Curva Granulométrica .....	13
<b>Figura 4.</b> Equipo de Cono Dinámico de penetración .....	19
<b>Figura 5.</b> Peso unitario Seco Vs Contenido de Humedad .....	22
<b>Figura 6.</b> Estructura de Pavimento Flexible.....	24
<b>Figura 7.</b> Clasificación funcional de las vías en base al TPDA .....	26

<b>Figura 8.</b> Monograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica “a1” .....	31
<b>Figura 9.</b> Monograma para estimar el Coeficiente Estructural de la base granular “a2” .....	32
<b>Figura 10.</b> Monograma para estimar el Coeficiente Estructural de la Sub-Base Granular “a3” .....	32
<b>Figura 11.</b> Correlación lineal .....	35
<b>Figura 12.</b> Mapa de Ubicación de la Parroquia Quinchicoto.....	39
<b>Figura 13.</b> Ubicación de las Muestra en la parroquia Tisaleo y Quinchicoto.....	40
<b>Figura 14.</b> Pozo a cielo abierto .....	43
<b>Figura 15.</b> Densidad de Campo.....	43
<b>Figura 16.</b> Ensayo DCP.....	44
<b>Figura 17.</b> Eliminación de aire del Picnómetro .....	44
<b>Figura 18.</b> Colocación de la muestra en los tamices .....	44
<b>Figura 19.</b> Ensayo Límite líquido .....	45
<b>Figura 20.</b> Rollo 3 mm de diámetro .....	45
<b>Figura 21.</b> Ensayo Proctor Modificado .....	45
<b>Figura 22.</b> Ensayo CBR .....	46
<b>Figura 23.</b> Muestras con clasificación SUCS.....	51
<b>Figura 24.</b> Muestras con clasificación AASHTO .....	51
<b>Figura 25.</b> Correlación LL vs LP .....	56
<b>Figura 26.</b> Correlación Gw vs Wnat .....	57
<b>Figura 27.</b> Correlación $\gamma_d$ máxima vs $W_{ópt}$ .....	58
<b>Figura 28.</b> Correlación $\gamma_d$ máxima vs Límite Líquido.....	59
<b>Figura 29.</b> Correlación $\gamma_d$ in-situ vs $W_{nat}$ .....	60

<b>Figura 30.</b> Correlación <b>Ga %</b> vs <b>Wnat</b> .....	61
<b>Figura 31.</b> Correlación <b>Wóptimo</b> vs <b>LL%- LP%</b> .....	62
<b>Figura 32.</b> Correlación <b>Wópt</b> vs <b>Wnat%- Lp%</b> .....	63
<b>Figura 33.</b> Correlación <b>γd máx</b> vs <b>LL%- LP%</b> .....	64
<b>Figura 34.</b> Correlación <b>γd (gr/cm3) %</b> vs <b>e</b> .....	65
<b>Figura 35.</b> Correlación <b>Ga %</b> vs <b>Wnat</b> .....	66
<b>Figura 36.</b> Correlación <b>DN</b> vs <b>LL%</b> .....	67
<b>Figura 37.</b> Correlación <b>DN (mm/golpe)</b> vs <b>LL%- LP%</b> .....	68
<b>Figura 38.</b> Correlación <b>DN</b> vs <b>Wnat%</b> .....	69
<b>Figura 39.</b> Correlación <b>DN</b> vs <b>Gw%</b> .....	70
<b>Figura 40.</b> Correlación <b>CBR</b> vs <b>LL %</b> .....	71
<b>Figura 41.</b> Correlación <b>CBR</b> vs <b>Wópt</b> .....	72
<b>Figura 42.</b> Correlación <b>CBR</b> vs. <b>γd máx (gr/cm3)</b> .....	73
<b>Figura 43.</b> Correlación <b>CBR</b> vs <b>LL%- LP%</b> .....	74
<b>Figura 44.</b> Correlación <b>CBR</b> vs <b>DN (mm/golpe)</b> .....	75
<b>Figura 45.</b> Correlación <b>CBR</b> vs <b>DN lab (mm/golpe)</b> .....	76
<b>Figura 46.</b> Comparación entre la correlación propuesta por el ASTM- <b>CBR vs DN</b> campo vs <b>CBR-DN</b> de laboratorio .....	77
<b>Figura 47.</b> Monograma para determinar a1 proyecto.....	87
<b>Figura 48.</b> Monograma para determinar a2 proyecto.....	87
<b>Figura 49.</b> Monograma para determinar a3 proyecto.....	88
<b>Fig50:</b> Cálculo de <b>SN</b> para <b>CBR Calicata 6</b> .....	90
<b>Fig51:</b> Cálculo de <b>SN</b> para <b>CBR correlacionado</b> .....	92
<b>Figura 52.</b> Ubicación de la calicata .....	203
<b>Figura 53.</b> Excavación Pozo a cielo abierto .....	203

<b>Figura 54.</b> Ejecución Ensayo DCP.....	203
<b>Figura 55.</b> Ejecución Ensayo densidad de Campo .....	204
<b>Figura 56.</b> Ejecución Ensayo Límite Líquido .....	204
<b>Figura 57.</b> Ejecución Ensayo Proctor Modificado .....	204

## RESUMEN

En toda obra construida en tierra implica el uso de suelos compactados para lo cual es de suma importancia conocer sus propiedades físicas y mecánicas para tener un comportamiento óptimo del mismo. Para lo cual en el presente trabajo experimental se desarrolló correlaciones entre el CBR, DCP, propiedades índice y mecánicas en suelo de las parroquias Tisaleo y Quinchicoto cantón Tisaleo, en la que se tomó 12 muestras, 6 en cada parroquia con lo que se procedió a realizar los ensayos de laboratorio obteniendo sus propiedades y características.

Para la determinación de las correlaciones de 2 variables se realizó el análisis de regresión, mientras que para correlacionar tres variables se utilizó el método de mínimos cuadrados donde se obtuvo 20 correlaciones con un coeficiente de determinación mayor al 50 por ciento, a la vez se procedió a clasificar el suelo, basándose en las normas AASHTO Y SUCS, y se obtuvo un suelo A-2-4 entre el grupo de arena limosa y arena pobremente graduada respectivamente.

Se aplicó los resultados de la investigación en el diseño de pavimento flexible en la vía la Dolorosa, obteniendo espesores de la capa del asfalto de 5cm, de la base de 10cm y la sub-base de 15cm.

Con esto se busca conocer el comportamiento del suelo a partir de ensayos simples y correlacionar con ensayos complejos, obteniendo ecuaciones con el fin de utilizar en suelos con las mismas características. Ahorrando tiempo, dinero y recursos.

## ABSTRACT

In any work built on land, it involves the use of compacted soils, for which it is very important to know its physical and mechanical properties in order to have an optimal behavior. For which, in the present experimental work, correlations were developed between the CBR, DCP, index and mechanical properties in the soil of the Tisaleo and Quinchicoto parishes, Tisaleo canton, in which 12 samples were taken, 6 in each parish with which we proceeded to carry out laboratory tests obtaining their properties and characteristics.

To determine the correlations of 2 variables, the regression analysis was performed, while the least squares method was used to correlate three variables, where 20 correlations were obtained with a determination coefficient greater than 50 percent. To classify the soil, based on the AASHTO and SUCS standards, and a soil A-2-4 was obtained among the silty sand group and poorly graded sand respectively.

The results of the research were applied in the design of flexible pavement on the Via la Dolorosa, obtaining thicknesses of the asphalt layer of 5cm, of the base of 10cm and the sub-base of 15cm.

This seeks to know the behavior of the soil from simple tests and correlate with complex tests, obtaining equations in order to use it in soils with the same characteristics. Saving time, money and resources.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Antecedentes Investigativos

#### 1.1.1 Antecedentes

El Desarrollo de una nación se da a partir de las actividades que la población realiza sobre el territorio que lo ocupa, por lo que, las interrelaciones entre los distintos cantones, parroquias, pueblos y comunidades se da a través de las diferentes vías de acceso existentes en la provincia para lo cual debe haber un estudio para su construcción y poder fomentar de esta manera un desarrollo económico.[1]

El suelo es el material indispensable en la construcción ya que todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, represas, túneles, muros, carreteras entre otras deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella. Para que una estructura se comporte favorablemente debe poseer una cimentación adecuada y por lo tanto es de suma importancia saber la capacidad que puede soportar el suelo.[2]

En los últimos años se han desarrollado un sin número de investigaciones para correlacionar el valor del DCP con otras propiedades físico - mecánicas de los suelos.[3]

El estudio realizado por Fabiana Viscarra Agreda sobre el cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos evidenció una correlación muy significativa entre el valor de CBR y el número DCP mediante un análisis regresional.[3]

Las ecuaciones obtenidas presentaron valores de  $R^2$  de 0,972 mediante la siguiente ecuación (1):

$$\text{Log (CBR)}=2,38393-0,975\text{Log (DCP) [3]}$$

La mayoría de diseños de estructuras de pavimentos para carreteras en el mundo utilizan correlaciones para determinar el valor del CBR según los resultados del ensayo DCP y así diferentes autores han sacado diversas correlaciones entre el DCP (mm/golpes) y los valores de CBR se tiene algunos ejemplos:



Basada en un estudio en campo para diferentes tipos de suelo (Kleyn, 1975) determinó una ecuación (2)

$$\text{Log (CBR)}=2,622-1,27\text{Log (DCP) [3]}$$

Una ecuación adoptada por varios investigadores e ingenieros a nivel internacional en trabajos de diseño de carreteras es la ecuación (3), conocida como la correlación de U.S. Corps of Engineering (Webster, 1992) para lo cual sirve para un amplio rango de materiales granulares.

$$\text{Log (CBR)}=2,465-1.12\text{Log (DCP) [4]}$$

En absoluto, las diversas investigaciones se han orientado en alcanzar las propiedades de los diferentes tipos de suelo, siendo la resistencia al corte la de mayor empleo en el desarrollo de proyectos civiles y exclusivamente viales. Por esta razón investigadores han buscado la manera de desarrollar correlaciones que simplifican en gran medida el uso de recursos, al ofrecer relaciones aproximadas entre diferentes parámetros; pero no significa que se pueda reemplazar los ensayos tradicionales en lo mínimo, más bien se ofrece como una alternativa de optimización de recursos.[5]

### **1.1.2 Justificación**

Todo obra construida por el ser humano está soportada por el suelo o la roca de la corteza terrestre, por lo cual la presente investigación tiene como principio básico conocer el comportamiento del suelo utilizado para asentar las diferentes estructuras de pavimentos, sometido al Método de Ensayo de Relación de Soporte de California CBR y el ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).[6]

En los controles de calidad de la construcción de carreteras se los realiza a través de los valores del CBR y las características de compactación. Con el Valor del CBR se puede tener la capacidad de soporte de las capas de subrasante, base y subbase.

A través del estudio de suelos se puede determinar las diferentes características mecánicas que posee el suelo, y de acuerdo a la naturaleza de una obra civil se determinan los parámetros que se requieren para el estudio y su posterior diseño. La correcta determinación de las propiedades de los suelos, tanto índice como mecánicas es de especial prioridad en un proyecto de construcción ya que de estas propiedades

dependerán en gran medida las decisiones que se tomen en una posible etapa de diseño, reforzamiento o rehabilitación. [6]

La ingeniería de carreteras en la actualidad requiere de múltiples investigaciones de carácter teórico-práctico, que aplicadas eficazmente y con un acertado criterio técnico permitan optimizar los métodos convencionales de control y diseño. Posibilitando establecer bases de datos confiables para la evaluación de los diferentes tipos de suelos. [7]

Dentro de los ensayos primordiales para el diseño de pavimentos flexibles se tiene la relación de soporte de california (CBR), método empírico, que posibilita conocer la capacidad de soporte del suelo y sub suelo, permitiendo clasificarlo como material de base, sub base, o sub-rasante. Además de ser un factor imprescindible para determinar el espesor de capas, teniendo en cuenta que un valor bajo del CBR implica mayor espesor de la carpeta asfáltica del pavimento y viceversa.[7]

Numerosas investigaciones del tema se han realizado para el diseño de estructuras en el mundo, utilizan correlaciones para determinar el valor del CBR según los resultados del ensayo DCP. [4]

En Nigeria se desarrolló un modelo analítico y empírico para predecir el CBR y el esfuerzo cortante del suelo a partir de sus propiedades índice con el fin de reducir tiempo, esfuerzo y el costo generalmente incurridos para determinar estas pruebas en el laboratorio para la planificación, diseño y construcción de futuros proyectos.[8]

En el Ecuador también se ha incrementado diferentes investigaciones al respecto se realizó una correlación específica entre los índices DCP y CBR además de correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánica de los suelos.[5]

El fin de la presente investigación es realizar un muestreo representativo de los suelos en estado natural, efectuando in situ los ensayos de densidad de campo y en laboratorio los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR de laboratorio de la parroquias Quinchicoto, Tisaleo para determinar correlaciones

experimentales en este tipo de suelos, las mismas que podrán servir de referencia para un diseño preliminar aproximado de la estructura de pavimentos.

Contribuyendo de esta forma a completar el estudio macro de las propiedades de los suelos de las parroquias rurales del cantón Tisaleo, también, permitirá crear una base de los tipos de suelo existentes en cada zona estudiada del cantón.

### 1.1.3 Fundamentación Teórica

#### 1.1.3.1 Suelos

El suelo es el más antiguo de los materiales de construcción y el más complejo de cuantos se conocen debido a que sus propiedades son muy variables en el tiempo y el espacio por lo cual es muy difícil entender y medir. El suelo se ha originado debido a un proceso de desintegración de las rocas de la corteza terrestre por lo cual se puede definir al suelo en la ingeniería civil como una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración o alteración ya sea física y/o química de rocas preexistentes.[9]

El tamaño de las partículas tiene una influencia fundamental en el comportamiento ingenieril de un suelo por lo cual las partículas de un suelo se describen en función de su tamaño, utilizando términos tales como grava, arena, limo o arcilla. Sin embargo no existe una definición de tamaño y puede variar un poco de acuerdo a diferentes Normas[10]

**Tabla1.** Tamaño de las Partículas

Tamaño de Partículas (mm)				
Descripción de las Partículas	Normas			
	Británicas	AASHTO	ASTM	UNIFICADO
Grava	60-2	75-2	>2	75-4.75
Arena	2-0.06	2-0.075	2-0.075	4.75-0.075
Limo	0.06-0.002	0.075-0.002	0.075-0.005	<0.075 finos
Arcilla	<0.002	<0.002	<0.005	

**Fuente:** Mecánica de Suelos Berry P. y Reid D.

#### 1.1.3.1.1. Clasificación de los Suelos

Los suelos con propiedades parecidas pueden ser clasificados en grupos y subgrupos en función de las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería. En este momento existe 2 elaborados sistema de clasificación que utilizan la plasticidad y

la distribución granulométrica como es La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transporte o por sus siglas en inglés AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS.

#### **1.1.3.1.1.1. Sistema de Clasificación AASHTO**

El sistema fue desarrollado en 1929. Este Sistema clasifica al suelo en siete grupos principales A-1 a A-7. Son suelos granulares los grupos A-1, A-2 y A-3. Donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz # 200. Los suelos donde más del 35% pasa a través del tamiz # 200 se clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos son principalmente Limo y materiales de tipo arcilla. [11]

##### **1.1.3.1.1.1.1. Criterios de Clasificación**

###### **Tamaño de Grano**

Grava: Fracción que pasa el tamiz de 75 mm y es retenida en el tamiz # 10 (2 mm).

Arena: fracción que pasa el tamiz # 10 (2mm) y es retenida en el tamiz # 200 (0.075 mm).

Limo y Arcilla: fracción que pasa el tamiz # 200.

Plasticidad: el término limoso se aplica cuando las fracciones finas del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menos. El término arcilloso se aplica cuando las fracciones finas tienen un índice de plasticidad de 11 o más.

Por último si se encuentran cantos o guijarros (tamaño mayor a 75mm), se excluyen de la porción de la muestra de suelo en el que se hizo la clasificación. Sin embargo, se registra el porcentaje de este tipo de material.

Índice de Grupo: Es una modificación de la AASHTO a la clasificación original BPR` y sirve para comparar diferentes suelos dentro de un mismo grupo.[12]

La ecuación para establecer el índice de grupo es la siguiente:

$$\mathbf{GI=0.2a+0.005ac+0.01bd}$$

Donde:

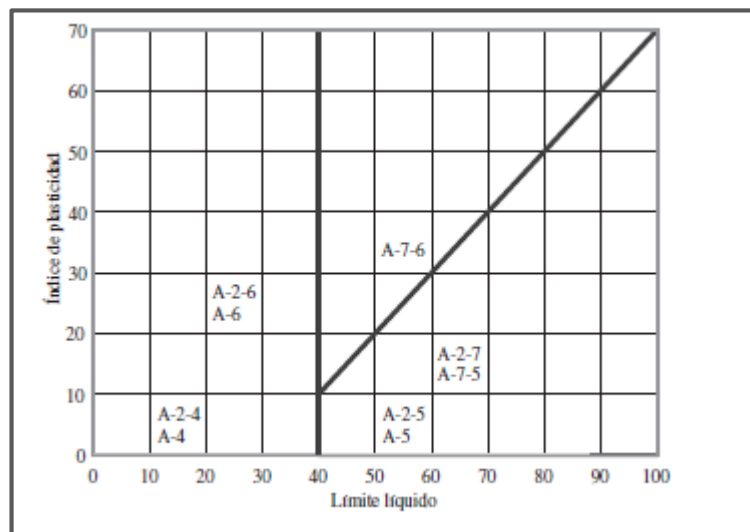
**a**= porcentaje de material más fino que el tamiz #200 mayor que el 35% pero menor que el 75%, expresado como un número entero positivo ( $1 < a < 40$ ).

**b**= porcentaje de material que pasa el tamiz # 200 mayor que el 15% pero menor que 55%, expresado como un número positivo entero ( $1 < b < 40$ ).

**c**= porción del límite líquido mayor que 40 y menor que 60 ( $40 < LL < 60$ ), expresada como un número positivo entero ( $1 < c < 20$ ).

**d**= porción del índice de plasticidad mayor que 10 pero no debe exceder a 30, expresado como un número positivo entero ( $1 < d < 20$ ).[12]

En la **figura N° 1** se indica el sistema de clasificación AASHTO, en el que se utiliza el límite líquido e índice plástico para la clasificación en grupos y subgrupos del suelo fino. Además se incorpora el índice de grupo para la evaluación de la calidad del suelo como un material de sub-rasante.



**Figura 1.** Rango del límite líquido y del índice de plasticidad para suelos en el grupo A-2, A-4, A-5, A-6 Y A-7

**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

**Tabla2:** Sistema de clasificación AASHTO

Clasificación	Materiales Granulares (35% o menos pasa el tamiz N° 200)						Materiales limosos arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa											
N° 10 ( 2mm)	50 máx.	-	-	-				-			
N° 40 (0.425mm)	30 máx	50 máx	51 mín.					-			
N° 200 (0.075 mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín.			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-	-	40 máx	41 mín.	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)	
Índice de plasticidad	6máx	NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena.		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Clasificación general de la Sub-rasante	<b>Excelente a bueno</b>						<b>Regular a Malo</b>				

**Fuente:** Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

### 1.1.3.1.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN SUCS

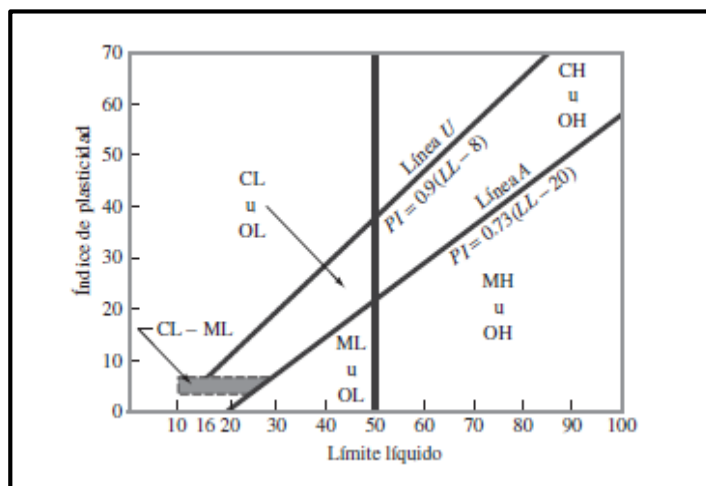
El Sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS fue propuesto por Casagrande en 1948 y adoptados subsecuentemente por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. En la actualidad este sistema se utiliza con modificaciones mínimas en la mayoría de los países fuera de los Estados Unidos. Clasifica a los Suelos en dos grandes Grupos: [11]

#### 1.1.3.1.2.1. Suelos de grano grueso

Están constituidos por grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz # 200 (0.075 mm). Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S.G es para suelo de grava o grava, y S para arena o suelo arenoso.

#### 1.1.3.1.2.2. Suelos de grano fino

Constituidos con 50% o más que pasa por el tamiz # 200 (0.075 mm). Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico. C para la arcilla inorgánica y O para arcillas y limos orgánicos. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y para suelos altamente orgánicos. [11]



**Figura 2:** Gráfico de Plasticidad utilizado con la tabla 3 para la Clasificación Unificada de suelos.

**Tabla 3:** Sistema Unificado de Suelos

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material es retenido en el tamiz número 200	Gravas Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Gravas limpias (sin o con poco finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena poco finos o sin finos	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% GW, GP, SW, SP >12% GM, GC, SM, SC 5 a 12 % de finos casos límite que requiere usar doble símbolo	Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >4 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> entre 1 y 3	
			GP	Gravas mal graduadas mezclas grava-arena pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla de grava-arena -limo		Límites de Atterberg debajo de la línea A o con IP<4	Encima de línea con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla		Límites de Atterberg sobre la Línea A con IP>7	
	Arenas Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4.76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cu=D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> >6 Cc=(D <sub>30</sub> ) <sup>2</sup> /D <sub>10</sub> x D <sub>60</sub> entre 1 y 3	
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW	
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arena limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la Línea A o con IP<4	Los límite situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena- arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7	

Fuente: Manual de laboratorio de Joseph Bowles



**Tabla 4.** Símbolo de cada grupo del Sistema SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TÍPICOS
<b>Suelos de grano fino</b> Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	<b>Limos y arcillas</b> Límite Líquido menor de 50	<b>ML</b>	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.
		<b>CL</b>	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.
		<b>OL</b>	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.
	<b>Limos y arcillas:</b> Límite líquido mayor de 50	<b>MH</b>	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos o limoso micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.
		<b>CH</b>	Arcillas orgánicas de alta plasticidad
		<b>OH</b>	Arcilla orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos
<b>Suelos muy orgánicos</b>		<b>PT</b>	Turba y otros suelo de alto contenido orgánico

**Fuente:** Manual de laboratorio de Joseph Bowles

### 1.1.3.2 Propiedades índice

#### 1.1.3.2.1. Contenido de Humedad (W%)

Es conocido también como contenido de agua y se define como la razón del peso de agua al peso de los sólidos en un volumen dado de suelo, su valor se expresa en porcentaje.[11]

$$W = \frac{W_w}{W_s}$$
$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad [11]$$

Donde:

**W%**= Contenido de Humedad

**W<sub>w</sub>**= Peso del agua

**W<sub>s</sub>** = Peso de sólidos

Para que los resultados sean confiables del contenido de humedad del suelo se recomienda utilizar la mínima cantidad de muestra húmeda como se indica en la tabla N° 5.

**Tabla 5:** Peso Mínimo de muestra Humedad

Tamaño Máximo de las partículas de muestra (95-100 para el tamiz dado)	Peso mínimo recomendado de la muestra (gr)
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 40 (0.420 mm)	10 a 50
12.5 mm	300
50.0 mm	1000

**Fuente:** Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

#### 1.1.3.2.2. Granulometría

Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes. Las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para distintas fracciones de tal manera que máximo de una fracción es el mínimo de la que sigue correlativamente para las distintas fracciones.[13]

Este método consiste básicamente en seleccionar una muestra representativa de suelo, el mismo que será separado en rangos de tamaño mediante el cribado, que permitirá obtener una información técnica tales como:

**Tamaño nominal Máximo (TNM):** Es el grupo que alcanzó el 5% del total de la muestra.

**Diámetro efectivo (D10):** Es representado en milímetros y corresponde al tamaño del grupo de partículas que representa el 10% del material que pasa.

**Diámetro equiparable (D30):** Es representado en milímetros y representa el 30 % del material que pasa.

**Diámetro dimensional (D 60):** Es representado en milímetros y corresponde al 60% del material que pasa.

**Coefficiente de Curvatura (Cc):** Este valor permite conocer la graduación del suelo, su valor debe estar en el rango de 1 y 3 si es bien graduado , mientras que si se encuentra fuera permite conocer que el material está mal graduado o uniformemente distribuido.

$$Cc = \frac{(D30)^2}{D60 * D10}$$

Donde:

**Cc**= Coeficiente de Curvatura

**D30**= Diámetro Equiparable

**D60**= Diámetro Dimensional

**D10**= Diámetro Efectivo

**Coefficiente de Uniformidad (Cu):** Para un material bien graduado el valor debe ser mayor a 4  $Cu > 4$  para gravas. En cambio para las arenas  $Cu > 6$  y además el coeficiente de curvatura  $Cc$  debe estar entre 1 y 3. Cuando el coeficiente de uniformidad  $Cu$  es menor que los valores indicados el material no es graduado sino es prácticamente uniforme en el diámetro de sus partículas.[9]

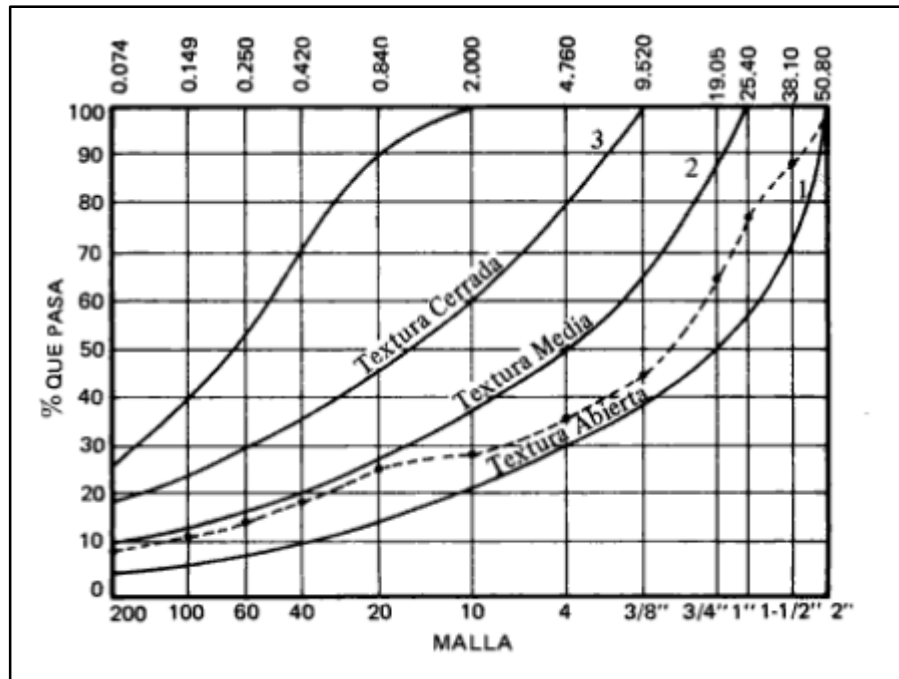
$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

Donde:

**Cu**=Coeficiente de Uniformidad

**D60**= Diámetro dimensional [11]

**D10**= Diámetro efectivo



**Figura 3:** Curva Granulométrica

**Fuente:** Carlos Crespo Villacis

### 1.1.3.2.3. Relación de Vacíos (e)

Se define como la razón del volumen de vacíos (huecos) al volumen de sólidos el volumen ocupado por el suelo. Su valor es adimensional y se expresa en porcentaje.

$$e = \frac{Vv}{Vs}$$

Donde:

**e**= Relación de vacíos.

**Vv**= Volumen no ocupado. [11]

**Vs**= Volumen ocupado por el suelo.

La relación de vacíos con valores muy bajos indicará que el suelo es compacto, por tanto resistente, mientras que relaciones de vacíos con valores altos, significará que los suelos son muy sueltos.

#### **1.1.3.2.4. Porosidad ( $\eta\%$ )**

Se denomina porosidad a la relación entre el volumen de vacíos y el volumen de su masa. Permite calcular los vacíos en un volumen de muestra de suelo. Se expresa como porcentaje:

$$\eta\% = \frac{Vv}{Vm} * 100$$

Donde:

$\eta\%$  = Porosidad

$Vv$  = Volumen de vacíos

$Vm$  = Volumen total de la muestra.

Esta relación puede cambiar teóricamente de 100 (espacio vacío) a 0 (en un suelo ideal con solo fase sólida). En realidad sus valores oscilan entre el 20% y 95%. [14]

La porosidad ( $\eta$ ) con valores bajos indica que el suelo es estable, compacto, poco compresible, mientras que valores muy altos indicarán: Inestabilidad alta compresibilidad, gran asentamiento.

#### **1.1.3.2.5. Densidad de Campo**

La Densidad de Campo permite obtener algunas propiedades índice del suelo que sirve para determinar la densidad de los suelos compactos en terraplenes, bases y subbases de carreteras, viales, respecto un porcentaje dado de la densidad máxima obtenida en el ensayo de compactación Próctor correspondiente al tipo de suelo que se ensaya.

**Peso Volumétrico Natural ( $\gamma_m$ )** (densidad húmeda). Si todo ese cubo ideal de masa del suelo se lo pesara antes de que pudiera drenar el agua y se dividiera ese peso para el volumen que ocupó se obtendría el peso volumétrico de la masa o peso húmedo.

$$\gamma_m = \frac{\text{Peso del suelo Húmedo}}{\text{Volumen del Agujero}} \quad [11]$$

#### **1.1.3.2.6. Peso Volumétrico Seco (Densidad Seca) $\gamma_d$**

Es el parámetro de mayor utilización especialmente cuando se analiza la masa de suelo densificada por efectos de la compactación.

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{(1 + w)}$$

#### **1.1.3.2.7. Densidad Seca Máxima – Humedad Óptima**

La Compactación es la solidificación del suelo por desalojo de aire, mediante la aplicación de energía mecánica. Permite incrementar la resistencia del suelo disminuyendo su compresibilidad. El grado de compactación es medido en términos de su peso unitario seco.

Los ensayos de Proctor Estándar y Modificado son los más empleados para determinar la máxima densidad o peso volumétrico máximo.[5]

El grado de Saturación da a conocer el porcentaje de volumen de huecos que está lleno de agua. Está definida como la relación entre el volumen de agua y el Volumen de vacíos.[2]

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

Donde:

$G_w$  %= Grado de saturación del agua.

$V_w$  =Volumen del agua.

$V_v$ = Volumen de vacíos

Si su valor es 0, indica un suelo seco, si su valor es 100 corresponde a un suelo saturado y un valor intermedio entre 0-100 indica un suelo semi-saturado o parcialmente saturado.

#### **1.1.3.3 Límites de Atterberg (Plasticidad)**

La plasticidad es la propiedad que presentan los suelos para deformarse hasta cierto límite sin romperse. Los límites de Atterberg son simplemente contenidos de humedad. Se relaciona con otras propiedades como: la resistencia del suelo, la compresibilidad y la permeabilidad entre las más importantes.

#### **Estados de Consistencia**

El suelo puede estar en estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido

#### **1.1.3.3.1. Límite Líquido (Ll)**

Se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado semilíquido al plástico.

El contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de escurrimiento con la ordenada de 25 golpes, debe tomarse como Límite Líquido del suelo, y que teóricamente significa que el suelo alcanza una resistencia al corte:

$$0 < S \leq 0.25 \text{ gr/cm}^2 \text{ [12]}$$

#### **1.1.3.3.2. Límite Plástico (Lp)**

Se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico.

El límite plástico se calcula igual que un contenido de humedad promedio, se determina enrollando pequeñas muestras de 3mm de diámetro y cuando éstas tienen tal cantidad de agua empiezan a resquebrajarse. [12]

#### **1.1.3.3.3. Índice plástico (Ip)**

Se define como la diferencia numérica entre el límite líquido y límite plástico.

$$I_p = LL - L_p$$

#### **Excepciones**

- Cuando el Ll o Lp no pueden ser calculados, infórmese Ip como no plástico.
- Cuando el suelo es muy arenoso, el Lp deberá calcularse antes del Ll. Si el Lp no puede ser determinado, indíquese tanto el Ll como el Lp como No plástico.
- Cuando el Lp es igual o mayor que el Ll, indíquese el Ip como No plástico (NP).

#### **1.1.3.3.4. Índice de Liquidez (Il)**

Es el indicativo de la historia de los esfuerzos que ha estado sometido el suelo en los suelos plásticos.

La expresión para obtener el índice de liquidez:

$$I_l = \frac{W - L_p}{I_p}$$

Donde:

**II**= Índice de Liquidez

**W**= Humedad Natural

**Lp**= Límite plástico

**Ip**=Índice plástico

Si el Índice de liquidez es cercano a cero. Se considera que el suelo está pre consolidado y si está cercano a 1 entonces se considera como normalmente consolidado.[9]

### **1.1.3.4 Propiedades Mecánicas**

#### **1.1.3.4.1. Ensayo CBR**

El valor del CBR fue desarrollado por el departamento de California en los Estados Unidos durante la segunda guerra mundial. En la actualidad es una prueba empírica ampliamente aplicado en el diseño de pavimentos flexibles en todo el mundo. La prueba de laboratorio toma al menos cuatro días para medir el valor de CBR para cada muestra de suelo.[15]

#### **Muestra**

El material a ser ensayado debe tener las relaciones de peso unitario-humedad en los suelos bajo el procedimiento del ensayo de próctor, ya sea éste estándar o modificado. Si más de 75% pasa por el tamiz de (3/4") se utiliza este material, si un porcentaje de muestra es retenida en dicho tamiz, se debe retirar y reemplazar por un igual.[16] Se requiere tres muestras, las mismas que van a ser compactadas en tres o cinco capas con 11, 27 y 56 golpes del martillo. [16]

De acuerdo a la norma AASHTO T 193-13, se debe colocar la muestra en remojo por 96 horas, el tiempo más corto que las muestras deberán estar sumergidas no será menor a 24 horas, en suelos no expansivos, mientras que puede requerir un tiempo de remojo mayor de 96 horas en suelos arcillosos.

$$\%CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100$$



Se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. A continuación se presenta los valores de carga unitaria.

**Tabla 6:** Relación Penetración – Carga Unitaria Patrón

Penetración		Carga Unitaria Patrón	
mm	pulg	Mpa	psi
2.5	0.1	6.9	1.000
5.0	0.2	10.3	1.500
7.5	0.3	13.0	1.900
10.0	0.4	16.0	2.300
12.70	0.5	18.0	2.600

**Fuente:** Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

El valor del CBR varía de acuerdo al tipo de suelo ya que su comportamiento se encuentra en función de sus características físicas, granulometría y grado de alteración.

El valor CBR permite establecer la resistencia y comportamiento de los suelos utilizados como subrasante, base y sub-base, en función del tipo de suelo, como se puede observar en la tabla 6.

**Tabla 7.** Uso del suelo de acuerdo al valor del CBR

N° CBR	Clasificación General	Usos	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
			UNIFICADO	AASHTO
0-3	Muy Pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5,A6,A7
3-7	Pobre a Regular	Subrasante	OH, CH, MH,OL	A4,A5,A6,A7
7-20	Regular	Sub base	OL,CL,ML,SC, SM,SP	A2,A4,A6,A7
20-50	Bueno	Base sub base	GM,,GC,SW,SM, SP,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
>50	Excelente	Base	GW,GM	A1a,A2-4,A3

**Fuente:** Manual de laboratorio de Josephe Bowles

#### 1.1.3.4.2. El Cono Dinámico de Penetración

El DCP fue desarrollado en Sudáfrica en 1956 por Scala, es un ensayo no destructivo, de naturaleza empírica. Estudios realizados por Livneh e Ishali (1987) y Kleyn (1975) han sido de mucha importancia para la evaluación de pavimentos. Su uso se ha difundido en Australia, Canadá, Inglaterra, Estados Unidos y Nueva Zelanda.

El DCP es una herramienta útil, multifuncional, su uso trae una gama de beneficios. Sin embargo, es necesaria una buena interpretación para determinar parámetros de diseño finales más confiables, optimizando tiempo, dinero, recursos humanos y mecánico.[3]

La prueba de penetración dinámica de cono se utiliza para medir la resistencia a la penetración dinámica in situ del suelo compactado en función de la profundidad. Los resultados del DCP se expresan en términos de profundidad de penetración por golpe y se puede correlacionar con la resistencia de la subrasante.[17]

El Equipo consiste en un martillo deslizante de 8 kg que cae desde una altura de 5.75 cm a través de una barra de 1.6 cm de diámetro en cuyo extremo inferior tiene un cono de 60° que se va introduciendo en el suelo a medida que se suelta el martillo. La penetración del cono está dada en mm/golpe.

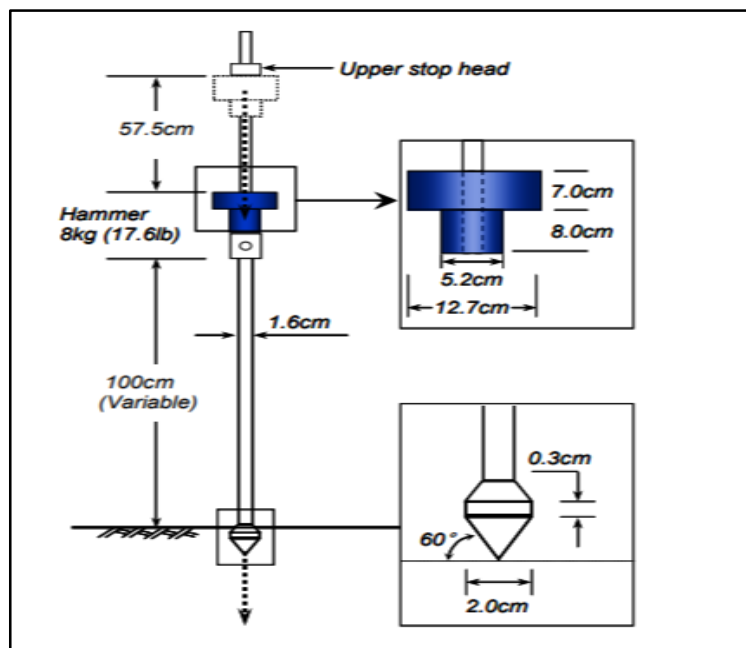


Figura 4. Equipo de Cono Dinámico de penetración

**Fuente:** Kim, Hobi, "Dynamic analysis of dynamic cone penetration test for subgrade compaction assessment" (2014).

#### **1.1.3.4.2.1. Aplicaciones del ensayo de penetración dinámica de cono DCP**

- Control de la construcción de las capa del pavimento y mejoramiento de la subrasante.
- Comprobación de la eficiencia de los equipos de compactación en obra
- Evaluación de las capas de pavimento y subrasante
- Identificación de tramos homogéneos con características estructurales similares

El valor del DCP representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe.

En las últimas décadas se han desarrollado diferentes investigaciones para correlacionar el valor DCP con otras características físico mecánicas de los suelos.

#### **1.1.3.4.2.2. Principales Ventajas del DCP**

- Velocidad de Operación
- Aplicabilidad en diferentes terrenos donde el acceso es complicado.
- Modesto costo del Equipo.
- Simplicidad de la operación y análisis de datos.[18]

#### **1.1.3.4.3. Compactación**

Es el proceso mecánico por el cual se busca aumentar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación esto se puede lograr con la reducción de vacíos por lo que la condición de un terreno compactado es la de un terreno parcialmente saturado.

El objetivo primordial de la compactación es obtener un terreno de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra.[13]

### **1.1.3.4.3.1. Factores que afectan la compactación**

#### **1.1.3.4.3.1.1. Tipo de Suelo**

La distribución de tamaño de grano, el peso específico del mismo, así como el método y equipo adecuado para realizar la compactación.

#### **1.1.3.4.3.1.2. Energía Específica**

La energía específica es la presión aplicada al suelo por unidad de volumen, durante cualquier proceso de compactación. En laboratorio la compactación por impacto queda definida por:

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

Donde:

**Ee**= Energía Específica

**N**=Número de golpes de pisón compactador por cada una de las capas que se acomoda el suelo en el molde de compactación.

**n**= Número de capas que se disponen hasta llenar el molde

**W**= Peso del pisón compactador

#### **1.1.3.4.3.1.3. El contenido de Humedad**

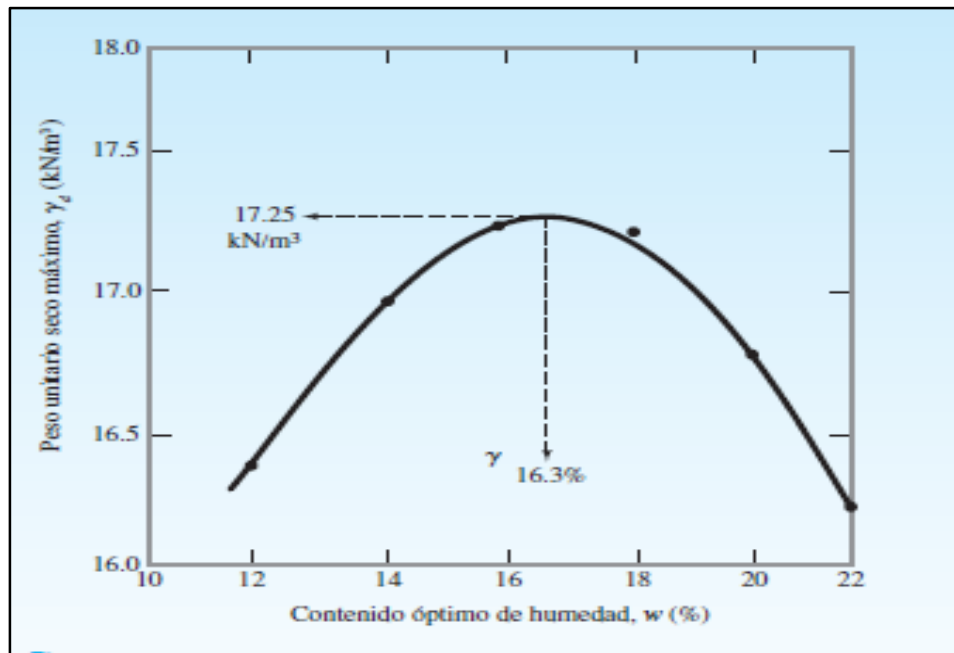
Es una variable fundamental en la compactación de los suelos. La Humedad que permite conseguir una compactación óptima es el óptimo contenido de humedad la cual permitirá alcanzar la densidad seca máxima. Si el contenido de humedad está por debajo del óptimo, el suelo se encuentra rígido y difícil de comprimir, originando densidades bajas y contenido de aire elevados. En cambio sí se encuentra por encima del óptimo, el contenido de aire se mantiene pero aumenta la humedad produciendo la disminución de la densidad seca. [11]

#### **1.1.3.4.4. Proctor Modificado**

En la prueba del proctor, el suelo se compacta en un molde que tiene un volumen de 943.3 cm<sup>3</sup>. El diámetro del molde es de 101.6 mm. Durante la prueba de laboratorio el molde se une a una placa base en la parte inferior y a una extensión en la parte superior.

El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego es compactado en cinco capas iguales por un martillo que entrega 25 golpes a cada capa. El martillo pesa 44.5 N ( masa=4,536 kg) y tiene una caída de 457.2 mm.[11]

**Figura 5.** Peso unitario Seco Vs Contenido de Humedad



**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

**Tabla 8.** Especificaciones de la prueba Proctor modificada

Elemento	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	943.3 cm <sup>3</sup>	943.3 cm <sup>3</sup>	2124 cm <sup>3</sup>
Peso de martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de la caída del martillo	457.2 mm	457.2 mm	457.2 mm
Número de golpes del martillo por capa de suelo	25	25	56
Número de capas de compactación	5	5	5
Energía de compactación	2696 KN-m/m <sup>3</sup>	2696 KN-m/m <sup>3</sup>	2696 KN-m/m <sup>3</sup>
Suelo utilizado	Porción que pasa el tamiz #4 (4.75mm) Puede ser utilizada si 20% o menos del material, es retenido en el tamiz # 4.	Porción que pasa el tamiz de 9.5 mm. Puede ser utilizada si el suelo retenido en el tamiz #4 es más de 20% y 20% o menos es retenido en el tamiz de 9.5 mm.	Porción que pasa el tamiz de 19 mm. Puede ser utilizada si más de 20% del material es retenido en el tamiz de 9.5 mm y menos de 30% del peso es retenido en el tamiz de 19 mm.

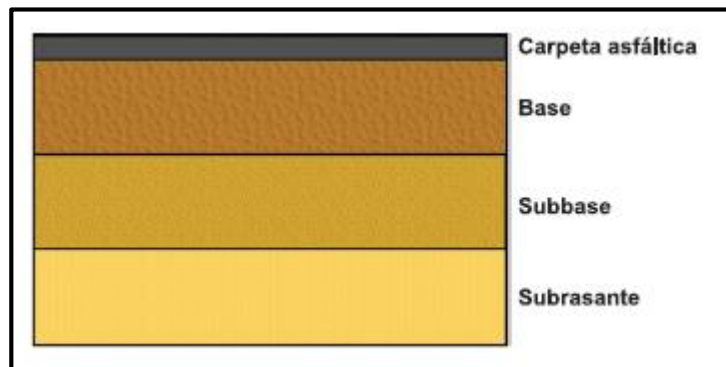
**Fuente:** Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das

### 1.1.3.5 Diseño Estructural de Pavimento Flexible

#### 1.1.3.5.1. Pavimento Flexible

Son aquellos pavimentos que se adaptan a las deformaciones del suelo sin que aparezcan tensiones adicionales. Es una estructura que mantiene un contacto íntimo de las cargas y las distribuye a la subrasante.[19]

Este tipo de pavimentos está formado por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la subbase.[20]



**Figura 6.** Estructura de Pavimento Flexible

**Fuente:** Análisis Cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de Pavimento flexible en la ciudad de Bogotá, J.

Herrera, Castaño, G. Jose, y F. Reyes.

#### 1.1.3.5.2. Principales funciones y características de cada una de las capas que conforman el pavimento flexible

##### **Subrasante**

Entre mejor calidad se tenga en esta capa, el espesor del pavimento será más reducido y habrá un ahorro en costos sin mermar la calidad. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación.

La función de la subrasante es soportar las cargas que transfieren el pavimento y darle sustentación, además de considerarse cimentación del pavimento después de haber terminado el movimiento de tierras, haber compactado y dadas las pendientes específicas.[21]

### **Sub base**

Capas de espesor definido de materiales que cumplan determinadas especificaciones, las cuales se colocan sobre una subrasante aprobada, para soportar la Capa de Base.

Debe cumplir los siguientes objetivos:

Soportar esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitir a un nivel adecuado de subrasante.[22]

Servir de capa de drenaje del pavimento, debe drenar el agua que se introduzca por medio de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

Controlar o eliminar en lo posible los cambios de volumen, elasticidad y disminuir la plasticidad que perjudican el material de subrasante o terreno de fundación.

Controlar la capilaridad del agua, proveniente de niveles freáticos infrayacentes cercanos.[21]

### **Base**

Es la capa que tiene por finalidad absorber los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos repartiendo uniformemente estos esfuerzos a la capa de sub-base y al terreno de fundación a una intensidad apropiada. Las bases pueden ser granulares o estar formadas por mezclas bituminosas, mezclas estabilizadas u otro material ligante.

Debe cumplir los siguientes objetivos:

Por su función estructural, reduce los esfuerzos cortantes que se transmiten hacia las capas inferiores.

Ser resistente a los cambios de humedad y temperatura.

No se debe presentar cambios de volumen

Reducir el espesor de la capa de rodadura [21]

### **Carpeta Asfáltica**

Tiene como función principal proteger la capa de base impermeabilizando su superficie para evitar las filtraciones del agua de lluvia. Hasta donde sea posible, debe impedir el paso del agua al interior del pavimento. Evita el desgaste de la base debido al tráfico de vehículos es decir los efectos abrasivos del tránsito. Además provee una superficie resistente al deslizamiento y controla las deformaciones plásticas sobre la capa base.[21]



## Rasante

Es la que corresponde a la superficie de rodadura e indica la línea de gradiente a nivel de la superficie de rodadura del camino.

### 1.1.3.5.3. Análisis de Tránsito

Para el dimensionamiento de un pavimento es necesario determinar los efectos que las cargas de los vehículos causarán sobre el pavimento, por lo cual se debe conocer el número y tipo de vehículos que circulan por una vía, así como la fuerza de la carga y la configuración del eje que le aplica.

### 1.1.3.5.4. Composición

La composición relativa de las diferentes clases de vehículos en el tránsito total es lo que se llama composición del tránsito.

Las dos clases más generales de vehículos son:

**Vehículos Livianos**, que incluye motocicletas y los automóviles así como a otros vehículos ligeros como pickups y camionetas, con capacidad hasta de ocho pasajeros y ruedas sencillas en el eje trasero.

**Vehículos Pesados**, como camiones, buses y combinaciones de camiones (remolques y semirremolques), de más de cuatro toneladas de peso y doble llanta en las ruedas traseras.[23]

### 1.1.3.5.5. Volumen

Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA): Es el volumen de tránsito promedio por día, representa el número de vehículos que pasan en el lapso de un año consecutivo dividido por los 365 días.

<b>Clasificación Funcional de las Vías en base al TPDA<sub>d</sub></b>			
Descripción	Clasificación Funcional	Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA <sub>d</sub> ) al año de horizonte	
		Límite Inferior	Límite Superior
Autopista	AP2	80000	120000
	AP1	50000	80000
Autovía o Carretera Multicarril	AV2	26000	50000
	AV1	8000	26000
Carretera de 2 carriles	C1	1000	8000
	C2	500	1000
	C3	0	500

**Figura 7.** Clasificación funcional de las vías en base al TPDA

**Fuente:** Norma NEVI-12- Volumen 2.

Donde:

**TPDA<sub>d</sub>** = TPDA correspondiente al año de diseño u horizonte.

**TPDA<sub>d</sub>**= Año de inicio de estudios + Año de licitación, Construcción + Años de Operación

**C1**= Equivale a una carretera de mediana capacidad.

**C2**= Equivale a carretera convencional básica y camino básico.

### 1.1.3.5.6. Método AASHTO 93 para el diseño de Pavimentos Flexibles

El método AASHTO originalmente conocido AASHO, fue desarrollado en los Estados Unidos en la década de los 60, basándose en un ensayo en escala real durante 2 años en el Estado de Illinois. [21]

#### Ecuación de Diseño Método AASHTO 93

Está basada en identificar o encontrar un número estructural “SN” que pueda soportar el nivel de carga requerido, el método proporciona la ecuación general que involucra los siguientes parámetros:

$$\log_{10}(w_{18}) = Z_r * S_0 + \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right]}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 X \log_{10}(Mr) - 8.07$$

Donde:

**W18**= Número de cargas de ejes equivalentes sencillos de 18.000 lb (8.2 Tn), calculados conforme al tránsito vehicular.

**R**= Confiabilidad en el diseño

**Z<sub>r</sub>**= Factor de desviación estándar normal para un nivel de confiabilidad R.

**S<sub>0</sub>**= Desviación estándar global para un nivel de confiabilidad R.

**Δ PSI** = Diferencia entre el índice de serviciabilidad inicial y final deseado.

**Mr**= Módulo de resiliencia (Característica de la Subrasante)

**SN**= Número Estructural.[21]

### 1.1.3.5.7. Período de diseño de la vía

Es el tiempo esperado, de acuerdo al diseño, para que una vía se mantenga con niveles de servicio permisible, el pavimento va a satisfacer las exigencias de servicio sin requerir actividades de rehabilitación.

**Tabla 9.**Periodo de diseño recomendado por la AASHTO.

Tipo de Carretera	Período de Diseño (años)
Urbana de tránsito elevado	30-50
Interurbana de tránsito elevado	20-50
Pavimentada de baja intensidad de tránsito	15-25
De baja intensidad de tránsito, pavimentación con grava	10-20

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Tráfico Equivalente (W18):** Modifica el total de las cargas transmitidas por los distintos tipos de vehículos pesados a la capa de rodadura, el método actual contempla los ejes equivalentes sencillos de 8.2 ton acumulados durante el período de diseño.[21]

**Tabla 10.** Factor de distribución por carril

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

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Confiabilidad R:** Se define como la probabilidad de que la estructura tenga un comportamiento igual o mejor al planteado durante la vida de diseño implantado. Cada Valor de R está relacionado estadísticamente a un valor del coeficiente de Desviación estándar normal  $Z_r$ . Mediante el cual se puede obtener un valor de R a través de la Desviación estándar.[21]

**Tabla 11.** Niveles de confiabilidad sugerida de acuerdo a la clasificación funcional

Clasificación funcional	Nivel de Confiabilidad, R, recomendado	
	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, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Desviación Estándar Normal Zr:** Valores correspondientes a los niveles de confiabilidad R.

**Tabla 12.** Valores correspondientes a los niveles de confiabilidad R.

Confiabilidad	Zr	Confiabilidad	Zr
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
85	-1.037	98	-2.054
90	-1.282	99	-2.327
91	-1.340	99.9	-3.090
92	-1.405	99.99	-3.750

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Desviación Estándar Global “So”:** Este parámetro está unido directamente con la confiabilidad R. Este factor indica las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y determinación de tráfico futuro.[21]

En Pavimentos Flexibles:  $0.40 < So < 0.50$  Es Recomendable usar 0.45

**Módulo de Resiliencia Mr (Características de subrasante):** La sub-rasante es el suelo de fundación para todo paquete estructural. El módulo de resiliencia es un parámetro que representa lo que sucede bajo un pavimento en lo referente a tensiones y deformaciones. Para su cálculo como alternativa se puede correlacionar con el CBR.

$Mr$  (psi)=1500 x CBR para CBR < 10% (Sugerida por la AASHTO)

$Mr$  (psi)= 3000\*CBR<sup>0.65</sup> para CBR de 7.2% a 20% (Desarrollada en Sudáfrica)

$Mr$  (psi)= 4326 x lnCBR +241 (Para suelos granulares AASHTO)[21]

**Índice de Serviciabilidad ( $\Delta$ Psi):** Es la condición de un Pavimento para brindar al usuario un manejo confortable y seguro en un determinado momento.

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

Donde:

**$\Delta$ PSI=** Diferencia entre los índices de servicio original o inicial y el final deseado.

**PSI inicial:** Índice de servicio inicial (4.5 para pavimentos rígidos y 4.2 para flexibles)

**PSI final:** Índice de servicio final Valores de 3.0, 2.5 y 2.0 recomendado 2.5 o 3.0 para caminos principales y 2.0 para secundarios.[21]

#### 1.1.3.5.8. Determinación de Espesores de capa

Una vez obtenido el Número estructural SN utilizando la ecuación general básica de diseño, para la selección estructural del pavimento. Se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad. La norma AASHTO establece la siguiente ecuación:[21]

$$\text{SN} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

**$a_1, a_2, a_3$**  = Coeficientes estructurales de capa, base y subbase respectivamente.

**$D_1, D_2, D_3$**  = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente.

**$m_2, m_3$**  = Coeficientes de drenaje para base y subbase respectivamente.

Para el cálculo de los espesores  $D_1$  y  $D_2$  (en pulgadas), el método requiere respetar los siguientes valores mínimos, en función del tránsito en eje equivalentes sencillos de tránsito.[21]

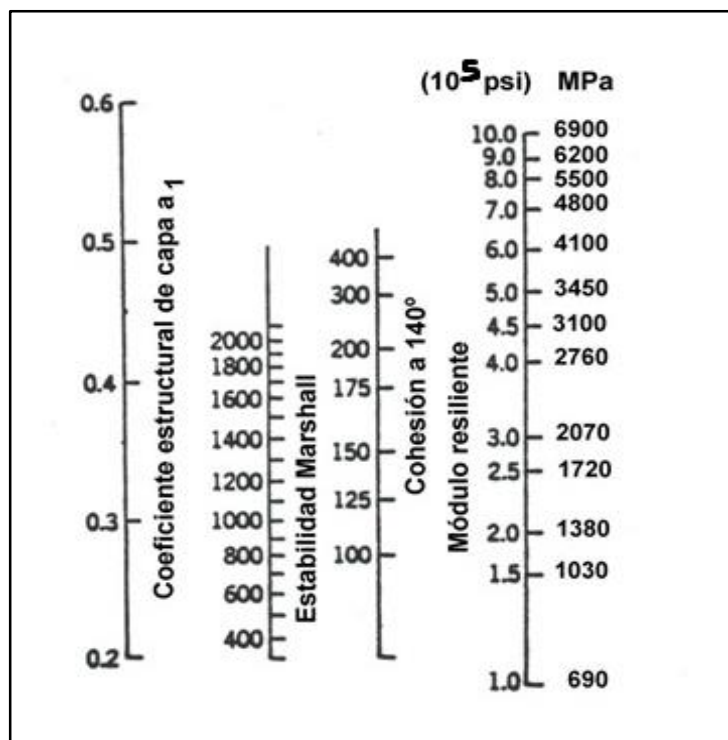
**Tabla 13.** Valores mínimos  $D_1, D_2$  en pulgadas

Tráfico W18	Concreto asfáltico, $D_1$ (in)	Capa Base $D_2$ (in)
<50 000	1.0 (o tratam Superficial)	4
50001 a 150 000	2.0	4
150 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3.0	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
7 000 000	4	6

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Coefficiente Estructural** (a1, a2, a3): Los materiales empleados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible, de acuerdo a sus características ingenieriles, tienen un coeficiente estructural “ai”. El mismo que representa la capacidad del material para resistir las cargas solicitantes.[19]

Coefficiente Estructural de la carpeta asfáltica “a1”: Se tiene la Estabilidad Marshall en libras o el módulo de elasticidad de la mezcla asfáltica en psi, se puede determinar el coeficiente estructural a1.[21]

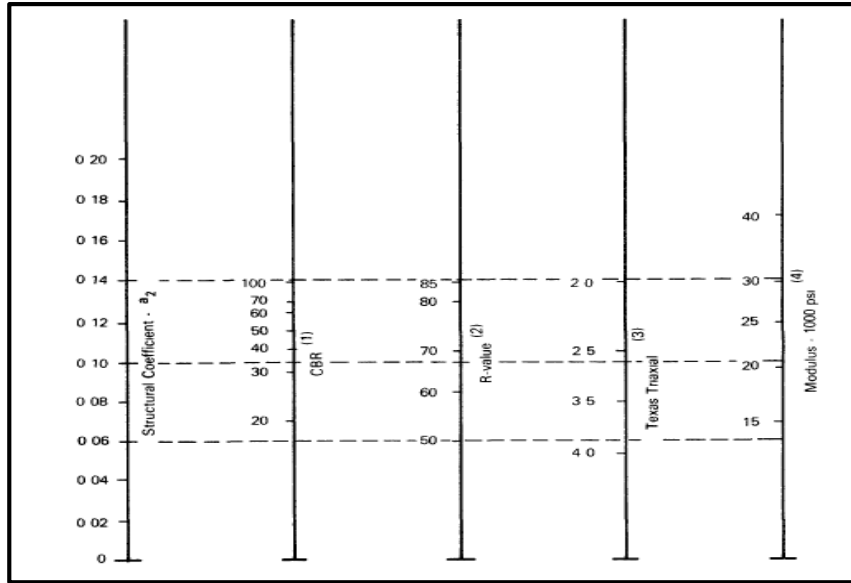


**Figura 8.** Monograma para estimar el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica “a1”

**Fuente:** Hugo, “Coeficientes estructurales o de capa | Pavimentos,” 2012.

<http://libro-pavimentos.blogspot.com/2012/03/coeficientes-estructurales-o-de-capa.html> (accessed Jul. 02, 2020)

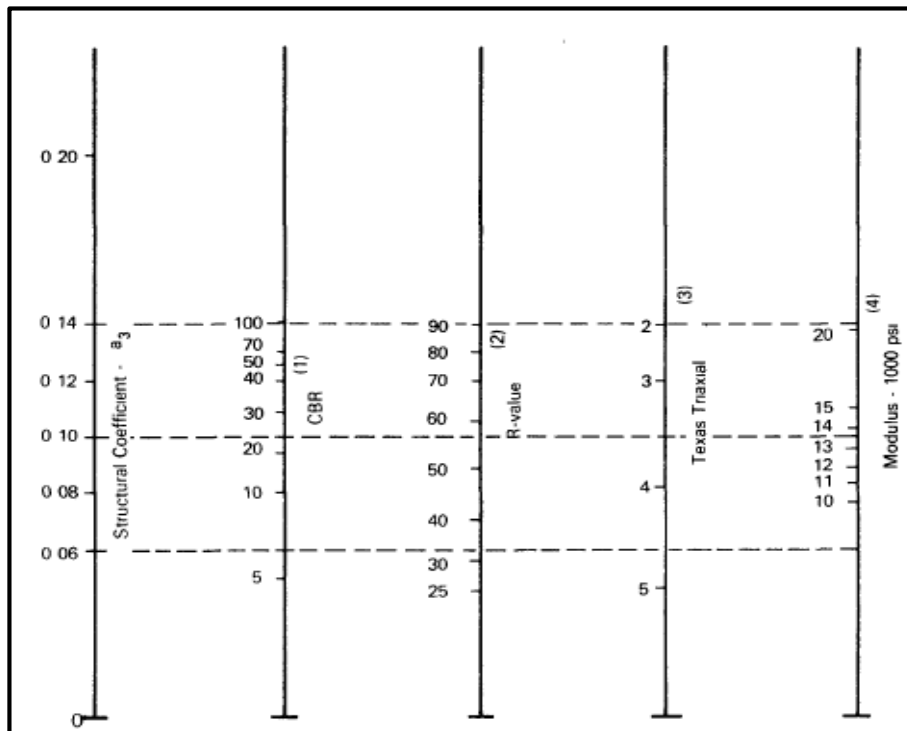
### Coeficiente Estructural de la base granular “a2”



**Figura 9.** Monograma para estimar el Coeficiente Estructural de la base granular “a2”

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### Coeficiente Estructural de la Sub-Base Granular “a3”



**Figura 10.** Monograma para estimar el Coeficiente Estructural de la Sub-Base Granular “a3”

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Coefficientes de Drenaje** (m2, m3): La condición del drenaje se establece en términos del tiempo en que tarda el agua en ser eliminada de las capas base y sub-base respectivamente.[21]

**Tabla 14.** Capacidad de Drenaje

Calidad del Drenaje	Agua eliminada en:
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

En la tabla 14 se presenta valores recomendados para m2 y m3 en función de la calidad de drenaje y el porcentaje de tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad altos próximos a la saturación para bases y sub-bases sin estabilizar.[21]

**Tabla15.** Coeficientes de drenaje

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de Pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Más de 1 %	1%-5%	5%-25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### 1.1.3.6 Correlaciones

#### 1.1.3.6.1. Definiciones

**Varianza:** Se define como la desviación estándar al cuadrado.

$$s^2 = \frac{\sum(X_i - \bar{x})^2}{n}$$



Donde:

$S^2$  = Varianza

$\Sigma Xi$  = Sumatoria de datos

$\bar{x}$  = Media aritmética

$n$  = Número de datos

**Media Aritmética:** Es la suma de todos los datos dividido entre el número total de datos.

$$\bar{x} = \frac{\Sigma Xi}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

$\Sigma Xi$  = Sumatoria de los datos

$n$  = total de datos

#### **1.1.3.6.2. Correlación**

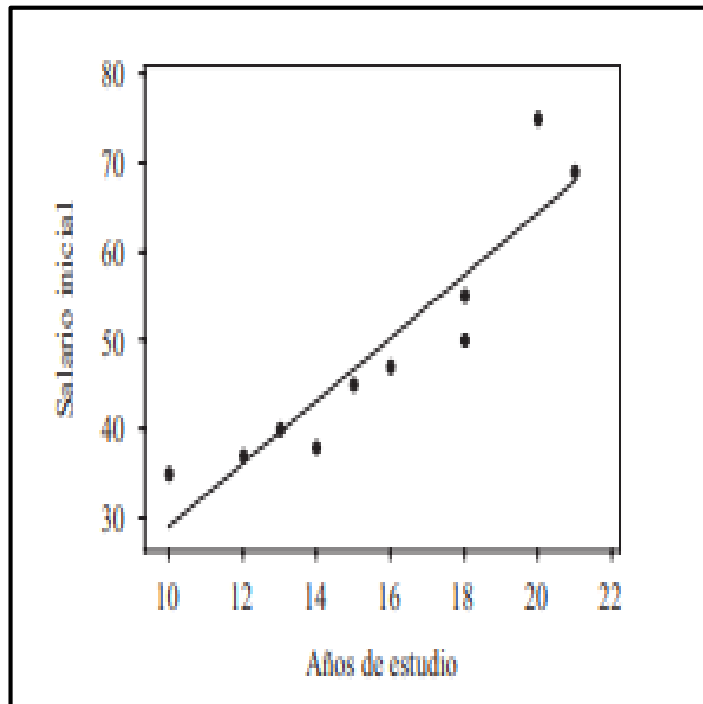
La correlación estadística establece una técnica que permite observar si dos variables están relacionadas o no. Es decir, si hay un grado de relación entre las variables.

Cuando participan solo dos variables se habla de una correlación simple y de regresión simple. Mientras cuando intervienen más de dos variables, se habla de correlación múltiple y de regresión múltiple. [24]

##### **1.1.3.6.2.1. Correlación Lineal**

Se tiene dos variables X, Y, un diagrama de dispersión sirve para mostrar la localización de los puntos (x, y), si en este diagrama de dispersión todos los puntos parecen encontrarse cerca de una línea recta se le denomina correlación lineal.[24]

Si Y tiende a crecer a medida que x crece se dice que es una correlación directa o positiva. En cambio, si Y tiende a disminuir a medida que X aumenta se dice que es una correlación negativa o inversa.



**Figura 11.** Correlación lineal

**Fuente:** Estadística Shaum, R. Murray Spiegel y J. Larry Stephens

#### 1.1.3.6.2.2. Correlación Múltiple

Implica cuando se tiene una variable dependiente y varias variables independientes para un objeto de estudio para un mejor acercamiento a la realidad estadística.

$$y = a + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_nX_n \text{ [24]}$$

Una correlación múltiple (R) es el coeficiente de correlación entre una variable criterio (Y) y la combinación lineal de las variables llamadas predictoras (X) que también se puede dominar variables independientes.

#### 1.1.3.6.3. Coeficiente de correlación de Pearson (r)

r expresa en qué grado los sujetos tienen el mismo orden en las variables X e Y. Si la correlación es perfecta  $r=1$  en el orden de los sujetos en ambas variables es el mismo y el diagrama de dispersión coincidirá con una recta (la recta de regresión).

$r^2$  expresa la porción de variación común (varianza común).[25]

$$r = \pm \sqrt{\frac{\text{variación explicada}}{\text{variación total}}}$$

$$r = \pm \sqrt{\frac{\Sigma((y_{est} - \bar{Y})^2)}{\Sigma((Y - \bar{Y})^2)}$$

r es una cantidad adimensional y su valor se encuentra entre +1 (correlaciones positivas) y -1 (correlaciones negativas).

#### 1.1.3.6.4. Las Rectas de Regresión de Mínimos cuadrados

La recta de regresión por mínimos cuadrados de Y sobre X es:

$$Y = a_0 + a_1x$$

Donde  $a_0$  y  $a_1$  se obtienen de las siguientes ecuaciones:

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

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

Despejando:

$$a_0 = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$a_1 = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

Así mismo la recta de regresión X sobre Y es:

$$X = b_0 + b_1x$$

Donde  $a_0$  y  $a_1$  se obtienen de las siguientes ecuaciones

$$\Sigma Y = b_0N + b_1\Sigma Y$$

$$\Sigma XY = b_0\Sigma X + b_1\Sigma Y^2$$

Despejando:

$$b_0 = \frac{(\Sigma X)(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)(\Sigma XY)}{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}$$

$$b_1 = \frac{N\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{N\Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2}$$

### **1.1.4 Hipótesis**

La correlación entre el CBR de laboratorio, DCP, y las propiedades índice y mecánicas en suelo de las parroquias Tisaleo, y Quinchicoto cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua arrojan un coeficiente de correlación mayor al 50%.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General:**

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la Parroquia: Quinchicoto, Tisaleo del Cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua

### **1.2.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar las propiedades índice – mecánicas de los suelos de las Parroquias: Quinchicoto, Tisaleo del Cantón Tisaleo, por medio del análisis de campo y laboratorio.
- Ampliar la base de datos existente, referente a estudios de correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos de la provincia de Tungurahua.
- Aplicar los resultados de la investigación en el diseño de pavimentos para vías rurales, del cantón Tisaleo de la provincia de Tungurahua.
- Zonificar los diferentes tipos de suelo de las parroquias: Quinchicoto, Tisaleo de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS y AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas

## **CAPÍTULO II**

### **2. METODOLOGÍA**

La metodología a realizar en el presente proyecto es experimental y se realizará bajo los siguientes niveles de investigación.

#### **2.1 Niveles de investigación**

##### **2.1.1 Investigación Exploratoria**

Se realizará un reconocimiento de cada una de las vías en las parroquias Quinchicoto y Tisaleo, que permita la selección de las vías que formarán parte del estudio.

##### **2.1.2 Investigación de laboratorio**

La presente investigación en gran parte se desarrolla en el laboratorio de suelos de la Carrera de Ingeniería Civil con la realización de los ensayos CBR, límite de Atterberg entre otros que permiten determinar el tipo y las características del suelo.

##### **2.1.3 Investigación correlacional**

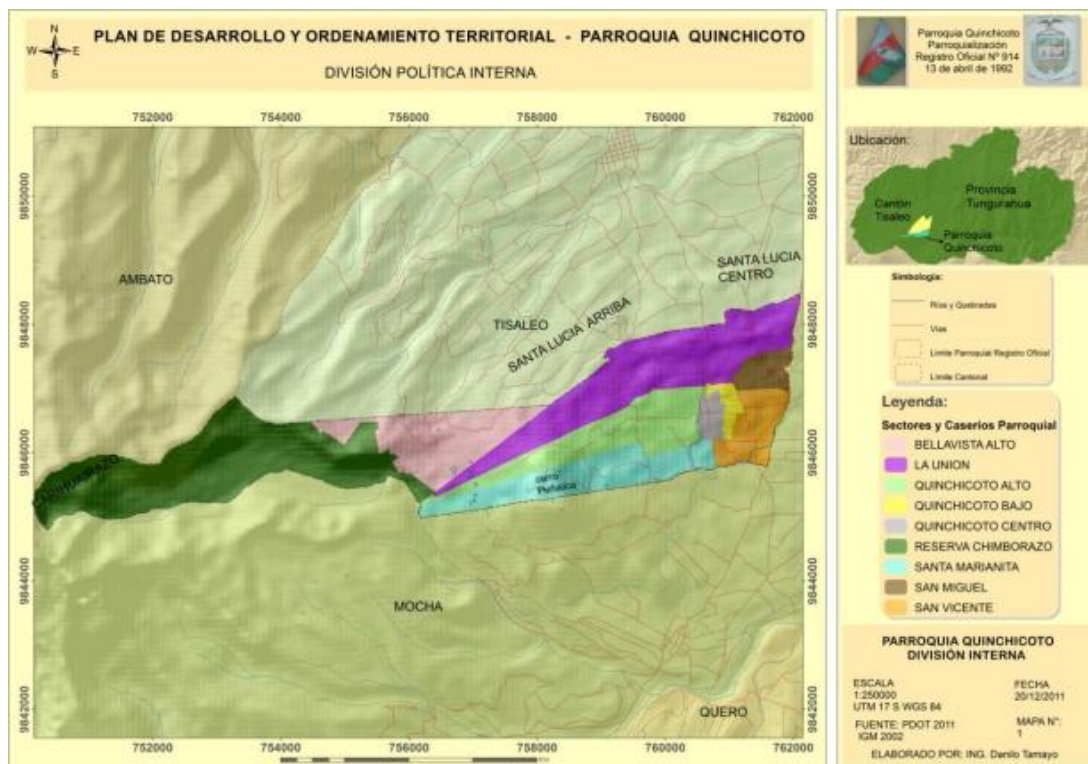
A partir de los ensayos de campo y laboratorio se realizarán correlaciones con el CBR para medir el grado de relación que existe y poder obtener un valor de CBR confiable para posteriormente diseñar el Pavimento flexible.

#### **2.2 Población y Muestra**

##### **2.2.1 Población**

La población es el suelo de las parroquias Quinchicoto, Tisaleo

La parroquia Quinchicoto posee una superficie aproximada de 969,37 Ha. Posee tres niveles de zonificación dependiendo de su altura y ubicación dentro del cantón Tisaleo con una altura promedio de 3268 m.s.n.m. [26]

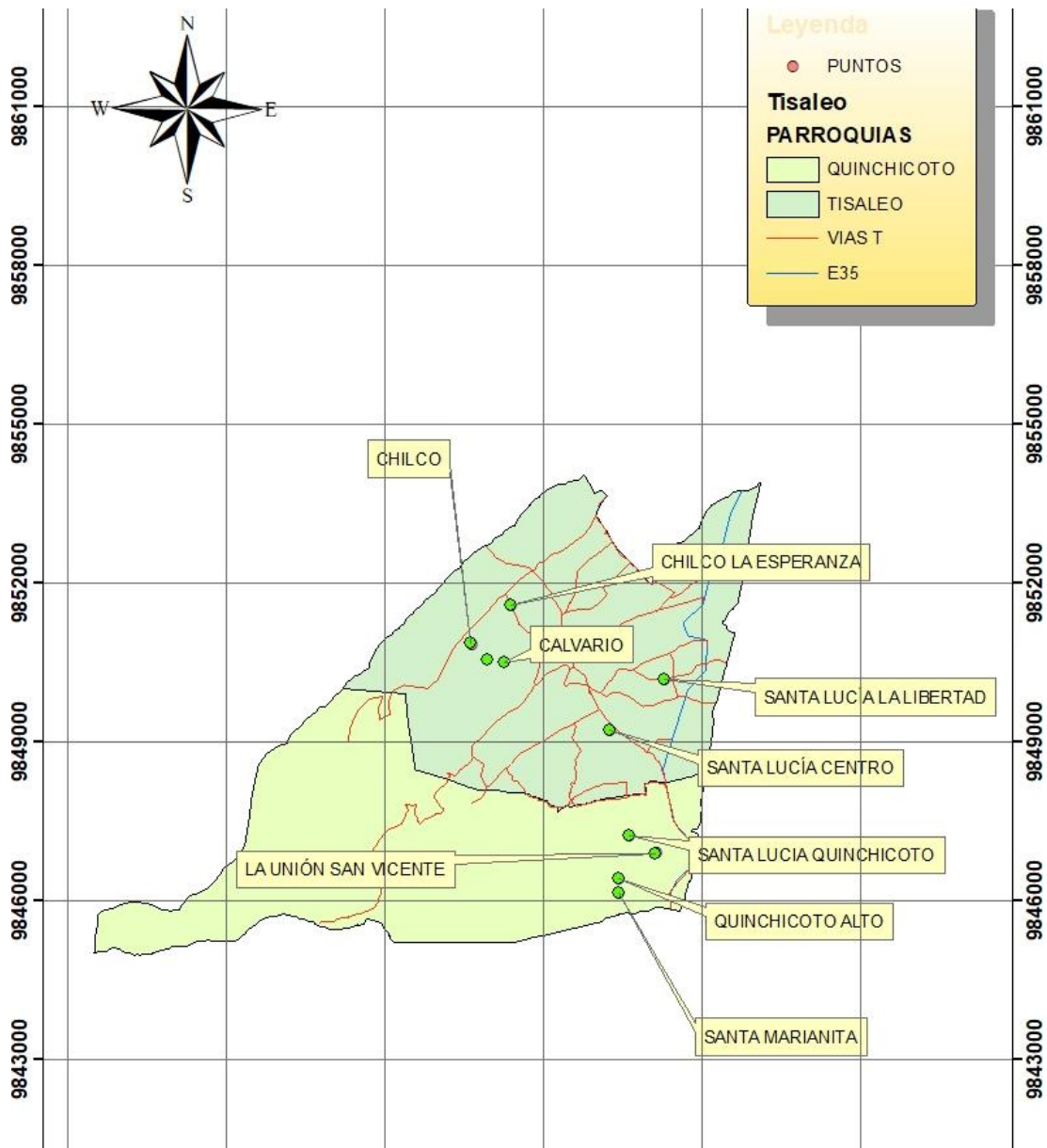


**Figura 12.** Mapa de Ubicación de la Parroquia Quinchicoto  
**Fuente:** GAD, “DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GAD PARROQUIA RURAL QUINCHICOTO,” 2010.

### 2.2.2 Muestra

El proyecto de carácter experimental se desarrolló en las parroquias de Tisaleo y Quinchicoto perteneciente al cantón Tisaleo, la muestra es el suelo extraído de dos calicatas en 6 puntos a lo largo de las vías que unen al casco urbano con diferentes poblados.

En el interior de la parroquia Tisaleo se tomaron muestras de suelo en las siguientes vías; Centro parroquial- Comunidad Sta. Lucía Centro, Chilco- La Esperanza, Chilco el Calvario. A la vez que en la parroquia Quinchicoto las muestras fueron tomadas en las vías; Caserío Santa Marianita, Caserío la Unión, Caserío San Vicente.



**Figura 13.** Ubicación de las Muestra en la parroquia Tisaleo y Quinchicoto

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

### 2.3 Equipos y Materiales

**Tabla 16.** Equipo y Materiales

Ensayo	Norma	Materiales	Equipos
Pozo a Cielo Abierto	AASHTO T 87-70	Muestras in situ	Pala Pico Barra Flexómetro

DCP (Penetración Dinámica de Cono)	ASTM 6951-03	T	Muestras in situ	Equipo DCP Libreta de anotación
Contenido de humedad natural	AASHTO 265 2015	T	Muestras in situ	Recipiente Horno
Gravedad específica de sólidos	AASHTO 100 2015	T	50 gr de suelo que pasa el tamiz # 4	Tamiz # 4 Mortero de porcelana Picnómetro Embudo Termómetro Recipiente metálico Pipeta
Granulometría	AASHTO 88 2013	T	Muestra cuarteada	Juego de Tamices Tamizadora Brocha Recipientes
Límite líquido (Copa de Casagrande)	AASHTO 89 2013	T	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Copa Casagrande Espátula Recipiente de aluminio
Límite plástico	AASHTO 90 2016	T	150 gr de suelo que pasa tamiz # 40	Mortero de porcelana Pistillo de caucho Placa de vidrio Fuente de mezclado Calibrador pie de rey
Proctor Modificado Tipo B	AASHTO 180 2018	T	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
California Bearing Ratio (CBR) *	AASHTO 193 2013	T	18 kg de suelo que pasa el tamiz # 4	MULTISPEED 34-V1172



## 2.4 Métodos

### 2.4.1 Plan de Recolección de la información

Tabla 17. Plan de Recolección de Datos

Preguntas Básicas	Explicación
¿ Para qué?	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas del suelo con su respectivo valor CBR.
¿ A quiénes?	A las muestras tomadas en la parroquias Tisaleo, Quinchicoto.
¿Sobre qué Aspectos?	Las propiedades del suelo adquiridas mediante los diferentes ensayos de laboratorio y de campo, así como el valor de CBR adquirido del ensayo de soporte de California.
¿Quién?	El Investigador
¿Cuándo?	Ensayos de Campo del 16 de Octubre al 07 Noviembre de 2020, ensayos de laboratorio de 18 Noviembre de 2020 al 5 de Enero de 2021, procesamiento y análisis de información desde Noviembre a Enero de 2021.
¿Dónde?	Parroquia Tisaleo y Quinchicoto para muestra in situ y el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnicas de Recolección?	<p>Se aparta la capa vegetal y se realizó el ensayo DCP bajo la norma ASTM T 6951-03 y la densidad de campo por el método de cono y arena bajo la norma AASHTO T 191, ambos realizados in situ. Siguiendo a ello se toma una muestra de suelo de aproximadamente 55 kg, para los ensayos de laboratorio. La muestra de suelo es pasada a través del tamiz # 4 y colocada en un recipiente para su secado. Se realizará el Análisis granulométrico tomando una muestra representativa, la misma que debe estar totalmente seca y se coloca en la tamizadora como establece en la norma AASHTO T 88 2013. Los límites de Atterberg son realizados bajo las normas AASHTO T90 2016 Y AASHTO T89 2013, la gravedad específica bajo la norma AASHTO T 100 2015 los mismos que requieren una muestra de suelo que pase el tamiz # 40</p> <p>En la determinación del contenido óptimo de Humedad es necesario un mínimo de 4 puntos, y se lo realizara mediante la norma AASHTO T180 2018 del ensayo del Próctor Modificado este contenido de humedad es utilizado para realizar el CBR (Relación de Soporte de California), éste mediante la norma AASHTO T 193 2013.</p>

## 2.4.2 Ensayos de Campo y Laboratorio

- **Pozo a cielo abierto**



**Figura 14.** Pozo a cielo abierto

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Densidad de Campo**



**Figura 15.** Densidad de Campo

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Cono dinámico de penetración (DCP)**



**Figura 16.** Ensayo DCP

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Gravedad específica de los sólidos**



**Figura 17.** Eliminación de aire del Picnómetro

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Granulometría**



**Figura 18.** Colocación de la muestra en los tamices

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Límite Líquido** (Copa de Casagrande)



**Figura 19.** Ensayo Límite líquido

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Límite Plástico**



**Figura 20.** Rollo 3 mm de diámetro

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **Proctor Modificado**



**Figura 21.** Ensayo Proctor Modificado

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

- **California Bearing Ratio (CBR)**



**Figura 22.** Ensayo CBR

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

### **2.4.3 Plan de Procesamiento y Análisis de la información**

#### **2.4.3.1 Plan de procesamiento**

- Estudio de suelos en las parroquias de Tisaleo y Quinchicoto del Cantón Tisaleo, mediante la realización de ensayos de campo y laboratorio.
- Procesado de la información a través de formatos establecidos por el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, los mismos que presentarán la información de una manera clara.

#### **2.4.3.2 Plan de Análisis de la información**

- Posterior a ello se realizarán las correlaciones entre 2 o más variables con sus correspondientes gráficas, cuyo objetivo es obtener un alto valor de correlación ( $r^2 > 50\%$ ). La realización de este tipo de correlaciones implica la utilización de Excel para generar gráficas y determinar el coeficiente de correlación.
- En las correlaciones de 3 variables se utilizó el criterio estadístico de mínimos cuadrados.
- Estimar la diferencia entre el valor del CBR de laboratorio y el establecido en la correlación para el diseño del pavimento flexible.

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los ensayos de campo y laboratorio. La información corresponde a las 12 muestras de suelo tomadas en las parroquias Tisaleo y Quinchicoto para determinar las propiedades índice y mecánicas.

##### 3.1.1 Propiedades índice

El color en los suelos estudiados varía de una tonalidad de café claro cuando se encuentra con bajo contenido de humedad mientras que de color negro con gran contenido de humedad, en la parroquia Quinchicoto se encontraron los suelos más oscuros.

##### 3.1.1.1 Densidad de Campo

Se realizó el ensayo del cono de arena de Ottawa, que además permite obtener otras propiedades del suelo como son contenido de humedad, relación de vacíos, porosidad, densidad seca in situ y el grado de saturación del agua y del aire

**Tabla 18.** Resultados del Ensayo Arena de Ottawa

N°	Parroquia	Densidad de Campo						
		$\gamma_m$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Wnat (%)	Relación de Vacíos	Porosidad %	Gw %	Ga %
1	Tisaleo	1.580	1.319	19.75	1.00	50.06	51.26	48.74
2	Tisaleo	1.516	1.337	13.40	0.99	49.84	37.50	62.50
3	Tisaleo	1.441	1.384	4.09	0.91	47.71	11.59	88.41
4	Tisaleo	1.475	1.382	6.72	0.91	47.66	18.73	81.63
5	Tisaleo	1.157	0.979	18.14	1.66	62.35	25.55	74.55
6	Tisaleo	1.848	1.686	9.61	0.55	35.58	39.46	60.54
7	Quinchicoto	1.441	1.333	15.36	0.91	47.71	11.59	88.44
8	Quinchicoto	1.475	1.227	27.73	0.91	47.66	18.37	81.63
9	Quinchicoto	1.267	1.113	11.75	1.34	57.26	23.39	76.61
10	Quinchicoto	1.302	1.061	22.70	1.49	59.85	39.77	60.23
11	Quinchicoto	1.339	1.158	15.63	1.29	56.29	32.17	67.83
12	Quinchicoto	1.448	1.231	17.67	1.16	53.64	40.97	59.03

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Los resultados obtenidos del ensayo de cono y arena arrojaron valores de densidad húmeda in-situ que varían entre 1.157 y 1.848 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad seca in-situ 0.979 y 1.686 gr/cm<sup>3</sup> que está dentro del rango de los suelos granulares. El contenido de humedad natural de los suelos varía entre 4.09%-22.70 % siendo las muestras de Quinchicoto las que tienen un mayor contenido de agua en su estado natural.

La relación de vacíos va desde 0.55-1.66, mientras que la porosidad tiene un rango de 35.58%-62.35% por lo que se puede concluir que es compresible y está dentro de las arenas limpias y uniformes.

El grado de saturación del agua varía entre 11.59%-51.26% por lo que no está completamente saturado y sin mayor cantidad de agua mientras que el grado de saturación del aire varía entre 48.74% y 88.44% teniendo mayor contenido de aire que de agua. Y la mayoría del suelo se encuentra un poco saturado de aire.

### 3.1.1.2 Gravedad Específica

**Tabla19.** Resultados de Ensayo Granulométrico

N°	Parroquia	Gravedad Específica (Gs)
1	Tisaleo	2.347
2	Tisaleo	2.175
3	Tisaleo	2.238
4	Tisaleo	2.206
5	Tisaleo	2.267
6	Tisaleo	2.221
7	Quinchicoto	2.238
8	Quinchicoto	2.206
9	Quinchicoto	2.408
10	Quinchicoto	2.512
11	Quinchicoto	2.284
12	Quinchicoto	2.197

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

La gravedad específica de las muestras varía entre 2.175-2.512, correspondientes a arenas limosas.

### 3.1.1.3 Granulometría

Aquí se detalla la distribución de las partículas del suelo estudiado realizado a través del método de mallas o tamices ya que contiene partículas gruesas.

**Tabla 20.** Resultados Ensayo Granulométrico

N°	Parroquia	Granulometría							
		D10 (mm)	D30 (mm)	D60 (mm)	CU	CC	G (%)	S (%)	F (%)
1	Tisaleo	0.161	0.232	0.367	2.28	0.91	0	99.90	0.10
2	Tisaleo	0.152	0.210	0.347	2.29	0.84	0	99.92	0.08
3	Tisaleo	0.102	0.175	0.381	3.72	0.78	0	99.75	0.25
4	Tisaleo	0.091	0.142	0.236	2.59	0.94	0	99.31	0.69
5	Tisaleo	0.146	0.208	0.534	3.66	0.56	0	98.48	1.10
6	Tisaleo	0.112	0.163	0.232	2.06	1.02	0	98.94	1.06
7	Quinchicoto	0.158	0.204	0.274	1.74	0.96	0	99.73	0.27
8	Quinchicoto	0.087	0.123	0.203	2.33	0.86	0	99.22	0.78
9	Quinchicoto	0.160	0.203	0.265	1.66	0.98	0	99.38	0.62
10	Quinchicoto	0.163	0.221	0.315	1.93	0.95	0	98.19	1.91
11	Quinchicoto	0.091	0.141	0.225	2.48	0.97	0	99.32	0.68
12	Quinchicoto	0.086	0.120	0.211	2.45	0.79	0	98.56	1.44

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

La mayor parte del suelo es Arena su porcentaje varía entre 98.19%-99.92%, con nula cantidad de Grava y una pequeña cantidad de finos que varía entre 0.08%-1.913%.

El coeficiente de uniformidad varía entre 1.66 y 3.72 lo cual indica que el suelo tiene una granulometría uniforme.

El coeficiente de curvatura varía entre 0.56 y 1.02 teniendo suelos mal graduados.

### 3.1.1.4 Límites de Atterberg

Este parámetro es fundamental para la clasificación de los suelos de forma rápida y económica.

**Tabla 21.** Resultados de los Ensayos Límites de Atterberg

N°	Parroquia	Límite Líquido (%)	Límite Plástico	Índice Plástico
1	Tisaleo	28.81	24.71	4.10
2	Tisaleo	29.92	26.70	3.21
3	Tisaleo	27.54	27.30	0.24
4	Tisaleo	24.75	32.56	-7.81
5	Tisaleo	21.97	20.97	1.00
6	Tisaleo	32.35	30.51	1.84
7	Quinchicoto	35.80	34.86	0.94



8	Quinchicoto	42.97	47.06	-4.09
9	Quinchicoto	35.03	29.07	5.96
10	Quinchicoto	34.78	36.45	-1.66
11	Quinchicoto	29.67	31.25	-1.58
12	Quinchicoto	37.53	47.69	-10.16

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Su límite Líquido tiene valores entre 21.97-42.97% lo que indica que son suelos de baja plasticidad por tener un límite inferior a 50%. El Límite Plástico oscila entre 24.71- 47.69. Mientras que el Índice plástico tiene un rango entre -10.16-5.96% Lo que indica que son suelos de baja plasticidad y 5 de ellos son No plásticos.

### 3.1.2 Clasificación de los suelos

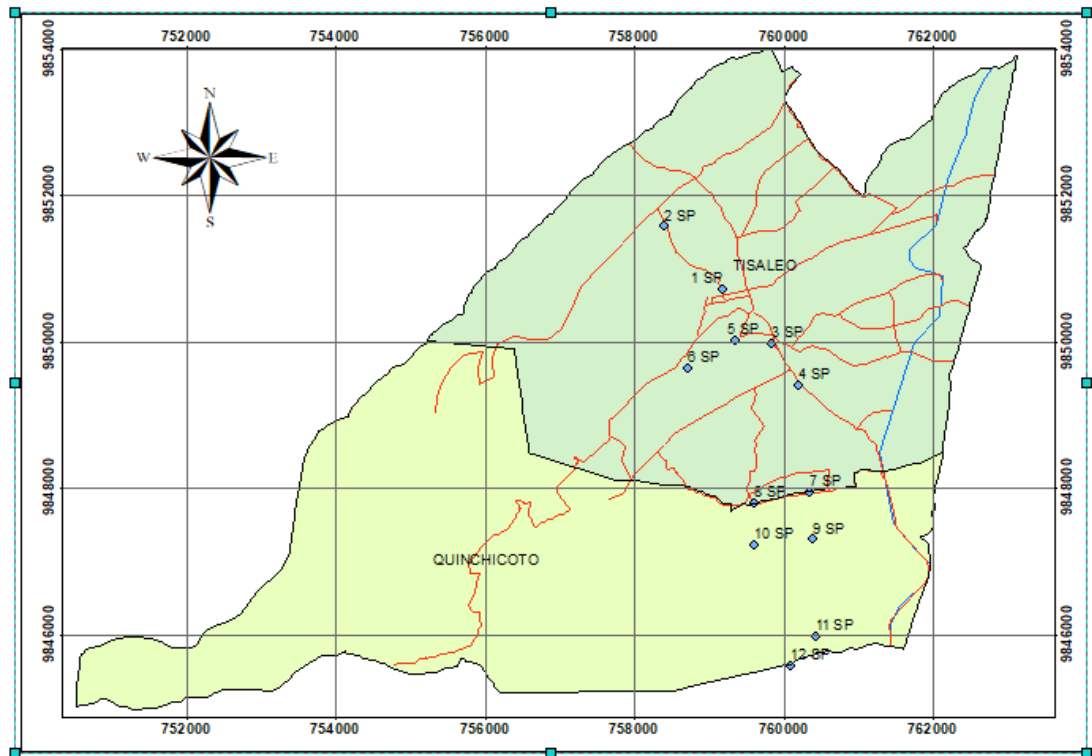
La clasificación se lo realiza de acuerdo a la normativa AASHTO Y SUCS en función del análisis granulométrico y del índice de plasticidad (Límites de Atterberg).

**Tabla 22.** Clasificación de los suelos según las normativas AASHTO Y SUCS

N°	Parroquia	Clasificación AASHTO	Clasificación SUCS
1	Tisaleo	A-2-4	SP
2	Tisaleo	A-2-4	SP
3	Tisaleo	A-2-4	SP
4	Tisaleo	A-2-4	SP
5	Tisaleo	A-2-4	SP
6	Tisaleo	A-2-4	SP
7	Quinchicoto	A-2-4	SP
8	Quinchicoto	A-2-4	SP
9	Quinchicoto	A-2-4	SP
10	Quinchicoto	A-2-4	SP
11	Quinchicoto	A-2-4	SP
12	Quinchicoto	A-2-4	SP

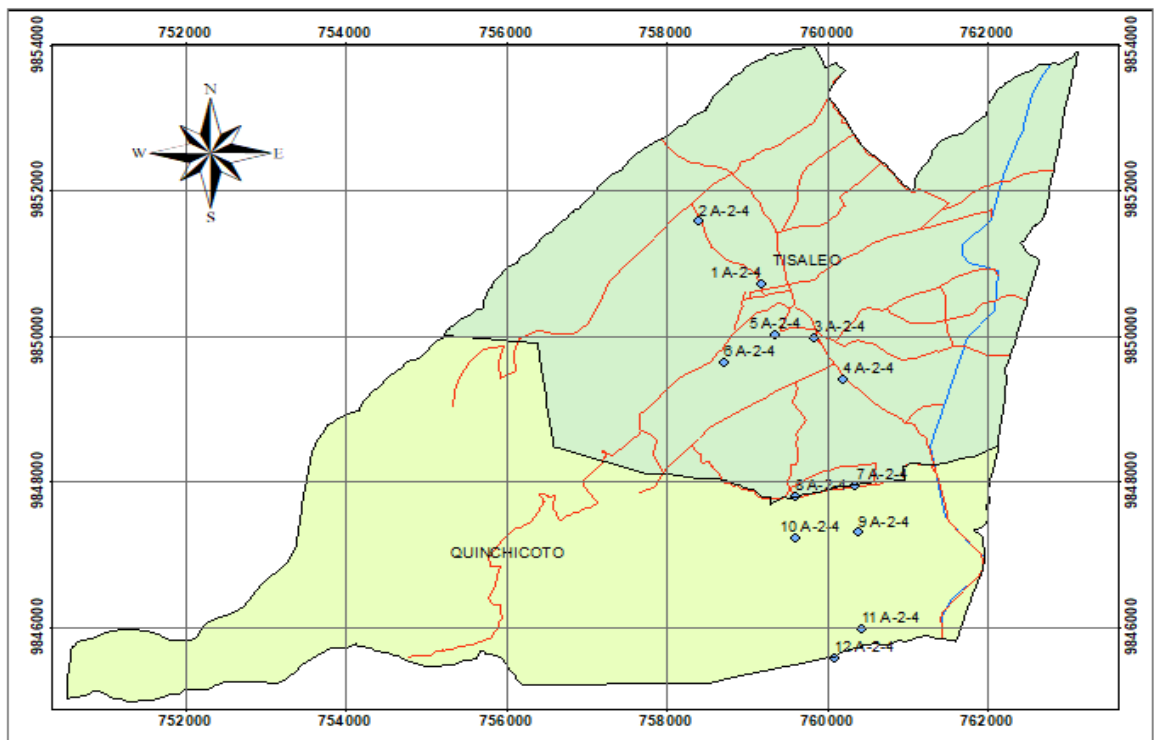
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

De acuerdo a la clasificación SUCS todos los suelos pertenecen al grupo de las Arenas pobremente graduadas, mientras que según la clasificación AASHTO, el suelo pertenece al grupo A-2-4 entre el grupo de grava y arena limo o arcillosa.



**Figura 23.** Muestras con clasificación SUCS

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 24.** Muestras con clasificación AASHTO

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

### 3.1.3 Propiedades Mecánicas

#### 3.1.3.1 Propiedades Proctor

A través del Ensayo proctor modificado se estableció la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo para cada muestra de suelo.

**Tabla 23.** Resultados del Ensayo Proctor Modificado

N°	Parroquia	Proctor	
		γd máx (g/cm <sup>3</sup> )	W óptimo (%)
1	Tisaleo	1.526	20.80
2	Tisaleo	1.492	16.90
3	Tisaleo	1.570	17.20
4	Tisaleo	1.520	12.50
5	Tisaleo	1.532	20.70
6	Tisaleo	1.500	25.50
7	Quinchicoto	1.545	22.00
8	Quinchicoto	1.392	30.60
9	Quinchicoto	1.512	22.80
10	Quinchicoto	1.455	28.40
11	Quinchicoto	1.572	21.40
12	Quinchicoto	1.390	31.40

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

La densidad seca máxima oscila entre 1.390 -1572 gr/cm<sup>3</sup>. Y su contenido de humedad óptimo varía entre 12.50-31.40%.

#### 3.1.3.2 CBR

A partir de los resultados del ensayo proctor se procedió hacer los ensayos CBR obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 24.** Resultado del Ensayo CBR

N°	Parroquia	CBR %		
		0,1 95 (%) γd máx	0,2 95% γd máx	Mayor(%)
1	Tisaleo	6.00	8.60	8.60
2	Tisaleo	12.00	14.10	14.10
3	Tisaleo	8.50	11.00	11.00
4	Tisaleo	21.50	28.60	28.60
5	Tisaleo	25.40	26.40	26.40
6	Tisaleo	9.50	11.50	11.50

7	Quinchicoto	14.60	16.00	16.00
8	Quinchicoto	7.00	10.60	10.60
9	Quinchicoto	10.90	17.40	17.40
10	Quinchicoto	8.70	11.70	11.70
11	Quinchicoto	14.80	15.80	15.80
12	Quinchicoto	7.70	9.60	9.60

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Los valores CBR van de regular a bueno y sus valores varían entre 8.60-28.60% podrían ser usados como base y subbase.

### 3.1.3.3 DCP

Los valores del ensayo DCP varían desde 9.9172-28.404% mm/golpe, observando un amplio intervalo de resistencias que presentan los suelos analizados

**Tabla 25.** Resultado del Ensayo DCP

N°	Parroquia	DCP
		DN (mm/golpe)
1	Tisaleo	24.503
2	Tisaleo	17.710
3	Tisaleo	28.404
4	Tisaleo	25.275
5	Tisaleo	9.917
6	Tisaleo	16.091
7	Quinchicoto	12.789
8	Quinchicoto	18.821
9	Quinchicoto	14.939
10	Quinchicoto	20.578
11	Quinchicoto	28.883
12	Quinchicoto	21.287

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 26.** Resultado del Ensayo DCP de Laboratorio

N°	Parroquia	DCP LABORATORIO
		DN (mm/golpe)
1	Tisaleo	4.9244
2	Tisaleo	2.7609
3	Tisaleo	4.0397
4	Tisaleo	3.7415

5	Tisaleo	2.8859
6	Tisaleo	4.6890
7	Quinchicoto	4.1170
8	Quinchicoto	6.3107
9	Quinchicoto	3.6735
10	Quinchicoto	5.6122
11	Quinchicoto	3.6589
12	Quinchicoto	5.6122

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 27.** Nomenclatura de las Variables de los Ensayos

Nomenclatura	Descripción	Unidad
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 mayor	CBR mayor entre el CBR de 0.1 y 0.2.	%
CC	Coefficiente de Curvatura	Adimensional
CU	Coefficiente de Uniformidad	Adimensional
D10	Diámetro Efectivo	mm
D30	Diámetro Equiparable	mm
D60	Diámetro Dimensional	mm
DN	Índice de Penetración	mm/golpe
e	Relación de Vacíos	%
F	Fino	%
G	Grava	%
G <sub>s</sub>	Gravedad Específica	Adimensional
G <sub>w</sub>	Grado de Saturación del Agua	%
G <sub>a</sub>	Grado de Saturación del Aire	%
IP	Índice Plástico	%
LL	Límite Líquido	%
n	Porosidad	%
S	Arena	%
W <sub>nat</sub>	Humedad Natural del Suelo	%
W <sub>ópt</sub>	Contenido de Humedad Óptimo	%
$\gamma_d$ máx	Densidad o peso unitario Seco Máxima	gr/cm <sup>3</sup>
$\gamma_d$ in-situ	Densidad o peso unitario Seco in-situ	gr/cm <sup>3</sup>
$\gamma_h$ in-situ	Densidad o peso unitario Húmedo	gr/cm <sup>3</sup>

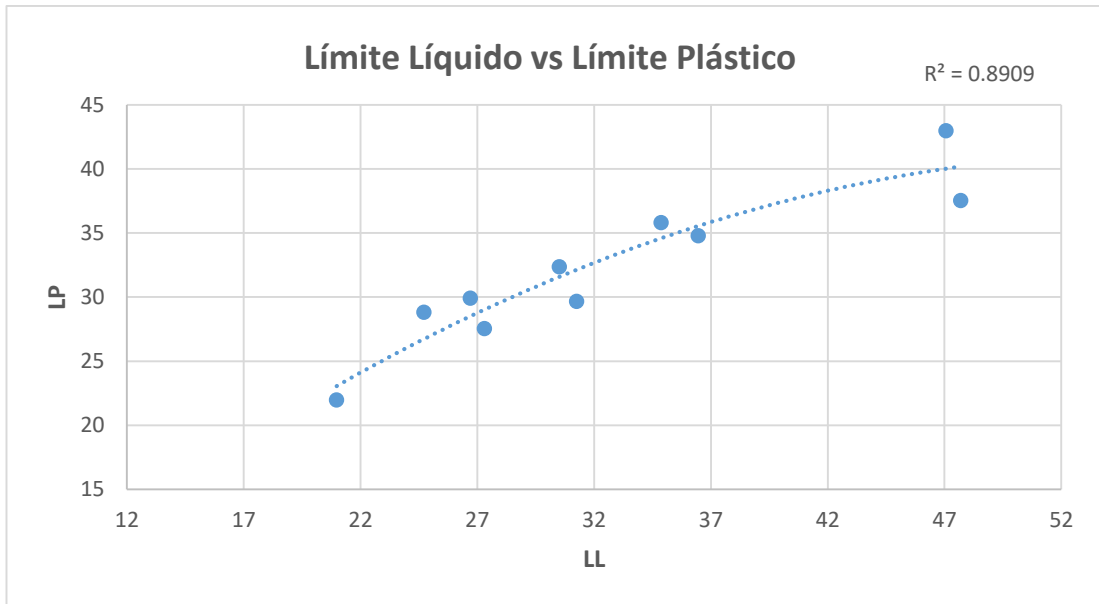
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

## Correlaciones

**Tabla 28.** Correlaciones entre las propiedades del Suelo

N°	Ecuación	Coefficiente de correlación R <sup>2</sup> %	N° Muestras
<b>CORRELACIONES CON LAS PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
1	$LP = -0.0148LL^2 + 1.6535 LL - 5.1295$	89.09	10
2	$Gw = 10.42e^{0.0695*Wnat}$	81.73	11
3	$\gamma d \text{ máx} = -0.00007*w \text{ ópt}^2 + 0.0216* w \text{ ópt} + 1.4017$	94.52	10
4	$\gamma d \text{ máx} = -0.0005*LL^2 + 0.0252 LL + 1.225$	60.14	12
5	$\gamma d \text{ in-situ} = 0.0011* Wnat^2 - 0.0462 * Wnat + 1.5965$	53.25	10
6	$Ga \% = 0.1912* Wnat^2 - 6.5523 * Wnat + 113.31$	78.49	10
7	$Wópt = 0.0994 + 0.05062* LL + 0.1934LP$	63.71	12
8	$Wópt = -2.4148 + 11.1753*Log(Wnat) + 0.3772 LP\%$	68.52	12
9	$\gamma d \text{ máx} = 1.7094 - 0.0014 * LL\% - 0.0051 LP\%$	64.62	12
10	$\gamma d \text{ in- situ} = 0.612*Ln(e) + 1.2987$	94.26	12
11	$Ga \% = 0.1912* Wnat^2 - 6.5523 * Wnat + 113.31$	78.49	10
<b>CORRELACIONES DN vs PROPIEDAD ÍNDICE</b>			
12	$DN = 114.63 - 5.2484 * LL\% + 0.0705 LL^2 \%$	52.00	10
13	$DN = 1744.2 - 2377.9 * \gamma d \text{ máx} + 818.61 \gamma d \text{ máx}^2$	64.97	10
14	$DN = 0.0797* Wnat^2 - 2.8492 * Wnat + 38.726$	75.18	10
15	$DN = 0.01* Gw^2 - 0.365 * Gw + 17.376$	61.94	9
<b>CORRELACIONES CBR vs PROPIEDADES ÍNDICE</b>			
16	$CBR = 102.96 - 4.8051 * LL + 0.0624 LL^2$	69.97	10
17	$CBR = 57.685 - 3.2321 * Wópt + 0.0556 Wópt^2$	63.08	10
18	$CBR = 2.903 \gamma d \text{ máx}^{3.854}$	63.60	9
19	$CBR = 121.2365 - 72.4356*Log( LL\% ) + 0.1152 LP\%$	72.64	10
20	$CBR = 191.33 DN^{-0.936}$	76.51	10
21	$CBR = 47.912 DN \text{ lab}^{-0.891}$	55.88	11

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 25.** Correlación LL vs LP

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$LP = -0.0148LL^2 + 1.6535 LL - 5.1295$$

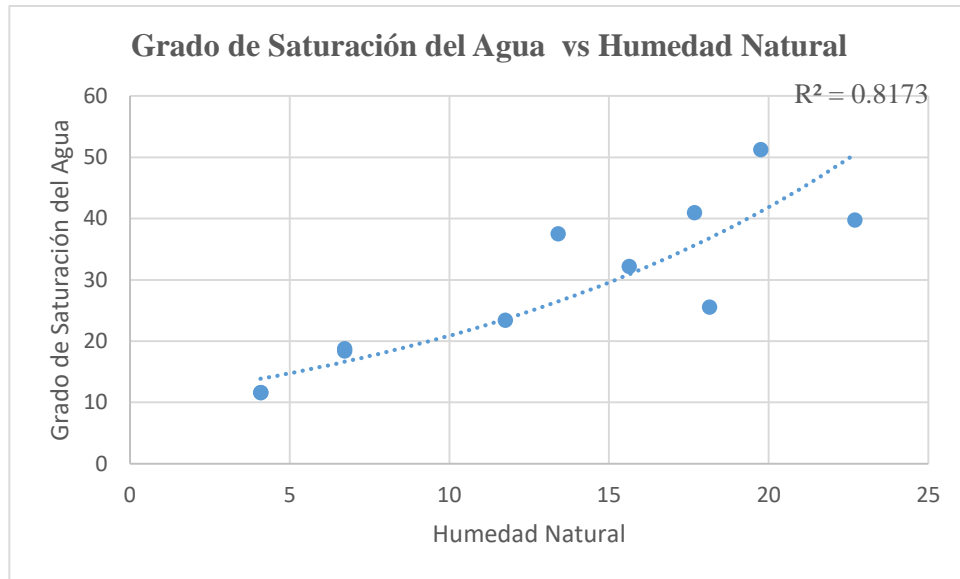
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:89.09%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación resultante entre el límite plástico (LP) vs. el límite líquido (LL) es buena, con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup>=89.09%, se obtuvo mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2. Para el análisis realizado se utilizó 10 tipos de suelos extraídos.

Existe una relación directamente proporcional entre el LL% y el LP%, lo que significa que mientras mayor sea el límite líquido del suelo va a tener un mayor límite de plasticidad.



**Figura 26.** Correlación Gw vs Wnat

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$Gw = 10.42e^{0.0695*Wnat}$$

Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:81.73%**

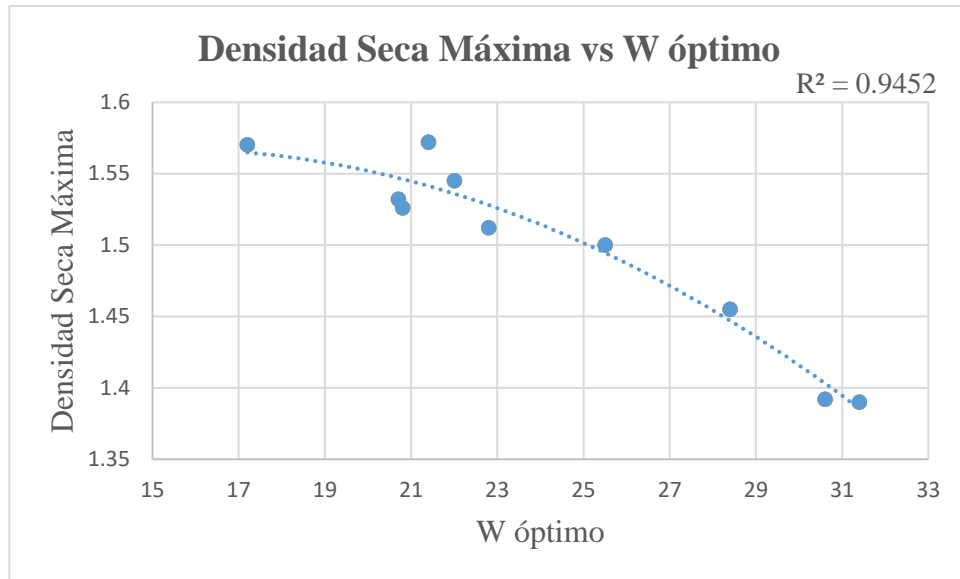
Nº muestras utilizadas:**11**

**Interpretación:**

La correlación resultante entre el grado de saturación del agua (Gw) vs la humedad natural (Wnat) es buena, con un coeficiente de determinación  $R^2 = 81.73\%$  se obtuvo mediante una correlación exponencial simple. Para el análisis realizado se utilizó 11 muestras de suelo extraído.

Existe una relación directamente proporcional, mientras más alto contenido de humedad mas alto será el grado de saturación del agua.





**Figura 27.** Correlación  $\gamma_d$  máxima vs  $W_{\text{ópt}}$

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

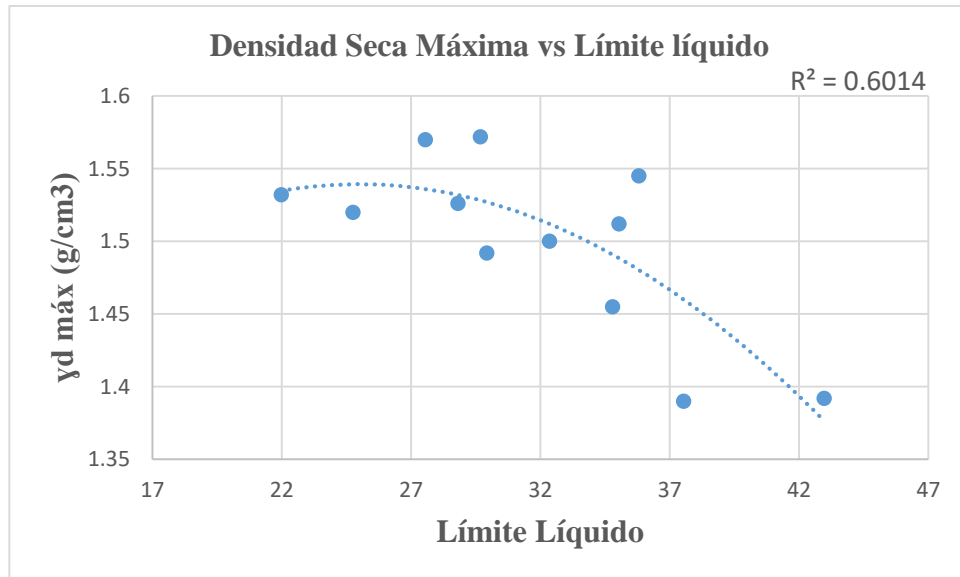
$$\gamma_d \text{ máxima} = -0.00007 * w_{\text{ópt}}^2 + 0.0216 * w_{\text{ópt}} + 1.4017$$

Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:94.52%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre la Densidad Seca Máxima y el contenido de Humedad óptimo es muy buena, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 94.52%**. Se pudo observar que a un menor valor de densidad Seca Máxima se necesita un mayor contenido de humedad óptimo, por lo que son inversamente proporcionales. Mientras más pequeñas sean las partículas, mayor influirá el agua en la compactación.



**Figura 28.** Correlación  $\gamma_d$  máxima vs Límite Líquido

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\gamma_d \text{ máx} = -0.0005 * LL^2 + 0.0252 LL + 1.225$$

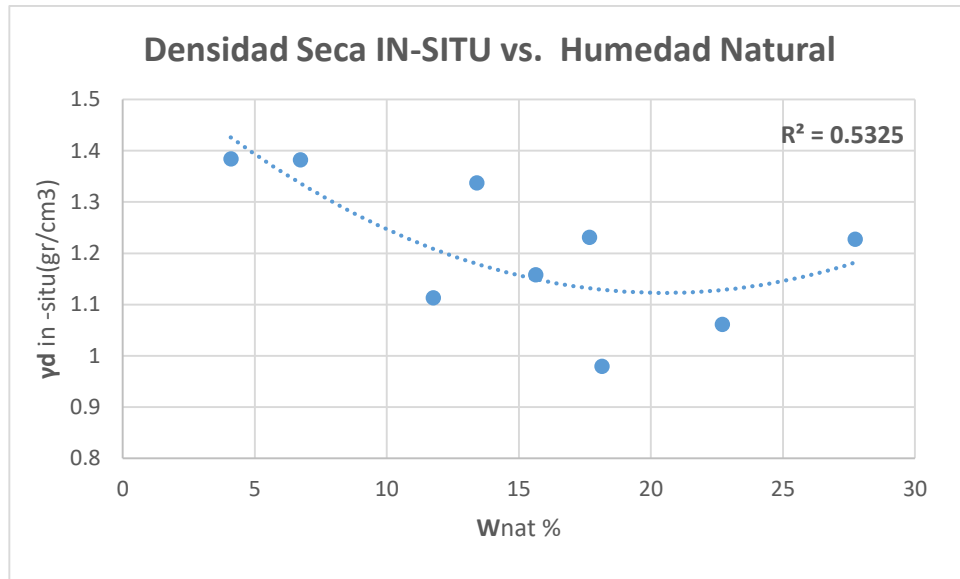
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:60.14%**

Nº muestras utilizadas:**12**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre la Densidad Seca Máxima y el Límite líquido es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 60.14%**.

Cuando los valores del **LL%** son relativamente bajo alcanzan  $\gamma_d$  máx altas. Por lo tanto el **LL%** es inversamente proporcional a la  $\gamma_d$  máx, ya que si el Límite líquido (**LL%**) crece la densidad seca máxima( **$\gamma_d$  máx**) decrece.



**Figura 29.** Correlación  $\gamma d$  in-situ vs  $W_{nat}$

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\gamma d \text{ in- situ} = 0.0011 * W_{nat}^2 - 0.0462 * W_{nat} + 1.5965$$

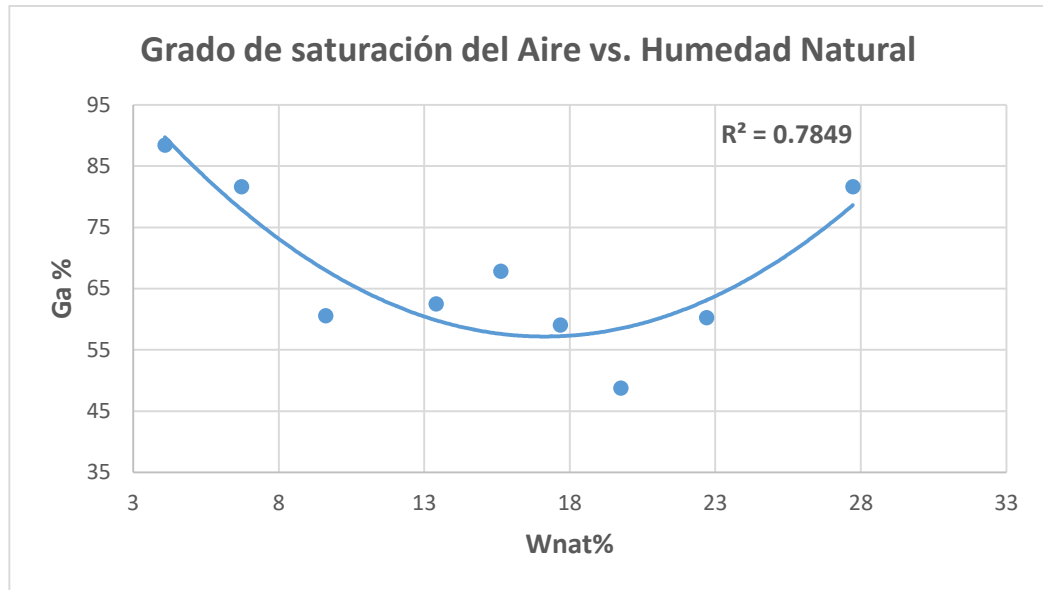
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:53.25%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre la Densidad Seca in situ y la Humedad Natural es mínima, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 53.25%**.

Cuando los valores de Humedad Natural son relativamente bajos alcanzan  $\gamma d$  in-situ altas. Por lo tanto  $W_{nat}$  es inversamente proporcional a la  $\gamma d$  in-situ, ya que si la Humedad Natural crece la densidad seca in-situ ( **$\gamma d$  in-situ**) decrece.



**Figura 30.** Correlación **Ga %** vs **Wnat**

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\mathbf{Ga \% = 0.1912 * Wnat^2 - 6.5523 * Wnat + 113.31}$$

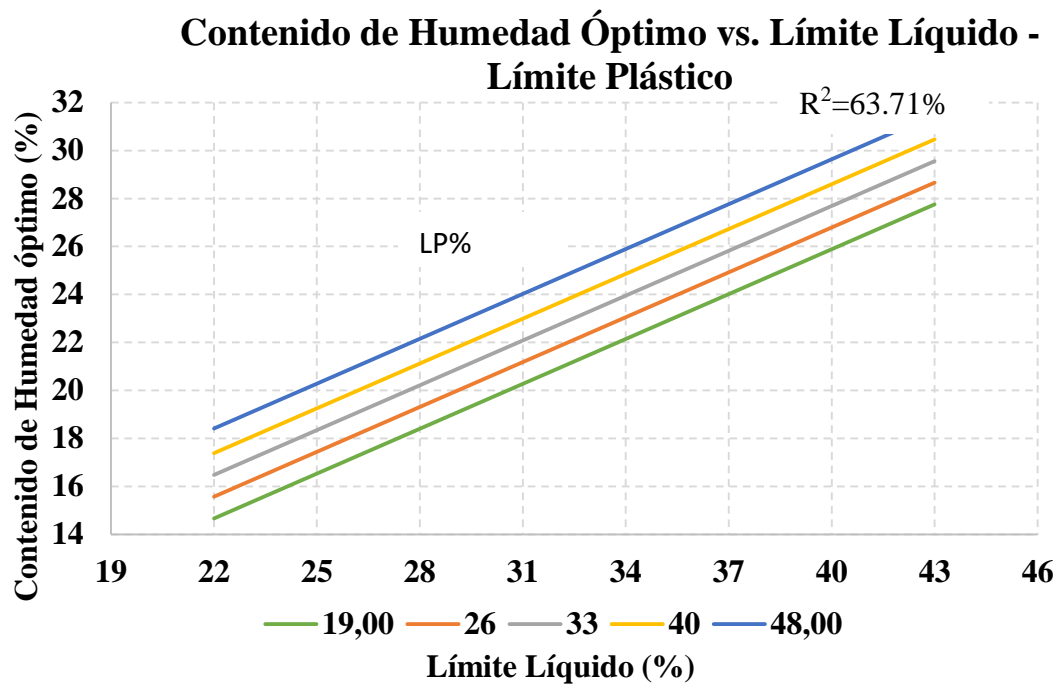
Coefficiente de determinación  **$R^2:78.49\%$**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el Grado de Saturación del Aire y la Humedad Natural es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómico de grado 2 con un coeficiente de determinación  **$R^2$  de 78.49%**.

Cuando los valores de Humedad Natural aumentan, el grado de saturación del aire disminuye, esto hasta un contenido de agua alrededor del 20%, a partir de ello el grado de saturación del aire va en crecimiento.



**Figura 31.** Correlación W<sub>óptimo</sub> vs LL%- LP%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$W_{\text{ópt}} = -1.507 + 0.6232 * LL\% + 0.1294 LP$$

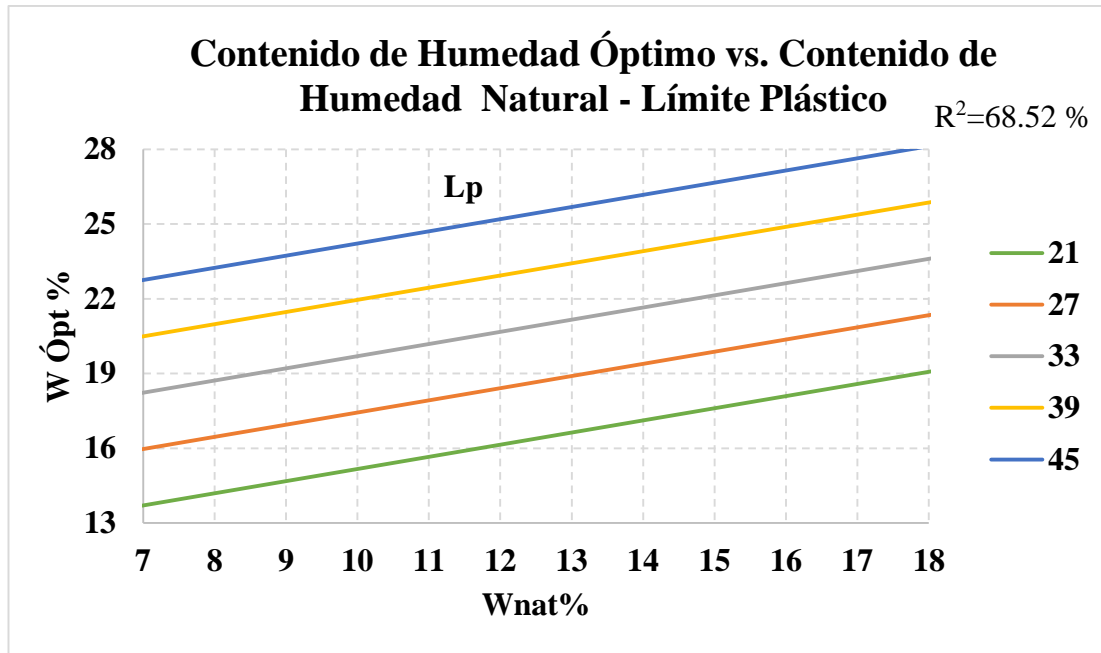
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:63.71%**

N<sup>o</sup> muestras utilizadas:**12**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el contenido de Humedad Óptimo vs. Límite Líquido y Límite Plástico es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión múltiple de tipo lineal con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 63.71%**.

Si se mantiene un valor constante de LP% y mientras el LL% aumenta el contenido de humedad óptimo del suelo crece.



**Figura 32.** Correlación Wópt vs Wnat%- Lp%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$W_{\text{ópt}} = -2.4148 + 11.1753 * \text{Log}(W_{\text{nat}}) + 0.3772 \text{ LP}\%$$

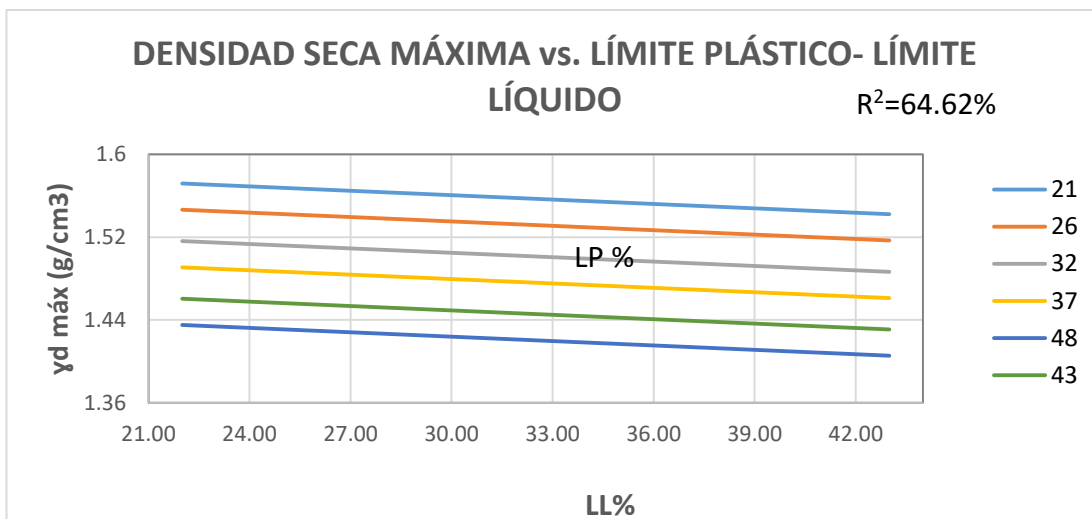
Coefficiente de determinación **R²:68.52%**

Nº muestras utilizadas:**12**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el contenido de humedad óptimo vs. contenido de humedad natural y Límite Plástico es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión múltiple de tipo logarítmico con un coeficiente de determinación **R²** de **68.52%**.

Si se mantiene un valor constante de Humedad Natural y mientras el LP% aumenta el contenido óptimo de humedad del suelo crece. Esto se debe a que el LP% es un contenido de humedad a medida que este valor sea más alto el contenido de humedad óptimo del suelo también crece. El LL%-LP% son directamente proporcionales al contenido óptimo de humedad del suelo.



**Figura 33.** Correlación  $\gamma d \text{ máx}$  vs  $LL\% - LP\%$

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\gamma d \text{ máx} = 1.7094 - 0.0014 * LL\% - 0.0051 LP\%$$

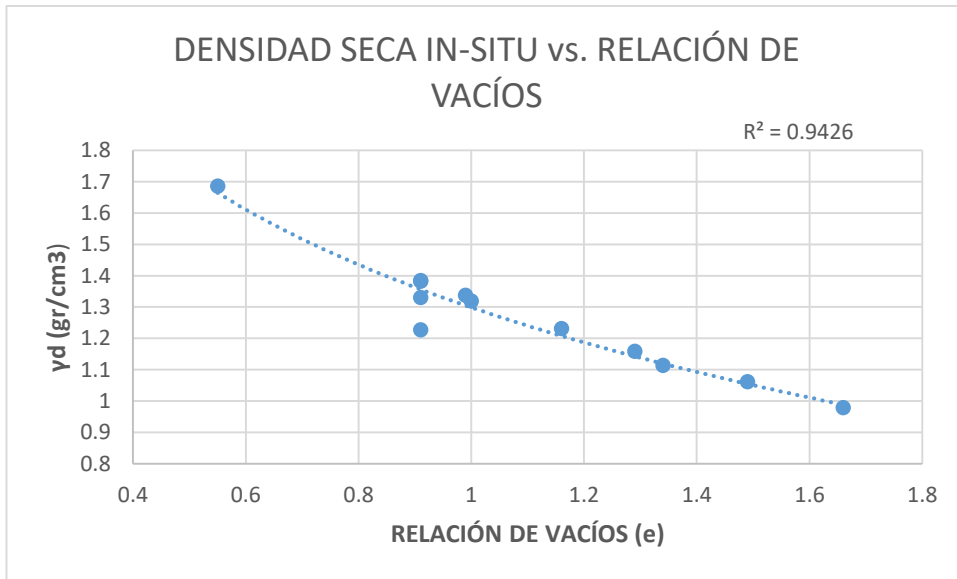
Coefficiente de determinación  $R^2:64.62\%$

Nº muestras utilizadas:**12**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre la densidad seca máxima vs. Límite Líquido y Límite Plástico es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión múltiple de tipo lineal con un coeficiente de determinación  $R^2$  de **64.62%**.

Sí se mantiene un valor constante de  $LP\%$  y mientras el  $LL\%$  aumenta la densidad seca máxima del suelo decrece. Esto se debe a que el  $LL\%$  es un contenido de Humedad a medida que éste crece la densidad seca máxima disminuye, por lo que  $\gamma d \text{ máx}$  es inversamente proporcional al  $LL\%$  y  $LP\%$ .



**Figura 34.** Correlación  $\gamma_d$  (gr/cm<sup>3</sup>) % vs e

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\gamma_d \text{ in- situ} = 0.612 * \ln(e) + 1.2987$$

Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:94.26%**

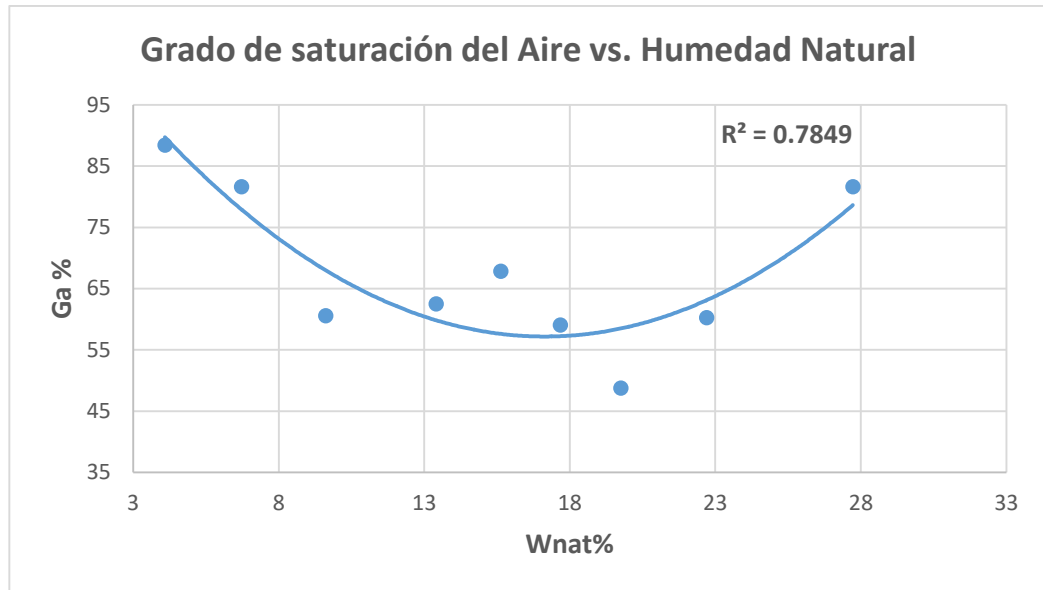
Nº muestras utilizadas:**12**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre la densidad Seca in-situ y la relación de vacíos es excelente, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es Logarítmica con un coeficiente de dterminación **R<sup>2</sup> de 94.26%**.

Cuando los valores de Densidad Seca aumentan, el valor de la relación de vacíos aire disminuye, a mayor relación de vacíos se tiene una menor densidad seca in-situ. Por lo cual la relación  **$\gamma_d$  in- situ** es inversamente proporcional a la relación de vacíos.





**Figura 35.** Correlación **Ga %** vs **Wnat**

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\mathbf{Ga \% = 0.1912 * Wnat^2 - 6.5523 * Wnat + 113.31}$$

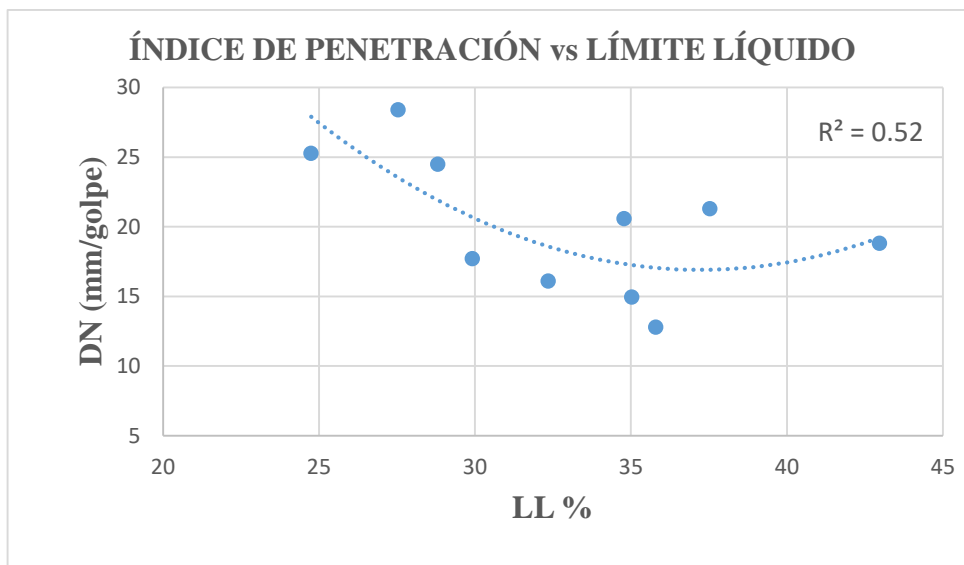
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:78.49%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el Grado de Saturación del Aire y la Humedad Natural es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 78.49%**.

Cuando los valores de Humedad Natural aumentan, el grado de saturación del aire disminuye, esto hasta un contenido de agua alrededor del 20%, a partir de ello el grado de saturación del aire va en crecimiento.



**Figura 36.** Correlación DN vs LL%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$DN = 114.63 - 5.2484 * LL\% + 0.0705 LL^2\%$$

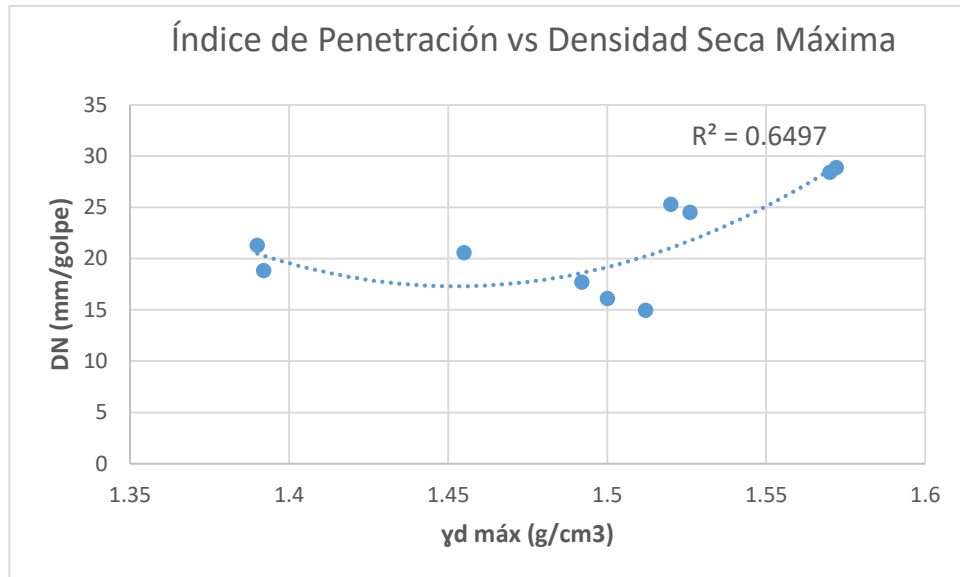
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:52.00%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el índice de penetración vs. Límite Líquido es aceptable. Se ajusta mejor mediante una regresión simple de tipo polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 52.00%**.

Se puede apreciar que cuando LL% es mayor al 30%. El índice de penetración tiende a disminuir en forma considerable. También se puede apreciar que los suelos más duros son los que necesitan mayor # de golpes y tienen un DN menor, lo cual permite concluir que los suelos más resistentes tendrán un límite Líquido entre el 30 - 40 %.



**Figura 37.** Correlación DN (mm/golpe) vs LL%- LP%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$DN = 1744.2 - 2377.9 * \gamma d \text{ máx} + 818.61 \gamma d \text{ máx}^2$$

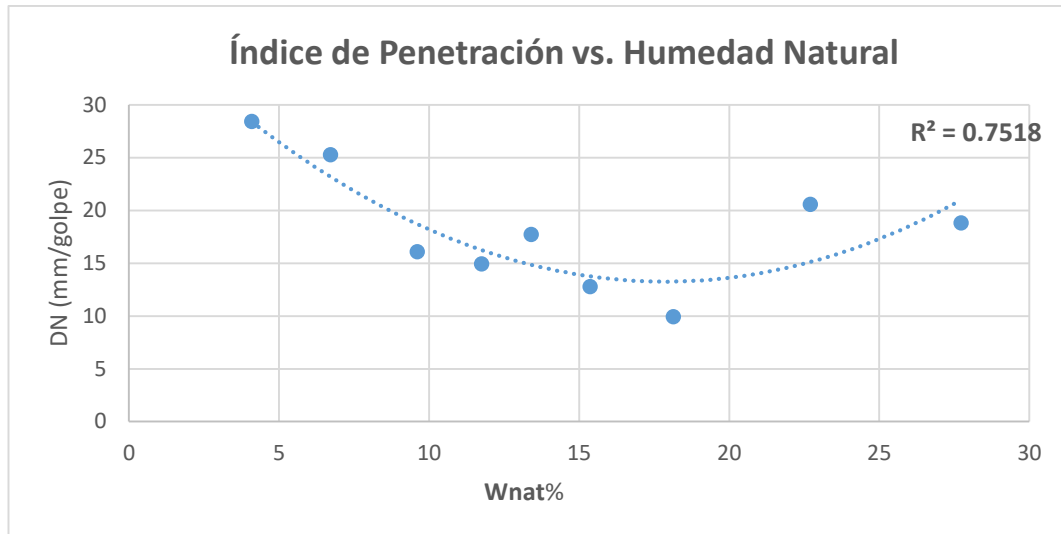
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:64.97%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el índice de penetración vs. Densidad Seca Máxima es aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión de tipo polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 64.97%**.

Si se aumenta Densidad Seca Máxima el índice de penetración DN tiende a crecer., por lo que **DN (mm/golpe)** es directamente proporcional  $\gamma d \text{ máx}$ .



**Figura 38.** Correlación DN vs Wnat%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$DN = 0.0797 * Wnat^2 - 2.8492 * Wnat + 38.726$$

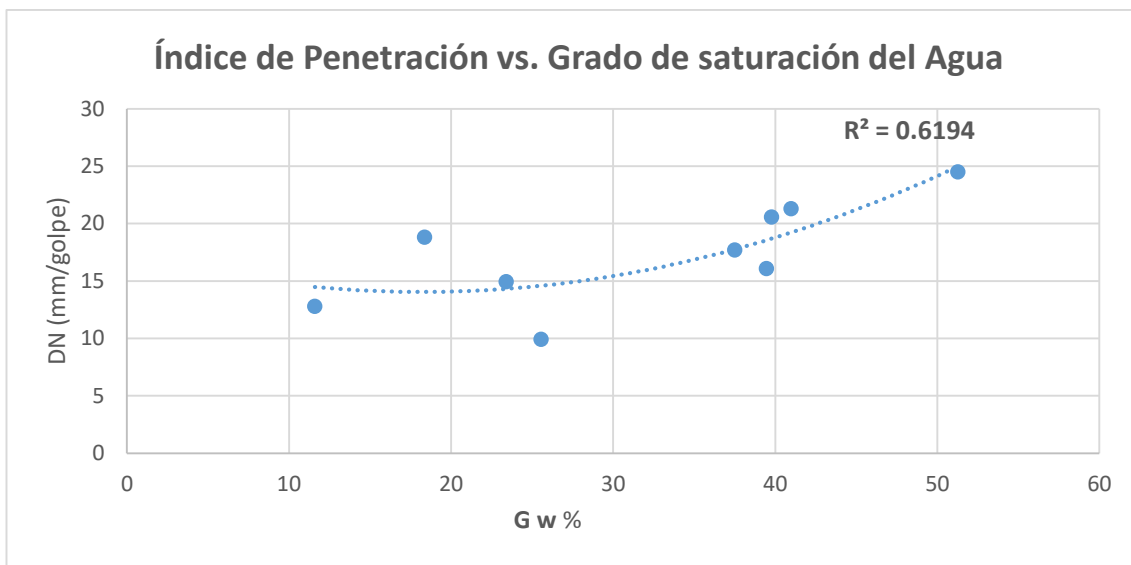
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:75.18%**

Nº muestras utilizadas:**9**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el Índice de Penetración y la Humedad Natural es Aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 75.18%**.

Cuando los valores de Humedad Natural aumentan, el Índice de penetración disminuye, por lo que se puede decir que es inversamente proporcional claro está que varía de acuerdo al contenido de humedad del suelo, Si ya está sobresaturado va a cambiar su comportamiento.



**Figura 39.** Correlación DN vs Gw%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$DN = 0.01 * Gw^2 - 0.365 * Gw + 17.376$$

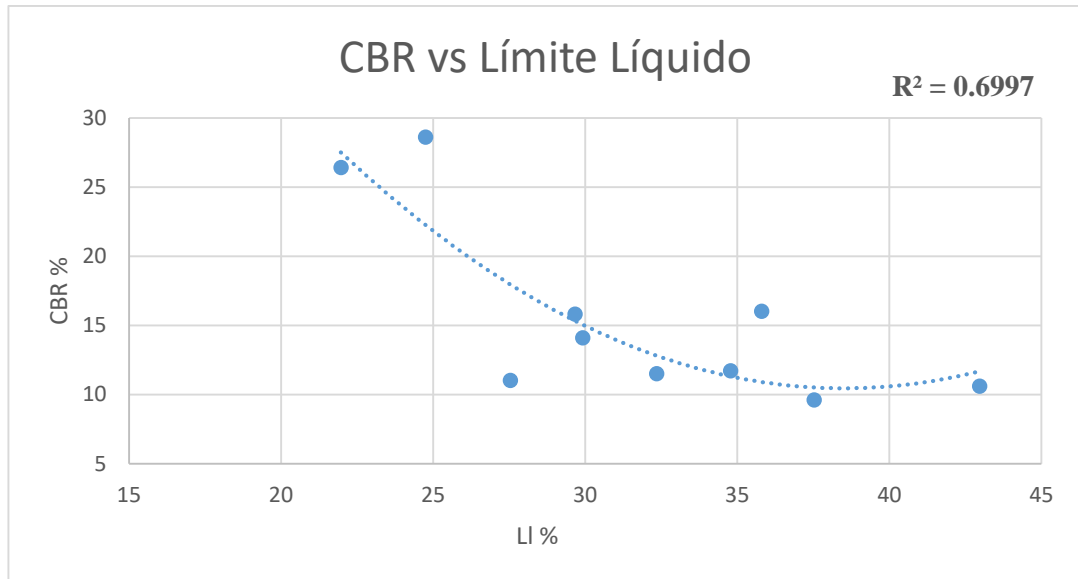
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:61.94%**

Nº muestras utilizadas:**9**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el Índice de Penetración y el Grado de saturación del agua es Aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 61.94%**.

A partir de la gráfica se logra apreciar que esta relación es directamente proporcional y que el rango de saturación del agua varía entre (11.59%-51.26%) mientras el índice de penetración se encuentra entre (9-25 mm/golpe). Se puede apreciar que el grado saturación del suelo influye respecto a la penetración.



**Figura 40.** Correlación CBR vs LL %

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 102.96 - 4.8051 * \text{LL} + 0.0624 \text{LL}^2$$

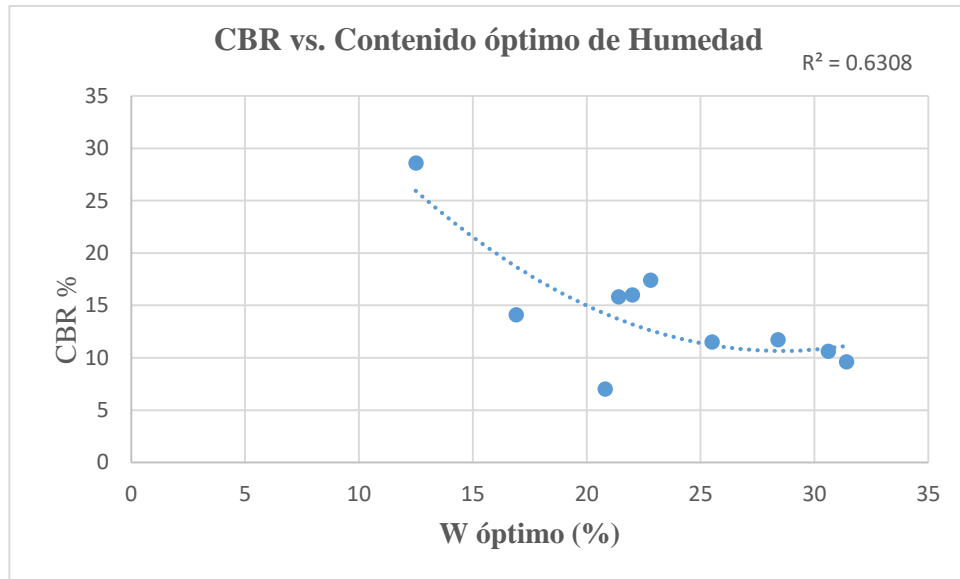
Coefficiente de determinación  $R^2$ : **69.97%**

Nº muestras utilizadas: **10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs. el LL% es buena . se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es polinómica de grado 2 con un coeficiente de determinación  $R^2$  de **69.97%**.

Se puede apreciar que cuando el valor de LL crece, el valor del CBR disminuye. Apreciando una relación indirecta ya que a un menor valor de LL mayor será el valor del CBR.



**Figura 41.** Correlación CBR vs Wópt.

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 57.685 - 3.2321 * W_{\text{ópt}} + 0.0556 W_{\text{ópt}}^2$$

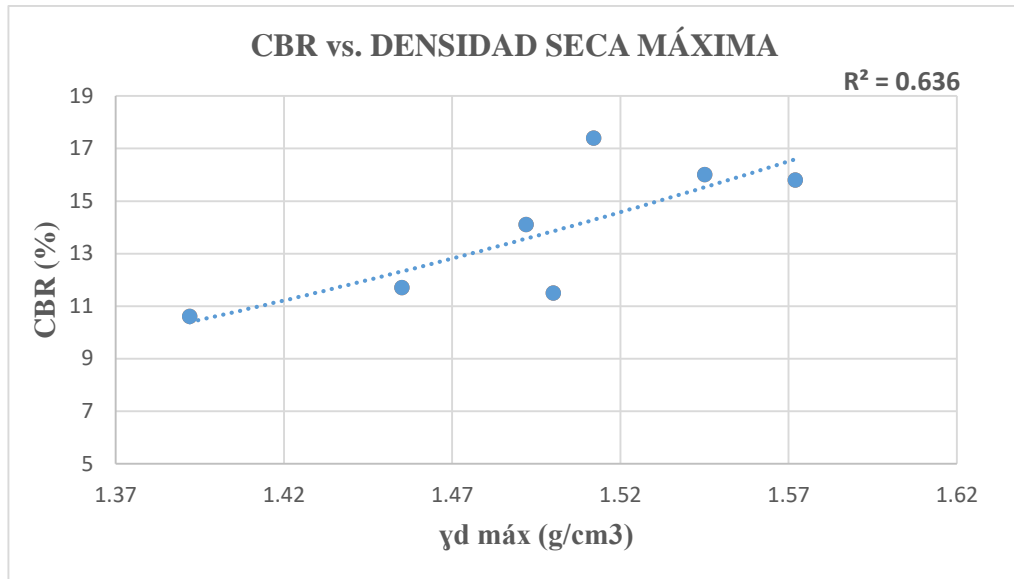
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:63.08%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs el contenido óptimo de humedad (Wópt) es buena, con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> =63.08% se consiguió mediante una correlación polinómica de grado 2. Para el análisis realizado se utilizó 10 muestras de suelo extraído.

Se puede apreciar que a mayor contenido de humedad óptimo el valor de CBR disminuye considerablemente por lo que la relación CBR contenido de humedad óptimo es inversamente proporcional.



**Figura 42.** Correlación CBR vs.  $\gamma_d$  máx (gr/cm<sup>3</sup>)

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 2.903 \gamma_d \text{ máx}^{3.854}$$

Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:63.60%**

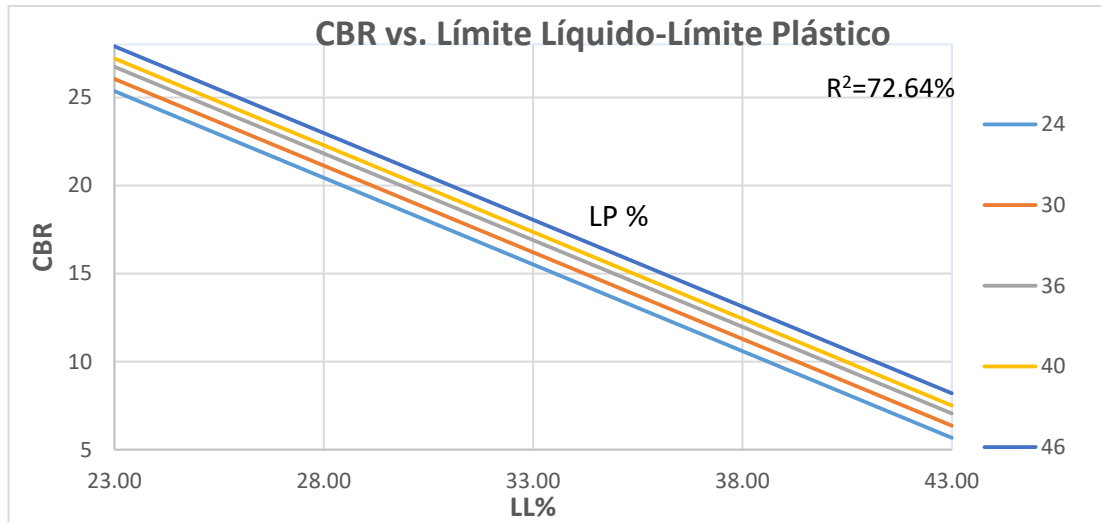
Nº muestras utilizadas:**9**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs la densidad seca máxima es buena, con un coeficiente de determinación  $R^2=63.60\%$  se consiguió mediante una correlación potencial simple. Para el análisis realizado se utilizó 9 muestras de suelo extraído.

Se puede apreciar que a mayor densidad seca máxima el valor de CBR aumenta considerablemente por lo que la relación CBR contenido de humedad óptimo es directamente proporcional. Los suelos estudiados con la humedad óptima y adecuada compactación presenten su capacidad de resistencia y soporte máximo.





**Figura 43.** Correlación **CBR** vs **LL%- LP%**

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 121.2365 - 72.4356 \cdot \text{Log}(\text{LL}\%) + 0.1152 \text{ LP}\%$$

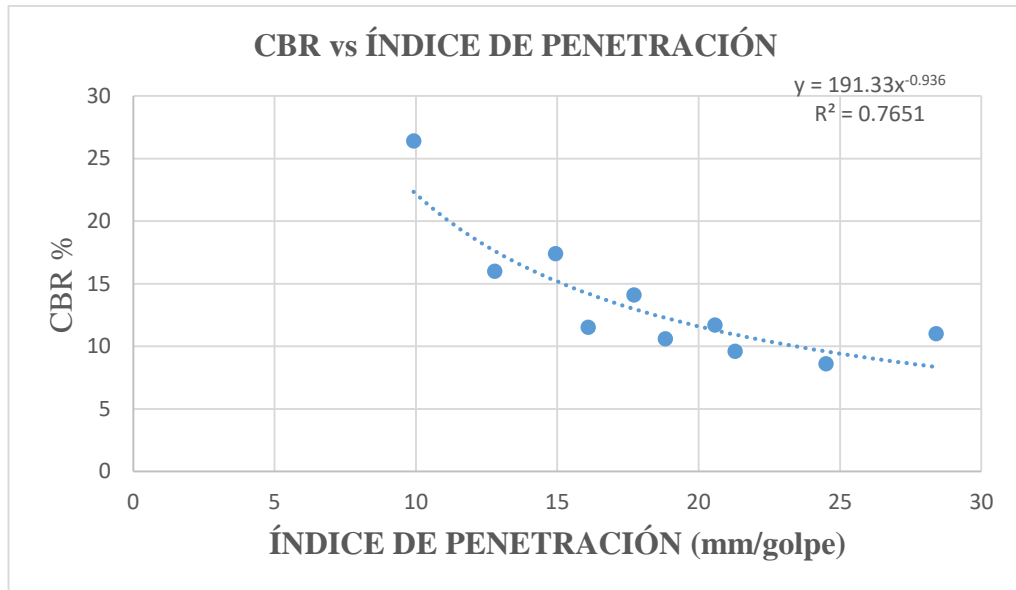
Coefficiente de determinación **R²:72.64%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs. Límite Líquido y Límite Plástico es Aceptable, se ajusta mejor mediante una regresión múltiple de tipo logarítmica con un coeficiente de determinación **R²** de **72.64%**.

Si se mantiene un valor constante de LP% y mientras el LL% aumenta el CBR tiende a decrecer. Esto se debe a que el LL% es un contenido de Humedad a medida que este crece la resistencia del suelo disminuye, por lo que **CBR** es inversamente proporcional al LL% .



**Figura 44.** Correlación CBR vs DN (mm/golpe)

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 191.33 \text{ DN}^{-0.936}$$

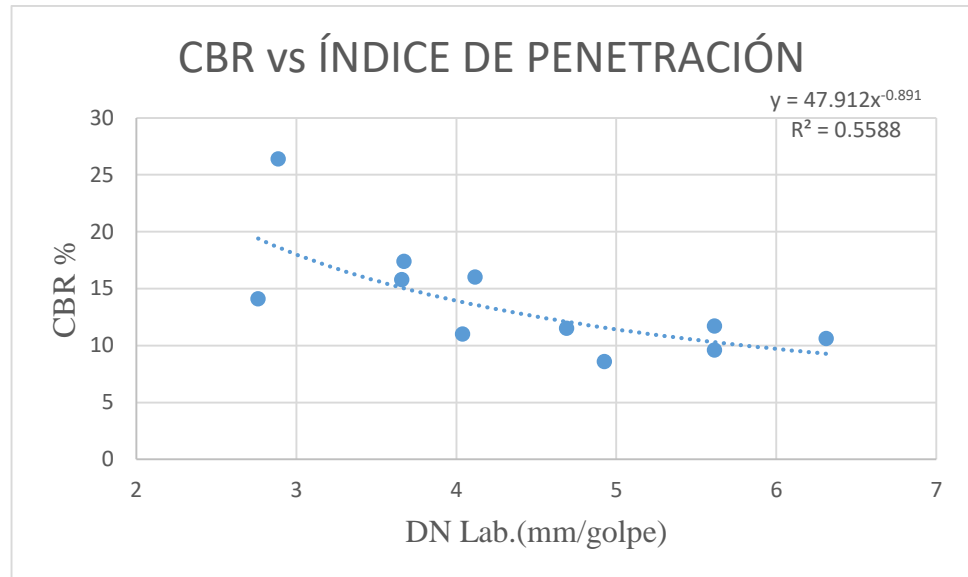
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:76.51%**

Nº muestras utilizadas:**10**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs. el índice de penetración es buena. Se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es potencial simple con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 76.51%**.

Se puede apreciar que cuando el valor de DCP crece, el valor del CBR disminuye, apreciando una relación indirecta ya que a un menor valor de DN mayor será el valor del CBR.



**Figura 45.** Correlación CBR vs DN lab (mm/golpe)

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

$$\text{CBR} = 47.912 \text{ DN lab}^{-0.891}$$

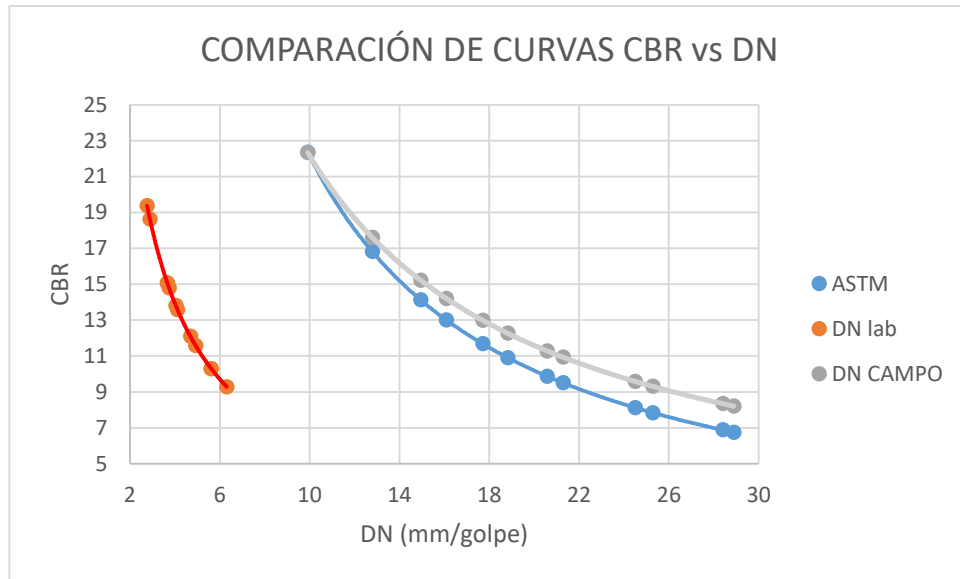
Coefficiente de determinación **R<sup>2</sup>:55.88%**

Nº muestras utilizadas:**11**

**Interpretación:**

La correlación obtenida entre el CBR vs. el índice de penetración es buena . Se ajusta mejor mediante una regresión simple cuya línea de tendencia es potencial simple con un coeficiente de determinación **R<sup>2</sup> de 55.88%**.

Se puede apreciar que cuando el valor de DCP crece, el valor del CBR disminuye, apreciando una relación indirecta ya que a un menor valor de DN mayor será el valor del CBR.



**Figura 46.** Comparación entre la correlación propuesta por el ASTM- CBR vs DN campo vs CBR-DN de laboratorio

### 3.1.4 Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO 93

#### 3.1.4.1 Conteo Vehicular

Hora de Máxima demanda

**Tabla 29.** Volumen Vehicular Hora Pico

30 ava HORA							
HORA	LIVIANOS	BUSES	CAMIONES				TOTAL
			2DA	2DB	3A	∑Pesados	
6H00-6H15	4	1	1	0	0	1	6
6H15-6H30	2	0	0	0	0	0	2
6H30-6H45	3	0	1	0	0	1	4
6H45-7H00	3	0	0	0	0	0	3
∑parcial	12	1	2	0	0	2	15
% 30va Hora	15.00%						
TPDA	80	7	13	0	0	14	107

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavlanes

Factor Hora Pico

$$FHP = \frac{\text{Total de vehículos}}{4 * (\text{Mayor Tráfico registrado en lapso de la hora pico})}$$

$$FHP = \frac{15 \text{ Vehículos}}{4 * (15 \text{ vehículos})}$$

$$FHP = 0.75$$

$$FHP \leq 1 = 1$$

$$FHP = 1$$

#### ➤ Porcentaje de la trigésima hora

La vía es de tipo rural por el cual se usará un porcentaje del 15% como lo establece el Ministerio de Obras Públicas.

$$TPDA = \frac{\text{Total de vehículos}}{15\%}$$

#### ➤ Vehículos Livianos

$$TPDA \text{ (livianos)} = \frac{12 * 1}{15\%}$$

$$TPDA \text{ (livianos)} = 80 \text{ vehículos/día}$$

➤ **Buses**

$$TPDA \text{ (buses)} = \frac{1*1}{15\%}$$

$$TPDA \text{ (buses)} = 7 \text{ buses/día}$$

➤ **Camiones**

$$TPDA \text{ (camiones)} = \frac{2*1}{15\%}$$

$$TPDA \text{ (camiones)} = 13 \text{ camiones/día}$$

cálculo de el TPDA actual con los valores obtenidos

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

$$TPDA(\text{actual}) = 80 + 7 + 13$$

$$TPDA(\text{actual}) = 100 \text{ vehiculos/día}$$

➤ **Tráfico Actual en el 1<sup>er</sup> año**

Se calcula el tráfico promedio diario durante el primer año.

$$TPDA_{(1 \text{ año})} = Ta * (1 + i)^n$$

➤ **Vehículos Livianos**

$$TPDA_{(Livianos)} = 80 * (1 + 3.97\%)^1$$

$$TPDA_{(Livianos)} = 84 \text{ vehículos/día}$$

➤ **Buses**

$$TPDA_{(buses)} = 7 * (1 + 1.97\%)^1 = 7 \text{ vehículos/día}$$

➤ **Camiones**

$$TPDA_{(camiones)} = 13 * (1 + 1.94\%)^1 = 13 \text{ vehículos/día}$$

El TPDA resultante del primer año:

$$TPDA_{(1er \text{ AÑO})} = TPDA_{(livianos)} + TPDA_{(buses)} + TPDA_{(camiones)}$$

$$TPDA_{(1er \text{ AÑO})} = 84 + 7 + 13 = 104 \text{ vehículos/día}$$

➤ **Tráfico Generado**

$$Tg = 20\% * TA(1er \text{ año})$$

➤ **Vehículos livianos**

$$Tg = 20\% * 84 = 17 \text{ vehículos/día}$$

➤ **Buses**

$$Tg=20\%*7= 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$Tg=20\%*13= 3 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Tr\u00e1fico Desarrollado**

$$Td=10\%*TA(1er \ a\u00f1o)$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

$$Td=10\%*84= 8 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Buses**

$$Td=10\%*7= 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$Td=10\%*13= 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Tr\u00e1fico Atra\u00edo**

$$Ta=5\%*TA(1er \ a\u00f1o)$$

➤ **Veh\u00edculos livianos**

➤  $Tg=5\%*84= 4 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$

➤ **Buses**

$$Tg=5\%*7= 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

➤ **Camiones**

$$Tg=5\%*13= 1 \text{ veh\u00edculos/d\u00eda}$$

**Tabla 30.** Tr\u00e1fico Actual en el 1<sup>er</sup> a\u00f1o

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL
			2DA	2DB	3A	ΣPesados	
<b>TPDA</b>	80	7	13	0	0	13	100
<b>Tg(20%TPDA)</b>	16	2	3	0	0	3	21
<b>Tat(10%TPDA)</b>	8	1	2	0	0	2	11
<b>Td(5%TPDA)</b>	4	1	1	0	0	1	6
<b>Tactual</b>	<b>108</b>	<b>11</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>138</b>

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavlanes

### Tráfico Futuro

Para el periodo de diseño de la vía se recomienda entre 10 a 20 años dependerá el tipo y orden de la carretera.

Tráfico Futuro

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

Para el valor de i (índice de crecimiento vehicular el MTOP propone los siguientes valores:

**Tabla 31.** Índice de crecimiento Vehicular

PERÍODO	LIVIANOS	BUSES	PESADOS
2016 - 2020	3.97	1.97	1.94
2021 - 2025	3.57	1.78	1.74
2026 - 2030	3.25	1.62	1.58

Fuente: Norma de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

Tráfico Futuro

Se realizó para un periodo de diseño 10 años

Vehículos Livianos

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

$$Tf = 108*(1 + 0.0325)^{10}$$

$$Tf = 149 \text{ vehículos/día}$$

Buses

$$Tf = 11*(1 + 0.0162)^{10}$$

$$Tf = 13 \text{ vehículos/día}$$

Camiones

$$Tf = 19*(1 + 0.0158)^{10}$$

$$Tf = 22 \text{ vehículos/día}$$

**Tabla 32.** Tráfico futuro para el período de diseño.

AÑO	% CRECIMIENTO (i)			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO $Tf = Ta* (1+i)^n$			
	Livianos	Buses	Camiones	Livianos	Buses	Pesados	TPD Total
2020	3.97	1.97	1.94	108	11	19	138
2021	3.57	1.78	1.74	112	12	19	143



2022	3.57	1.78	1.74	116	12	20	148
2023	3.57	1.78	1.74	120	12	21	153
2024	3.57	1.78	1.74	125	12	21	158
2025	3.57	1.78	1.74	129	13	21	163
2026	3.25	1.62	1.58	131	13	21	165
2027	3.25	1.62	1.58	136	13	22	171
2028	3.25	1.62	1.58	140	13	22	175
2029	3.25	1.62	1.58	145	13	22	180
2030	3.25	1.62	1.58	149	13	22	184
2031	3.25	1.62	1.58	154	14	23	191
2032	3.25	1.62	1.58	159	14	23	196
2033	3.25	1.62	1.58	164	14	24	202
2034	3.25	1.62	1.58	169	14	24	207
2035	3.25	1.62	1.58	175	14	25	214
2036	3.25	1.62	1.58	181	15	24	220
2037	3.25	1.62	1.58	187	15	24	226
2038	3.25	1.62	1.58	193	15	26	234
2039	3.25	1.62	1.58	199	15	25	239
2040	3.25	1.62	1.58	205	16	26	247

**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes

El tráfico futuro para un período de diseño de 20 años es de 247 vehiculos/día, se considera una vía colectora tipo IV de acuerdo a la clasificación del MOP.

**Tabla 33.** Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico proyectado.

<b>FUNCION</b>	<b>CLASE DE CARRETERA (según MOP)</b>	<b>TPDA (1) (AÑO FINAL DE DISEÑO)</b>
CORREDOR ARTERIAL	RI - RII (2)	>8000
	I	3000 – 8000
COLECTORA	II	1000 – 3000
	III	300 – 1000
	IV	100 – 300
VECINAL	V	< 100

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

➤ **Cálculo Eje Equivalente (W18)**

Periodo de diseño

**Tabla 34.** Período de diseño según la vía proyecto.

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

**Fuente:** Normas de Diseño Geométrico de Carreteras, MOP 2003

Se tomará como una vía pavimentada de bajo volumen de tráfico, cuyo periodo de diseño será de 20 años.

### Factor de daño

**Tabla 35.** Factor de daño según el tipo de vehículo MTOP

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TÁNDEM		FACTOR DE DAÑO
	P(Ton)	$(P/6,6)^4$	P(Ton)	$(P/8,2)^4$	P(Ton)	$(P/15)^4$	
BUS	4	0.13	8	0.91			1.04
2DA	3	0.04	7	0.53			0.57
2DB	7	1.27	11	3.24			4.51
3A	7	1.27			20	3.16	4.43

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavlanes

### ➤ Factor de distribución por carril

En la vía estudiada existen 2 carriles, uno en cada dirección

**Tabla 36.** Factor de distribución por carril-proyecto

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

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

### ➤ Número de ejes equivalentes (W18)

El valor (W18) se debe calcular al final del período de diseño para cada tipo de vehículo por medio de la siguiente ecuación:

$$W18_{total} = 365 * TPDA_{final} * FD * fd$$

Donde:

W18 = Número acumulado de ejes equivalentes

TPDA Final = Tráfico Promedio Diaria Anual Final

FD = Factor de daño

fd = Factor de distribución por carril

➤ **Cálculo del W18 para el año 2040**

$$W18_{total} = 365 * TPDA_{final} * FD * fd$$

$$W18_{total} = 365 * ((16 * 1.04) + (25 * 0.57) * 1)$$

$$W18_{total} = 11274.85$$

**Tabla 37.** Número de Ejes Equivalentes-proyecto

AÑO	TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO $Tf = Ta * (1+i)^n$				PESADOS	W18	W18	W18	Años
	Livianos	Buses	Pesados	TPD Total	2DA	Acumulado	Por sentido	Carril de diseño	n
2020	108	11	19	138	19	8128.55	4064.28	4064.28	0
2021	112	12	19	143	19	16636.70	8318.35	8318.35	1
2022	116	12	20	148	19	25144.85	12572.43	12572.43	2
2023	120	12	21	153	21	34069.10	17034.55	17034.55	3
2024	125	12	21	158	20	42785.30	21392.65	21392.65	4
2025	129	13	21	163	20	51881.10	25940.55	25940.55	5
2026	131	13	21	165	21	61184.95	30592.48	30592.48	6
2027	136	13	22	171	22	70696.85	35348.43	35348.43	7
2028	140	13	22	175	22	80208.75	40104.38	40104.38	8
2029	145	13	22	180	21	89512.60	44756.30	44756.30	9
2030	149	13	22	184	22	99024.50	49512.25	49512.25	10
2031	154	14	23	191	23	109124.05	54562.03	54562.03	11
2032	159	14	23	196	22	119015.55	59507.78	59507.78	12
2033	164	14	24	202	23	129115.10	64557.55	64557.55	13
2034	169	14	24	207	24	139422.70	69711.35	69711.35	14
2035	175	14	25	214	24	149730.30	74865.15	74865.15	15
2036	181	15	24	220	25	160625.55	80312.78	80312.78	16
2037	187	15	24	226	24	171312.75	85656.38	85656.38	17
2038	193	15	26	234	25	182208.00	91104.00	91104.00	18
2039	199	15	25	239	26	193311.30	96655.65	96655.65	19
2040	205	16	26	247	25	204586.15	102293.08	102293.08	20

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavlanes

➤ **Confiabilidad R**

**Tabla 38.** Niveles de confiabilidad sugerida de acuerdo a la clasificación funcional-Proyecto

Clasificación funcional	Nivel de Confialidad, R, recomendado	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias Principales	80-99	75-95
<b>Colectoras</b>	<b>80-95</b>	<b>75-95</b>
Locales	50-80	50-80

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Al ser una vía tipo colectoras se tomará un nivel de confabilidad "R" de 85%

➤ **Desviación Estándar Normal Zr**

**Tabla 39.** Desviación Estándar Normal "Zr"-Proyecto.

Confiabilidad	Zr	Confiabilidad	Zr
50	0.000	93	-1.476
60	-0.253	94	-1.555
70	-0.524	95	-1.645
75	-0.674	96	-1.751
80	-0.841	97	-1.881
<b>85</b>	<b>-1.037</b>	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, Guide for Design of Pavement Structures 1993

➤ **Desviación Estándar Global "So"**

En Pavimentos Flexibles:  $0.40 < So < 0.50$  es recomendable usar 0.45

➤ **Módulo de Resiliencia Mr (Características de subrasante)**

$Mr \text{ (psi)} = 3000 * CBR^{0.65}$  para CBR de 7.2% a 20% (Desarrollada en Sudáfrica)

CBR de Laboratorio Calicata 6= 11.50 **Ver tabla 23**

$$Mr \text{ (psi)} = 3000 * (11.50)^{0.65} = 14675 \text{ psi } 14.68 \text{ ksi.}$$

Correlación CBR

Calicata 6

$$CBR = 102.96 - 4.8051 * LL + 0.0624 LL^2$$

LL=32.35 → VER TABLA 20

$$\text{CBR}=102.96-4.8051*(32.35)+0.0624*(32.35)^2$$

$$\text{CBR}=12.82.$$

$$\text{Mr (psi)}=3000*(12.82)^{0.65}=15749 \text{ psi } 15.75\text{ksi.}$$

➤ **Índice de Serviciabilidad ( $\Delta\text{Psi}$ )**

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

$$\Delta\text{Psi}=4.2-2.0$$

$$\Delta\text{Psi}=2.2$$

➤ **Determinación de Espesores de capa**

$$\text{SN}=\text{a1D1}+\text{a2D2m2}+\text{a3D3m3}$$

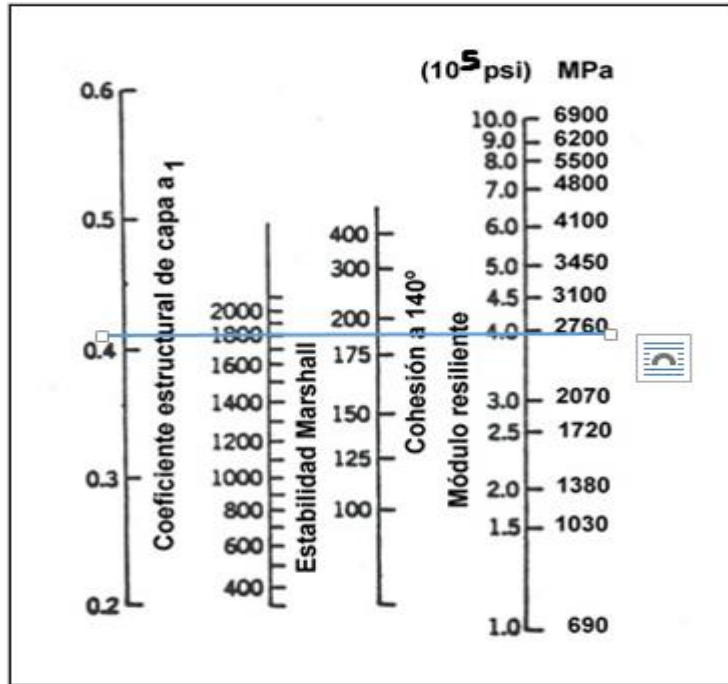
Para el cálculo de los espesores D1 y D2 (en pulgadas), el método requiere respetar los siguientes valores mínimos

**Tabla 40.** Valores mínimos D1, D2 en pulgadas

Tráfico W18	Concreto asfáltico, D <sub>1</sub>	Capa Base D <sub>2</sub>
<50 000	1.0 (o tratam Superficial)	4
50 001 a 150 000	2.0	4
150 001 a 500 000	2.5	4
500 001 a 2 000 000	3.0	6
2 000 001 a 7 000 000	3.5	6
mayor a 7 000 000	4	6

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

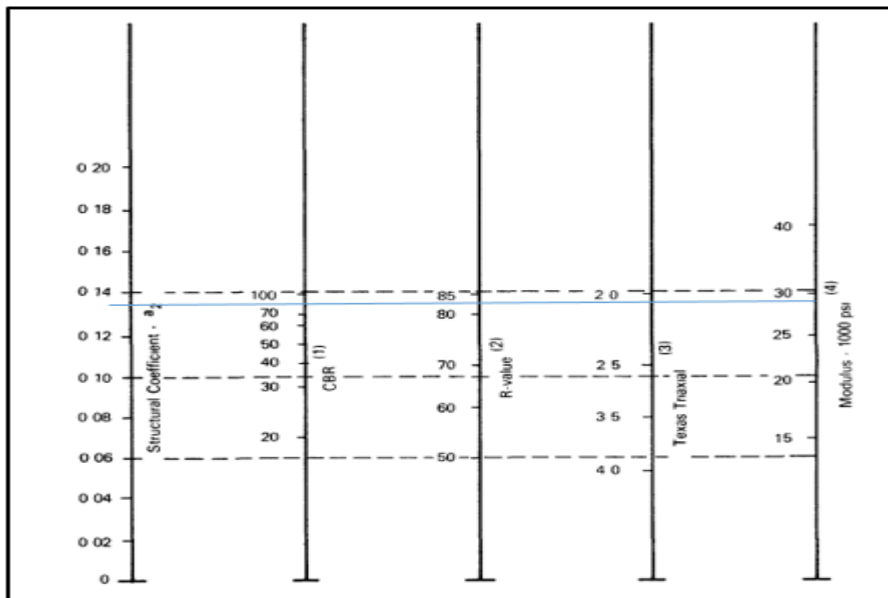
➤ Coeficiente Estructural a1



**Figura 47.** Monograma para determinar a1 proyecto

Se toma un valor  $a_1 = 0.42$ , consecuentemente un módulo elástico de 395000psi, 395ksi

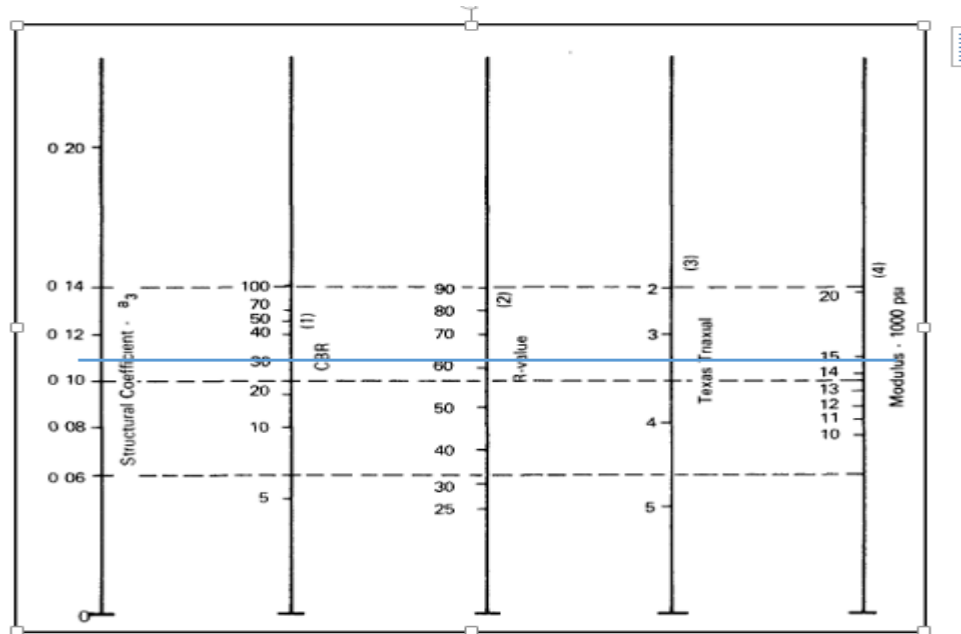
**Coeficiente Estructural de la base granular “a2”**



**Figura 48.** Monograma para determinar a2 proyecto

La norma MOP establece un CBR mínimo de 80 % para la base, por cual se escoge el mínimo y da un  $a_2=0.133$  y un módulo de elasticidad de 28 ksi.

### Coefficiente Estructural de la Sub-Base Granular "a3"



**Figura 49.** Monograma para determinar  $a_3$  proyecto

En la Norma de diseño geométrico MOP 2003 establece un CBR mayor a 30%, por lo cual se toma valores de  $a_3=0.11$  y un módulo de elasticidad de 15 Ksi.

**Coefficientes de Drenaje** ( $m_2$ ,  $m_3$ ):

**Tabla 41.** Capacidad de Drenaje-Proyecto

Calidad del Drenaje	Agua eliminada en:
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Deficiente	Agua no drenada

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

**Tabla42.** Coeficientes de drenaje proyecto

Capacidad de drenaje	Porcentaje del tiempo en que la estructura de Pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	Más de 1 %	1%-5%	5%-25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Deficiente	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

**Fuente:** AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993

Se obtiene un valor de 1 para m2 y m3.

**Tabla 43.** Datos para el diseño de pavimento flexible CBR de laboratorio Muestra #6

<b>MATERIALES</b>		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	<b>(ksi)</b>	395.00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	<b>(ksi)</b>	28.00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	<b>(ksi)</b>	15.00
<b>TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
Cantidad de Ejes Equivalentes	<b>[W18]</b>	102294.00
Factor de Confiabilidad	<b>[R]</b>	85%
Desviación Estándar Normal	<b>[Zr]</b>	-1.037
Desviación Estándar Global	<b>[So]</b>	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	<b>[Mr] (ksi)</b>	14.68
Servicialidad Inicial	<b>[Pi]</b>	4.20
Servicialidad Final	<b>[Pt]</b>	2.00
Período de diseño	<b>(años)</b>	20

**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**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

Módulo resiliente de la subrasante:  
 Mr 14675 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 =** 102293    Número Estructural  
 Calcular W18    **SN =** 1.74

Calcular    Salir

**Fig50:** Cálculo de SN para CBR Calicata 6

**Fuente:**AASHTO 93

**Tabla 44.** Diseño de pavimento flexible CBR laboratorio Muestra #6

<b>MATERIALES</b>		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	<b>(ksi)</b>	395.00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	<b>(ksi)</b>	28.00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	<b>(ksi)</b>	15.00
<b>TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
Cantidad de Ejes Equivalentes	<b>[W18]</b>	102294.00
Factor de Confiabilidad	<b>[R]</b>	85%
Desviación Estándar Normal	<b>[Zr]</b>	-1.037
Desviación Estándar Global	<b>[So]</b>	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	<b>[Mr] (ksi)</b>	14.68
Servicialidad Inicial	<b>[Pi]</b>	4.20
Servicialidad Final	<b>[Pt]</b>	2.00
Período de diseño	<b>(años)</b>	20
<b>ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO</b>		
Coeficientes Estructurales por capa		
A. Concreto Asfáltico Convencional	<b>(a<sub>1</sub>)</b>	0.417
B. Base Granular	<b>(a<sub>2</sub>)</b>	0.133
C. Subbase	<b>(a<sub>3</sub>)</b>	0.110
Coeficientes de Drenaje de cada capa		
D. Base Granular	<b>(m<sub>2</sub>)</b>	1.000
E. Subbase	<b>(m<sub>3</sub>)</b>	1.000
<b>CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES</b>		

	<b>Teórico</b>	
	<b>SN</b>	<b>Espesor</b>
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica ( <b>SN<sub>CA</sub></b> )	1.33	8.1 cm
Número Estructural de la Base Granular ( <b>SN<sub>BG</sub></b> )	0.39	7.4 cm
Número Estructural de la Subbase ( <b>SN<sub>SB</sub></b> )	0.02	0.5 cm
Número Estructural Requerido Total ( <b>SN<sub>REQ</sub></b> )	<b>1.74</b>	16.0 cm
<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO</b>		
	<b>Propuesta</b>	
	<b>SN</b>	<b>espesor</b>
Espesor de la Carpeta Asfáltica	0.82	5.0 cm
Espesor de la Base Granular	0.52	10.0 cm
Espesor de la Subbase	0.65	15.0 cm
Total	<b>1.99</b>	30.0 cm

**Fuente:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 45.** Datos para el diseño de pavimento flexible CBR correlacionado Muestra #3

<b>MATERIALES</b>		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	<b>(ksi)</b>	395.00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	<b>(ksi)</b>	28.00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	<b>(ksi)</b>	15.00
<b>TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
Cantidad de Ejes Equivalentes	<b>[W18]</b>	102294.00
Factor de Confiabilidad	<b>[R]</b>	85%
Desviación Estándar Normal	<b>[Zr]</b>	-1.037
Desviación Estándar Global	<b>[So]</b>	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	<b>[Mr] (ksi)</b>	15.75
Servicialidad Inicial	<b>[Pi]</b>	4.20
Servicialidad Final	<b>[Pt]</b>	2.00
Período de diseño	<b>(años)</b>	20

**Fuente:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

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

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr 15749 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 =** 102293  Calcular W18

Número Estructural  
**SN =** 1.69

Calcular Salir

**Fig51:** Cálculo de SN para CBR correlacionado

Fuente:AASHTO 93

**Tabla 46.** Diseño de pavimento flexible CBR correlacionado

<b>MATERIALES</b>		
Módulo de Elasticidad del Asfalto	<b>(ksi)</b>	395.00
Módulo de Elasticidad de la Base Granular	<b>(ksi)</b>	28.00
Módulo de Elasticidad de la Subbase	<b>(ksi)</b>	15.00
<b>TRÁFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE</b>		
Cantidad de Ejes Equivalentes	<b>[W18]</b>	102294.00
Factor de Confiabilidad	<b>[R]</b>	85%
Desviación Estándar Normal	<b>[Zr]</b>	-1.037
Desviación Estándar Global	<b>[So]</b>	0.45
Módulo de Resiliencia de la Subrasante	<b>[Mr] (ksi)</b>	15.75
Servicialidad Inicial	<b>[Pi]</b>	4.20
Servicialidad Final	<b>[Pt]</b>	2.00
Período de diseño	<b>(años)</b>	20
<b>ESTRUCTURACIÓN DEL RESUERZO</b>		
Coeficientes Estructurales por capa		

A. Concreto Asfáltico Convencional	(a <sub>1</sub> )	0.417
B. Base Granular	(a <sub>2</sub> )	0.133
C. Subbase	(a <sub>3</sub> )	0.110
Coeficientes de Drenaje de cada capa		
D. Base Granular	(m <sub>2</sub> )	1.000
E. Subbase	(m <sub>3</sub> )	1.000
<b>CÁLCULO DE NÚMEROS ESTRUCTURALES</b>		
	<b>Teórico</b>	
	<b>SN</b>	<b>Espesor</b>
Número Estructural de la Carpeta Asfáltica (SN <sub>CA</sub> )	1.33	8.1 cm
Número Estructural de la Base Granular (SN <sub>BG</sub> )	0.39	7.4 cm
Número Estructural de la Subbase (SN <sub>SB</sub> )	-0.03	-0.7 cm
Número Estructural Requerido Total (SN <sub>REQ</sub> )	1.69	14.8 cm
<b>DISEÑO DEL PAVIMENTO</b>		
	<b>Propuesta</b>	
	<b>SN</b>	<b>espesor</b>
Espesor de la Carpeta Asfáltica	0.82	5.0 cm
Espesor de la Base Granular	0.52	10.0 cm
Espesor de la Subbase	0.65	15.0 cm
Total	1.99	30.0 cm

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Fuente: AASHTO 93

**Tabla 47.** Comparación de los espesores del pavimento flexible entre CBR de laboratorio vs CBR correlacionado

Laboratorio		correlacionado		
CBR	11.50	12.82		
Mr(Psi)	14675	15749		
	calculado	Propuesto	calculado	propuesto
SN	1.74	1.99	1.69	1.99
Asfalto	8.10	5	8.10	5
Base	7.40	10	7.40	10
Sub base	0.50	15	-0.70	15

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

### **3.2 Verificación de Hipótesis**

Una vez terminada la investigación, se realizó 20 correlaciones teniendo un coeficiente de determinación  $R^2$  que varía entre 50%-94.26%

✓ **H: Hipotesis Alternativa**

La correlación entre el CBR de laboratorio, DCP, y las propiedades índice y mecánicas en suelo de las parroquias Tisaleo, y Quinchicoto cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua tienen un coeficiente de correlación mayor al 50% teniendo una relación aceptable.

✓ **Hipótesis Nula**

HO: La correlación entre el CBR de laboratorio, DCP, y las propiedades índice y mecánicas en suelo de las parroquias Tisaleo, y Quinchicoto cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua no tienen un coeficiente de correlación mayor al 50%.

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

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

En el análisis granulométrico se determinó un porcentaje nulo 0% de grava, un porcentaje de arena (S) que varía entre el 98.19%-99.92% y una pequeña porción de finos (F) que varía entre 0.08% -1.913%.

Se determinó que el 100% de las muestras de suelo del cantón Tisaleo es arena mal graduada, con un coeficiente de curvatura (Cc) que varía entre 0.56-1.02 y un coeficiente de uniformidad (Cu) que varía entre 1.66-3.72.

Se desarrolló relaciones lineales y no lineales entre las propiedades índice y mecánicas de los suelos a través del análisis de correlación, obteniendo coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que varían entre el 50.11%-94.26%.

Se determinó que la correlación con un mayor coeficiente de determinación es entre la densidad seca máxima vs relación de vacíos con un coeficiente de determinación de 94.26%.

Se determinó que los suelos estudiados de las parroquias Tisaleo y Quinchicoto, corresponden de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos a un suelo (SP) arena pobremente graduada mientras que según la AASHTO corresponden al grupo A-2, con un sub grupo A-2-4, con un índice de grupo 0, siendo un suelo cuyo material es arena limosa.

Se determinó la resistencia del suelo in-situ mediante el ensayo Cono de Penetración Dinámico (DCP) que arrojaron un índice de penetración (DN) que varía entre 9.92 (mm/golpe)-28.88 (mm/golpe).

El ensayo (DCP) permite determinar el índice de penetración que es uno de los parámetros que permite conocer la resistencia al corte de los suelos de manera indirecta in-situ. Se obtuvo una correlación aceptable con un coeficiente de determinación  $R^2=76.51\%$ .

Se estableció la ubicación georreferenciada de las calicatas en las vías de las parroquias Tisaleo, Quinchicoto con la clasificación de los suelos de acuerdo al Sistema Unificado de suelos SUCS y AASHTO.

Se determinó valores de CBR de laboratorio que varían de 8.6%- 28.6 % que se podría dar una clasificación general de Regular- Bueno para emplearlo como Subrasante.

Se determinó mediante el ensayo próctor modificado una densidad seca máxima que oscila entre 1.390 g/cm<sup>3</sup> - 1.572 g/cm<sup>3</sup> y un contenido de humedad óptimo que varía entre 12.50 y 31.48%.

Se observó que existe una mejor correlación para determinar el índice de penetración con el contenido de humedad natural con un coeficiente de determinación R<sup>2</sup> de 75.18%.

Las correlaciones presentadas en esta investigación podrían ser aplicadas para suelos que estén dentro de los rangos de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos estudiados.

Se determinó que al diseñar el pavimento flexible tanto con el CBR de laboratorio y el obtenido mediante correlación con el límite líquido se pudo apreciar que los espesores de la carpeta asfáltica es de 5 cm, base 10 cm y sub-base 15cm para ambos diseños ya que el CBR obtenido en la correlación se aproxima considerablemente al obtenido en el laboratorio.

## 4.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda ampliar la zona y la base de datos, para obtener resultados más confiables entre las propiedades índice y el CBR ya que ésta última es una variable importantísima a la hora de diseñar el pavimento flexible.

Se recomienda utilizar correlaciones con un coeficiente de correlación mayor al 75% ya que éstos arrojarán valores confiables y más precisos.

Se recomienda utilizar estas correlaciones en un sitio de estudio de idénticas características con las mismas propiedades físicas y mecánicas de los suelos.

Se recomienda utilizar las normas citadas para la ejecución de los ensayos de Campo y Laboratorio, de esta manera se obtendrá valores reales y eficaces que permitan utilizar en las correlaciones.

Se recomienda secar las muestras antes de proceder a realizar el Ensayo Próctor modificado para obtener valores de contenido óptimo y densidad seca máxima reales para proceder hacer el ensayo CBR.

Se recomienda tomar las muestras de suelo siempre en el lado de corte de la vía, para obtener muestras que no estén alteradas.

Se recomienda utilizar estas correlaciones donde se necesite acelerar el proceso de construcción y reducir la costosa supervisión de la construcción.



## Bibliografía

- [1] F. Carpio, “Sistema Institucional para la Gestión De Estrategias de Planificación y Conservación De Caminos Rurales en la Provincia del Azuay.,” *Univ. Cuenca.*, pp. 1–286, 2017, [Online]. Available: <https://www.ucuenca.edu.ec/la-oferta-academica/oferta-de-grado/facultad-de-ciencias-medicas/carreras/enfermeria>.
- [2] C. E. Duque Escobar, Gonzalo y Escobar Potes, “LIBRO MECÁNICA DE SUELOS - LAMBE.” 2002, Manizales, Accessed: Jun. 08, 2020. [Online]. Available: [https://www.academia.edu/40582865/LIBRO\\_MECÁNICA\\_DE\\_SUELOS\\_UNINACIONAL](https://www.academia.edu/40582865/LIBRO_MECÁNICA_DE_SUELOS_UNINACIONAL).
- [3] F. Viscarra Agreda, “El cono dinámico de penetración y su aplicación en la evaluación de suelos,” *iCIVIL*, p. 18, 2006, [Online]. Available: [https://www.academia.edu/28667223/EL\\_CONO\\_DINÁMICO\\_DE\\_PENETRACIÓN\\_Y\\_SU\\_APLICACIÓN\\_EN\\_LA\\_EVALUACIÓN\\_DE\\_SUELOS](https://www.academia.edu/28667223/EL_CONO_DINÁMICO_DE_PENETRACIÓN_Y_SU_APLICACIÓN_EN_LA_EVALUACIÓN_DE_SUELOS).
- [4] Paul M. Muchinsky, “ESTIMACIÓN DEL VALOR DE CBR USANDO PENETROMÉTRO DE CONO DINÁMICO,” *Psychol. Appl. to Work An Introd. to Ind. Organ. Psychol. Tenth Ed. Paul*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2012, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [5] J. F. León and R. B. Zeas, *Determinación de la correlación entre los índices DCP In situ y CBR de laboratorio*. 2017.
- [6] J. Guardo, “Estudios geotécnicos, Una necesidad en obras civiles,” *Ingeniería & Desarrollo*, vol. 6: 117-126. p. 10, 1999, [Online]. Available: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile/2228/1445>.
- [7] G. V. Ramasubbarao and G. Siva Sankar, “Predicting soaked CBR value of fine grained soils using index and compaction characteristics,” *Jordan J. Civ. Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 354–360, 2013.
- [8] O. A. Afolabi and O. D. Afolayan, “Strength modelling of soil geotechnical properties from index properties,” *Jordan J. Civ. Eng.*, vol. 12, no. 4, pp. 619–628, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.covenantuniversity.edu.ng/12036/#.XsVQIWhKjIU>.

- [9] C. Crespo Villacis, *MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES*. MONTERREY, 2004.
- [10] P. Berry and D. Reid, “Mecánica de Suelos.” pp. 181–183, 1996, doi: 10.1049/iet-epa.2010.0070.
- [11] B. M. Das, *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*, Cuarta., no. 1. México, 2013.
- [12] J. E. Bowles, *Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil*, vol. 91, no. 5. México, 1981.
- [13] R. Del Castillo, *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres*, Volumen 1. México, 2005.
- [14] E. Juárez Badillo and A. Rico Rodríguez, “Mecánica de suelos, Tomo I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos,” *Mecánica de Suelos*. p. 644, 2005.
- [15] R. S. Patel and M. D. Desai, “CBR Predicted by Index Properties for Alluvial Soils of South Gujarat,” *Indian Geotech. Conf.*, pp. 79–82, 2010, [Online]. Available: [http://www.mddesai.com/Paper\\_2000\\_2010/20 - 020.pdf](http://www.mddesai.com/Paper_2000_2010/20 - 020.pdf).
- [16] “PRIMER TALLER DE MECÁNICA DE SUELOS-MARZO 2006,” 2006.
- [17] H. Kim, “Dynamic analysis of dynamic cone penetration test for subgrade compaction assessment,” no. December, p. 464, 2014, [Online]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/d6c2/6da1eaf7ffa6012ff99d4d16394efc0d6416.pdf>.
- [18] S. D. Mohammadi, M. R. Nikoudel, H. Rahimi, and M. Khomehchiyan, “Application of the Dynamic Cone Penetrometer (DCP) for determination of the engineering parameters of sandy soils,” *Eng. Geol.*, vol. 101, no. 3–4, pp. 195–203, 2008, doi: 10.1016/j.enggeo.2008.05.006.
- [19] C. y A. S. A. (CORASCO), “Manual para la Revisión de Pavimentos,” NICARAGUA, 2008.
- [20] J. Herrera, Castaño, G. Jose, and F. Reyes, “Análisis cualitativo del flujo de agua de infiltración para el control del drenaje de una estructura de pavimento flexible.,” pp. 20–25, 2009.
- [21] F. Moreira, *APUNTES DE PAVIMENTOS.UTA*. Ambato.
- [22] “Ingeniería de pavimentos - Alfonso Montejó Fonseca | Tatiana Ibañez Miranda Academia.edu.”[https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria\\_de\\_pavimentos\\_-\\_Alfonso\\_Montejó\\_Fonseca](https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_-_Alfonso_Montejó_Fonseca) (accessed Jul. 13, 2020).

- [23] Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, “Norma para Estudios y Diseño Vial NEVI-12,” QUITO, 2013.
- [24] R. Murray Spiegel and J. Larry Stephens, *Estadística Schaum*, Cuarta. México, 2009.
- [25] P. Morales Vallejo, “Correlación y regresión, simple y múltiple,” pp. 1–24, 2012, [Online]. Available: <papers3://publication/uuid/A05857CA-149F-4FB2-B229-655D19062897>.
- [26] GAD, “DIAGNÓSTICO DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL GAD PARROQUIA RURAL QUINCHICOTO,” p. 368, 2010.

## **ANEXOS**



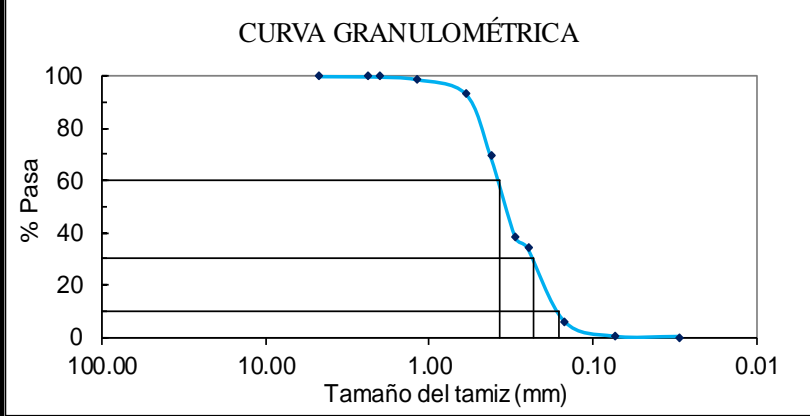
**A. Ensayos Realizados**

**B. Conteo Vehicular**

**C. Archivo fotográfico**




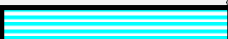

**A. Ensayos realizados**

**Tabla 48.** Ensayo granulométrico 1

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MÉCANICA</b> <b>CARRERA INGENIERIA CIVIL</b>			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE					
<b>PROYECTO:</b> LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza			<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m		
<b>POZO:</b> INICIAL			<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m		
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) = 191.60			
TAMIZ	mm	W <sub>Ret.</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% <sub>RET.ACUM.</sub>	% PASA
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.20	0.20	0.10	99.90
# 10	2.00	0.20	0.40	0.21	99.79
# 16	1.19	1.80	2.20	1.15	98.85
# 30	0.595	10.60	12.80	6.68	93.32
# 40	0.420	46.00	58.80	30.69	69.31
# 50	0.297	59.60	118.40	61.80	38.20
# 60	0.250	8.00	126.40	65.97	34.03
# 100	0.149	54.00	180.40	94.15	5.85
# 200	0.074	11.00	191.40	99.90	0.10
# fuente	0.03	0.20	0.20	0.10	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
D10 (mm)	0.161	Cu = D60 / D10		2.28	
D30 (mm)	0.232	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)		0.91	
D60 (mm)	0.367	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.595	
Clasificación	GRAVA (% G)	ARENA (% S)	FINO (% F)	SUELO	
SUCS	0.00	99.90	0.10	SP	
AASHTO	0.10	99.79	0.10	A-2-4	



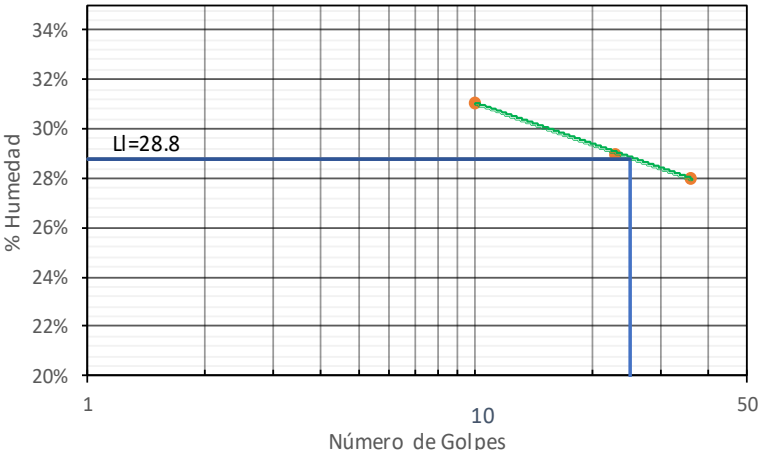
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 49. Ensayo Densidad de Campo 1**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m			
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m			
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			Unidades		
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)		1411.00	gr		
Peso de la funda (Rec)		4.80	gr		
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)		1406.20	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			Unidades		
Peso inicial frasco + cono + arena		3721.20	gr		
Peso final frasco + cono + arena		789.80	gr		
Peso de arena en el cono		1606.20	gr		
Peso arena en la perforación		1325.20	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación (Vm)		889.99	cm <sup>3</sup>		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidades		
Identificación del Recipiente		Y1	W2	-	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		127.42	98.76	gr	
Peso seco + recipiente Ws+rec		115.53	91.35	gr	
Peso recipiente Rec		56.40	53.14	gr	
Peso del agua Ww		11.89	7.41	gr	
Peso de los sólidos Ws		59.13	38.21	gr	
Contenido de humedad w%		20.11	19.39	%	
Contenido de humedad promedio W%		19.75		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos Vv =		14.45	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Wa =	7.04	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Ww =	7.41	cm <sup>3</sup>	7.41	gr
Vs = 	Ws =	14.42	cm <sup>3</sup>	38.21	gr
Vm =	Wm =	28.87	cm <sup>3</sup>	45.62	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			Unidades		
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.580	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.319	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad w%		19.75	%		
Relación de vacíos $e = V_v/V_s$		1.00	natural		
Porosidad $n\% = V_v/V_m * 100$		50.06	%		
Grado de Saturación de agua $G_w\% = V_w/V_v * 100$		51.26	%		
Grado de Saturación de aire $G_a\% = W_a/V_v * 100$		48.74	%		



**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 50.** Ensayo Límite líquido y plástico 1

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE					
<b>PROYECTO:</b> LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> Tisaleo Chilco la Esperanza	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m				
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
10	11.64	30.78	26.21	0.31	31%
	11.61	38.35	32.06	0.31	
23	11.23	32.37	27.74	0.28	29%
	11.46	33.07	28.10	0.30	
36	11.55	21.18	19.21	0.26	28%
	11.98	22.98	20.42	0.30	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>					<b>28.81</b>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>LÍMITE LÍQUIDO</b> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <math>y = -0.024 \ln(x) + 0.3654</math>  <math>R^2 = 0.9977</math> </div> </div> 					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
<b>Identificación</b>	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
A8	4.35	5.17	5.02	22%	
A3	4.30	4.90	4.78	25%	
E1	4.26	5.35	5.12	27%	
PROMEDIO W % (LP)				24.71	
IP = LL - LP	4.10	<b>PLÁSTICO</b>			

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 51.** Ensayo Gravedad Específica 1

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																																	
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">16</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">141.04</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">92.64</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">48.4</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Ws+Wbw</b></td> <td style="text-align: center;">707</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">686.4</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">20.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.9990</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.347</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	16	°C	Peso del recipiente + suelo seco	141.04	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	92.64	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.4	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	<b>Ws+Wbw</b>	707	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686.4	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	20.6	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.9990	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.347	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	16	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	141.04	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	92.64	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.4	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
<b>Ws+Wbw</b>	707	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686.4	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	20.6	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.9990	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.347	-																																	

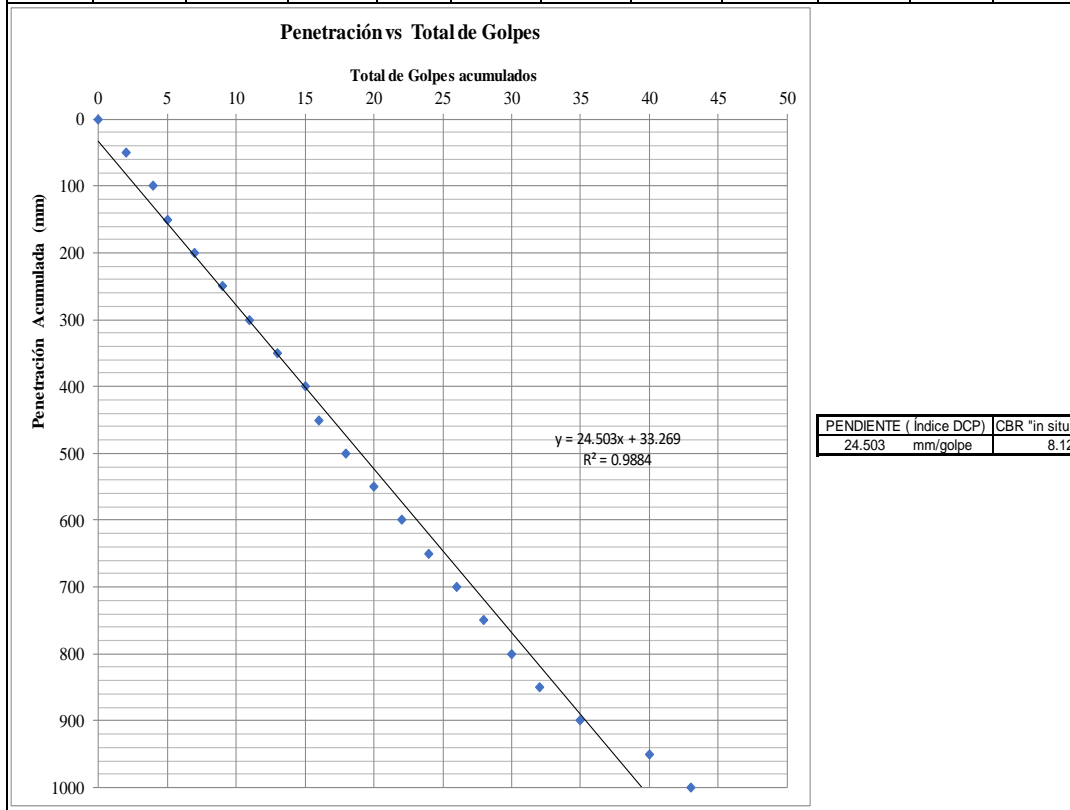
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 52. Ensayo DCP 1**



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DCP	
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR		<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno
<b>SECTOR:</b> Chilco La Esperanza I		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m		<b>FECHA:</b> 18-12-2020
<b>NORMAS:</b>		<b>ASTM:</b> D-6951

Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
2	50	50	25.00	1	25	7.94	2	4	25	25	7.94
2	100	50	25.00	1	25	7.94	4				
1	150	50	50.00	1	50	3.65	5	1	50	50	3.65
2	200	50	25.00	1	25	7.94	7	10	25	25	7.94
2	250	50	25.00	1	25	7.94	9				
2	300	50	25.00	1	25	7.94	11				
2	350	50	25.00	1	25	7.94	13				
2	400	50	25.00	1	25	7.94	15				
1	450	50	50.00	1	50	3.65	16				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	18	3	33	33	5.75
2	550	50	25.00	1	25	7.94	20	8	25	25	7.94
2	600	50	25.00	1	25	7.94	22				
2	650	50	25.00	1	25	7.94	24				
2	700	50	25.00	1	25	7.94	26				
2	750	50	25.00	1	25	7.94	28	17	18	18	11.72
2	800	50	25.00	1	25	7.94	30				
2	850	50	25.00	1	25	7.94	32				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	35				
5	950	50	10.00	1	10	22.15	40				
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	43				

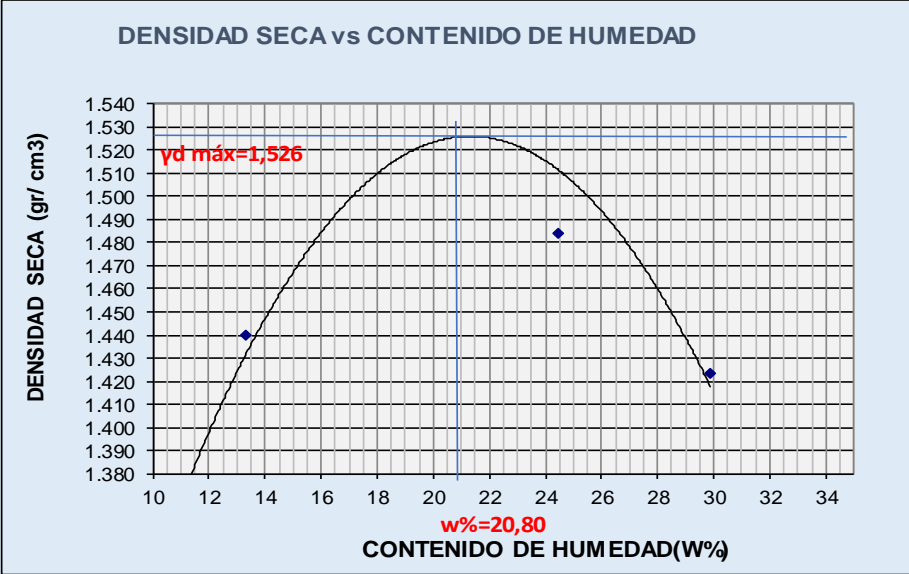


**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 53. Ensayo Proctor modificado 1**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> <b>PROCTOR MODIFICADO</b>								
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>										
<b>SECTOR: QUINCHICOTO</b>				<b>POZO: Inicial</b>						
<b>UBICACIÓN: CHILCO LA ESPERANZA</b>				<b>REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez</b>						
<b>NORMA: AASHTO T - 180</b>				<b>ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno</b>						
<b>MÉTODO: AASHTO MODIFICADO</b>										
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>										
<b>NUMERO DE GOLPES :</b> 56		<b>NÚMERO DE CAPAS :</b> 5		<b>PESO MARTILLO :</b> 10 Lb						
<b>ALTURA DE CAÍDA :</b> 18"		<b>PESO MOLDE gr :</b> 5440		<b>VOLUMEN MOLDE cc :</b> 2114						
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO</b>										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8647	8888.6	9343.6	9451.6	9347.6					
Peso suelo húmedo	3207	3448.6	3903.6	4011.6	3907.6					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.517	1.631	1.847	1.898	1.848					
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Recipiente #	P-5	M-2	D-7	C-7	2-F	6-A	C-6	D-1	M-2	6-T
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	124.93	170.81	159.18	180.07	169.73	183.88	181.06	208.77	227.15	227
Peso seco + recipiente Ws+ rec	116.37	163.6	145.94	163.77	151.67	161.9	155.35	177.74	185.25	184.99
Peso del recipiente rec	39.51	98.34	46.26	41.91	43.28	43.33	41.66	44.66	43.25	46.11
Peso del agua Ww	8.56	7.21	13.24	16.3	18.06	38.25	25.71	31.03	41.9	42.01
Peso suelo seco Ws	76.86	65.26	99.68	121.86	108.39	118.57	113.69	133.08	142	138.88
Contenido humedad w %	11.1	11.0	13.3	13.4	16.7	32.3	22.6	23.3	29.5	30.2
Contenido humedad promedio w %	11.09		13.33		24.46		22.97		29.88	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.366		1.439		1.484		1.543		1.423	



**DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD**

$\gamma_d \text{ máx} = 1.526$

$w\% = 20.80$

$\gamma_d \text{ máx} = 1.526$        $W \text{ óptimo } \% = 20.8$

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 54. Compactación CBR 1**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>		<b>NORMA:</b>	<b>AASHTO:T-193</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	QUINCHICOTO		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Lorena Pérez		
<b>SECTOR:</b>	CHILCO LA ESPERANZA		<b>ENSAYADO POR:</b>	Sr. Daniel Barreno		
ENSAYO CBR						
MOLDE #	7		8		9	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	10092.2	10234.2	9433.2	9870.2	8963.6	9499.6
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5774
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4227.7	4369.7	3467.7	3904.7	3188.6	3725.6
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.837	1.899	1.507	1.697	1.386	1.619
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.579	1.428	1.305	1.324	1.194	1.168
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.503		1.315		1.181	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
TARRO #	8-B	4-B	D-3	C-9	1-T	D-1
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	117.29	139.25	142.34	198.54	121.7	166.71
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	105.33	112.54	126.96	160.97	109.03	132.72
PESO AGUA (gr)	11.96	26.71	15.38	37.57	12.67	33.99
PESO TARRO (gr)	32.21	31.67	27.47	27.47	30.3	44.73
PESO MUESTRA SECA (gr)	73.12	80.87	99.49	133.5	78.73	87.99
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.36	33.03	15.46	28.14	16.09	38.63
AGUA ABSORBIDA %		16.67		12.68		22.54

**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 55 Ensayo CBR 1.**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>			NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple							
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Presiones		CBR	%	Presiones		CBR	%	Presiones		CBR	%
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>	Q Carga	Leída	Correg.			Q Carga	Leída			Correg.	Q Carga		
0.00	0		0.0	0.00				0.0	0.00					
0.64	25		59.9	19.98				26.7	8.89					
1.27	50		91.0	30.34				54.9	18.29					
1.91	75		154.5	51.50				90.6	30.19					
2.54	100	1000	198.6	66.19	66.19	6.62		132.7	44.23	44.2269	4.42			
3.81	150		326.9	108.95				201.4	67.15					
5.08	200	1500	448.7	149.58	149.58	9.97		251.9	83.97	83.97	5.60			
6.35	250		519.3	173.09				276.8	92.27					
7.62	300		604.8	201.59				291.6	97.20					
10.16	400		645.3	215.11				315.8	105.28					
12.70	500		745.4	248.46				409.9	136.65					

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

MOLDE	1	2	3	
CBR %	0,1 plg	6.62	4.42	2.87
	0,2 plg	9.97	5.60	2.91
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1.503	1.315	1.181

**Densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) vs % CBR**

Densidad Seca Máx (γd) =	1.526 gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------	--------------------------



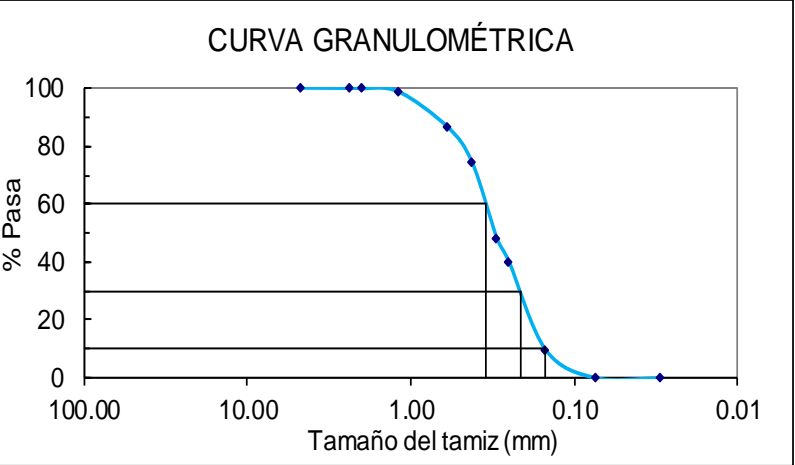
Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd =	1.450	6.0	8.6

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------







**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 56. Ensayo Granulométrico #2**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza			<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m		
<b>POZO:</b> FINAL			<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m		
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
		<b>W<sub>INICIAL</sub> (gr) =</b> 236.20			
<b>TAMIZ</b>	<b>mm</b>	<b>W<sub>Ret.</sub> (gr)</b>	<b>W<sub>RET.ACUM.</sub></b>	<b>%<sub>RET.ACUM.</sub></b>	<b>% PASA</b>
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.20	0.20	0.08	99.92
# 10	2.00	0.20	0.40	0.17	99.83
# 16	1.19	2.60	3.00	1.27	98.73
# 30	0.595	28.80	31.80	13.46	86.54
# 40	0.420	29.00	60.80	25.74	74.26
# 50	0.297	61.20	122.00	51.65	48.35
# 60	0.250	19.40	141.40	59.86	40.14
# 100	0.149	71.80	213.20	90.26	9.74
# 200	0.074	22.80	236.00	99.92	0.08
# fuente	0.03	0.20	0.20	0.08	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
D10 (mm)	0.152	Cu = D60 / D10		2.29	
D30 (mm)	0.210	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)		0.84	
D60 (mm)	0.347	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.595	
Clasificación	GRAVA (% G)	ARENA (% S)	FINO (% F)	SUELO	
SUCS	0.00	99.92	0.08	SP	
AASHTO	0.08	99.83	0.08	A-2-4	



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 57. Densidad de Campo Cono y Arena #2**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO Chilco la Esperanza	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO				Unidades	
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	1556.60	gr		
Peso de la funda	(Rec)	4.80	gr		
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	1551.80	gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO				Unidades	
Peso inicial frasco + cono + arena		3440.60	gr		
Peso final frasco + cono + arena		310.40	gr		
Peso de arena en el cono		1606.20	gr		
Peso arena en la perforación		1524.00	gr		
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489	gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación	(Vm)	1023.51	cm <sup>3</sup>		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD				Unidades	
Identificación del Recipiente		M1	P4	-	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	256.43	225.84	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	238.04	204.04	gr	
Peso recipiente	Rec	93.68	49.01	gr	
Peso del agua	Ww	18.39	21.80	gr	
Peso de los sólidos	Ws	144.36	155.03	gr	
Contenido de humedad	w%	12.74	14.06	%	
Contenido de humedad promedio	W%	13.40		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	58.13	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Wa =	36.33	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Ww =	21.80	cm <sup>3</sup>	21.80	gr
Vs = 	Ws =	58.50	cm <sup>3</sup>	155.03	gr
Vm = 	Wm =	116.63	cm <sup>3</sup>	176.83	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO				Unidades	
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.516	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.337	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad w%		13.40	%		
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		0.99	natural		
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		49.84	%		
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Ww/Vv*100$		37.50	%		
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$		62.50	%		

**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 58.** Ensayo Límite Líquido y plástico # 2

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m

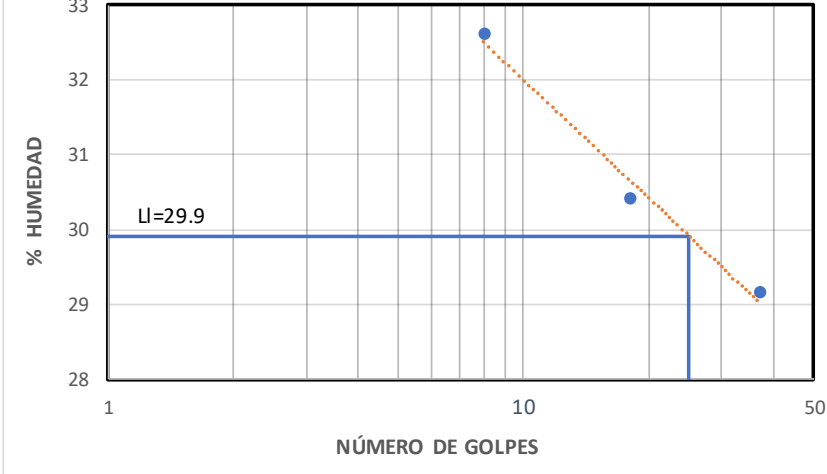
  

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
8	11.28	49.26	39.93	32.57	32.63
	11.60	58.08	46.63	32.69	
18	11.22	36.11	30.34	30.18	30.41
	11.64	33.21	28.15	30.65	
37	11.43	34.20	29.08	29.01	29.16
	11.54	32.85	28.02	29.31	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				29.92	

**LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE**

$y = -2.274 \ln(x) + 37.236$



<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w
1A	4.23	5.49	5.22	27.27
A2	4.32	5.72	5.45	23.89
# 76	4.34	5.32	5.10	28.95
<b>PROMEDIO W% (LP)</b>				26.70
<b>IP = IL - LP</b>	3.21	<b>PLÁSTICO</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 59.** Ensayo de Gravedad Específica #2

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO Chilco la Esperanza		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m																																	
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">244.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">199.14</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">45.46</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ws+Wbw</td> <td style="text-align: center;">704.06</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">683.2</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) -<b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">20.86</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99820</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.175</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	20	°C	Peso del recipiente + suelo seco	244.6	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	199.14	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	45.46	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	Ws+Wbw	704.06	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	683.2	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	20.86	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.175	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	20	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	244.6	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	199.14	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	45.46	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
Ws+Wbw	704.06	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	683.2	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	20.86	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.175	-																																	

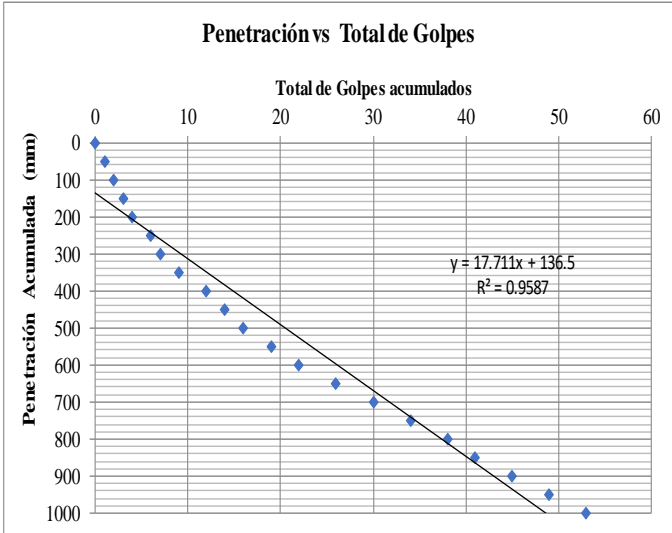
**Autor:**Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 60. Ensayo DCP #2**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DCP									
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno							
<b>SECTOR:</b> Chilco La Esperanza 2				<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez							
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m				<b>FECHA:</b> 04-12-2020							
<b>NORMAS:</b>				<b>ASTM:</b> D-6951							
								Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	2	50	50	3.65
1	100	50	50.00	1	50	3.65	2				
1	150	50	50.00	1	50	3.65	3	1	50	50	3.65
1	200	50	50.00	1	50	3.65	4				
2	250	50	25.00	1	25	7.94	6				
1	300	50	50.00	1	50	3.65	7	9	28	28	7.05
2	350	50	25.00	1	25	7.94	9				
3	400	50	16.67	1	17	12.50	12				
2	450	50	25.00	1	25	7.94	14				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	16	4	25	25	7.94
3	550	50	16.67	1	17	12.50	19				
3	600	50	16.67	1	17	12.50	22				
4	650	50	12.50	1	13	17.25	26	14	14	14	14.86
4	700	50	12.50	1	13	17.25	30				
4	750	50	12.50	1	13	17.25	34				
4	800	50	12.50	1	13	17.25	38				
3	850	50	16.67	1	17	12.50	41				
4	900	50	12.50	1	13	17.25	45	23	13	13	16.45
4	950	50	12.50	1	13	17.25	49				
4	1000	50	12.50	1	13	17.25	53				





PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
17.711 mm/golpe	11.68

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



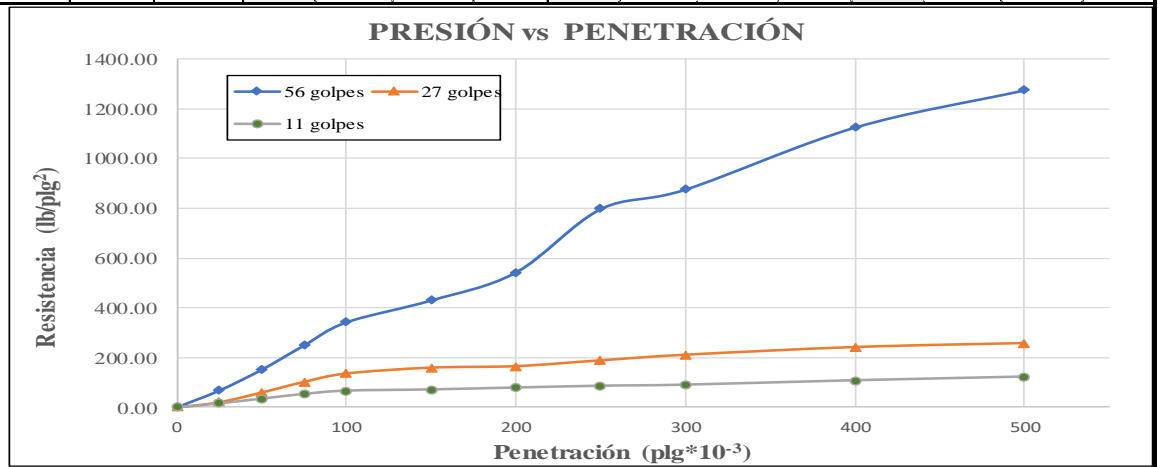
**Tabla 62. Compactación para CBR # 2**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>							
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>	<b>NORMA:</b>		<b>AASHTO:T-193</b>			
<b>UBICACIÓN:</b>	CHILCO LA ESPERANZA 2	<b>ENSAYADO POR:</b>		Sr. Daniel Barreno			
<b>SECTOR:</b>	TISALEO	<b>REVISADO POR:</b>		Ing. Lorena Pérez			
ENSAYO CBR							
MOLDE #	7		8		9		
# DE CAPAS	5		5		5		
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	10381.6	10490.6	9788.11	10198.4	9780.2	9801.6	
PESO MOLDE (gr)	6389.8	6389.8	6385.4	6385.4	6412.2	6412.2	
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3991.8	4100.8	3402.71	3813	3368	3389.4	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2082	2082	2082	2082	2082	2082	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.917	1.970	1.634	1.831	1.618	1.628	
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.605	1.528	1.473	1.415	1.350	1.282	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.567		1.444		1.316		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
TARRO #	M-8	C-8	M-1	D-3	W-2	D-1	
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	195.07	214.71	274.75	165.44	266.34	198.1	
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	178.65	176.17	250.32	134.05	231.04	165.22	
PESO AGUA (gr)	16.42	38.54	24.43	31.39	35.3	32.88	
PESO TARRO	94.33	42.73	27.47	27.48	53.14	43.41	
PESO MUESTRA SECA (gr)	84.32	133.44	222.85	106.57	177.9	121.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	19.47	28.88	10.96	29.45	19.84	26.99	
AGUA ABSORBIDA %		9.41		18.49		7.15	

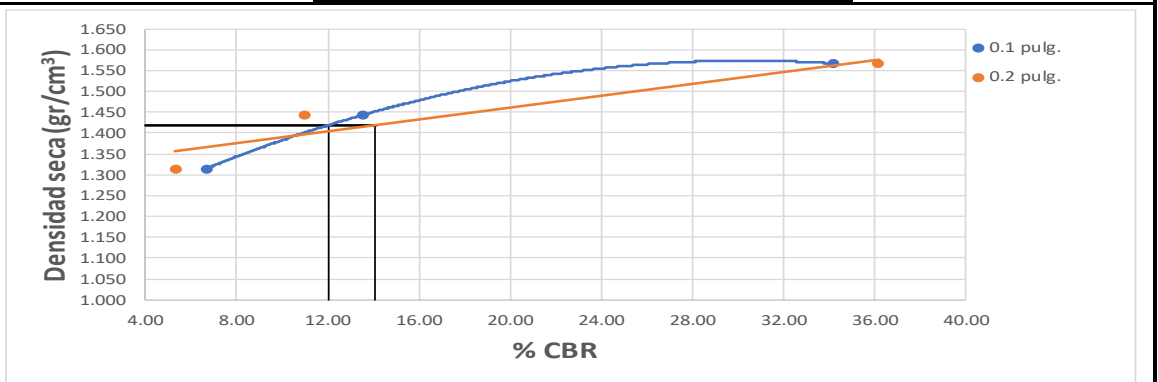
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 63. Ensayo CBR # 2**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg*10 <sup>-3</sup>	Leída		Correg.	Leída			Correg.	Leída			Correg.		
0.00	0		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.64	25		202.3	67.44			61.5	20.50			49.1	16.38		
1.27	50		453.6	151.19			178.3	59.43			105.4	35.12		
1.91	75		746.5	248.83			305.9	101.97			161.8	53.92		
2.54	100	1000	1026.4	342.13	342.13	34.21	406.9	135.62	135.619	13.56	200.8	66.93	66.93	6.69
3.81	150		1290.7	430.22			477.2	159.06			215.3	71.78		
5.08	200	1500	1627.9	542.62	542.62	36.17	495.0	165.01	165.01	11.00	238.0	79.34	79.34	5.29
6.35	250		2392.7	797.55			564.7	188.22			259.2	86.40		
7.62	300		2628.5	876.16			631.7	210.56			272.2	90.73		
10.16	400		3377.2	1125.73			724.0	241.34			324.6	108.22		
12.70	500		3827.5	1275.82			771.8	257.28			368.5	122.84		



MOLDE	1	2	3	
0,1 plg	34.21	13.56	6.69	
0,2 plg	36.17	11.00	5.29	
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1.567	1.444	1.316





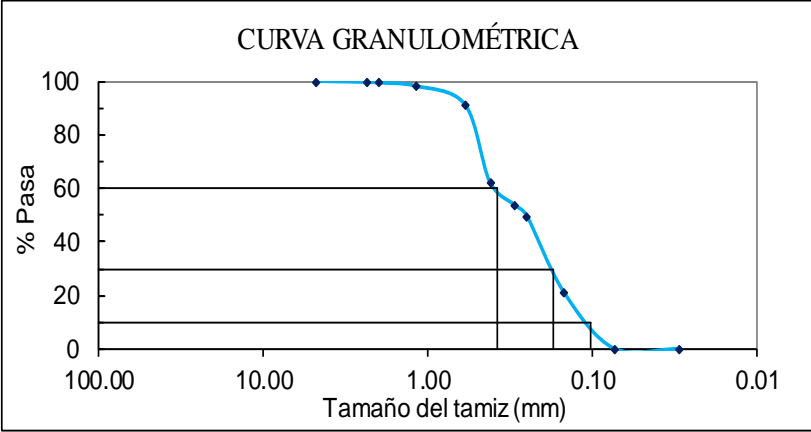
Densidad Seca Máx (γd) = 1.492 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor	
95% γd =	1.417	12.0	14.1	14.1

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------







**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 64. Ensayo Granulométrico #3**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO	SANTA LUCÍA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.20 m	
<b>POZO:</b>	INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m	
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) =		236.80	
TAMIZ	mm	W <sub>Retenido</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% RET.ACUM.	% PASA
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.80	0.80	0.34	99.66
# 10	2.00	0.60	1.40	0.59	99.41
# 16	1.19	2.80	4.20	1.77	98.23
# 30	0.595	16.40	20.60	8.70	91.30
# 40	0.420	68.40	89.00	37.58	62.42
# 50	0.297	20.40	109.40	46.20	53.80
# 60	0.250	9.60	119.00	50.25	49.75
# 100	0.149	67.40	186.40	78.72	21.28
# 200	0.074	49.80	236.20	99.75	0.25
# fuente	0.03	0.60	0.60	0.25	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
D10 (mm)	0.102	Cu = D60 / D10			3.72
D30 (mm)	0.175	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)			0.78
D60 (mm)	0.381	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm			0.595
Clasificación	GRAVA (% G)	ARENA (% S)	FINO (% F)	SUELO	
<b>SUCS</b>	0.00	99.75	0.25	SP	
<b>AASHTO</b>	0.34	99.41	0.25	A-2-4	

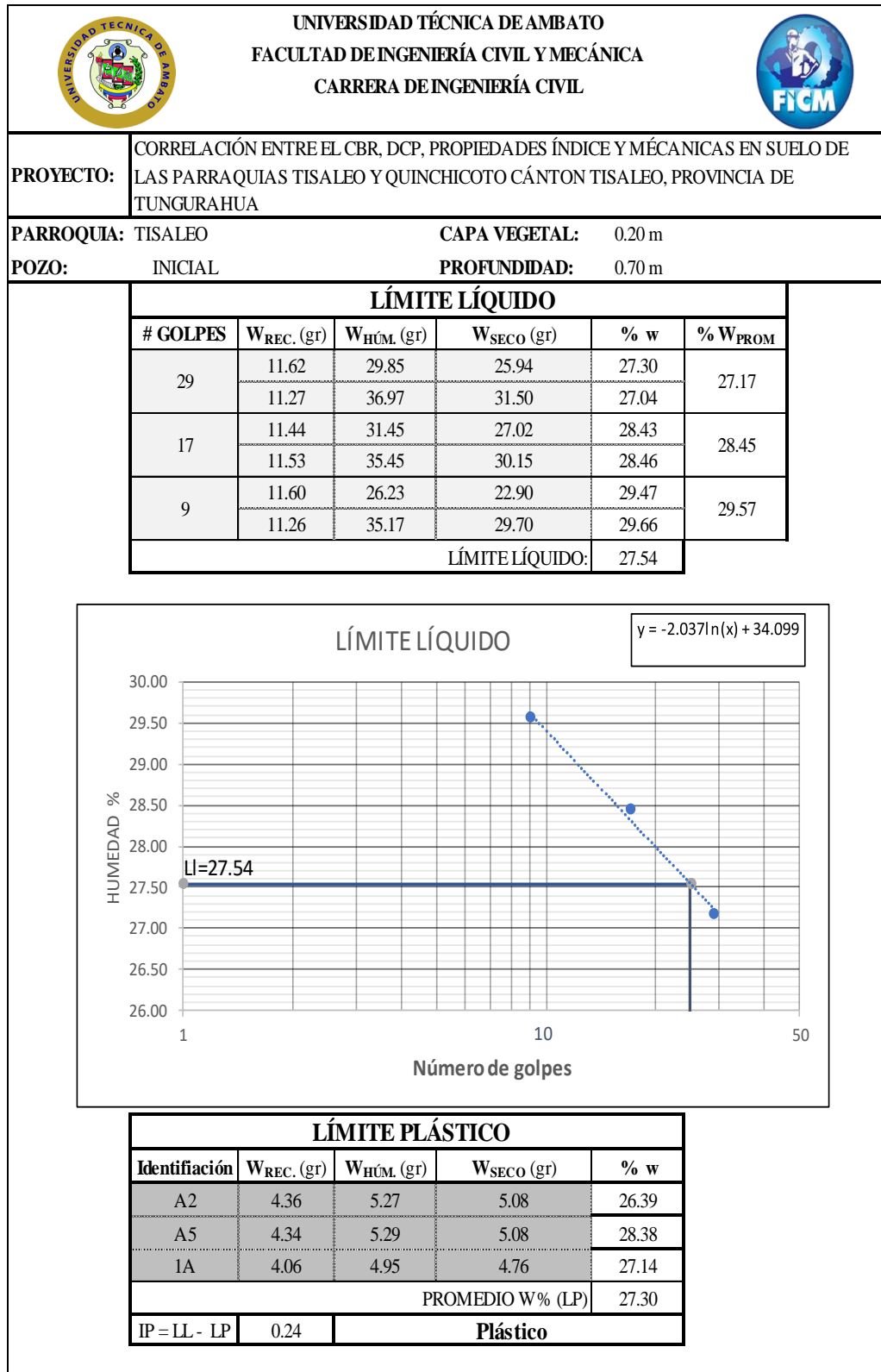
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 65. Ensayo Densidad de Campo # 3**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m				
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m				
		<b>COORDENADAS:</b> 17 759830 m 9849979 m				
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades	
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)		1126.00		gr		
Peso de la funda (Rec)		4.80		gr		
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)		1121.20		gr		
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades	
Peso inicial frasco + cono + arena		3636.60		gr		
Peso final frasco + cono + arena		871.80		gr		
Peso de arena en el cono		1606.20		gr		
Peso arena en la perforación		1158.60		gr		
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489		gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación (Vm)		778.11		cm <sup>3</sup>		
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades	
Identificación del Recipiente		N4		1N		-
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		143.75		149.92		gr
Peso seco + recipiente Ws+rec		140.41		146.50		gr
Peso recipiente Rec		60.50		60.82		gr
Peso del agua Ww		3.34		3.42		gr
Peso de los sólidos Ws		79.91		85.68		gr
Contenido de humedad w%		4.18		3.99		%
Contenido de humedad promedio W%		4.09				%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades	
Volumen de vacíos Vv =		29.50	cm <sup>3</sup>	-	gr	
Va =  Wa =		26.08	cm <sup>3</sup>	0.00	gr	
Vw =  Ww =		3.42	cm <sup>3</sup>	3.42	gr	
Vs =  Ws =		32.33	cm <sup>3</sup>	85.68	gr	
Vm =  Wm =		61.83	cm <sup>3</sup>	89.10	gr	
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades	
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1.441		gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca (γd)		1.384		gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad w%		4.09		%		
Relación de vacíos e= Vv/Vs		0.91		natural		
Porosidad n% = Vv/Vm*100		47.71		%		
Grado de Saturación de agua Gw%= Vw/Vv*100		11.59		%		
Grado de Saturación de aire Ga%=Wa/Vv*100		88.41		%		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 66.**Ensayo Límite líquido y Plástico # 3



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 67.** Ensayo Gravedad Específica #3

 <p><b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b></p> 																																		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																	
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO SANTA LUCIA <b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																																	
<b>POZO:</b>	INICIAL <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																																	
	<b>COORDENADAS:</b> 17 759830 m 9849979 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b></th> <th><b>Unidades</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">123.4</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">74.67</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">48.73</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td><b>Ws+Wbw</b></td> <td style="text-align: center;">707.33</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">685.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">21.73</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99780</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.238</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>		<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>		<b>Unidades</b>	Temperatura del agua + suelo	22	°C	Peso del recipiente + suelo seco	123.4	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	74.67	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.73	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	<b>Ws+Wbw</b>	707.33	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.6	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.73	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.238	-
<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA</b>		<b>Unidades</b>																																
Temperatura del agua + suelo	22	°C																																
Peso del recipiente + suelo seco	123.4	gr																																
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	74.67	gr																																
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.73	gr																																
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																
<b>Ws+Wbw</b>	707.33	gr																																
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.6	gr																																
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.73	gr																																
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr																																
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.238	-																																

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 68. Ensayo DCP# 3**

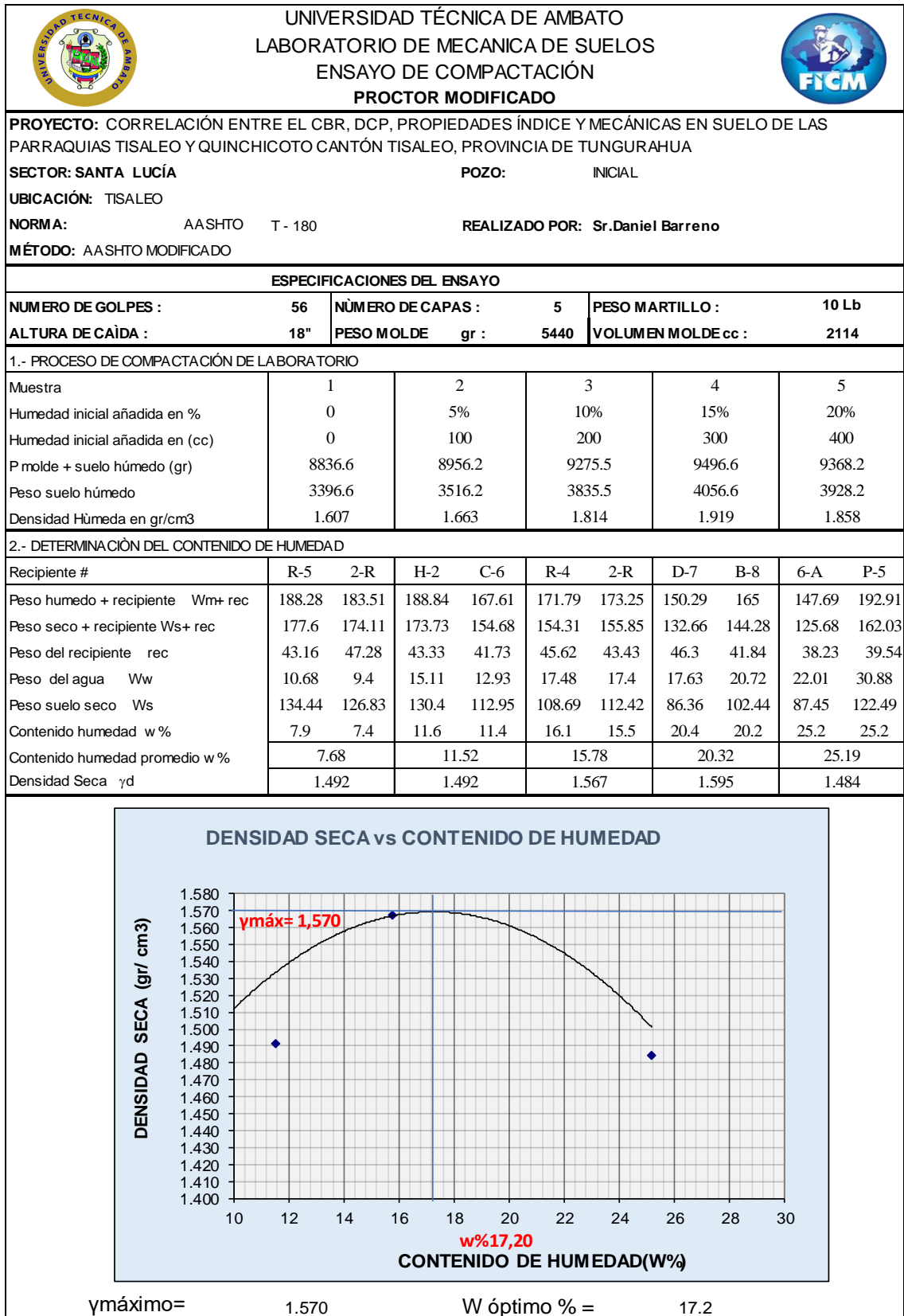
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DCP		Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
3	50	50	16.67	1	17	12.50	3	8	13	13	17.25
5	100	50	10.00	1	10	22.15	8				
4	150	50	12.50	1	13	17.25	12	4	13	13	17.25
2	200	50	25.00	1	25	7.94	14				
2	250	50	25.00	1	25	7.94	16				
2	300	50	25.00	1	25	7.94	18	8	31	31	6.18
1	350	50	50.00	1	50	3.65	19				
1	400	50	50.00	1	50	3.65	20				
1	450	50	50.00	1	50	3.65	21				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	23	3	33	33	5.75
1	550	50	50.00	1	50	3.65	24				
1	600	50	50.00	1	50	3.65	25				
1	650	50	50.00	1	50	3.65	26	5	40	40	4.69
2	700	50	25.00	1	25	7.94	28				
1	750	50	50.00	1	50	3.65	29				
1	800	50	50.00	1	50	3.65	30				
2	850	50	25.00	1	25	7.94	32				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	35	12	25	25	7.94
3	950	50	16.67	1	17	12.50	38				
2	1000	50	25.00	1	25	7.94	40				

PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
28.404 mm/golpe	6.88



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 69. Ensayo Proctor Modificado #3**



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 70. Compactación para CBR #3**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS ENSAYO CBR 						
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA TIPO: CBR NORMA: AASHTO: T 193 UBICACIÓN: Santa Lucía 1 SECTOR: Tisaleo ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno						
ENSAYO CBR						
MOLDE #	7		8		9	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9805.6	10160.8	9872	10178.6	9430.8	9604
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5774
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3941.1	4296.3	3906.5	4213.1	3655.8	3830
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.893	2.064	1.876	2.024	1.756	1.840
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.613	1.635	1.580	1.404	1.488	1.401
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1.624		1.492		1.444	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
T ARRO #	y-1	C-5	3-T	4-A	C-6	N-2
Wm +T ARRO (gr)	195.49	168.26	241.03	178.87	178.87	124.25
PESO MUESTRA SECA+T ARRO (gr)	174.94	142.86	213.41	171.73	158.73	102.29
PESO AGUA (gr)	20.55	25.4	27.62	46.81	20.14	21.96
PESO T ARRO (gr)	56.36	46.01	66.06	65.6	46.81	32.18
PESO MUESTRA SECA (gr)	118.58	96.85	147.35	106.13	111.92	70.11
CONTENIDO DE HUMEDAD %	17.33	26.23	18.74	44.11	17.99	31.32
AGUA ABSORBIDA %		8.90		25.36		13.33

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 71. Ensayo CBR #3**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:		3 plg <sup>2</sup>	NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple							
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>		Leída	Correg.		Leída	Correg.		Leída	Correg.		Leída	Correg.	
0.00	0		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00		0.0	0.00	
0.64	25		77.8	25.93		103.8	34.60		35.5	11.83		35.5	11.83	
1.27	50		174.8	58.26		214.4	71.48		63.7	21.23		63.7	21.23	
1.91	75		333.0	111.01		324.0	108.00		94.3	31.44		94.3	31.44	
2.54	100	1000	475.6	158.54	158.54	15.85	449.6	149.87	149.87	14.99	120.1	40.04	40.04	4.00
3.81	150		782.6	260.88			590.0	196.67			164.2	54.73		
5.08	200	1500	980.3	326.78	326.78	21.79	703.5	234.51	234.51	15.63	195.5	65.16	65.16	4.34
6.35	250		1067.4	355.80			816.6	272.19			234.7	78.24		
7.62	300		1186.4	395.47			893.9	297.98			243.3	81.11		
10.16	400		1369.1	456.37			992.0	330.67			305.0	101.68		
12.70	500		1610.0	536.67			1142.1	380.70			338.5	112.84		

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

MOLDE	1	2	3	
CBR %	0,1 plg	15.85	14.99	4.00
	0,2 plg	21.79	15.63	4.34
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1,624	1,492	1,444

**Densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) vs % CBR**

Densidad Seca Máx (γd) = 1.570 gr/cm <sup>3</sup>	
---	--



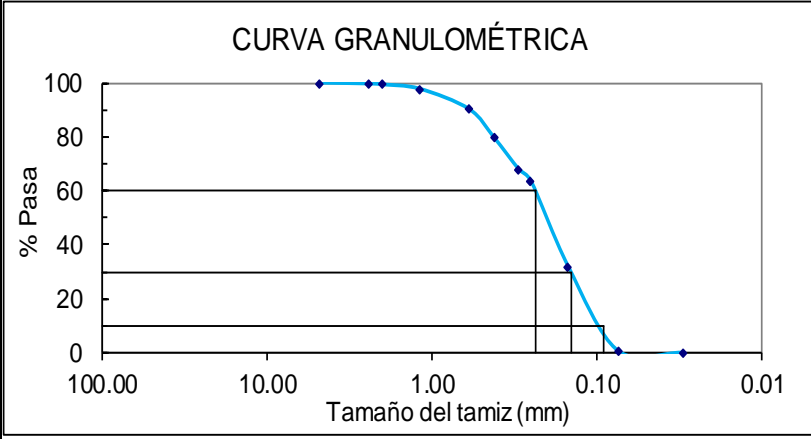
Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd =	1.492	8.5	11.0

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------






**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 72. Ensayo granulométrico #4**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO SANTA LUCÍA		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m			
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m			
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
		<b>W<sub>INICIAL</sub> (gf) = 248.43</b>			
<b>TAMIZ</b>	<b>mm</b>	<b>W<sub>Retenido</sub> (gr)</b>	<b>W<sub>RET.ACUM.</sub></b>	<b>% RET.ACUM.</b>	<b>% PASA</b>
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.80	0.80	0.32	99.68
# 10	2.00	0.76	1.56	0.63	99.37
# 16	1.19	3.97	5.53	2.23	97.77
# 30	0.595	18.73	24.26	9.77	90.23
# 40	0.420	26.17	50.43	20.30	79.70
# 50	0.297	29.27	79.70	32.08	67.92
# 60	0.250	10.97	90.67	36.50	63.50
# 100	0.149	78.18	168.85	67.97	32.03
# 200	0.074	77.86	246.71	99.31	0.69
# fuente	0.03	1.72	1.72	0.69	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
D10 (mm)	0.091	Cu = D60 / D10		2.59	
D30 (mm)	0.142	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)		0.94	
D60 (mm)	0.236	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm		0.595	
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO	
<b>SUCS</b>	0.00	99.31	0.69	SP	
<b>AASHTO</b>	0.32	98.99	0.69	A-2-4	



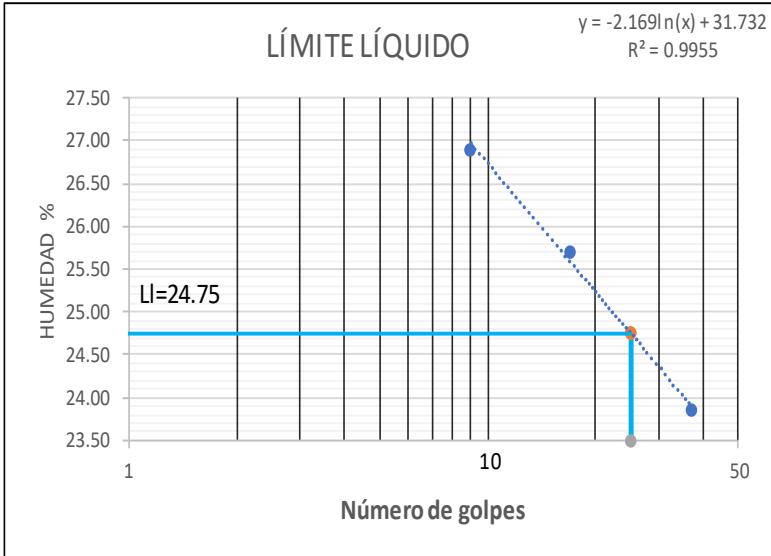
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 73. Densidad de campo #4**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO	SANTA LUCÍA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m	
<b>POZO:</b>	FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m	
			<b>COORDENADAS:</b>	17	760196 m 9849377 m
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)		967.60	gr	
Peso de la funda	(Rec)		4.80	gr	
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)		962.80	gr	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena			3765.00	gr	
Peso final frasco + cono + arena			1186.60	gr	
Peso de arena en el cono			1606.20	gr	
Peso arena en la perforación			972.20	gr	
Densidad de la Arena de Ottawa			1.489	gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación	(Vm)		652.92	cm <sup>3</sup>	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades
Identificación del Recipiente			11B	4B	-
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec		82.38	86.15	gr
Peso seco + recipiente	Ws+rec		78.69	82.91	gr
Peso recipiente	Rec		26.91	31.57	gr
Peso del agua	Ww		3.69	3.24	gr
Peso de los sólidos	Ws		51.78	51.34	gr
Contenido de humedad	w%		7.13	6.31	%
Contenido de humedad promedio	W%		6.72		%
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	17.64	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Wa =	14.40	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Ww =	3.24	cm <sup>3</sup>	3.24	gr
Vs = 	Ws =	19.37	cm <sup>3</sup>	51.34	gr
Vm =	Wm =	37.01	cm <sup>3</sup>	54.58	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)			1.475	gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca ( $\gamma_d$ )			1.382	gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad w%			6.72	%	
Relación de vacíos e = Vv/Vs			0.91	natural	
Porosidad n% = Vv/Vm*100			47.66	%	
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100			18.37	%	
Grado de Saturación de aire Ga% = Wa/Vv*100			81.63	%	



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 74.** Ensayo límite líquido y plástico #4

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO SANTA LUCÍA 2	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m			
<b>POZO:</b>	FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
37	11.47	45.31	38.83	23.68	23.85
	11.61	41.00	35.31	24.01	
17	11.53	33.61	29.10	25.67	25.71
	11.27	31.54	27.39	25.74	
9	5.50	21.28	17.90	27.26	26.90
	5.49	32.76	27.04	26.54	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				<b>24.75</b>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>LÍMITE LÍQUIDO</b></p>  </div> <div style="text-align: right;"> <p><math>y = -2.169\ln(x) + 31.732</math>  <math>R^2 = 0.9955</math></p> </div> </div>					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
<b>Identificación</b>	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
A2	4.35	5.27	5.04	33.33	
A5	4.34	5.34	5.10	31.58	
D3	5.18	5.95	5.76	32.76	
PROMEDIO W% (LP)				32.56	
IP = LL - LP	-7.81	<b>No Plástico</b>			

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 75.** Gravedad específica #4

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 																																		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																	
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO SANTA LUCÍA <b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m																																	
<b>POZO:</b>	FINAL <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																																	
	<b>COORDENADAS:</b> 17 760196 m 9849377 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>22</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>129.84</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td>80.17</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td>49.67</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td>658.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Ws+Wbw</td> <td>708.27</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td>685.8</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) -<b>Wbws</b></td> <td>22.47</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td>0.99780</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td>2.206</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	22	°C	Peso del recipiente + suelo seco	129.84	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	80.17	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.67	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	Ws+Wbw	708.27	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.8	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.47	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.206	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																
Temperatura del agua + suelo	22	°C																																
Peso del recipiente + suelo seco	129.84	gr																																
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	80.17	gr																																
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.67	gr																																
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																
Ws+Wbw	708.27	gr																																
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.8	gr																																
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.47	gr																																
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr																																
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.206	-																																

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 76. Ensayo DCP #4**

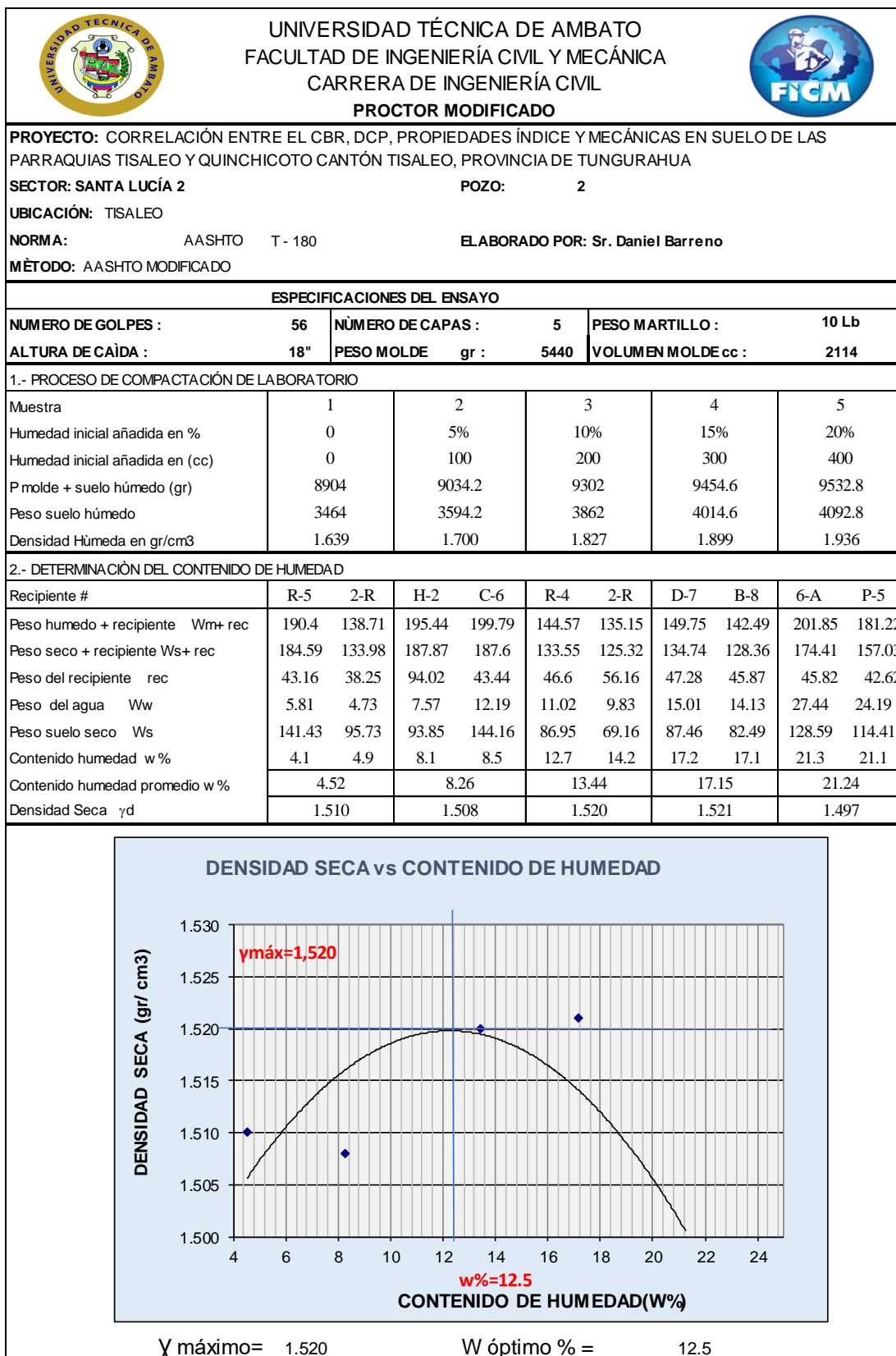
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DCP		Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	4	25	25	7.94
3	100	50	16.67	1	17	12.50	4				
3	150	50	16.67	1	17	12.50	7	3	17	17	12.50
2	200	50	25.00	1	25	7.94	9				
2	250	50	25.00	1	25	7.94	11				
2	300	50	25.00	1	25	7.94	13	12	21	21	9.74
3	350	50	16.67	1	17	12.50	16				
3	400	50	16.67	1	17	12.50	19				
2	450	50	25.00	1	25	7.94	21				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	23	4	25	25	7.94
2	550	50	25.00	1	25	7.94	25				
1	600	50	50.00	1	50	3.65	26				
1	650	50	50.00	1	50	3.65	27	5	40	40	4.69
1	700	50	50.00	1	50	3.65	28				
1	750	50	50.00	1	50	3.65	29				
2	800	50	25.00	1	25	7.94	31				
2	850	50	25.00	1	25	7.94	33				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	36				
2	950	50	25.00	1	25	7.94	38				
2	1000	50	25.00	1	25	7.94	40	12	25	25	7.94

PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
25.272 mm/golpe	7.84



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 77. Ensayo proctor modificado #4**



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

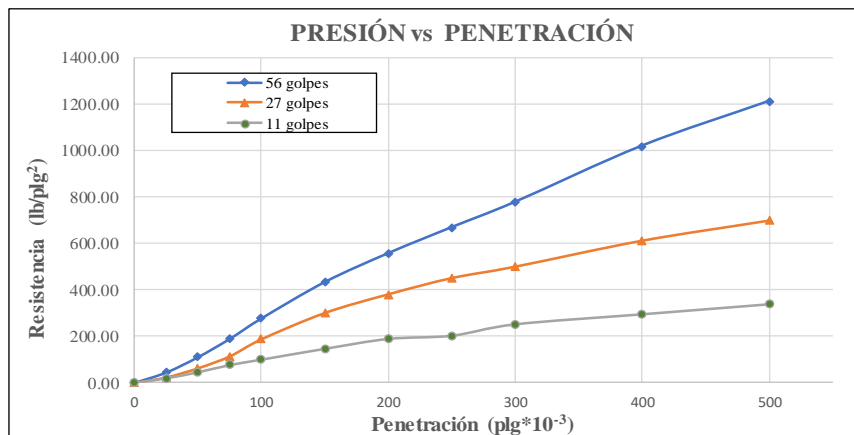
**Tabla 78. Compactación CBR #4**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> 						
CBR						
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b>	ENSAYO CBR			<b>NORMA:</b>	AASHTO:T-193	
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA LUCÍA 2			<b>ENSAYADO POR:</b>	Sr. Daniel Barreno	
<b>SECTOR:</b>	TISALEO			<b>SUELO:</b>		
ENSAYO CBR						
MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9939	10192.4	9737.6	9932.8	9429.6	9637
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4074.5	4327.9	3772.1	3967.3	3654.6	3862
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.771	1.881	1.639	1.724	1.588	1.678
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.500	1.531	1.411	1.417	1.358	1.385
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.515		1.414		1.371	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
TARRO #	6-A	R-5	R-5	F-3	C-7	C-6
Wm +TARRO (gr)	169.55	191.85	196.17	280.17	182.28	190
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	149.42	164.25	174.95	240.22	161.9	164.12
PESO AGUA (gr)	20.13	27.6	21.22	39.95	20.38	25.88
PESO TARRO (gr)	38.00	43.49	43.75	55.67	41.97	41.91
PESO MUESTRA SECA (gr)	111.42	120.76	131.2	184.55	119.93	122.21
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18.07	22.86	16.17	21.65	16.99	21.18
AGUA ABSORBIDA %		4.79		5.47		4.18

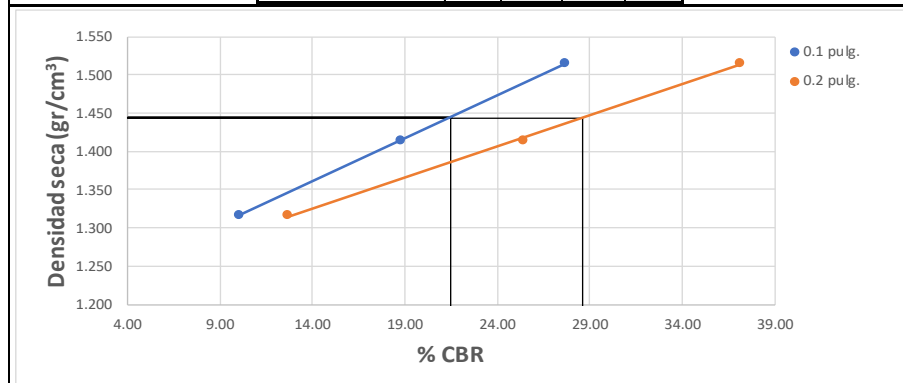
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 79. Ensayo CBR #4**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>			NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple							
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.		
0.00	0		0.0	0.00			0.0	0.00			0	0.00		
0.64	25		134.0	44.67			70.1	23.36			59.07	19.69		
1.27	50		331.3	110.42			188.4	62.81			138.2	46.06		
1.91	75		566.9	188.96			342.3	114.09			230.5	76.85		
2.54	100	1000	830.5	276.82	276.82	27.68	562.9	187.63	187.634	18.76	301.1	100.36	100.36	
3.81	150		1299.5	433.16			902.5	300.85			441.7	147.23		
5.08	200	1500	1671.1	557.02	557.02	37.13	1143.4	381.15	381.15	25.41	570	189.98	189.98	
6.35	250		2005.9	668.62			1352.6	450.86			611.8	203.94		
7.62	300		2332.3	777.42			1499.8	499.94			759.3	253.09		
10.16	400		3055.2	1018.39			1834.8	611.61			889.3	296.44		
12.70	500		3629.1	1209.70			2094.5	698.15			1019	339.64		



MOLDE	1	2	3
CBR %	0,1 plg 27.68	18.76	10.04
	0,2 plg 37.13	25.41	12.67
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup> 1.515	1.414	1.317





Densidad Seca Máx (γd) = 1.520 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd =	1.444	21.50	28.60
		28.60	28.60

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

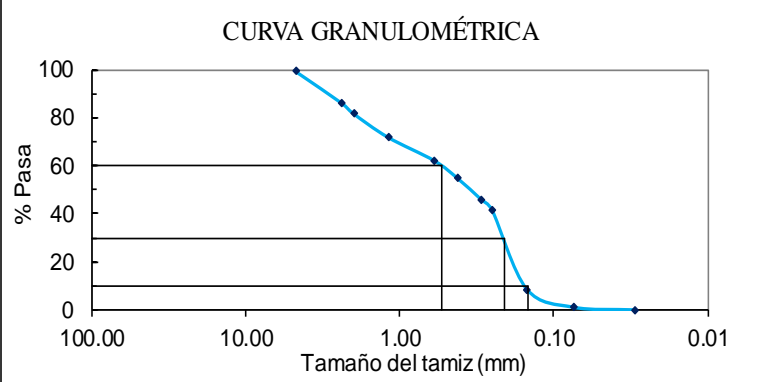
**Tabla 80. Ensayo granulométrico #5**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO LA DOLOROSA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m	
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m	
<b>COORDENADAS:</b> 17		759357 m 9850049 m

GRANULOMETRÍA					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) = 237.40			
TAMIZ	mm	W Retenido (gr)	W RET.ACUM.	% RET.ACUM.	% PASA
# 4	4.76	1.00	1.00	0.42	99.58
# 8	2.38	31.60	32.60	13.73	86.27
# 10	2.00	10.20	42.80	18.03	81.97
# 16	1.19	23.60	66.40	27.97	72.03
# 30	0.595	23.20	89.60	37.74	62.26
# 40	0.420	17.40	107.00	45.07	54.93
# 50	0.297	20.60	127.60	53.75	46.25
# 60	0.250	11.00	138.60	58.38	41.62
# 100	0.149	78.20	216.80	91.32	8.68
# 200	0.074	18.00	234.80	98.90	1.10
# fuente	0.03	2.60	2.60	1.10	






CURVA GRANULOMÉTRICA	
	

COEFICIENTES DEL SUELO				
D10 (mm)	0.146	Cu = D60 / D10	3.66	
D30 (mm)	0.208	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)	0.56	
D60 (mm)	0.534	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm	2.380	
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS	0.42	98.48	1.10	SP
AASHTO	13.73	85.17	1.10	A-2-4



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 81. Densidad de campo #5**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO LA DOLOROSA		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m				
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m				
		<b>COORDENADAS:</b> 17 759357 m 9850049 m				
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>				<b>Unidades</b>		
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)		1397.60		gr		
Peso de la funda (Rec)		4.80		gr		
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)		1392.80		gr		
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>				<b>Unidades</b>		
Peso inicial frasco + cono + arena		4058.00		gr		
Peso final frasco + cono + arena		659.40		gr		
Peso de arena en el cono		1606.20		gr		
Peso arena en la perforación		1792.40		gr		
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489		gr/cm <sup>3</sup>		
Volumen de la perforación (Vm)		1203.76		cm <sup>3</sup>		
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				<b>Unidades</b>		
Identificación del Recipiente		M3	M2	-		
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		91.28	223.77	gr		
Peso seco + recipiente Ws+rec		79.31	206.50	gr		
Peso recipiente Rec		20.40	98.33	gr		
Peso del agua Ww		11.97	17.27	gr		
Peso de los sólidos Ws		58.91	108.17	gr		
Contenido de humedad w%		20.32	15.97	%		
Contenido de humedad promedio W%		18.14		%		
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>						
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades	
Volumen de vacíos Vv =		67.60	cm <sup>3</sup>	-	gr	
Va = 		Wa	50.33	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 		Ww =	17.27	cm <sup>3</sup>	17.27	gr
Vs = 		Ws =	40.82	cm <sup>3</sup>	108.17	gr
Vm =		Wm	108.41	cm <sup>3</sup>	125.44	gr
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>				<b>Unidades</b>		
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1.157		gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca (γd)		0.979		gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad w%		18.14		%		
Relación de vacíos e= Vv/Vs		1.66		natural		
Porosidad n% = Vv/Vm*100		62.35		%		
Grado de Saturación de agua Gw%= Ww/Vv*100		25.55		%		
Grado de Saturación de aire Ga%= Wa/Vv*100		74.45		%		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla #2. Ensayo Límite Líquido y Plástico #5**

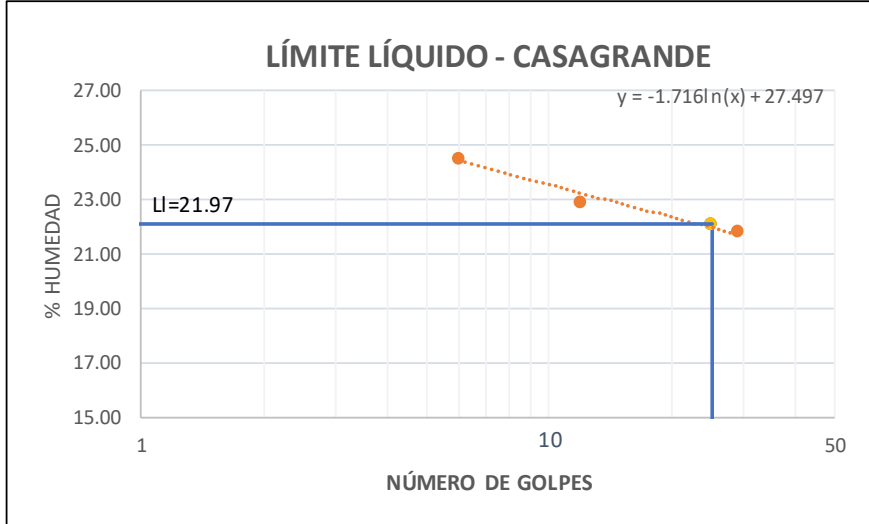
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN		
<b>PROYECTO:</b> SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> LA DOLOROSA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m	
<b>POZO:</b>	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m	
	<b>COORDENADAS:</b> 17 759357 m 9850049 m	

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
29	5.51	30.68	26.19	21.71	21.84
	5.98	23.30	20.18	21.97	
12	5.83	25.44	21.77	23.02	22.96
	4.35	20.78	17.72	22.89	
6	11.60	27.20	24.14	24.40	24.58
	11.28	29.07	25.54	24.75	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				21.97	

**LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE**





<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w
A8	4.30	5.33	5.17	18.39
D3	4.36	5.26	5.09	23.29
A4	4.34	5.71	5.47	21.24
<b>PROMEDIO W% (LP)</b>				20.97
<b>IP = LL - LP</b>	1.00	<b>Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 83. Ensayo Gravedad Específica #5**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO LA DOLOROSA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																																		
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m																																		
<b>COORDENADAS:</b> 17 759357 m		9850049 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">24</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">128.72</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">79.8</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">48.92</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td><b>Ws+Wbw</b></td> <td style="text-align: center;">707.52</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">686</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>)-<b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">21.52</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99730</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.267</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	24	°C	Peso del recipiente + suelo seco	128.72	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	79.8	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.92	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	<b>Ws+Wbw</b>	707.52	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> )- <b>Wbws</b>	21.52	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99730	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.267	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	24	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	128.72	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	79.8	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.92	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
<b>Ws+Wbw</b>	707.52	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> )- <b>Wbws</b>	21.52	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99730	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.267	-																																	

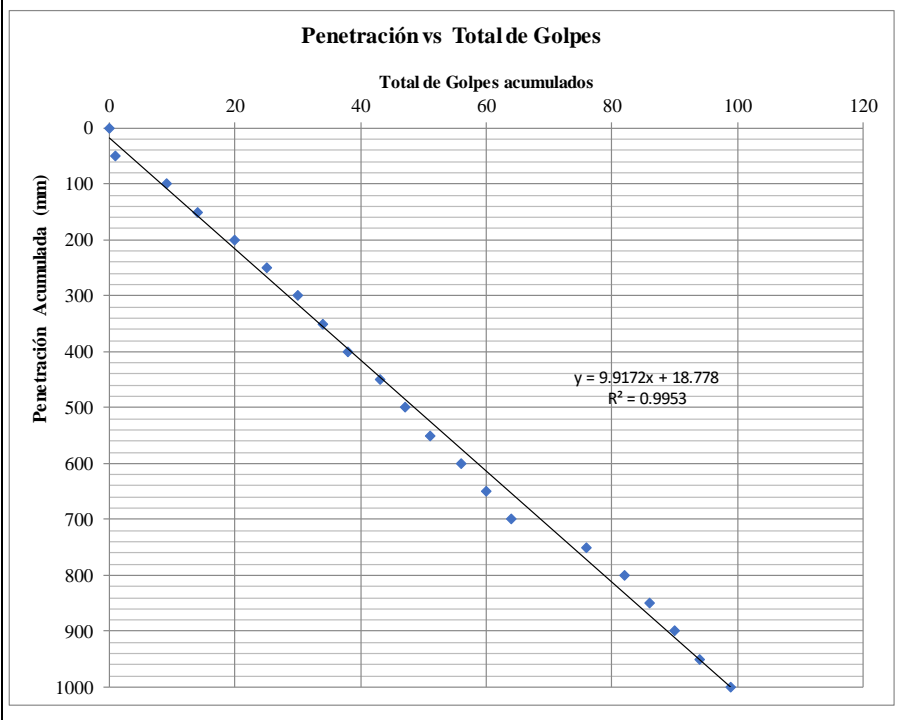
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 84. Ensayo DCP #5**

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DCP</b>	
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR <b>SECTOR:</b> La Dolorosa 1 <b>PROFUNDIDAD:</b> 1m <b>NORMAS:</b>	<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno <b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez <b>FECHA:</b> 3-12-2020 <b>ASTM:</b> D-6951



Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	9	11	11	19.68
8	100	50	6.25	1	6	37.50	9				
5	150	50	10.00	1	10	22.15	14	5	10	10	22.15
6	200	50	8.33	1	8	27.17	20				
5	250	50	10.00	1	10	22.15	25				
5	300	50	10.00	1	10	22.15	30	24	10	10	21.16
4	350	50	12.50	1	13	17.25	34				
4	400	50	12.50	1	13	17.25	38				
5	450	50	10.00	1	10	22.15	43				
4	500	50	12.50	1	13	17.25	47	9	11	11	19.68
4	550	50	12.50	1	13	17.25	51				
5	600	50	10.00	1	10	22.15	56				
4	650	50	12.50	1	13	17.25	60	17	12	12	18.46
4	700	50	12.50	1	13	17.25	64				
12	750	50	4.17	1	4	59.05	76				
6	800	50	8.33	1	8	27.17	82				
4	850	50	12.50	1	13	17.25	86				
4	900	50	12.50	1	13	17.25	90	35	9	9	26.32
4	950	50	12.50	1	13	17.25	94				
5	1000	50	10.00	1	10	22.15	99				



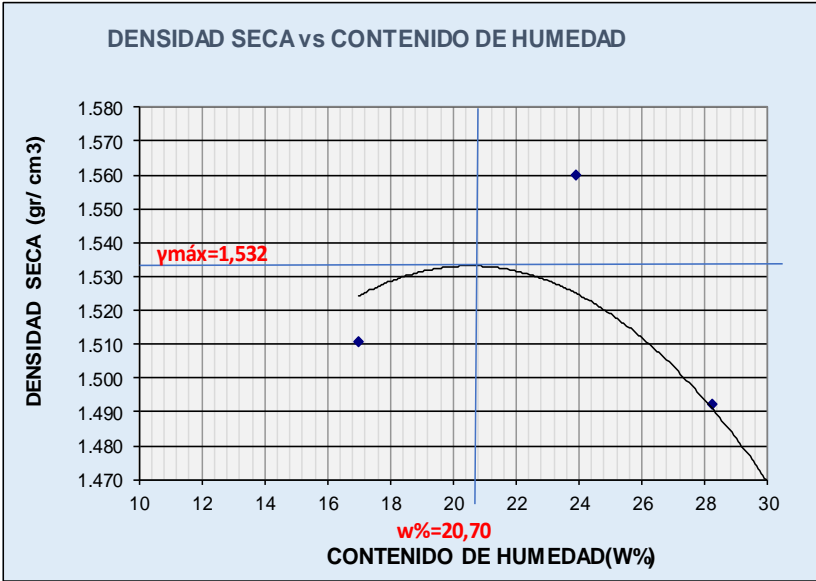
PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
9.9172 mm/golpe	22.36

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 85. Ensayo Proctor Modificado #5**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO									
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCANICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>											
SECTOR: La Dolorosa 1				POZO: 2							
UBICACIÓN: Tisaleo											
NORMA: AASHTO T - 180				REVISADO POR: Lorena Pérez							
MÉTODO: AASHTO MODIFICADO				ENSAYADO POR: Daniel Barreno							
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO											
NÚMERO DE GOLPES :		56		NÚMERO DE CAPAS :		5		PESO MARTILLO :		10 Lb	
ALTURA DE CAÍDA :		18"		PESO MOLDE gr :		5440		VOLUMEN MOLDE cc :		2114	
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO											
Muestra	1	2	3	4	5						
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%						
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400						
P molde + suelo húmedo (gr)	9175.8	9525.2	9484.4	9332	9302						
Peso suelo húmedo	3735.8	4085.2	4044.4	3892	3862						
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.767	1.932	1.913	1.841	1.827						
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD											
Recipiente #	C-8	8-B	M-2	R-4	M-3	R-5	M-1	6-A	D-5	C-5	
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	144.55	164.23	157.84	173.23	258.19	179.32	281.74	152.32	156.2	187.23	
Peso seco + recipiente Ws+ rec	129.5	147.56	137.11	147.45	208.48	149.6	235.26	126.34	130.4	149.14	
Peso del recipiente rec	42.68	47.26	47.44	42.88	34.28	43.18	93.82	47.09	65.8	47.09	
Peso del agua Ww	15.05	16.67	20.73	25.78	49.71	29.72	46.48	25.98	25.8	38.09	
Peso suelo seco Ws	86.82	100.30	89.67	104.57	174.2	106.42	141.44	79.25	64.6	102.05	
Contenido humedad w %	17.3	16.6	23.1	24.7	28.5	27.9	32.9	32.8	39.9	37.3	
Contenido humedad promedio w %	16.98		23.89		28.23		32.82		38.63		
Densidad Seca $\gamma_d$	1.511		1.560		1.492		1.386		1.318		





**DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD**

$\gamma_{\text{máximo}} = 1.532$        $w\% = 20.70$

$\gamma_{\text{máximo}} = 1.532$        $W_{\text{óptimo}} \% = 20.7$

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

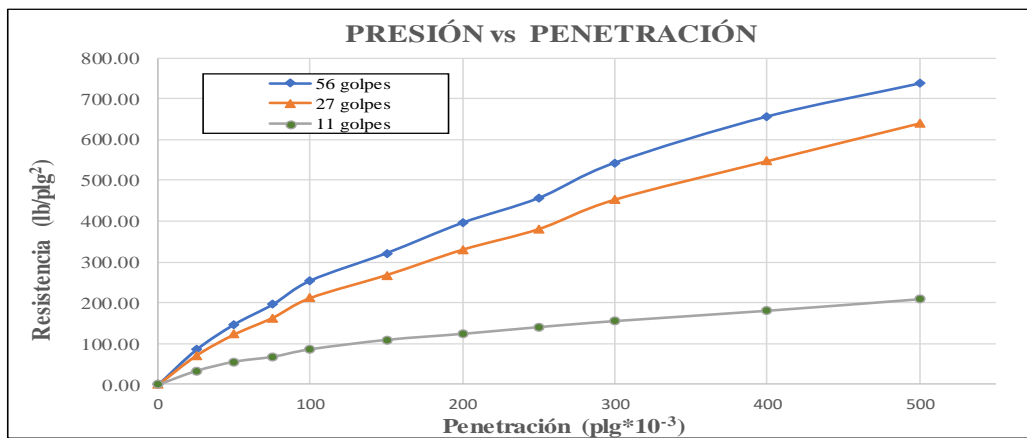
**Tabla 86. Compactación para CBR #5**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE CBR</b> 						
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MÉCICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CÁNTON TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>		<b>NORMA:</b>	<b>AASHTO:T-193</b>		
<b>Ubicación:</b>	La Dolorosa		<b>REALIZADO POR:</b>	Sr. Daniel Barreno		
<b>SECTOR:</b>	Tisaleo		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Lorena Pérez		
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	9975.6	10089	9795.2	9928	9328.4	9611.8
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4111.1	4224.5	3829.7	3962.5	3553.4	3836.8
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.787	1.836	1.664	1.722	1.544	1.667
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.485	1.406	1.368	1.353	1.282	1.228
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.485		1.368		1.282	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	11-B	R-5	4-B	C-5	L-1	F-5
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	117.39	162.84	118.43	188.04	100.67	238.42
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	102	134.85	103	157.63	87.6	189.74
PESO AGUA (gr)	15.39	27.99	15.43	30.41	13.07	48.68
PESO TARRO	26.35	43.29	31.72	46	23.7	53.67
PESO MUESTRA SECA (gr)	75.65	91.56	71.28	111.63	63.9	136.07
CONTENIDO DE HUMEDAD %	20.34	30.57	21.65	27.24	20.45	35.78
AGUA ABSORBIDA %		10.23		5.59		15.32

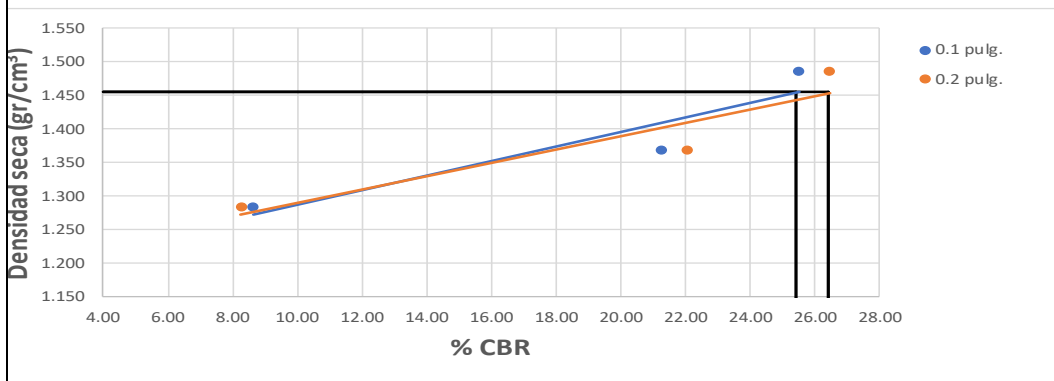
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Tabla 87. Ensayo CBR # 5

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.		Leída	Correg.			Leída	Correg.			
0.00	0		0.0	0.00						0	0.00			
0.64	25		256.5	85.52						100.5	33.50			
1.27	50		443.4	147.81						167.9	55.98			
1.91	75		588.5	196.16						203.9	67.96			
2.54	100	1000	765.2	255.08	255.08	25.51	637.4	212.47	212.466	21.25	259.2	86.40	86.40	8.64
3.81	150		966.7	322.22			805.1	268.37		328	109.32			
5.08	200	1500	1190.4	396.79	396.79	26.45	992.0	330.67	330.67	22.04	372	124.01	124.01	8.27
6.35	250		1372.2	457.40			1143.4	381.15		421.4	140.47			
7.62	300		1631.2	543.73			1359.4	453.14		465.7	155.24			
10.16	400		1970.6	656.87			1642.2	547.40		541.1	180.36			
12.70	500		2212.8	737.61			1918.8	639.60		625.5	208.50			



MOLDE	1	2	3	
0,1 plg	25.51	21.25	8.64	
0,2 plg	26.45	22.04	8.27	
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1.485	1.368	1.282



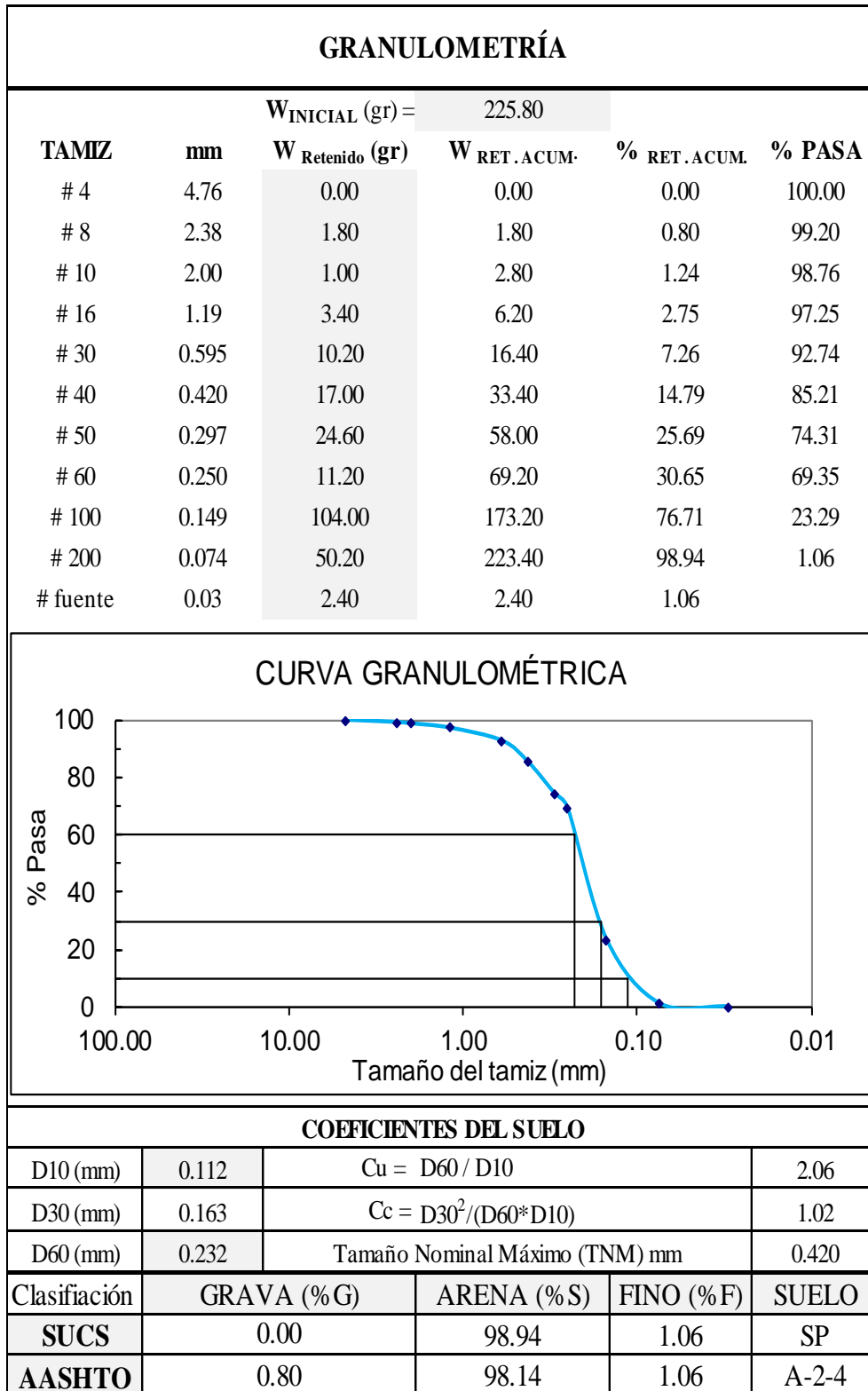
Densidad Seca Máx (γd) = 1.532 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor	
95% γd =	1.455	25.4	26.4	26.4

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------






Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 88.** Ensayo Granulométrico # 6





**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 89. Densidad de Campo # 6**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO LA DOLOROSA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17	758798 m	9849640 m
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					<b>Unidades</b>
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	2625.60			gr
Peso de la funda	(Rec)	4.80			gr
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	2620.80			gr
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					<b>Unidades</b>
Peso inicial frasco + cono + arena		3955.00			gr
Peso final frasco + cono + arena		236.60			gr
Peso de arena en el cono		1606.20			gr
Peso arena en la perforación		2112.20			gr
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489			gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación	(Vm)	1418.54			cm <sup>3</sup>
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					<b>Unidades</b>
Identificación del Recipiente		D3	8B		
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	71.08	78.25	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	66.76	74.75	gr	
Peso recipiente	Rec	27.46	32.19	gr	
Peso del agua	Ww	4.32	3.50	gr	
Peso de los sólidos	Ws	39.30	42.56	gr	
Contenido de humedad	w%	10.99	8.22	%	
Contenido de humedad promedio	W%	9.61		%	
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	8.87	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Wa	5.37	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Ww	3.50	cm <sup>3</sup>	3.50	gr
Vs = 	Ws	16.06	cm <sup>3</sup>	42.56	gr
Vm =	Wm	24.93	cm <sup>3</sup>	46.06	gr
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					<b>Unidades</b>
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.848			gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.686			gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad w%		9.61			%
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		0.55			natural
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		35.58			%
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Ww/Vv*100$		39.46			%
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$		60.54			%

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 90. Ensayo Límite Líquido y Plástico # 6**

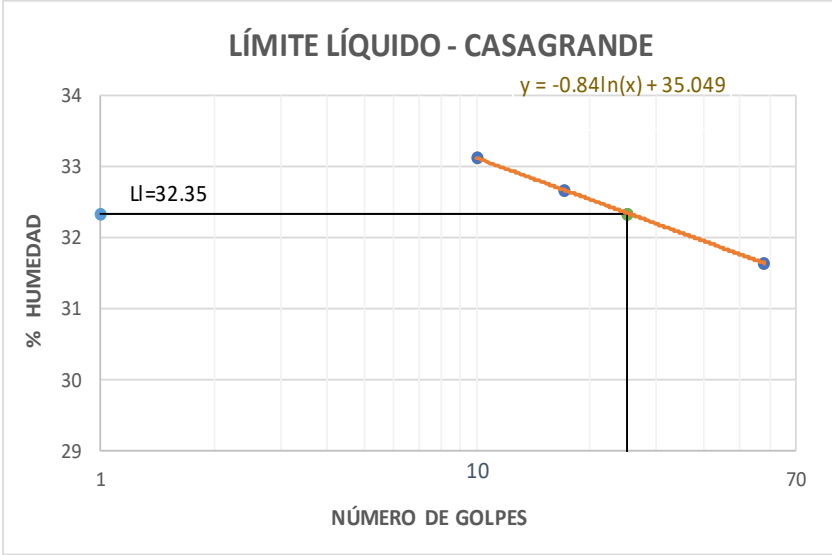
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO LA DOLOROSA		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m
<b>COORDENADAS:</b> 17 758798 m 9849640 m		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
58	6.01	25.79	21.00	31.95	31.64
	5.85	22.28	18.36	31.33	
17	5.58	24.06	19.53	32.47	32.66
	4.42	25.01	19.92	32.84	
10	4.27	24.35	19.36	33.07	33.13
	4.33	25.24	20.03	33.18	
				<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>	32.35

**LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE**



$y = -0.84\ln(x) + 35.049$



U=32.35

<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w
P5	4.26	5.19	4.98	29.17
A3	4.28	4.90	4.75	31.91
A7	4.32	4.92	4.78	30.43
PROMEDIO W% (LP)				30.51
IP = LL - LP	1.84	<b>Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 91. Ensayo Gravedad Específica # 6**

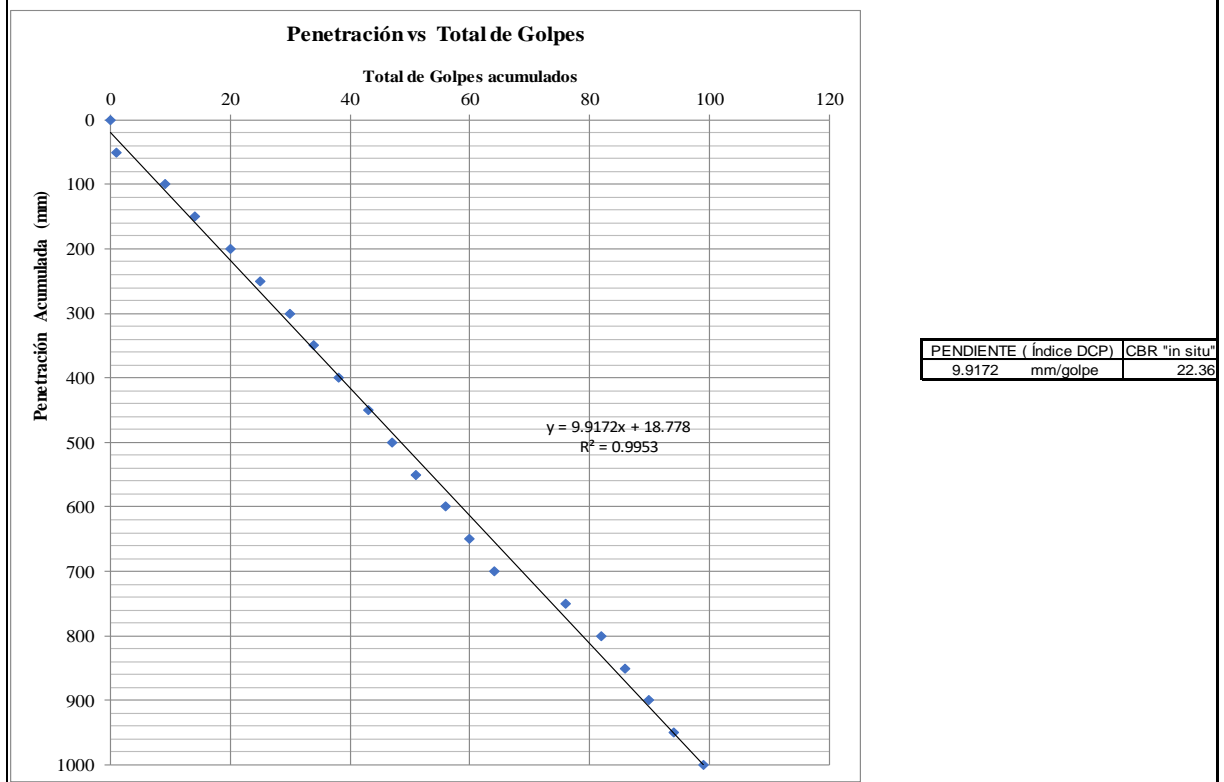
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																							
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																								
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO LA DOLOROSA		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m																						
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																						
		<b>COORDENADAS:</b> 17 758798 m 9849640 m																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">17 °C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">252.1 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">202.3 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">49.8 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ws+Wbw</td> <td style="text-align: center;">708.4 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">686 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">22.4 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99880 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.221 -</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA	Unidades	Temperatura del agua + suelo	17 °C	Peso del recipiente + suelo seco	252.1 gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	202.3 gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.8 gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6 gr	Ws+Wbw	708.4 gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686 gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.4 gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99880 gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.221 -
GRAVEDAD ESPECÍFICA	Unidades																							
Temperatura del agua + suelo	17 °C																							
Peso del recipiente + suelo seco	252.1 gr																							
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	202.3 gr																							
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.8 gr																							
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6 gr																							
Ws+Wbw	708.4 gr																							
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686 gr																							
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.4 gr																							
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99880 gr																							
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.221 -																							

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes





**Tabla 92. Ensayo DCP # 6**

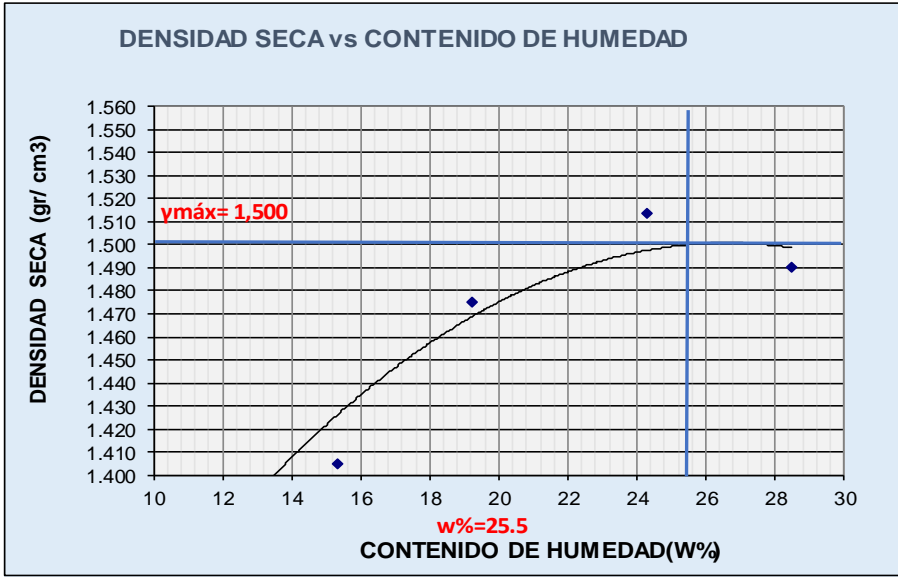
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DCP									
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR		<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno									
<b>SECTOR:</b> La Dolorosa 1		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez									
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m		<b>FECHA:</b> 14-12-2020									
<b>NORMAS:</b>		<b>ASTM:</b> D-6951									
								Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	9	11	11	19.68
8	100	50	6.25	1	6	37.50	9				
5	150	50	10.00	1	10	22.15	14	5	10	10	22.15
6	200	50	8.33	1	8	27.17	20				
5	250	50	10.00	1	10	22.15	25				
5	300	50	10.00	1	10	22.15	30	24	10	10	21.16
4	350	50	12.50	1	13	17.25	34				
4	400	50	12.50	1	13	17.25	38				
5	450	50	10.00	1	10	22.15	43				
4	500	50	12.50	1	13	17.25	47	9	11	11	19.68
4	550	50	12.50	1	13	17.25	51				
5	600	50	10.00	1	10	22.15	56				
4	650	50	12.50	1	13	17.25	60	17	12	12	18.46
4	700	50	12.50	1	13	17.25	64				
12	750	50	4.17	1	4	59.05	76				
6	800	50	8.33	1	8	27.17	82				
4	850	50	12.50	1	13	17.25	86				
4	900	50	12.50	1	13	17.25	90	35	9	9	26.32
4	950	50	12.50	1	13	17.25	94				
5	1000	50	10.00	1	10	22.15	99				



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 93. Ensayo Proctor Modificado # 6**

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO                  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA                  CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL                  ENSAYO DE COMPACTACION                  PROCTOR MODIFICADO</p>									
<p><b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b></p>										
<p><b>SECTOR:</b> La Dolorosa 2</p>		<p><b>POZO:</b> 2</p>								
<p><b>UBICACIÓN:</b> Tisaleo</p>										
<p><b>NORMA:</b> AASHTO T - 180</p>		<p><b>REVISADO POR:</b> Lorena Pérez</p>								
<p><b>MÉTODO:</b> AASHTO MODIFICADO</p>		<p><b>ENSAYADO POR:</b> Daniel Barreno</p>								
<p><b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b></p>										
<p><b>NUMERO DE GOLPES :</b> 56</p>	<p><b>NÚMERO DE CAPAS :</b> 5</p>	<p><b>PESO MARTILLO :</b> 10 Lb</p>								
<p><b>ALTURA DE CAÍDA :</b> 18"</p>	<p><b>PESO MOLDE gr :</b> 5440</p>	<p><b>VOLUMEN MOLDE cc :</b> 2114</p>								
<p><b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO</b></p>										
<p>Muestra</p>	1	2	3	4	5					
<p>Humedad inicial añadida en %</p>	0	5%	10%	15%	20%					
<p>Humedad inicial añadida en (cc)</p>	0	100	200	300	400					
<p>P molde + suelo húmedo (gr)</p>	8621.2	8864.2	9156.2	9416.2	9486.2					
<p>Peso suelo húmedo</p>	3181.2	3424.2	3716.2	3976.2	4046.2					
<p>Densidad Húmeda en gr/cm3</p>	1.505	1.620	1.758	1.881	1.914					
<p><b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b></p>										
<p>Recipiente #</p>	P-5	8-B	2-R	R-4	F-3	R-5	6-A	6-A	D-1	C-5
<p>Peso humedo + recipiente Wm+ rec</p>	257.21	210.32	137.81	167.21	217.5	180.32	183.51	176.21	203.59	173.21
<p>Peso seco + recipiente Ws+ rec</p>	236.47	194.56	125.41	150.45	192.04	157.6	154.68	151.34	168.21	145.45
<p>Peso del recipiente rec</p>	39.48	47.26	43.22	42.88	54.86	43.18	38.23	47.09	45.01	47.09
<p>Peso del agua Ww</p>	20.74	15.76	12.4	16.76	25.46	22.72	28.83	24.87	35.38	27.76
<p>Peso suelo seco Ws</p>	196.99	147.30	82.19	107.57	137.18	114.42	116.45	104.25	123.2	98.36
<p>Contenido humedad w %</p>	10.5	10.7	15.1	15.6	18.6	19.9	24.8	23.9	28.7	28.2
<p>Contenido humedad promedio w %</p>	10.61		15.33		19.21		24.31		28.47	
<p>Densidad Seca <math>\gamma_d</math></p>	1.360		1.404		1.475		1.513		1.490	





**DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD**

$\gamma$  máximo= 1.500      W óptimo % = 25.5

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 94. Compactación CBR # 6**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE CBR 						
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b>	CBR		<b>NORMA:</b>		AASHTO:T-193	
<b>UBICACIÓN:</b>	Dolorosa2		<b>REVISADO POR:</b>		Lorena Pérez	
<b>SECTOR:</b>	Tisaleo		<b>ENSAYADO POR:</b>		Daniel Barreno	
ENSAYO CBR						
MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9837	9902.4	9555.2	9723.2	8987.2	9454.4
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3972.5	4037.9	3589.7	3757.7	3212.2	3679.4
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2274	2274	2274	2274	2274	2274
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.747	1.776	1.579	1.652	1.413	1.618
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.487	1.488	1.320	1.270	1.189	1.266
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1.487		1.295		1.228	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
TARRO #	11-B	R-4	F-3	H-2	H-1	R-4
Wm +TARRO (gr)	112.48	112.48	197.39	174.72	147.9	183.35
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	102.62	98.62	172.15	144.33	131.38	152.93
PESO AGUA (gr)	9.86	13.86	25.24	30.39	16.52	30.42
PESO TARRO	46.24	26.98	43.26	43.26	43.5	43.41
PESO MUESTRA SECA (gr)	56.38	71.64	128.89	101.07	87.88	109.52
CONTENIDO DE HUMEDAD %	17.49	19.35	19.58	30.07	18.80	27.78
AGUA ABSORBIDA %		1.86		10.49		8.98

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 95. Ensayo CBR # 6**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.		
0.00	0		0.0	0.00		0.0	0.00			0	0.00			
0.64	25		130.0	43.35		58.6	19.54			30.19	10.06			
1.27	50		238.9	79.64		113.7	37.91			41.44	13.81			
1.91	75		325.3	108.44		146.1	48.71			65.9	21.97			
2.54	100	1000	423.8	141.28	141.28	14.13	148.1	49.37	49.3696	4.94	97.42	32.47	32.47	3.25
3.81	150		535.8	178.60		156.0	52.01			129.6	43.20			
5.08	200	1500	647.5	215.85	215.85	14.39	164.0	54.66	54.66	3.64	154.3	51.43	51.43	3.43
6.35	250		716.5	238.84		206.3	68.76			160.9	53.63			
7.62	300		883.8	294.60		229.4	76.48			172.1	57.38			
10.16	400		1128.4	376.15		303.3	101.09			196.2	65.39			
12.70	500		1393.1	464.38		357.5	119.16			233.6	77.87			

**PRESIÓN vs PENETRACIÓN**

MOLDE	1	2	3	
CBR %	0,1 plg	14.13	4.94	3.25
	0,2 plg	14.39	3.64	3.43
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1.487	1.295	1.228

**Densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) vs % CBR**

Densidad Seca Máx (γd) =	1.500	gr/cm <sup>3</sup>
--------------------------	-------	--------------------



Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd =	1.425	9.5	11.5

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

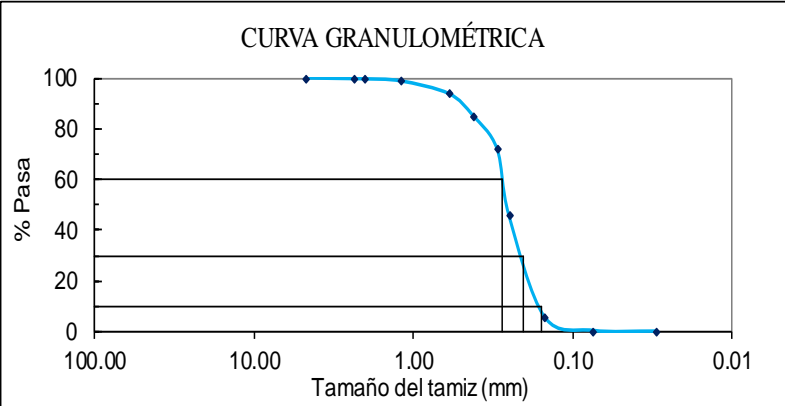
**Tabla 96. Ensayo Granulométrico # 7**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO UNION Y PROGRESO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m
		<b>COORDENADAS:</b> 17 760364 m 9847931 m

GRANULOMETRÍA					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) = 219.40			
TAMIZ	mm	W <sub>Retenido</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% <sub>RET.ACUM.</sub>	% <sub>PASA</sub>
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.60	0.60	0.27	99.73
# 10	2.00	0.20	0.80	0.36	99.64
# 16	1.19	1.80	2.60	1.19	98.81
# 30	0.595	11.00	13.60	6.20	93.80
# 40	0.420	19.00	32.60	14.86	85.14
# 50	0.297	28.60	61.20	27.89	72.11
# 60	0.250	57.80	119.00	54.24	45.76
# 100	0.149	88.20	207.20	94.44	5.56
# 200	0.074	11.60	218.80	99.73	0.27
# fuente	0.03	0.60	0.60	0.27	







CURVA GRANULOMÉTRICA	
	

COEFICIENTES DEL SUELO				
D10 (mm)	0.158	Cu = D60 / D10	1.74	
D30 (mm)	0.204	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)	0.96	
D60 (mm)	0.274	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm	0.595	
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)	SUELO
SUCS	0.00	99.73	0.27	SP
AASHTO	0.27	99.45	0.27	A-2-4



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 97. Densidad de Campo # 7**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.20 m		
<b>POZO:</b>	INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.80 m		
		<b>COORDENADAS:</b>	17	760364 m	9847931 m
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)		861.00	gr	
Peso de la funda	(Rec)		4.80	gr	
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)		856.20	gr	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena			3695.00	gr	
Peso final frasco + cono + arena			1257.80	gr	
Peso de arena en el cono			1606.20	gr	
Peso arena en la perforación			831.00	gr	
Densidad de la Arena de Ottawa			1.489	gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación	(Vm)		558.09	cm <sup>3</sup>	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades
Identificación del Recipiente		4B	1D	-	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	80.21	86.21	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	73.64	79.24	gr	
Peso recipiente	Rec	31.59	33.04	gr	
Peso del agua	Ww	6.57	6.97	gr	
Peso de los sólidos	Ws	42.05	46.20	gr	
Contenido de humedad	w%	15.62	15.09	%	
Contenido de humedad promedio	W%	15.36		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	17.22	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Va =	10.25	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Vw =	6.97	cm <sup>3</sup>	6.97	gr
Vs = 	Vs =	17.43	cm <sup>3</sup>	46.20	gr
Vm = 	Vm =	34.66	cm <sup>3</sup>	53.17	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.534	gr/cm <sup>3</sup>		
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.330	gr/cm <sup>3</sup>		
Contenido de humedad w%		15.36	%		
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		0.99	natural		
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		49.70	%		
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv*100$		40.47	%		
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$		59.53	%		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 98. Límite Líquido y Plástico # 7**

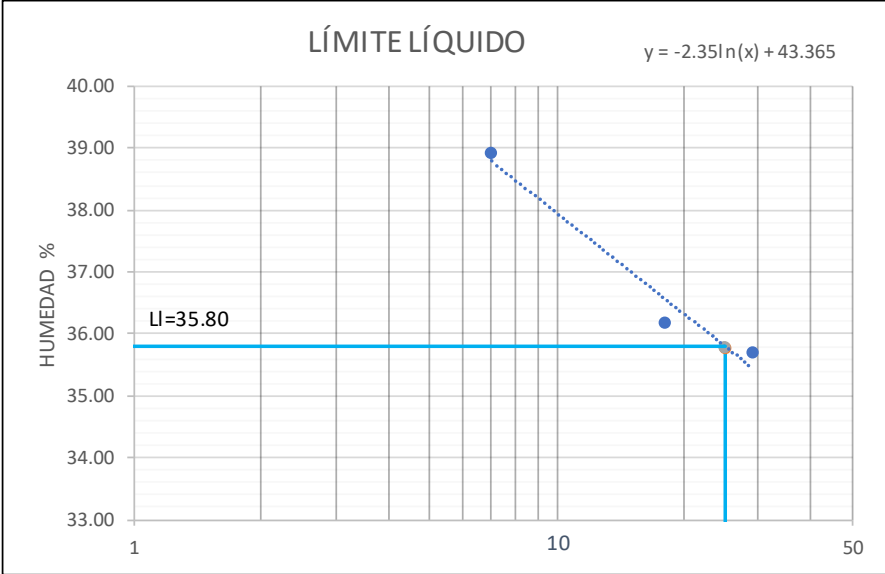
	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO UNION Y PROGRESO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m
		<b>COORDENADAS:</b> 17      760364 m      9847931 m

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
29	11.46	31.93	26.57	35.47	35.71
	11.48	31.87	26.53	35.48	
18	11.57	36.83	30.12	36.17	36.19
	11.46	35.50	29.11	36.20	
7	11.67	33.01	27.03	38.93	38.92
	11.56	34.80	28.29	38.91	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				<b>35.80</b>	

**LÍMITE LÍQUIDO**       $y = -2.35 \ln(x) + 43.365$





<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>				
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w
D3	4.36	5.37	5.06	44.29
E2	4.38	5.55	5.28	30.00
A7	4.35	5.21	5.01	30.30
				34.86
<b>IP = LL - LP</b>	<b>0.94</b>	<b>Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 99.** Gravedad Específica # 7

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO UNIÓN Y PROGRESO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																																	
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.80 m																																	
		<b>COORDENADAS:</b> 17      760364 m      9847931 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">20</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">123.4</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">74.67</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">48.73</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td><b>Ws+Wbw</b></td> <td style="text-align: center;">707.33</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">685.6</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) -<b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">21.73</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99820</td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.238</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	20	°C	Peso del recipiente + suelo seco	123.4	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	74.67	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.73	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	<b>Ws+Wbw</b>	707.33	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.6	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.73	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.238	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	20	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	123.4	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	74.67	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.73	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
<b>Ws+Wbw</b>	707.33	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.6	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.73	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.238	-																																	

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 100. Ensayo DCP # 7**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DCP		Análisis por capas de suelo			
PROYECTO: Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR		ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno		REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez		FECHA: 14-12-2020		ASTM: D-6951			
SECTOR: Unión y Progreso 1											
PROFUNDIDAD: 1m											
NORMAS:											
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	3	33	33	5.75
2	100	50	25.00	1	25	7.94	3				
3	150	50	16.67	1	17	12.50	6	3	17	17	12.50
2	200	50	25.00	1	25	7.94	8				
3	250	50	16.67	1	17	12.50	11				
3	300	50	16.67	1	17	12.50	14	15	17	17	12.50
4	350	50	12.50	1	13	17.25	18				
3	400	50	16.67	1	17	12.50	21				
3	450	50	16.67	1	17	12.50	24	7	14	14	14.86
4	500	50	12.50	1	13	17.25	28				
3	550	50	16.67	1	17	12.50	31				
3	600	50	16.67	1	17	12.50	34	14	14	14	14.86
4	650	50	12.50	1	13	17.25	38				
4	700	50	12.50	1	13	17.25	42				
4	750	50	12.50	1	13	17.25	46				
5	800	50	10.00	1	10	22.15	51				
7	850	50	7.14	1	7	32.29	58	37	8	8	28.02
7	900	50	7.14	1	7	32.29	65				
6	950	50	8.33	1	8	27.17	71				
8	1000	50	6.25	1	6	37.50	79				

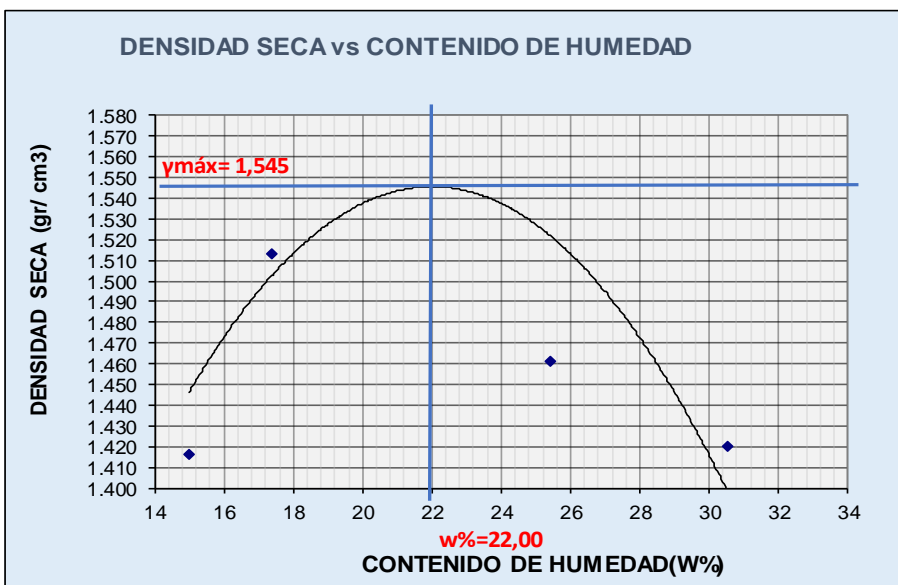
  

PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
12.789	16.82

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 101. Ensayo Proctor Modificado #7**

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACION									
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARRAQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA <b>SECTOR:</b> QUINCHICOTO <span style="float: right;"><b>POZO</b> 1</span> <b>UBICACIÓN:</b> UNIÓN Y PROGRESO 1 <b>NORMA:</b> AASHTO T - 180 <span style="float: right;"><b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez</span> <b>MÉTODO:</b> AASHTO MODIFICADO <span style="float: right;"><b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno</span>										
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>										
<b>NUMERO DE GOLPES :</b>	56	<b>NÚMERO DE CAPAS :</b>	5	<b>PESO MARTILLO :</b>	10 Lb					
<b>ALTURA DE CAÍDA :</b>	18"	<b>PESO MOLDE gr :</b>	5440	<b>VOLUMEN MOLDE cc :</b>	2114					
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO</b>										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8882	9194.2	9463.2	9313.6	9358.2					
Peso suelo húmedo	3442	3754.2	4023.2	3873.6	3918.2					
Densidad Húmeda en gr/cm <sup>3</sup>	1.628	1.776	1.903	1.832	1.853					
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Recipiente #	D-1	2-R	C-9	C-8	R-5	2-F	C-6	M-3	M-2	4-A
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	173.6	144.6	171.6	152.80	162.62	169.62	169.69	200.03	239.68	163.35
Peso seco + recipiente Ws+ rec	156.96	131.23	152.52	136.56	143.44	149.22	143.76	176.55	206.3	136.34
Peso del recipiente rec	44.5	43.03	43.2	42.6	43.08	47.24	41.67	84.14	98.36	46.8
Peso del agua Ww	16.64	13.37	19.08	16.24	19.18	20.4	25.93	23.48	33.38	27.01
Peso suelo seco Ws	112.46	88.20	109.32	93.96	100.36	101.98	102.09	92.41	107.94	89.54
Contenido humedad w %	14.8	15.2	17.5	17.3	19.1	20.0	25.4	25.4	30.9	30.2
Contenido humedad promedio w %	14.98		17.37		19.56		25.40		30.54	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.416		1.513		1.592		1.461		1.420	



**DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD**



$\gamma_{m\acute{a}x} = 1,545$

$w\% = 22,00$

$\gamma_{m\acute{a}x} = 1.545$        $W \acute{o}ptimo \% = 22.0$

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

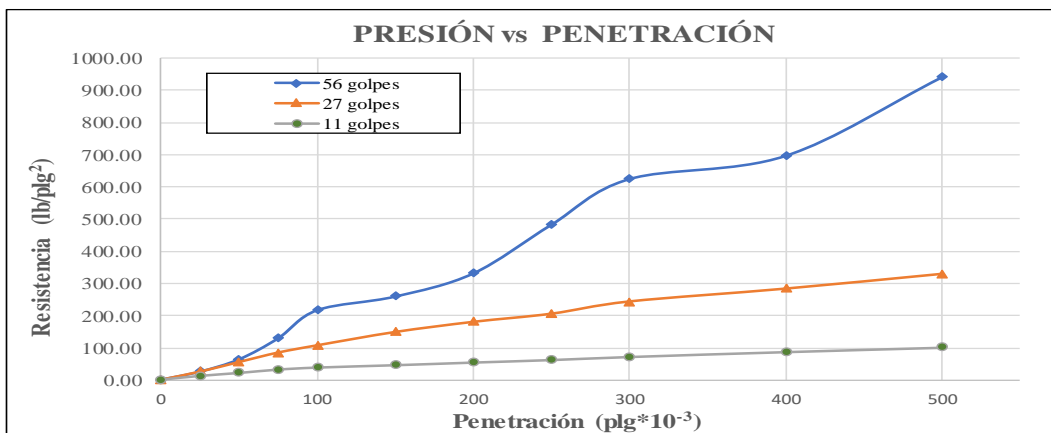
**Tabla 102. Compactación CBR #7**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>	<b>NORMA:</b>			<b>AASHTO:T-193</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Unión y Progreso 1	<b>REVISADO POR:</b>			Ing. Lorena Pérez	
<b>SECTOR:</b>	Quinchicoto	<b>ENSAYADO POR:</b>			Sr. Daniel Barreno	
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	7		8		9	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	10323.6	10479.2	9898.4	10205	9652.6	10081.4
PESO MOLDE (gr)	6360.8	6360.8	6383.2	6383.2	6360.4	6360.4
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3962.8	4118.4	3515.2	3821.8	3292.2	3721
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.903	1.978	1.688	1.836	1.581	1.787
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.527	1.515	1.393	1.454	1.305	1.335
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.521		1.424		1.320	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	M-2	6-A	D-1	C-9	M-1	M-1
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	265.68	213.91	241.77	193.6	230.96	233.7
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	232.6	172.8	211.66	162.35	207	198.21
PESO AGUA (gr)	33.08	41.11	30.11	31.25	23.96	35.49
PESO TARRO	98.37	38.23	69.48	43.2	93.91	93.47
PESO MUESTRA SECA (gr)	134.23	134.57	142.18	119.15	113.09	104.74
CONTENIDO DE HUMEDAD %	24.64	30.55	21.18	26.23	21.19	33.88
AGUA ABSORBIDA %		5.90		5.05		12.70

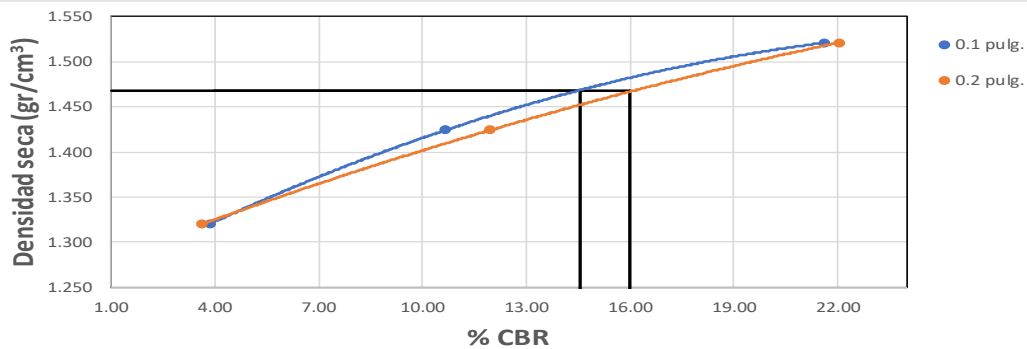
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 103. ENSAYO CBR #7**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.		
0.00	0		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.64	25		75.6	25.20			75.6	25.20			36.1	12.05		
1.27	50		190.9	63.62			165.1	55.03			64.4	21.45		
1.91	75		387.0	129.01			252.8	84.27			96.3	32.10		
2.54	100	1000	649.3	216.43	216.43	21.64	319.8	106.60	106.6	10.66	115.5	38.50	38.50	3.85
3.81	150		776.2	258.75			443.9	147.96			138.2	46.06		
5.08	200	1500	991.8	330.60	330.60	22.04	538.0	179.33	179.33	11.96	163.3	54.44	54.44	3.63
6.35	250		1446.0	482.01			613.8	204.60			187.3	62.45		
7.62	300		1873.4	624.47			727.8	242.59			216.4	72.14		
10.16	400		2089.4	696.46			847.0	282.33			263.2	87.72		
12.70	500		2821.1	940.37			983.9	327.96			305.0	101.68		



MOLDE	1	2	3
CBR %	0,1 plg 21.64	10.66	3.85
	0,2 plg 22.04	11.96	3.63
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup> 1.521	1.424	1.320



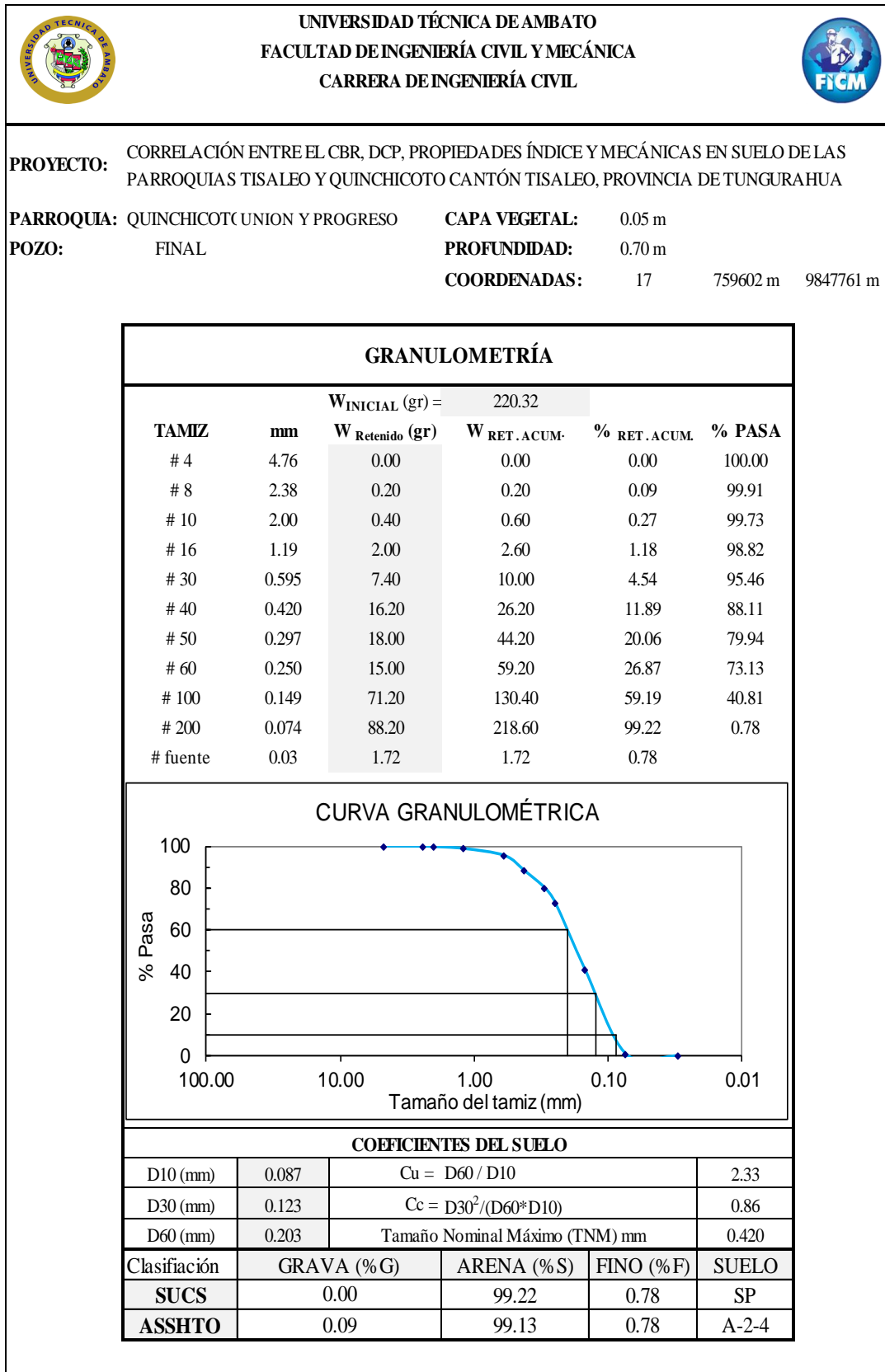
Densidad Seca Máx (γd) = 1.545 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd = 1.468	14.6	16.0	16.0

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------






**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 104. Ensayo Granulométrico #8**





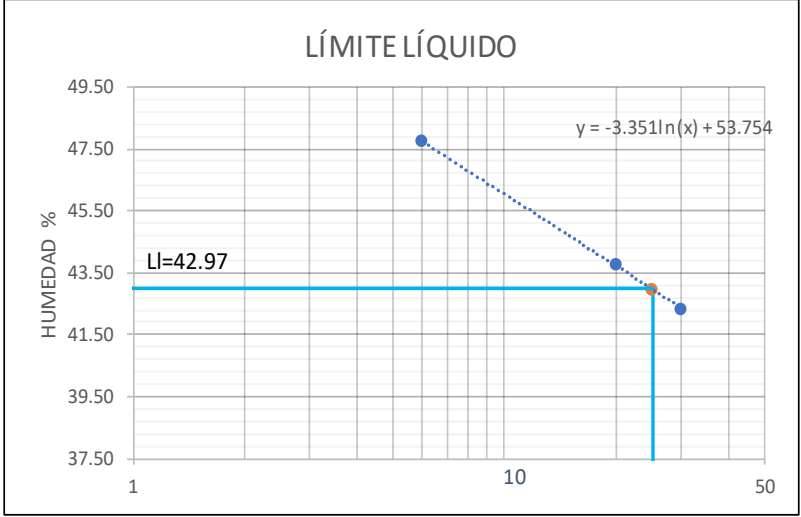
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 105. Densidad de Campo #8**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO UNION Y PROGRESO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m			
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m			
		<b>COORDENADAS:</b> 17 759602 m 9847761 m			
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)		1112.80		gr	
Peso de la funda (Rec)		4.80		gr	
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)		1108.00		gr	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena		3510.00		gr	
Peso final frasco + cono + arena		850.80		gr	
Peso de arena en el cono		1606.20		gr	
Peso arena en la perforación		1053.00		gr	
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación (Vm)		707.19		cm <sup>3</sup>	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades
Identificación del Recipiente		1T 1-D		-	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		79.00 106.82		gr	
Peso seco + recipiente Ws+rec		68.44 90.79		gr	
Peso recipiente Rec		30.32 33.03		gr	
Peso del agua Ww		10.56 16.03		gr	
Peso de los sólidos Ws		38.12 57.76		gr	
Contenido de humedad w%		27.70 27.75		%	
Contenido de humedad promedio W%		27.73		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos Vv =		25.30	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 		Wa =	9.27	cm <sup>3</sup>	0.00 gr
Vw = 		Ww =	16.03	cm <sup>3</sup>	16.03 gr
Vs = 		Ws =	21.80	cm <sup>3</sup>	57.76 gr
Vm =		Wm =	47.10	cm <sup>3</sup>	73.79 gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)		1.567		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca (γd)		1.227		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad w%		27.73		%	
Relación de vacíos e = Vv/Vs		1.16		natural	
Porosidad n% = Vv/Vm*100		53.72		%	
Grado de Saturación de agua Gw% = Vw/Vv*100		63.36		%	
Grado de Saturación de aire Ga% = Wa/Vv*100		36.64		%	



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 106. Ensayo Límite Líquido y Plástico #8**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO UNION Y PROGRESO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m			
<b>POZO:</b> FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m			
<b>COORDENADAS:</b> 17      759602 m      9847761 m					
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
30	11.32	32.21	26.00	42.30	42.32
	11.46	31.87	25.80	42.33	
20	11.64	31.86	25.70	43.81	43.77
	11.67	33.56	26.90	43.73	
6	11.29	30.73	24.45	47.72	47.74
	11.57	34.90	27.36	47.75	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				42.97	
					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
X3	6.05	6.94	6.65	48.33	
M3	5.55	6.76	6.38	45.78	
A2	4.41	5.41	5.09	47.06	
				47.06	
IP = LL - LP	-4.09		<b>No Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 107. Gravedad específica #8**

 																																		
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																	
<b>PARROQUIA:</b>	QUINCHICOTO UNION Y PROGRESO																																	
<b>POZO:</b>	FINAL																																	
<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m																																	
<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m																																	
<b>COORDENADAS:</b>	17      759602 m      9847761 m																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>22</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>129.84</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td>80.17</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td>49.67</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td>658.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Ws+Wbw</td> <td>708.27</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td>685.8</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td>22.47</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td>0.99780</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td>2.206</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	22	°C	Peso del recipiente + suelo seco	129.84	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	80.17	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.67	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	Ws+Wbw	708.27	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.8	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.47	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.206	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																
Temperatura del agua + suelo	22	°C																																
Peso del recipiente + suelo seco	129.84	gr																																
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	80.17	gr																																
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	49.67	gr																																
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																
Ws+Wbw	708.27	gr																																
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	685.8	gr																																
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	22.47	gr																																
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780	gr																																
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.206	-																																

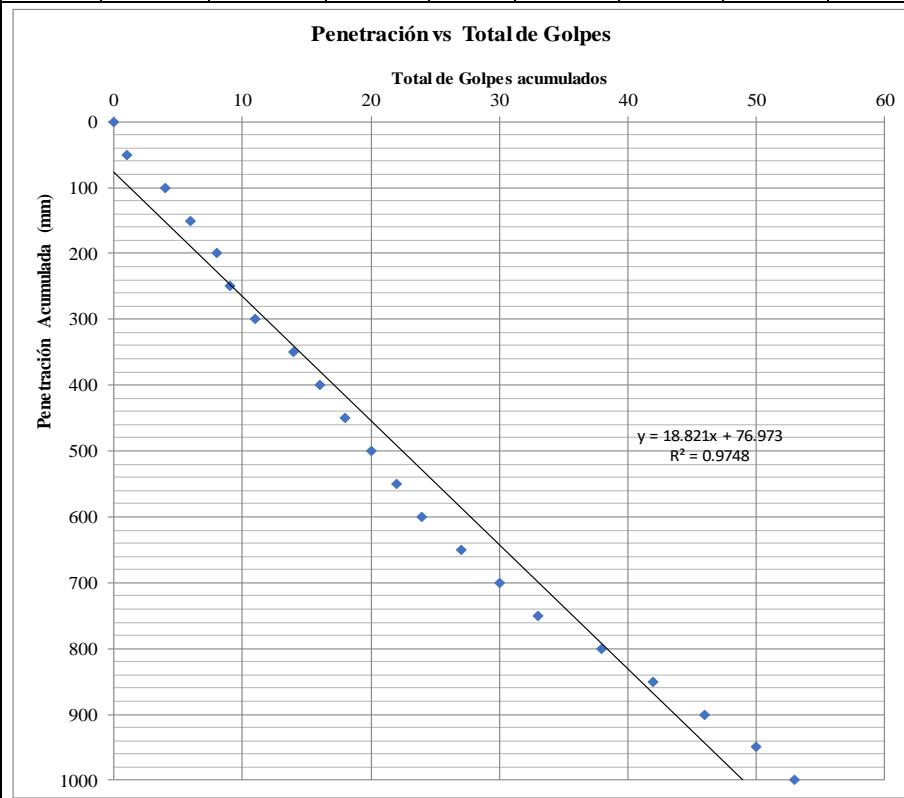
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 108. Ensayo DCP #8**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DCP</b>	
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR		<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno
<b>SECTOR:</b> Unión y Progreso 2		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m		<b>FECHA:</b> 14-02-2020
<b>NORMAS:</b>		<b>ASTM:</b> D-6951



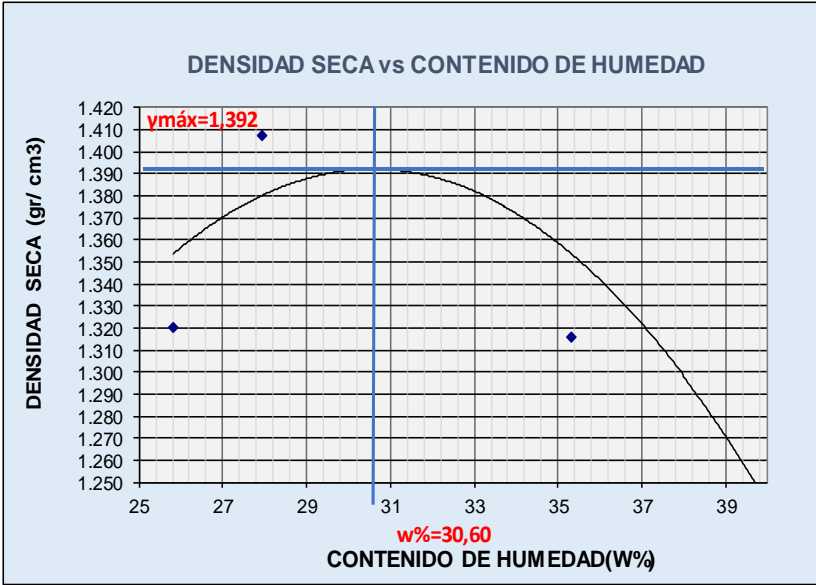
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	4	25	25	7.94
3	100	50	16.67	1	17	12.50	4				
2	150	50	25.00	1	25	7.94	6				
2	200	50	25.00	1	25	7.94	8	10	25	25	7.94
1	250	50	50.00	1	50	3.65	9				
2	300	50	25.00	1	25	7.94	11				
3	350	50	16.67	1	17	12.50	14				
2	400	50	25.00	1	25	7.94	16				
2	450	50	25.00	1	25	7.94	18				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	20	4	25	25	7.94
2	550	50	25.00	1	25	7.94	22				
2	600	50	25.00	1	25	7.94	24	10	20	20	10.19
3	650	50	16.67	1	17	12.50	27				
3	700	50	16.67	1	17	12.50	30				
3	750	50	16.67	1	17	12.50	33				
5	800	50	10.00	1	10	22.15	38				
4	850	50	12.50	1	13	17.25	42	23	13	13	16.45
4	900	50	12.50	1	13	17.25	46				
4	950	50	12.50	1	13	17.25	50				
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	53				



PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
18.821 mm/golpe	10.91



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 109. Ensayo Proctor Modificado #8**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> <b>PROCTOR MODIFICADO</b>									
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA <b>SECTOR:</b> QUINCHICOTO <span style="float: right;"><b>POZO:</b> 1</span> <b>UBICACIÓN:</b> UNIÓN Y PROGRESO 2 <b>NORMA:</b> AASHTO T - 180 <span style="float: right;"><b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez</span> <b>MÉTODO:</b> AASHTO MODIFICADO <span style="float: right;"><b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno</span>										
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>										
<b>NUMERO DE GOLPES :</b>	<b>56</b>	<b>NÚMERO DE CAPAS :</b>	<b>5</b>	<b>PESO MARTILLO :</b>	<b>10 Lb</b>					
<b>ALTURA DE CAÍDA :</b>	<b>18"</b>	<b>PESO MOLDE gr :</b>	<b>5440</b>	<b>VOLUMEN MOLDE cc :</b>	<b>2114</b>					
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO</b>										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8951.2	9245.4	9320	9203	9102.1					
Peso suelo húmedo	3511.2	3805.4	3880	3763	3662.1					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.661	1.800	1.835	1.780	1.732					
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Recipiente #	6-A	P-5	R-4	P-4	4-A	2-R	C-9	M-3	M-2	4-A
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	157.09	159.72	159.48	153.20	156.22	150.86	140.73	149.17	167.12	195.2
Peso seco + recipiente Ws+ rec	132.87	134.86	133.99	131.19	131.08	126.93	115.22	121.4	147.21	152.34
Peso del recipiente rec	38.22	39.5	46.29	48.99	46.79	43.33	43.18	42.63	98.36	46.8
Peso del agua Ww	24.22	24.86	25.49	22.01	25.14	23.93	25.51	27.77	19.91	42.86
Peso suelo seco Ws	94.65	95.36	87.7	82.2	84.29	83.6	72.04	78.77	48.85	105.54
Contenido humedad w %	25.6	26.1	29.1	26.8	29.8	28.6	35.4	35.3	40.8	40.6
Contenido humedad promedio w %	25.83		27.92		29.23		35.33		40.68	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.320		1.407		1.420		1.315		1.231	
										
$\gamma$ máximo= 1.392 <span style="margin-left: 150px;"><math>W</math> óptimo % = 30.6</span>										

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

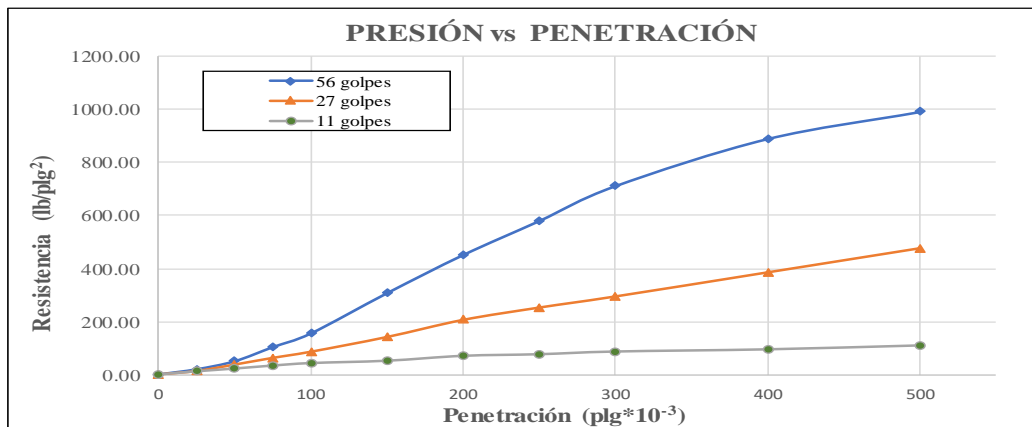
**Tabla 110. Compactación CBR #8**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>		<b>NORMA:</b>	<b>AASHTO:T-193</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Unión y Progreso 2		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Lorena Pérez		
<b>SECTOR:</b>	Quinchicoto		<b>ENSAYADO POR:</b>	Sr. Daniel Barreno		
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	7		8		9	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	10179.2	10304.6	9988.2	10181	9655.2	10045.2
PESO MOLDE (gr)	6360.8	6360.8	6383.2	6383.2	6360.4	6360.4
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3818.4	3943.8	3605	3797.8	3294.8	3684.8
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.834	1.894	1.732	1.824	1.583	1.770
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.470	1.322	1.369	1.331	1.276	1.302
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.396		1.350		1.289	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	2-F	R-5	D-1	6-A	C-7	D-2
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	190.11	187.7	196.68	179.95	157.11	228.89
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	161.77	144.01	170.03	141.68	134.82	187.42
PESO AGUA (gr)	28.34	43.69	26.65	38.27	22.29	41.47
PESO TARRO (gr)	47.26	43.15	69.45	38.26	41.93	71.94
PESO MUESTRA SECA (gr)	114.51	100.86	100.58	103.42	92.89	115.48
CONTENIDO DE HUMEDAD %	24.75	43.32	26.50	37.00	24.00	35.91
AGUA ABSORBIDA %		18.57		10.51		11.91

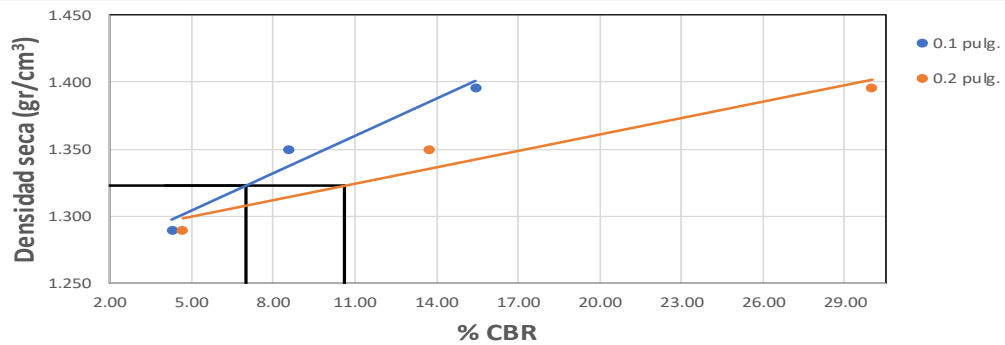
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 111. Ensayo CBR #8**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN: 3 plg <sup>2</sup>			NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple							
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.			Leída	Correg.			Leída	Correg.		
0.00	0		0.0	0.00										
0.64	25		58.4	19.47		39.2	13.08			35.5	11.83			
1.27	50		149.4	49.81		112.0	37.32			66.6	22.19			
1.91	75		308.8	102.93		187.3	62.45			100.3	33.43			
2.54	100	1000	463.3	154.43	15.44	257.0	85.66	85.6621	8.57	128.3	42.76	42.76	4.28	
3.81	150		918.0	305.99		423.4	141.13			154.5	51.50			
5.08	200	1500	1349.3	449.76	29.98	617.1	205.71	205.71	13.71	209.8	69.94	69.94	4.66	
6.35	250		1733.7	577.89		756.4	252.14			227.9	75.96			
7.62	300		2128.0	709.32		882.0	294.01			258.3	86.10			
10.16	400		2661.6	887.18		1154.5	384.82			283.0	94.33			
12.70	500		2967.7	989.23		1427.3	475.77			327.1	109.02			



MOLDE	1	2	3
CBR %	0,1 plg 15.44	8.57	4.28
	0,2 plg 29.98	13.71	4.66
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup> 1.396	1.350	1.289





Densidad Seca Máx (γd) = 1.392 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd = 1.322	7.0	10.6	10.6

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 112. Ensayo Granulométrico #9**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> Tisaleo	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m	
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m	
<b>UBICACIÓN:</b> Hermano miguel	<b>COORDENADAS:</b> 17 760371 m 9847408 m	

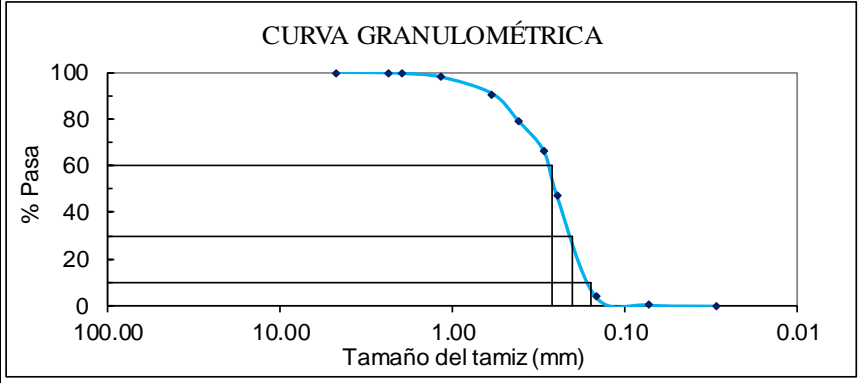
HUMEDAD IN SITU					
Muestra	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% W <sub>nat.</sub>	% W <sub>PROM.</sub>
1	27.46	74.62	69.69	11.67	11.75
2	28.18	77.84	72.59	11.82	

GRANULOMETRÍA						
TAMIZ	mm	W <sub>INICIAL</sub> (gr) =	W <sub>Retenido</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% RET.ACUM.	% PASA
		290.60				
# 4	4.76		0.20	0.20	0.07	99.93
# 8	2.38		0.80	1.00	0.34	99.66
# 10	2.00		0.80	1.80	0.62	99.38
# 16	1.19		4.20	6.00	2.06	97.94
# 30	0.595		20.60	26.60	9.15	90.85
# 40	0.420		33.40	60.00	20.65	79.35
# 50	0.297		38.20	98.20	33.79	66.21
# 60	0.250		54.80	153.00	52.65	47.35
# 100	0.149		125.40	278.40	95.80	4.20
# 200	0.074		10.60	289.00	99.45	0.55
# fuente	0.03		1.60	1.60	0.55	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**









COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 (mm)	0.160	Cu = D60 / D10	1.66
D30 (mm)	0.203	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)	0.98
D60 (mm)	0.265	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm	0.595
Clasificación	GRAVA (% G)	ARENA (% S)	FINO (% F)
SUCS	0.07	99.38	0.55
AASHTO	0.34	99.11	0.55
			SUELO
			SP
			A-2-4



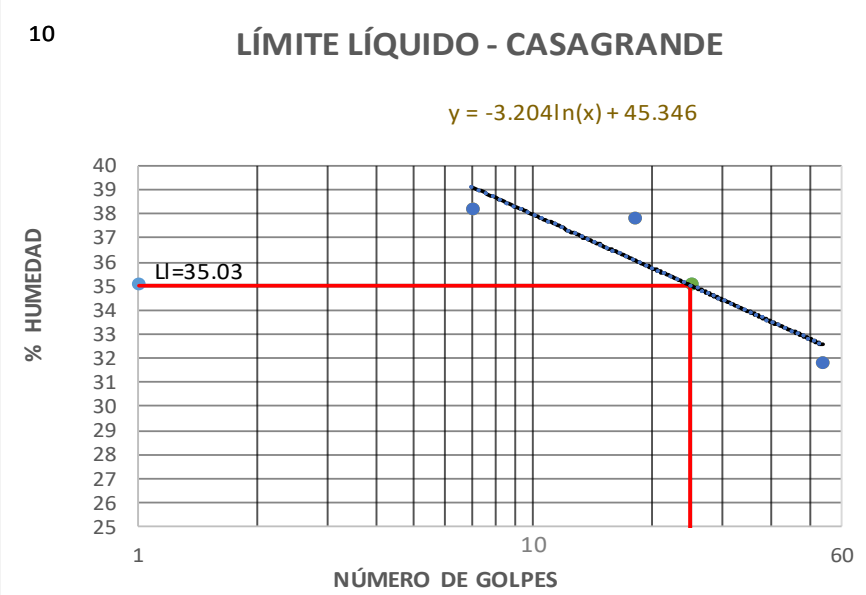
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 113. Densidad de Campo #9**

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> Tisaleo		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m			
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m			
<b>VIA:</b> Her. Miguel		<b>COORDENADAS:</b> 17 760371 m 9847408 m			
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					<b>Unidades</b>
Peso de la masa del suelo + funda (Wm+Rec)		1039.00		gr	
Peso de la funda (Rec)		4.80		gr	
Peso de la masa del suelo (Wm = Wm+Rec-Rec)		1034.20		gr	
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					<b>Unidades</b>
Peso inicial frasco + cono + arena		3665.00		gr	
Peso final frasco + cono + arena		843.00		gr	
Peso de arena en el cono		1606.20		gr	
Peso arena en la perforación		1215.80		gr	
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489		gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación (Vm)		816.52		cm <sup>3</sup>	
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					<b>Unidades</b>
Identificación del Recipiente		D3	3T	-	
Peso húmedo + recipiente Wm+rec		74.62	77.84	gr	
Peso seco + recipiente Ws+rec		69.69	72.59	gr	
Peso recipiente Rec		27.46	28.18	gr	
Peso del agua Ww		4.93	5.25	gr	
Peso de los sólidos Ws		42.23	44.41	gr	
Contenido de humedad w%		11.67	11.82	%	
Contenido de humedad promedio W%		11.75		%	
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos Vv =		22.45	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va =  Wa		17.20	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw =  Ww		5.25	cm <sup>3</sup>	5.25	gr
Vs =  Ws		16.76	cm <sup>3</sup>	44.41	gr
Vm =  Wm		39.21	cm <sup>3</sup>	49.66	gr
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					<b>Unidades</b>
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.267		gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.133		gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad w%		11.75		%	
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		1.34		natural	
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		57.26		%	
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv*100$		23.39		%	
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$		76.61		%	



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 114.** Ensayo Límite Líquido y Plástico #9

		<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN					
<b>PROYECTO:</b> SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO		<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m			
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m			
<b>VIA:</b> Her. Miguel		<b>COORDENADAS:</b> 17 760371 m 9847408 m			
LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
7	5.85	25.13	20.49	31.69	38.18
	11.30	30.80	26.10	31.76	
18	6.08	20.87	16.96	35.94	37.81
	5.52	28.34	22.27	36.24	
54	4.35	29.77	22.75	38.15	31.76
	23.86	48.58	41.75	38.18	
LÍMITE LÍQUIDO:					35.03
<b>10 LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b> $y = -3.204 \ln(x) + 45.346$					
					
LÍMITE PLÁSTICO					
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
P5	4.26	5.06	4.85	35.59	
A3	4.28	4.90	4.76	29.17	
A7	4.32	4.92	4.81	22.45	
PROMEDIO W% (LP)				29.07	
IP = LL - LP	5.96	<b>Plástico</b>			

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 115. Gravedad Específica #9**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																																		
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m																																		
<b>UBICACIÓN:</b> Hermano miguel	<b>COORDENADAS:</b> 17 760371 m 9847408 m																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>19</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>120.58</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td>73.77</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td>46.81</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td>658.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td><b>Ws+Wbw</b></td> <td>705.41</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td>686</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) -<b>Wbws</b></td> <td>19.41</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td>0.99840</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td>2.408</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	19	°C	Peso del recipiente + suelo seco	120.58	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	73.77	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	46.81	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	<b>Ws+Wbw</b>	705.41	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	19.41	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99840	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.408	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	19	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	120.58	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	73.77	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	46.81	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
<b>Ws+Wbw</b>	705.41	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	19.41	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99840	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.408	-																																	

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

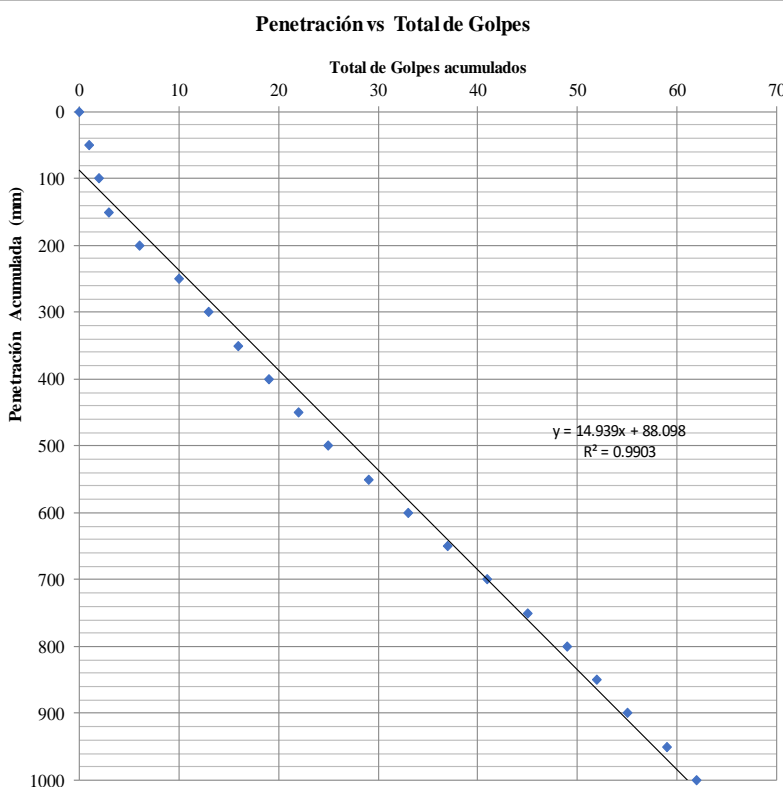


**Tabla 116. Ensayo DCP #9**

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DCP									
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno							
<b>SECTOR:</b> Hermano miguel				<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez							
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m				<b>FECHA:</b> 14-12-2020							
<b>NORMAS:</b>				<b>ASTM:</b> D-6951							
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1	2	50	50	3.65
1	100	50	50.00	1	50	3.65	2				
1	150	50	50.00	1	50	3.65	3	1	50	50	3.65
3	200	50	16.67	1	17	12.50	6	16	16	16	13.44
4	250	50	12.50	1	13	17.25	10				
3	300	50	16.67	1	17	12.50	13				
3	350	50	16.67	1	17	12.50	16				
3	400	50	16.67	1	17	12.50	19				
3	450	50	16.67	1	17	12.50	22				
3	500	50	16.67	1	17	12.50	25	6	17	17	12.50
4	550	50	12.50	1	13	17.25	29	16	13	13	17.25
4	600	50	12.50	1	13	17.25	33				
4	650	50	12.50	1	13	17.25	37				
4	700	50	12.50	1	13	17.25	41				
4	750	50	12.50	1	13	17.25	45	21	14	14	14.86
4	800	50	12.50	1	13	17.25	49				
3	850	50	16.67	1	17	12.50	52				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	55				
4	950	50	12.50	1	13	17.25	59				
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	62				



**Penetración vs Total de Golpes**



PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
14.939 mm/golpe	14.13

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 117. Ensayo Proctor Modificado #9**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> <b>PROCTOR MODIFICADO</b>										
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA <b>SECTOR:</b> QUINCHICOTO <span style="float: right;"><b>POZO:</b> 1</span> <b>UBICACIÓN:</b> Her. MIGUEL										
<b>NORMA:</b> AASHTO T - 180 <span style="float: right;"><b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez</span> <b>MÉTODO:</b> AASHTO MODIFICADO <span style="float: right;"><b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno</span>										
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO										
<b>NUMERO DE GOLPES :</b>	56	<b>NUMERO DE CAPAS :</b> 5								
<b>ALTURA DE CAÍDA :</b>	18"	<b>PESO MOLDE gr :</b> 5440								
		<b>PESO MARTILLO :</b> 10 Lb								
		<b>VOLUMEN MOLDE cc :</b> 2114								
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8636.4	8932	9253.6	9525.2	9385.8					
Peso suelo húmedo	3196.4	3492	3813.6	4085.2	3945.8					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.512	1.652	1.804	1.932	1.867					
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
Recipiente #	P-5	8-B	2-R	6-T	2-F	R-5	D-5	6-A	C-6	C-5
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	176.55	190.31	140.77	138.54	152.31	173.21	242.05	184.29	173.21	153.23
Peso seco + recipiente Ws+ rec	163	176.56	127	126	134.8	151.6	204.8	155	143.31	129.14
Peso del recipiente rec	39.57	47.26	43.32	43.38	47.29	43.18	65.49	38.13	45.01	47.09
Peso del agua Ww	13.55	13.75	13.77	12.54	17.51	21.61	37.25	29.29	29.9	24.09
Peso suelo seco Ws	123.43	129.30	83.68	82.62	87.51	108.42	139.31	116.87	98.3	82.05
Contenido humedad w %	11.0	10.6	16.5	15.2	20.0	19.9	26.7	25.1	30.4	29.4
Contenido humedad promedio w %	10.81		15.82		19.97		25.90		29.89	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.365		1.426		1.504		1.535		1.437	



  

**DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD**

$\gamma$  máximo= 1.512                      W óptimo % = 22.8

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

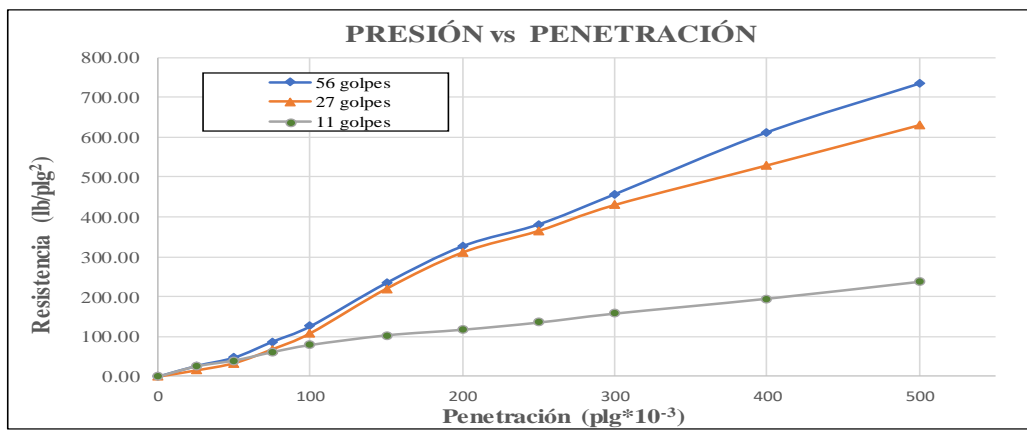
**Tabla 118. Compactación CBR #9**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b> CBR		<b>NORMA:</b> AASHTO:T-193				
<b>UBICACIÓN:</b> Her. Miguel		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez				
<b>SECTOR:</b> Quinchicoto		<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno				
ENSAYO CBR						
MOLDE #	9		8		7	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
W <sub>m</sub> +MOLDE (gr)	10208.2	10324.4	10117	10267.8	9870	10147
PESO MOLDE (gr)	6389.8	6389.8	6385.4	6385.4	6412.2	6412.2
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3818.4	3934.6	3731.6	3882.4	3457.8	3734.8
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.834	1.890	1.792	1.865	1.661	1.794
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.505	1.480	1.441	1.413	1.345	1.335
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.505		1.441		1.345	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
TARRO #	M-3	N.8	D-5	H-1	H.1	M-3
W <sub>m</sub> +TARRO (gr)	217.16	181.44	186.83	193.85	159.31	124.88
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	195.08	153.05	163.04	157.44	137.3	98.17
PESO AGUA (gr)	22.08	28.39	23.79	36.41	22.01	26.71
PESO TARRO	94.2	50.56	65.62	43.45	43.49	20.48
PESO MUESTRA SECA (gr)	100.88	102.49	97.42	113.99	93.81	77.69
CONTENIDO DE HUMEDAD %	21.89	27.70	24.42	31.94	23.46	34.38
AGUA ABSORBIDA %		5.81		7.52		10.92

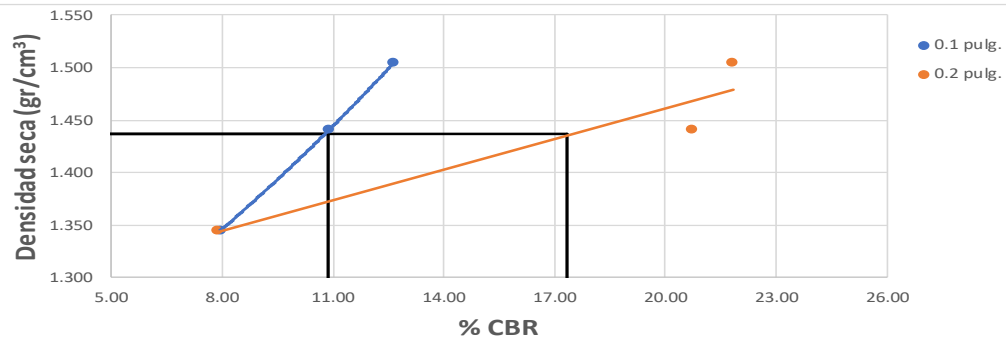
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 119. Ensayo CBR #9**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>	Leída		Correg.	Leída			Correg.	Leída			Correg.		
0.00	0		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.64	25		79.8	26.59			46.5	15.50			77.4	25.79		
1.27	50		143.7	47.90			101.8	33.94			121.7	40.55		
1.91	75		262.9	87.65			206.1	68.69			184.7	61.57		
2.54	100	1000	379.7	126.58	126.58	12.66	327.1	109.02	109.025	10.90	238.7	79.56	79.56	7.96
3.81	150		705.7	235.24			661.6	220.55			311.2	103.73		
5.08	200	1500	982.1	327.37	327.37	21.82	933.4	311.13	311.13	20.74	353.5	117.84	117.84	7.86
6.35	250		1146.5	382.17			1095.8	365.28			407.7	135.91		
7.62	300		1373.5	457.84			1290.2	430.07			475.2	158.39		
10.16	400		1839.5	613.15			1587.5	529.18			587.4	195.79		
12.70	500		2206.2	735.40			1889.3	629.76			715.0	238.33		



MOLDE		1	2	3
CBR %	0,1 plg	12.66	10.90	7.96
	0,2 plg	21.82	20.74	7.86
Densidad Seca (γ <sub>d</sub> )	gr/cm <sup>3</sup>	1.505	1.441	1.345





Densidad Seca Máx (γ<sub>d</sub>) = 1.512 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γ <sub>d</sub> =	1.436	10.9	17.4

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 120. Ensayo Granulométrico #10**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m	
<b>POZO:</b> FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.60 m	
<b>UBICACIÓN:</b> hermano miguel	<b>COORDENADAS:</b> 17 759709 m 9847317 m	

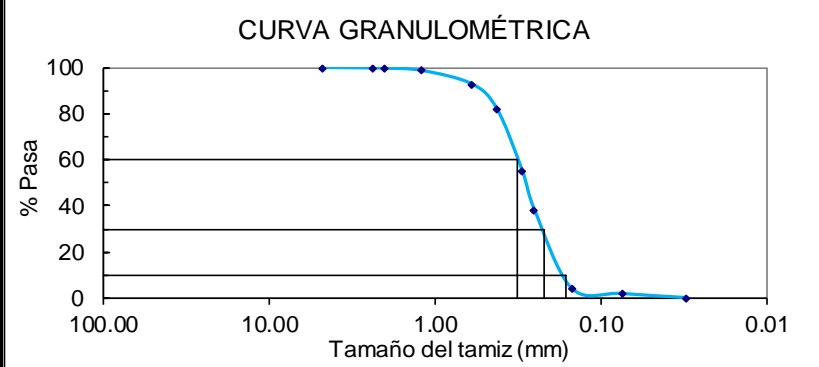
HUMEDAD IN SITU					
Muestra	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% W <sub>nat.</sub>	% W <sub>PROM.</sub>
1	43.15	181.60	155.69	23.02	22.70
2	43.31	157.90	136.95	22.37	

GRANULOMETRÍA					
TAMIZ	mm	W <sub>Retenido</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% RET.ACUM.	% PASA
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) = 198.40			
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.40	0.40	0.20	99.80
# 10	2.00	0.20	0.60	0.30	99.70
# 16	1.19	2.00	2.60	1.31	98.69
# 30	0.595	11.60	14.20	7.16	92.84
# 40	0.420	21.60	35.80	18.04	81.96
# 50	0.297	52.60	88.40	44.56	55.44
# 60	0.250	34.20	122.60	61.79	38.21
# 100	0.149	67.80	190.40	95.97	4.03
# 200	0.074	4.40	194.80	98.19	1.81
# fuente	0.03	3.60	3.60	1.81	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**




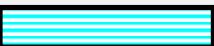




COEFICIENTES DEL SUELO			
D10 (mm)	0.163	Cu = D60 / D10	1.93
D30 (mm)	0.221	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)	0.95
D60 (mm)	0.315	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm	0.595
Clasificación	GRAVA (%G)	ARENA (%S)	FINO (%F)
SUCS	0.00	98.19	1.81
AASHTO	0.20	97.98	1.81
			SUELO
			SP
			A-2-4



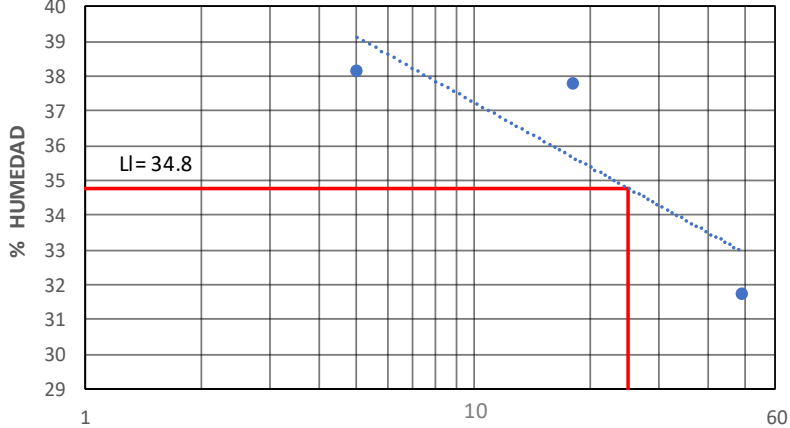
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 121. Densidad de Campo #10**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL	
					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m		
<b>POZO:</b>	FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.60 m		
<b>VIA:</b>	Her. Miguel	<b>COORDENADAS:</b>	17	759709 m	9847317 m
<b>DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO</b>					
					<b>Unidades</b>
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	788.40			gr
Peso de la funda	(Rec)	4.80			gr
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	783.60			gr
<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO</b>					
					<b>Unidades</b>
Peso inicial frasco + cono + arena		3578.20			gr
Peso final frasco + cono + arena		1075.80			gr
Peso de arena en el cono		1606.20			gr
Peso arena en la perforación		896.20			gr
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489			gr/cm <sup>3</sup>
Volumen de la perforación	(Vm)	601.88			cm <sup>3</sup>
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>					
					<b>Unidades</b>
Identificación del Recipiente		R5	H2	-	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	181.6	157.90	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	155.69	136.95	gr	
Peso recipiente	Rec	43.15	43.31	gr	
Peso del agua	Ww	25.91	20.95	gr	
Peso de los sólidos	Ws	112.54	93.64	gr	
Contenido de humedad	w%	23.02	22.37	%	
Contenido de humedad promedio	W%	22.70		%	
<b>DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO</b>					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	52.68	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va = 	Va	31.73	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw = 	Vw	20.95	cm <sup>3</sup>	20.95	gr
Vs = 	Vs	35.34	cm <sup>3</sup>	93.64	gr
Vm = 	Vm	88.02	cm <sup>3</sup>	114.59	gr
<b>DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO</b>					
					<b>Unidades</b>
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.302			gr/cm <sup>3</sup>
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.061			gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad w%		22.70			%
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		1.49			natural
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		59.85			%
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv*100$		39.77			%
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Va/Vv*100$		60.23			%



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 122.** Ensayo Límite Líquido y Plástico #10

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE					
<b>PROYECTO:</b> LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m				
<b>POZO:</b> FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.60 m				
<b>VIA:</b> Her. Miguel	<b>COORDENADAS:</b> 17 759709 m 9847317 m				
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
5	11.52	31.03	25.66	37.98	38.18
	11.28	31.83	26.13	38.38	
18	11.46	26.79	22.63	37.24	37.81
	11.28	31.83	26.13	38.38	
49	11.26	29.03	24.74	31.82	31.76
	11.60	31.00	26.33	31.70	
LÍMITE LÍQUIDO:				34.78	
<b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b>					
			$y = -2.696 \ln(x) + 43.461$		
% HUMEDAD					
	LI = 34.8				
	NÚMERO DE GOLPES				
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
# 7	4.34	5.12	4.91	36.84	
# 12	4.36	5.44	5.16	35.00	
# 76	4.27	4.82	4.67	37.50	
PROMEDIO W % (LP)				36.45	
IP = LL - LP	-1.66	<b>No Plástico</b>			

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 123. Gravedad Específica #10**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> QUINCHICOTO	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m																																		
<b>POZO:</b> FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.60 m																																		
<b>UBICACIÓN:</b> Hermano miguel	<b>COORDENADAS:</b> 17 759709 m 9847317 m																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>153.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td>107.8</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td>45.8</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td>658.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Ws+Wbw</td> <td>704.4</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td>686.2</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td>18.2</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td>0.99820</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td>2.512</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	20	°C	Peso del recipiente + suelo seco	153.6	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	107.8	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	45.8	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	Ws+Wbw	704.4	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686.2	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	18.2	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.512	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	20	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	153.6	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	107.8	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	45.8	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
Ws+Wbw	704.4	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686.2	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	18.2	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.512	-																																	

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 124. Ensayo DCP #10**

Cantidad de golpes <sup>A</sup>		Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)		Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)		Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)		Factor de mazo <sup>E</sup>		Indice DCP <sup>F</sup>		CBR % <sup>G</sup>		Análisis por capas de suelo	
														Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0				
1	50	50	50	50.00	1	50	3.65	1	50	3.65	1	2	50	50	3.65
1	100	50	50.00	1	50	3.65	2								
2	150	50	25.00	1	25	7.94	4					2	25	25	7.94
2	200	50	25.00	1	25	7.94	6								
3	250	50	16.67	1	17	12.50	9								
2	300	50	25.00	1	25	7.94	11								
1	350	50	50.00	1	50	3.65	12								
1	400	50	50.00	1	50	3.65	13								
1	450	50	50.00	1	50	3.65	14								
2	500	50	25.00	1	25	7.94	16					3	33	33	5.75
2	550	50	25.00	1	25	7.94	18								
2	600	50	25.00	1	25	7.94	20								
3	650	50	16.67	1	17	12.50	23								
3	700	50	16.67	1	17	12.50	26								
3	750	50	16.67	1	17	12.50	29								
4	800	50	12.50	1	13	17.25	33								
5	850	50	10.00	1	10	22.15	38								
3	900	50	16.67	1	17	12.50	41								
4	950	50	12.50	1	13	17.25	45								
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	48								



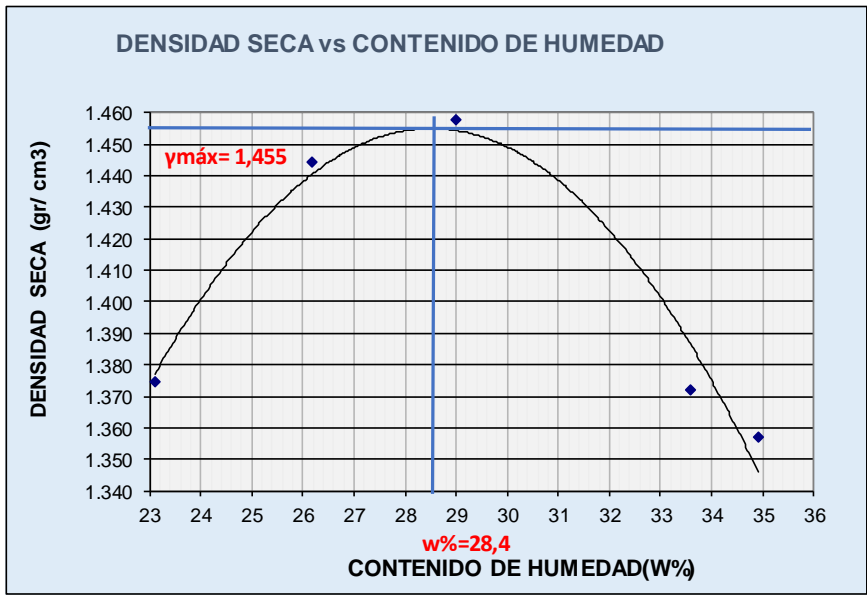
  

**Penetración vs Total de Golpes**

PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
20.578 mm/golpe	9.87



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Tabla 125. Ensayo Proctor Modificado #10

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> PROCTOR MODIFICADO										
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
SECTOR: QUINCHICOTO		POZO: 1								
UBICACIÓN: Her. MIGUEL 2										
NORMA: AASHTO T - 180		REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez								
MÉTODO: AASHTO MODIFICADO		ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO										
NÚMERO DE GOLPES :	56	NÚMERO DE CAPAS :	5							
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	5440							
		PESO MARTILLO :	10 Lb							
		VOLUMEN MOLDE cc :	2114							
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	9016.8	9292.6	9414.8	9313.6	9310.2					
Peso suelo húmedo	3576.8	3852.6	3974.8	3873.6	3870.2					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.692	1.822	1.880	1.832	1.831					
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
Recipiente #	4-A	R-5	F-5	D-1	H-1	F-4	M-1	M-2	4-A	C-5
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	136.31	199.92	216.06	207.88	180.62	221.48	251.72	283.63	180.32	167.23
Peso seco + recipiente Ws+ rec	119	171.4	182.8	173.6	150.8	182.4	211.4	237.8	145.31	136.14
Peso del recipiente rec	46.8	43.09	53.74	44.75	43.46	52.92	93.75	98.39	45.01	47.09
Peso del agua Ww	17.31	28.52	33.26	34.28	29.82	39.08	40.32	45.83	35.01	31.09
Peso suelo seco Ws	72.20	128.31	129.06	128.85	107.34	129.48	117.65	139.41	100.3	89.05
Contenido humedad w %	24.0	22.2	25.8	26.6	27.8	30.2	34.3	32.9	34.9	34.9
Contenido humedad promedio w %	23.10		26.19		28.98		33.57		34.91	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.374		1.444		1.458		1.372		1.357	
										
$\gamma_{\text{máximo}} = 1.455$										
$W_{\text{óptimo}} \% = 28.4$										

Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes

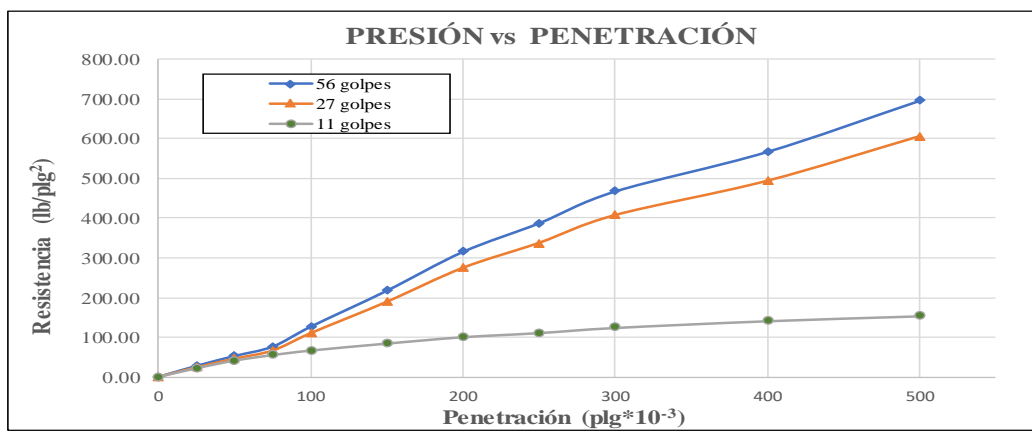
**Tabla 126. Compactación CBR #10**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>		<b>NORMA:</b>	<b>AASHTO:T-193</b>		
<b>UBICACIÓN:</b>	Herm. Miguel 2		<b>REVISADO POR:</b>	Ing. Lorena Pérez		
<b>SECTOR:</b>	Quinchicoto		<b>ENSAYADO POR:</b>	Sr. Daniel Barreno		
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	9		8		7	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	10282.2	10268.2	10097.2	10220.6	10032.2	10367.2
PESO MOLDE (gr)	6389.8	6389.8	6385.4	6385.4	6412.2	6412.2
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	3892.4	3878.4	3711.8	3835.2	3620	3955
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2082	2082	2082	2082	2082	2082
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.870	1.863	1.783	1.842	1.739	1.900
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.464	1.339	1.396	1.357	1.358	1.420
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1.464		1.396		1.358	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	M-3	M-1	M-3	M-2	W-3	4-A
Wm +TARRO (gr)	153.96	226.93	232.76	251.39	192.79	184.65
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	130.62	189.48	189.76	211.12	162.29	149.85
PESO AGUA (gr)	23.34	37.45	43	40.27	30.5	34.8
PESO TARRO	46.24	93.63	34.32	98.37	53.6	46.84
PESO MUESTRA SECA (gr)	84.38	95.85	155.44	112.75	108.69	103.01
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27.66	39.07	27.66	35.72	28.06	33.78
AGUA ABSORBIDA %		11.41		8.05		5.72

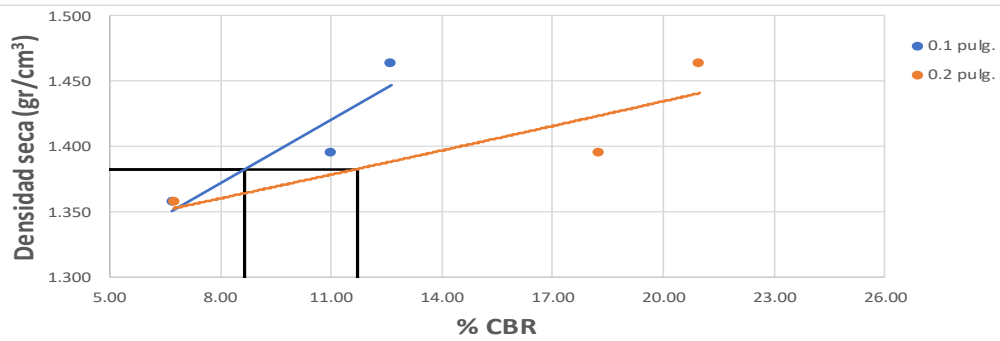
**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 127 Ensayo CBR #10**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.		Leída	Correg.			Leída	Correg.			
0.00	0		0.0	0.00		0.0	0.00			0.0	0.00			
0.64	25		83.1	27.70		72.3	24.10			65.9	21.97			
1.27	50		157.7	52.55		137.1	45.70			124.5	41.51			
1.91	75		228.3	76.11		198.6	66.19			166.4	55.47			
2.54	100	1000	378.6	126.22	126.22	12.62	329.3	109.76	109.759	10.98	201.0	67.00	67.00	6.70
3.81	150		650.2	216.73		565.5	188.52			254.3	84.78			
5.08	200	1500	943.3	314.44	314.44	20.96	821.2	273.74	273.74	18.25	303.1	101.02	101.02	6.73
6.35	250		1159.3	386.43		1009.2	336.40			334.6	111.52			
7.62	300		1399.5	466.51		1218.6	406.20			373.8	124.60			
10.16	400		1698.4	566.13		1476.9	492.30			425.4	141.79			
12.70	500		2083.7	694.55		1811.9	603.97			463.1	154.35			



MOLDE	1	2	3	
CBR %	0,1 plg	12.62	10.98	6.70
	0,2 plg	20.96	18.25	6.73
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1.464	1.396	1.358





Densidad Seca Máx (γd) = 1.455 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd =	1.382	8.7	11.7

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

**Tabla 128.** Ensayo Granulométrico #11

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m	
<b>POZO:</b> INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m	
<b>COORDENADAS:</b> 17		760344 m 9845927 m

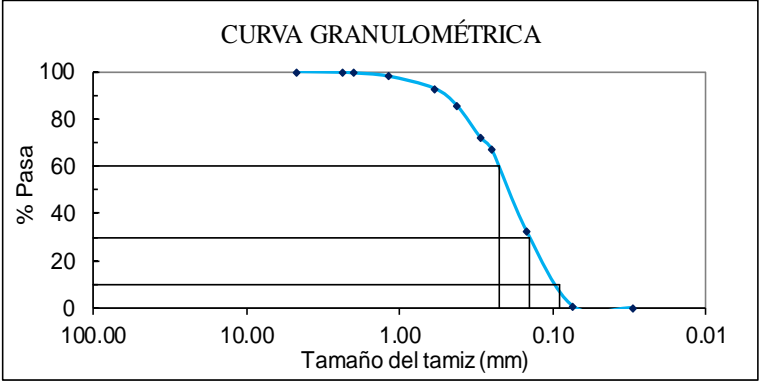
HUMEDAD IN SITU					
Muestra	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% W <sub>nat.</sub>	% W <sub>PROM.</sub>
1	38.29	189.40	170.80	14.04	
2	32.18	90.95	83.10	15.42	14.73

GRANULOMETRÍA					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) = 224.92			
TAMIZ	mm	W <sub>Retenido</sub> (gr)	W <sub>RET.ACUM.</sub>	% RET.ACUM.	% PASA
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	0.73	0.73	0.32	99.68
# 10	2.00	0.59	1.32	0.59	99.41
# 16	1.19	2.99	4.31	1.92	98.08
# 30	0.595	11.56	15.87	7.06	92.94
# 40	0.420	17.01	32.88	14.62	85.38
# 50	0.297	30.12	63.00	28.01	71.99
# 60	0.250	11.44	74.44	33.10	66.90
# 100	0.149	77.14	151.58	67.39	32.61
# 200	0.074	71.80	223.38	99.32	0.68
# fuente	0.03	1.54	1.54	0.68	

**CURVA GRANULOMÉTRICA**








COEFICIENTES DEL SUELO				
D10 (mm)	0.091	Cu = D60 / D10	2.48	
D30 (mm)	0.141	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)	0.97	
D60 (mm)	0.225	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm	0.595	
Clasificación	GRAVA (% G)	ARENA (% S)	FINO (% F)	SUELO
SUCS	0.00	99.32	0.68	SP
AASHTO	0.32	98.99	0.68	A-2-4



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 129** Densidad de Campo #11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.20 m			
<b>POZO:</b>	INICIAL	<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.50 m			
	<b>COORDENADAS:</b>	17 760344 m	9845927 m			
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO			Unidades			
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)	866.40	gr			
Peso de la funda	(Rec)	4.80	gr			
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)	861.60	gr			
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO			Unidades			
Peso inicial frasco + cono + arena		3680.60	gr			
Peso final frasco + cono + arena		1116.60	gr			
Peso de arena en el cono		1606.20	gr			
Peso arena en la perforación		957.80	gr			
Densidad de la Arena de Ottawa		1.489	gr/cm <sup>3</sup>			
Volumen de la perforación	(Vm)	643.25	cm <sup>3</sup>			
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD			Unidades			
Identificación del Recipiente		8B # 11	-			
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	90.95 83.42	gr			
Peso seco + recipiente	Ws+rec	83.01 75.78	gr			
Peso recipiente	Rec	32.18 26.90	gr			
Peso del agua	Ww	7.94 7.64	gr			
Peso de los sólidos	Ws	50.83 48.88	gr			
Contenido de humedad	w%	15.62 15.63	%			
Contenido de humedad promedio	W%	15.63	%			
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO						
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades	
Volumen de vacíos	Vv =	23.75	cm <sup>3</sup>	-	gr	
Va =		Wa =	16.11	cm <sup>3</sup>	0.00	gr
Vw =		Ww =	7.64	cm <sup>3</sup>	7.64	gr
Vs =		Ws =	18.45	cm <sup>3</sup>	48.88	gr
Vm =		Wm =	42.20	cm <sup>3</sup>	56.52	gr
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO			Unidades			
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)		1.339	gr/cm <sup>3</sup>			
Densidad seca ( $\gamma_d$ )		1.158	gr/cm <sup>3</sup>			
Contenido de humedad w%		15.63	%			
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$		1.29	natural			
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$		56.29	%			
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Vw/Vv*100$		32.17	%			
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$		67.83	%			

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

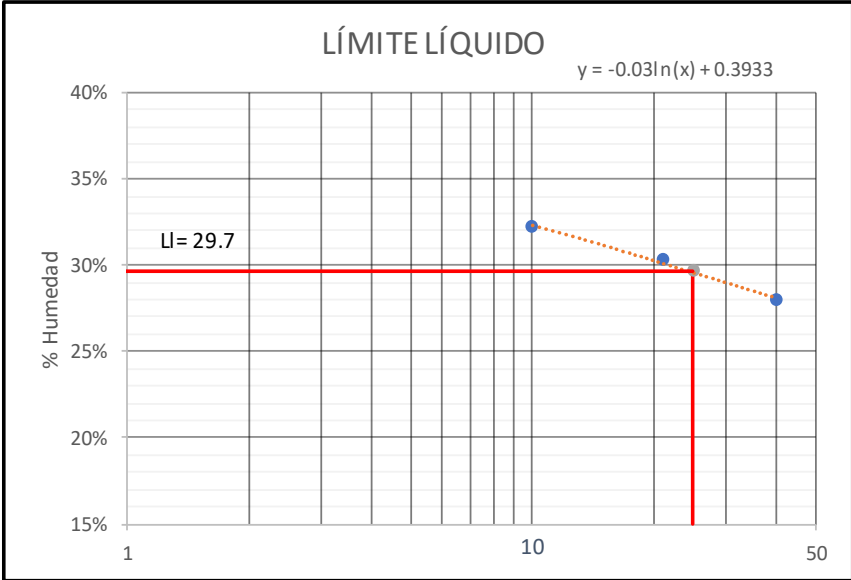
**Tabla 130.** Ensayo Límite Líquido y Plástico #11

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE		
<b>PROYECTO:</b> LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA		
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO	SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m
<b>POZO:</b> INICIAL		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m
		<b>COORDENADAS:</b> 17 760344 m 9845927 m

LÍMITE LÍQUIDO					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
40	11.60	41.49	34.90	28.28%	28%
	11.55	35.82	30.55	27.74%	
21	11.44	36.38	30.62	30.03%	30%
	11.28	28.83	24.72	30.58%	
10	5.89	29.57	23.85	31.85%	32%
	5.51	35.23	27.92	32.62%	
LÍMITE LÍQUIDO:				29.7%	29.67



LÍMITE LÍQUIDO	
	$y = -0.03\ln(x) + 0.3933$

LÍMITE PLÁSTICO				
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w
A8	4.30	5.45	5.17	32%
A4	4.34	5.73	5.40	31%
D3	4.36	5.26	5.05	30%
PROMEDIO W% (LP)				31.25
IP = LL - LP	-1.58	<b>No Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 131. Gravedad Específica #11**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																							
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																								
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO SANTA MARIANITA <b>CAPA VEGETAL:</b> 0.20 m																								
<b>POZO:</b> INICIAL <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.50 m																								
<b>COORDENADAS:</b> 17      760344 m      9845927 m																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th style="text-align: center;">Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Temperatura del agua + suelo</td> <td style="text-align: center;">22 °C</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente + suelo seco</td> <td style="text-align: center;">125.76 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td style="text-align: center;">77.1 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td style="text-align: center;">48.66 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td style="text-align: center;">658.6 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Ws+Wbw</b></td> <td style="text-align: center;">707.26 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td style="text-align: center;">686 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>) - <b>Wbws</b></td> <td style="text-align: center;">21.26 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td style="text-align: center;">0.99780 gr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td style="text-align: center;">2.284 -</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA	Unidades	Temperatura del agua + suelo	22 °C	Peso del recipiente + suelo seco	125.76 gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	77.1 gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.66 gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6 gr	<b>Ws+Wbw</b>	707.26 gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686 gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.26 gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780 gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.284 -
GRAVEDAD ESPECÍFICA	Unidades																							
Temperatura del agua + suelo	22 °C																							
Peso del recipiente + suelo seco	125.76 gr																							
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	77.1 gr																							
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	48.66 gr																							
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6 gr																							
<b>Ws+Wbw</b>	707.26 gr																							
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	686 gr																							
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> ) - <b>Wbws</b>	21.26 gr																							
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99780 gr																							
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.284 -																							

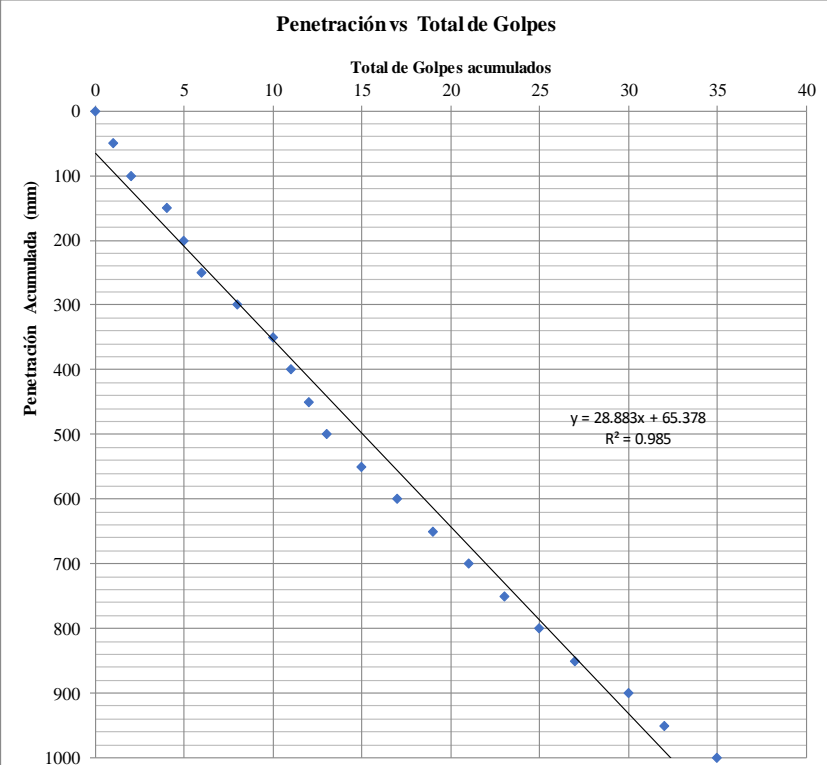
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 132. Ensayo DCP #11**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DCP					
											
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR <b>SECTOR:</b> Santa Marianita <b>PROFUNDIDAD:</b> 1m <b>NORMAS:</b>				<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno <b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez <b>FECHA:</b> 04-12-2020							
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Factor de mazo <sup>E</sup>	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Análisis por capas de suelo			
								Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Índice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0	2	50	50	3.65
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1				
1	100	50	50.00	1	50	3.65	2	2	25	25	7.94
2	150	50	25.00	1	25	7.94	4				
1	200	50	50.00	1	50	3.65	5	7	36	36	5.32
1	250	50	50.00	1	50	3.65	6				
2	300	50	25.00	1	25	7.94	8				
2	350	50	25.00	1	25	7.94	10				
1	400	50	50.00	1	50	3.65	11				
1	450	50	50.00	1	50	3.65	12	2	50	50	3.65
1	500	50	50.00	1	50	3.65	13				
2	550	50	25.00	1	25	7.94	15	8	25	25	7.94
2	600	50	25.00	1	25	7.94	17				
2	650	50	25.00	1	25	7.94	19				
2	700	50	25.00	1	25	7.94	21				
2	750	50	25.00	1	25	7.94	23				
2	800	50	25.00	1	25	7.94	25	14	21	21	9.43
2	850	50	25.00	1	25	7.94	27				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	30				
2	950	50	25.00	1	25	7.94	32				
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	35				



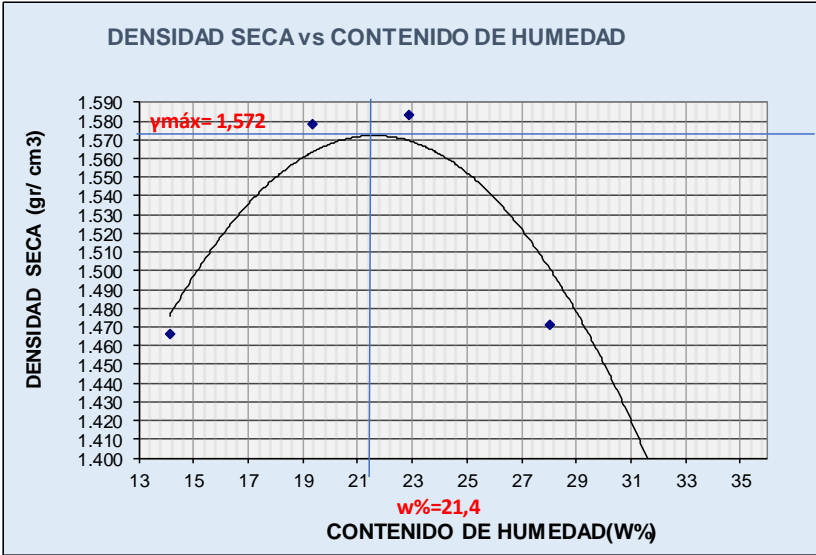
  



PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
28.883 mm/golpe	6.75



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

Tabla 133. Ensayo Proctor Modificado #11

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> PROCTOR MODIFICADO										
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
SECTOR: QUINCHICOTO		POZO: 1								
UBICACIÓN: SANTA MARIANITA										
NORMA: AASHTO T - 180		REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez								
MÉTODO: AASHTO MODIFICADO		ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno								
ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO										
NUMERO DE GOLPES :	56	NÚMERO DE CAPAS :	5							
ALTURA DE CAÍDA :	18"	PESO MOLDE gr :	5440							
		PESO MARTILLO :	10 Lb							
		VOLUMEN MOLDE cc :	2114							
1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8977.2	9421.6	9551.4	9422.6	9177					
Peso suelo húmedo	3537.2	3981.6	4111.4	3982.6	3737					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.673	1.883	1.945	1.884	1.768					
2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD										
Recipiente #	6-A	R-4	c-5	D-8	2-R	P-4	4-A	C-6	D-5	H-2
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	189.4	199.86	135.72	149.38	137.91	210.31	196.2	202.5	220.21	198.31
Peso seco + recipiente Ws+ rec	170.8	180.38	121.34	132.56	120.43	180.23	163.33	167.44	174.31	160.4
Peso del recipiente rec	38.29	43.21	46.01	46.75	43.71	49	46.81	41.83	41.93	46.54
Peso del agua Ww	18.6	19.48	14.38	16.82	17.48	30.08	32.87	35.06	45.9	37.91
Peso suelo seco Ws	132.51	137.17	75.33	85.81	76.72	131.23	116.52	125.61	132.38	113.86
Contenido humedad w %	14.0	14.2	19.1	19.6	22.8	22.9	28.2	27.9	34.7	33.3
Contenido humedad promedio w %	14.12		19.35		22.85		28.06		33.98	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.466		1.578		1.583		1.471		1.319	
DENSIDAD SECA vs CONTENIDO DE HUMEDAD										
 <p>The graph plots Dry Density (gr/cm<sup>3</sup>) on the y-axis (ranging from 1.400 to 1.590) against Moisture Content (W%) on the x-axis (ranging from 13 to 35). A parabolic curve is drawn through five data points. The peak of the curve is marked with a horizontal line at <math>\gamma_{m\acute{a}x} = 1.572</math> and a vertical line at <math>w\% = 21.4</math>.</p>										
$\gamma$ máximo= 1.572			W óptimo % =				21.4			

Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes

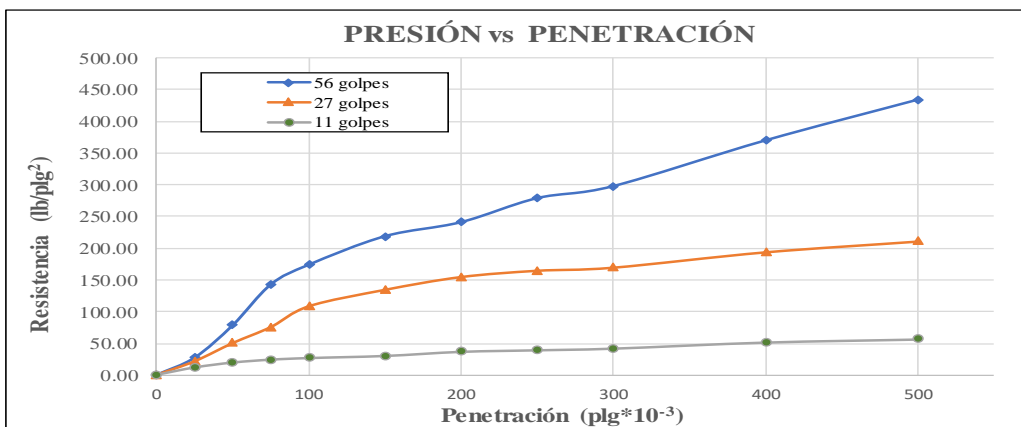
**Tabla 134.** Compactación CBR #11

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA						
<b>TIPO:</b> CBR		<b>NORMA:</b> AASHTO:T-193				
<b>UBICACIÓN:</b> SANTA MARIANITA		<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez				
<b>SECTOR:</b> Quinchicoto		<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Barreno				
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9970.8	10370.4	9789.2	10245	9586.2	10167.4
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4106.3	4505.9	3823.7	4279.5	3811.2	4392.4
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.785	1.958	1.662	1.860	1.656	1.909
DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	1.530	1.507	1.472	1.391	1.368	1.431
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm <sup>3</sup> )	1.518		1.431		1.400	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	D-3	R-5	P-1	P-5	4-A	C-9
Wm +TARRO (gr)	181.58	185.01	122.13	189.92	207.16	229.51
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	159.56	153.51	110.74	152.03	179.27	182.9
PESO AGUA (gr)	22.02	31.5	11.39	37.89	27.89	46.61
PESO TARRO	27.43	48.43	22.3	39.69	46.77	43.31
PESO MUESTRA SECA (gr)	132.13	105.08	88.44	112.34	132.5	139.59
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16.67	29.98	12.88	33.73	21.05	33.39
AGUA ABSORBIDA %		13.31		20.85		12.34

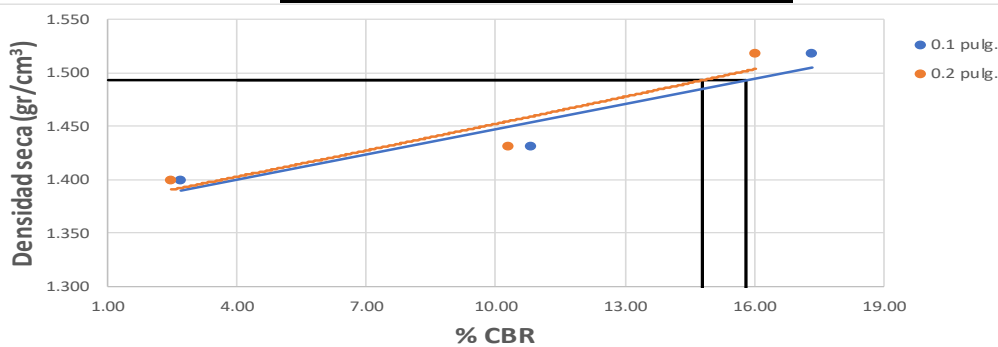
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 135. Ensayo CBR #11**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
mm	plg *10 <sup>-3</sup>		Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
			Leída	Correg.		Leída	Correg.			Leída	Correg.			
0.00	0		0.0	0.00		0.0	0.00			0.0	0.00			
0.64	25		81.5	27.18		64.4	21.45			35.5	11.83			
1.27	50		234.7	78.24		150.5	50.18			59.1	19.69			
1.91	75		426.7	142.23		226.1	75.38			73.0	24.32			
2.54	100	1000	520.1	173.38	173.38	17.34	324.6	108.22	108.216	10.82	80.7	26.89	26.89	2.69
3.81	150		654.6	218.20			402.5	134.15			90.8	30.27		
5.08	200	1500	721.1	240.38	240.38	16.03	463.1	154.36	154.36	10.29	110.6	36.88	36.88	2.46
6.35	250		834.4	278.14			492.8	164.27			118.1	39.38		
7.62	300		891.1	297.03			507.4	169.12			126.1	42.02		
10.16	400		1107.1	369.02			580.1	193.36			155.4	51.79		
12.70	500		1299.3	433.09			631.0	210.34			170.1	56.72		



MOLDE	1	2	3	
0,1 plg	17.34	10.82	2.69	
0,2 plg	16.03	10.29	2.46	
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup>	1,518	1,431	1,400





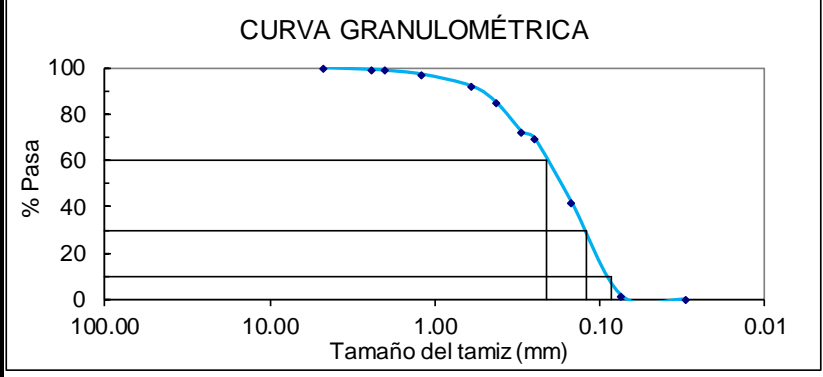
Densidad Seca Máx (γd) = 1.572 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd = 1.493	14.8	15.8	15.8

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 136** Ensayo Granulométrico #12

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA					
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO    SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m				
<b>POZO:</b> FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m				
<b>COORDENADAS:</b> 17    760088 m    9845561 m					
<b>HUMEDAD IN SITU</b>					
<b>Muestra</b>	<b>W<sub>REC.</sub> (gr)</b>	<b>W<sub>HÚM.</sub> (gr)</b>	<b>W<sub>SECO</sub> (gr)</b>	<b>% W<sub>nat.</sub></b>	<b>% W<sub>PROM.</sub></b>
1	30.32	75.72	68.83	17.89	17.67
2	23.51	63.61	57.65	17.46	
<b>GRANULOMETRÍA</b>					
		W <sub>INICIAL</sub> (gr) =	191.60		
<b>TAMIZ</b>	<b>mm</b>	<b>W<sub>Retenido</sub> (gr)</b>	<b>W<sub>RET.ACUM.</sub></b>	<b>% RET.ACUM.</b>	<b>% PASA</b>
# 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.38	1.48	1.48	0.77	99.23
# 10	2.00	0.67	2.15	1.12	98.88
# 16	1.19	3.30	5.45	2.84	97.16
# 30	0.595	9.91	15.36	8.02	91.98
# 40	0.420	14.17	29.53	15.41	84.59
# 50	0.297	23.64	53.17	27.75	72.25
# 60	0.250	5.13	58.30	30.43	69.57
# 100	0.149	53.24	111.54	58.22	41.78
# 200	0.074	77.30	188.84	98.56	1.44
# fuente	0.03	2.76	2.76	1.44	
<b>CURVA GRANULOMÉTRICA</b>					
					
<b>COEFICIENTES DEL SUELO</b>					
D10 (mm)	0.086	Cu = D60 / D10			2.45
D30 (mm)	0.120	Cc = D30 <sup>2</sup> / (D60 * D10)			0.79
D60 (mm)	0.211	Tamaño Nominal Máximo (TNM) mm			0.595
<b>Clasificación</b>	<b>GRAVA (%G)</b>	<b>ARENA (%S)</b>	<b>FINO (%F)</b>	<b>SUELO</b>	
<b>SUCS</b>	0.00	98.56	1.44	SP	
<b>AASHTO</b>	0.77	97.79	1.44	A-2-4	



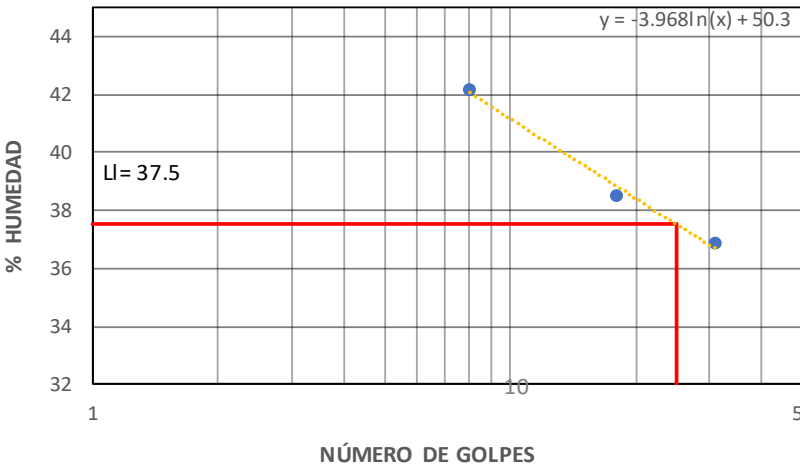
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 137. Densidad de Campo y Arena #12**

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL					
<b>PROYECTO:</b>	CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA				
<b>PARROQUIA:</b>	TISALEO	SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b>	0.05 m	
<b>POZO:</b>	FINAL		<b>PROFUNDIDAD:</b>	0.70 m	
			<b>COORDENADAS:</b>	17	760088 m 9845561 m
DETERMINACIÓN DEL PESO DEL SUELO EXTRAÍDO					Unidades
Peso de la masa del suelo + funda	(Wm+Rec)		771.80	gr	
Peso de la funda	(Rec)		4.80	gr	
Peso de la masa del suelo	(Wm = Wm+Rec-Rec)		767.00	gr	
DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE LA PERFORACIÓN EN EL SUELO					Unidades
Peso inicial frasco + cono + arena			3713.40	gr	
Peso final frasco + cono + arena			1318.60	gr	
Peso de arena en el cono			1606.20	gr	
Peso arena en la perforación			788.60	gr	
Densidad de la Arena de Ottawa			1.489	gr/cm <sup>3</sup>	
Volumen de la perforación	(Vm)		529.62	cm <sup>3</sup>	
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD					Unidades
Identificación del Recipiente		# 4	1T	-	
Peso húmedo + recipiente	Wm+rec	63.61	75.72	gr	
Peso seco + recipiente	Ws+rec	57.65	68.83	gr	
Peso recipiente	Rec	23.51	30.32	gr	
Peso del agua	Ww	5.96	6.89	gr	
Peso de los sólidos	Ws	34.14	38.51	gr	
Contenido de humedad	w%	17.46	17.89	%	
Contenido de humedad promedio	W%	17.67		%	
DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
		Volumenes	Unidades	Pesos	Unidades
Volumen de vacíos	Vv =	16.82	cm <sup>3</sup>	-	gr
Va =		Wa =	9.93	cm <sup>3</sup>	0.00
Vw =		Ww =	6.89	cm <sup>3</sup>	6.89
Vs =		Ws =	14.53	cm <sup>3</sup>	38.51
Vm =		Wm =	31.35	cm <sup>3</sup>	45.40
DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICE DEL SUELO					Unidades
Peso Volumétrico del suelo ( $\gamma_m$ ) (densidad húmeda)			1.448	gr/cm <sup>3</sup>	
Densidad seca ( $\gamma_d$ )			1.231	gr/cm <sup>3</sup>	
Contenido de humedad w%			17.67	%	
Relación de vacíos $e = Vv/Vs$			1.16	natural	
Porosidad $n\% = Vv/Vm*100$			53.64	%	
Grado de Saturación de agua $Gw\% = Ww/Vv*100$			40.97	%	
Grado de Saturación de aire $Ga\% = Wa/Vv*100$			59.03	%	



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 138.** Ensayo Límite Líquido y Plástico #12

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>				
<p><b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</p>					
<p><b>PARROQUIA:</b> TISALEO SANTA MARIANITA</p>	<p><b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m</p>				
<p><b>POZO:</b> FINAL</p>	<p><b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m</p>				
		<p><b>COORDENADAS:</b> 17 760088 m 9845561 m</p>			
<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>					
# GOLPES	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	% W <sub>PROM</sub>
31	11.55	36.13	29.57	36.40	36.87
	11.50	36.26	29.53	37.33	
18	11.36	36.35	29.46	38.07	38.51
	11.50	31.94	26.21	38.95	
8	11.44	37.43	29.60	43.12	42.18
	11.59	34.88	28.08	41.24	
<b>LÍMITE LÍQUIDO:</b>				37.53	
<b>LÍMITE LÍQUIDO - CASAGRANDE</b>					
					
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>					
Identificación	W <sub>REC.</sub> (gr)	W <sub>HÚM.</sub> (gr)	W <sub>SECO</sub> (gr)	% w	
A2	4.35	5.37	5.04	47.83	
A5	4.39	5.51	5.14	49.33	
D3	4.29	5.18	4.90	45.90	
PROMEDIO W% (LP)				47.69	
IP = LL - LP		-10.16	<b>No Plástico</b>		

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 139. Gravedad Específica #12**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b>																																		
<b>PROYECTO:</b> CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA																																			
<b>PARROQUIA:</b> TISALEO    SANTA MARIANITA	<b>CAPA VEGETAL:</b> 0.05 m																																		
<b>POZO:</b> FINAL	<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.70 m																																		
<b>COORDENADAS:</b> 17    760088 m    9845561 m																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRAVEDAD ESPECÍFICA</th> <th>Unidades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura del agua + suelo</td> <td>20</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente + suelo seco</td> <td>120</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente (<b>Wrec</b>)</td> <td>72.35</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (<b>Ws</b>)</td> <td>47.65</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua (<b>Wbw</b>)</td> <td>658.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td><math>W_s+W_{bw}</math></td> <td>706.25</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Peso picnómetro+agua+suelo (<b>Wbws</b>)</td> <td>684.6</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Deslizamiento del agua (<b>Ws+Wbw</b>)-<b>Wbws</b></td> <td>21.65</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Factor de correlación por temperatura (<b>K</b>)</td> <td>0.99820</td> <td>gr</td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (<b>Gs</b>)</td> <td>2.197</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>			GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades	Temperatura del agua + suelo	20	°C	Peso del recipiente + suelo seco	120	gr	Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	72.35	gr	Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	47.65	gr	Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr	$W_s+W_{bw}$	706.25	gr	Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	684.6	gr	Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> )- <b>Wbws</b>	21.65	gr	Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr	Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.197	-
GRAVEDAD ESPECÍFICA		Unidades																																	
Temperatura del agua + suelo	20	°C																																	
Peso del recipiente + suelo seco	120	gr																																	
Peso del recipiente ( <b>Wrec</b> )	72.35	gr																																	
Peso del suelo seco ( <b>Ws</b> )	47.65	gr																																	
Peso picnómetro+agua ( <b>Wbw</b> )	658.6	gr																																	
$W_s+W_{bw}$	706.25	gr																																	
Peso picnómetro+agua+suelo ( <b>Wbws</b> )	684.6	gr																																	
Deslizamiento del agua ( <b>Ws+Wbw</b> )- <b>Wbws</b>	21.65	gr																																	
Factor de correlación por temperatura ( <b>K</b> )	0.99820	gr																																	
Gravedad específica ( <b>Gs</b> )	2.197	-																																	

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Tabla 140. Ensayo DCP #12**



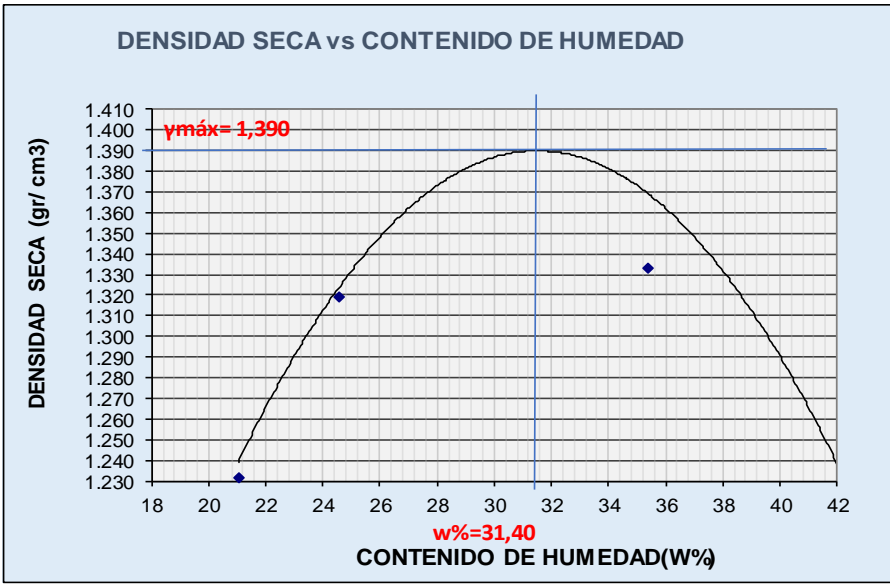
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DCP					
<b>PROYECTO:</b> Estudio de la Correlación entre el ensayo DCP y CBR				<b>ENSAYADO POR:</b> Sr. Daniel Brreno							
<b>SECTOR:</b> Santa Marianita				<b>REVISADO POR:</b> Ing. Lorena Pérez							
<b>PROFUNDIDAD:</b> 1m				<b>FECHA:</b> 04-12-2020							
<b>NORMAS:</b>				<b>ASTM:</b> D-6951							
								Análisis por capas de suelo			
Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración Acumulada <sup>B</sup> (mm)	Penetración entre lecturas <sup>C</sup> (mm)	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Fator de mazo <sup>E</sup>	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>	Golpes Acumulados <sup>A</sup>	Cantidad de golpes <sup>A</sup>	Penetración por golpe <sup>D</sup> (mm/golpe)	Indice DCP <sup>F</sup>	CBR % <sup>G</sup>
0	0	0	0	0	0	0.00	0	3	33	33	5.75
1	50	50	50.00	1	50	3.65	1				
2	100	50	25.00	1	25	7.94	3				
2	150	50	25.00	1	25	7.94	5	2	25	25	7.94
3	200	50	16.67	1	17	12.50	8				
2	250	50	25.00	1	25	7.94	10	11	23	23	8.83
2	300	50	25.00	1	25	7.94	12				
2	350	50	25.00	1	25	7.94	14				
2	400	50	25.00	1	25	7.94	16				
2	450	50	25.00	1	25	7.94	18				
2	500	50	25.00	1	25	7.94	20	4	25	25	7.94
2	550	50	25.00	1	25	7.94	22				
2	600	50	25.00	1	25	7.94	24				
2	650	50	25.00	1	25	7.94	26	9	22	22	9.06
3	700	50	16.67	1	17	12.50	29				
3	750	50	16.67	1	17	12.50	32				
4	800	50	12.50	1	13	17.25	36	18	17	17	12.50
2	850	50	25.00	1	25	7.94	38				
3	900	50	16.67	1	17	12.50	41				
3	950	50	16.67	1	17	12.50	44				
3	1000	50	16.67	1	17	12.50	47				

PENDIENTE ( Índice DCP)	CBR "in situ"
21.287 mm/golpe	9.50



**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 141. Ensayo Proctor Modificado 12**

	<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO DE COMPACTACION</b> <b>PROCTOR MODIFICADO</b>									
PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES INDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA										
<b>SECTOR: QUINCHICOTO</b>		<b>POZO: 2</b>								
<b>UBICACIÓN: SANTA MARIANITA</b>										
<b>NORMA: AASHTO T - 180</b>		<b>REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez</b>								
<b>MÉTODO: AASHTO MODIFICADO</b>		<b>ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno</b>								
<b>ESPECIFICACIONES DEL ENSAYO</b>										
<b>NUMERO DE GOLPES :</b> 56	<b>NÚMERO DE CAPAS :</b> 5	<b>PESO MARTILLO :</b> 10 Lb								
<b>ALTURA DE CAÍDA :</b> 18"	<b>PESO MOLDE gr :</b> 5440	<b>VOLUMEN MOLDE cc :</b> 2114								
<b>1.- PROCESO DE COMPACTACIÓN DE LABORATORIO</b>										
Muestra	1	2	3	4	5					
Humedad inicial añadida en %	0	5%	10%	15%	20%					
Humedad inicial añadida en (cc)	0	100	200	300	400					
P molde + suelo húmedo (gr)	8589.8	8913.8	9292.2	9255	9177					
Peso suelo húmedo	3149.8	3473.8	3852.2	3815	3737					
Densidad Húmeda en gr/cm3	1.490	1.643	1.822	1.805	1.768					
<b>2.- DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Recipiente #	C-8	D-1	P-5	W-1	C-8	N-1	D-5	H-2	C-7	D-7
Peso húmedo + recipiente Wm+ rec	159.05	158.06	152.55	201.10	177.72	183.88	206.71	158.81	233.44	211.12
Peso seco + recipiente Ws+ rec	136.06	141.36	130.49	171.76	147.63	152.63	169.81	128.63	176.33	162.42
Peso del recipiente rec	43.25	44.8	39.72	53.6	42.75	43.57	65.62	43.27	41.93	46.54
Peso del agua Ww	22.99	16.7	22.06	29.34	30.09	31.25	36.9	30.18	57.11	48.7
Peso suelo seco Ws	92.81	96.56	90.77	118.16	104.88	109.06	104.19	85.36	134.4	115.88
Contenido humedad w %	24.8	17.3	24.3	24.8	28.7	28.7	35.4	35.4	42.5	42.0
Contenido humedad promedio w %	21.03		24.57		28.67		35.39		42.26	
Densidad Seca $\gamma_d$	1.231		1.319		1.416		1.333		1.243	
										
$\gamma$ máximo= 1.390			W óptimo % = 31.4							

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**

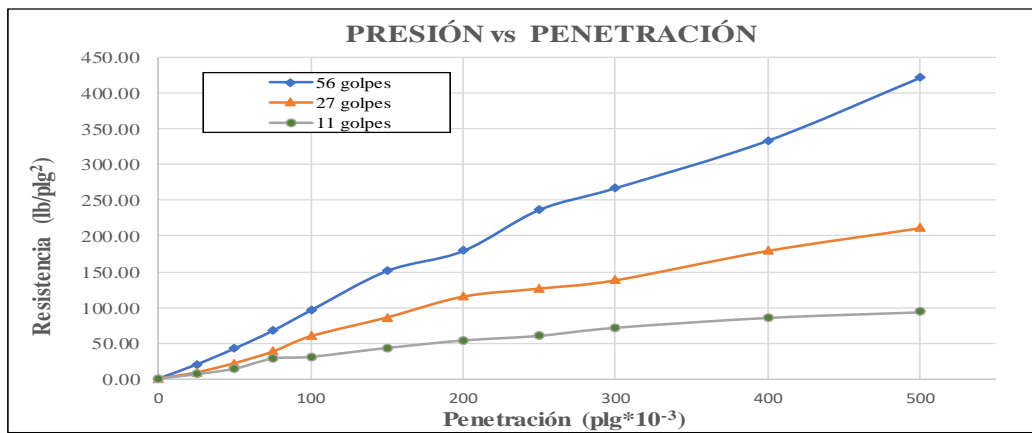
**Tabla 142. Compactación CBR #12**

 <b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ENSAYO CBR</b> 						
<b>PROYECTO: CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELO DE LAS PARROQUIAS TISALEO Y QUINCHICOTO CANTÓN TISALEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA</b>						
<b>TIPO:</b>	<b>CBR</b>	<b>NORMA:</b>			<b>AASHTO:T-193</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	SANTA MARIANITA 2	<b>REVISADO POR:</b>			Ing. Lorena Pérez	
<b>SECTOR:</b>	Quinchicoto	<b>ENSAYADO POR:</b>			Sr. Daniel Barreno	
<b>ENSAYO CBR</b>						
MOLDE #	15		18		44	
# DE CAPAS	5		5		5	
# DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUES DEL REMOJO
Wm+MOLDE (gr)	9871.8	10015	9270.6	9484.4	9021	9384.6
PESO MOLDE (gr)	5864.5	5864.5	5965.5	5965.5	5775	5775
PESO MUESTRA HUMEDA (gr)	4007.3	4150.5	3305.1	3518.9	3246	3609.6
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm3)	2301	2301	2301	2301	2301	2301
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1.742	1.804	1.436	1.529	1.411	1.569
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.384	1.336	1.299	1.301	1.251	1.116
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1.360		1.300		1.184	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
TARRO #	1-T	M-1	P-1	D-1	4-A	C-9
Wm +TARRO (gr)	131.06	285.75	162.77	189.46	199.76	159.38
PESO MUESTRA SECA+TARRO (gr)	110.35	235.96	151.37	168.51	182.74	125.92
PESO AGUA (gr)	20.71	49.79	11.4	20.95	17.02	33.46
PESO TARRO (gr)	30.3	93.77	43.44	49.2	49.02	43.41
PESO MUESTRA SECA (gr)	80.05	142.19	107.93	119.31	133.72	82.51
CONTENIDO DE HUMEDAD %	25.87	35.02	10.56	17.56	12.73	40.55
AGUA ABSORBIDA %		9.15		7.00		27.82

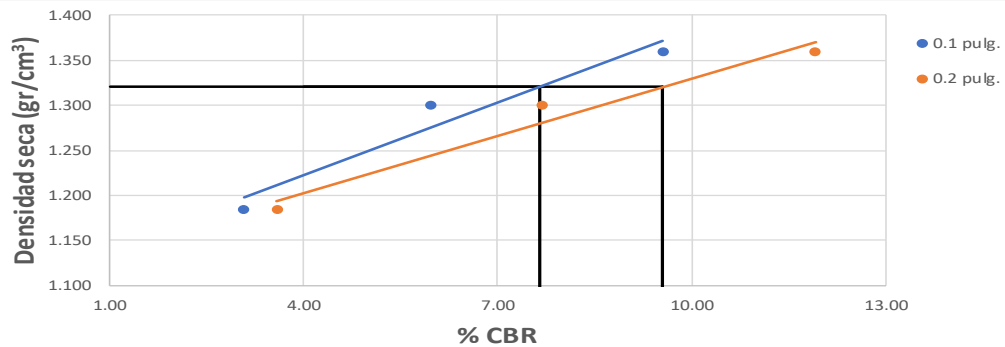
**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 143. Ensayo CBR #12**

CARGA DE PENETRACIÓN														
ÁREA DE PISTÓN:			3 plg <sup>2</sup>		NORMA: ASTM D-1883				Máquina de Compresión Simple					
PENETRACIÓN		Q Estándar (lb/plg <sup>2</sup> )	MOLDE N° 1 (56 Golpes)				MOLDE N° 2 (27 Golpes)				MOLDE N° 3 (11 golpes)			
			Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %	Q Carga	Presiones		CBR %
mm	plg * 10 <sup>-3</sup>	Leída		Correg.	Leída			Correg.	Leída			Correg.	Leída	
0.00	0		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.64	25		59.5	19.84			26.2	8.74			18.7	6.24		
1.27	50		127.0	42.32			65.5	21.82			41.9	13.96		
1.91	75		201.2	67.08			113.9	37.98			85.1	28.36		
2.54	100	1000	286.7	95.58	95.58	9.56	178.7	59.58	59.5815	5.96	92.1	30.71	30.71	3.07
3.81	150		452.3	150.75			257.9	85.96			129.6	43.20		
5.08	200	1500	536.0	178.67	178.67	11.91	345.6	115.20	115.20	7.68	161.3	53.78	53.78	3.59
6.35	250		708.8	236.27			379.5	126.51			181.2	60.39		
7.62	300		800.5	266.83			414.4	138.12			215.1	71.70		
10.16	400		999.5	333.17			538.2	179.41			257.0	85.66		
12.70	500		1263.8	421.26			633.9	211.29			280.8	93.60		



MOLDE	1	2	3
CBR %	0,1 plg 9.56	5.96	3.07
	0,2 plg 11.91	7.68	3.59
Densidad Seca (γd)	gr/cm <sup>3</sup> 1.360	1.300	1.184



Densidad Seca Máx (γd) = 1.39 gr/cm<sup>3</sup>

Densidad seca máx	% CBR-0,1plg	% CBR-0,2plg	% CBR Mayor
95% γd = 1.321	7.7	9.6	9.6

ENSAYADO POR: Sr. Daniel Barreno	REVISADO POR: Ing. Lorena Pérez
-------------------------------------	------------------------------------

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

## B. Conteo vehicular

**Tabla 144:** Conteo Vehicular TPDA Domingo

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A	ΣPesados		
6H00-6H15	4	1	1	0	0	1	6	
6H15-6H30	2	0	0	0	0	0	2	
6H30-6H45	3	0	1	0	0	1	4	
6H45-7H00	3	0	0	0	0	0	3	15
7H00-7H15	2	1	0	0	0	0	3	12
7H15-7H30	1	0	0	0	0	0	1	11
7H30-7H45	1	0	2	0	0	2	3	10
7H45-8H00	1	1	1	0	0	1	3	10
8H00-8H15	2	1	0	0	0	0	3	10
8H15-8H30	3	0	0	0	0	0	3	12
8H30-8H45	2	1	2	0	0	2	5	14
8H45-9H00	3	0	0	0	0	0	3	14
9H00-9H15	2	0	0	0	0	0	2	13
9H15-9H30	2	0	1	0	0	1	3	13
9H30-9H45	1	0	0	0	0	0	1	9
9H45-10H00	2	0	0	1	0	1	3	9
10H00-10H15	2	0	1	0	0	1	3	10
10H15-10H30	2	0	0	0	0	0	2	9
10H30-10H45	2	1	1	1	1	3	6	14
10H45-11H00	1	0	0	0	0	0	1	12
11H00-11H15	3	1	0	0	0	0	4	13
11H15-11H30	1	0	0	0	0	0	1	12
11H30-11H45	0	1	0	0	0	0	1	7
11H45-12H00	2	0	1	0	0	1	3	9
12H00-12H15	2	0	0	0	0	0	2	7
12H15-12H30	2	1	0	0	0	0	3	9
12H30-12H45	1	0	1	0	0	1	2	10
12H45-13H00	3	0	0	0	0	0	3	10
13H00-13H15	1	0	0	0	0	0	1	9
13H15-13H30	3	0	0	0	0	0	3	9
13H30-13H45	2	1	0	0	0	0	3	10
13H45-14H00	1	0	0	0	0	0	1	8
14H00-14H15	1	0	0	0	0	0	1	8
14H15-14H30	2	0	0	0	0	0	2	7
14H30-14H45	3	0	0	0	0	0	3	7
14H45-15H00	1	1	0	0	0	0	2	8
15H00-15H15	3	0	0	0	0	0	3	10
15H15-15H30	1	0	0	0	0	0	1	9
15H30-15H45	4	1	0	0	0	0	5	11
15H45-16H00	1	0	0	0	0	0	1	10
16H00-16H15	1	0	0	0	0	0	1	8
16H15-16H30	1	0	0	0	0	0	1	8
16H30-16H45	1	0	2	0	0	2	3	6
16H45-17H00	3	0	0	0	0	0	3	8
17H00-17H15	1	0	0	0	0	0	1	8
17H15-17H30	3	1	2	0	0	2	6	13
17H30-17H45	3	0	0	0	0	0	3	13
17H45-18H00	2	0	0	0	0	0	2	12

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 145:** Conteo Vehicular TPDA Lunes

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A	∑Pesados		
6H00-6H15	3	1	1	0	0	1	5	
6H15-6H30	2	0	0	0	0	0	2	
6H30-6H45	2	0	0	0	0	0	2	
6H45-7H00	2	0	0	0	0	0	2	11
7H00-7H15	2	1	0	0	0	0	3	9
7H15-7H30	1	0	0	0	0	0	1	8
7H30-7H45	1	0	1	0	0	1	2	8
7H45-8H00	1	1	1	0	0	1	3	9
8H00-8H15	2	1	0	0	0	0	3	9
8H15-8H30	2	0	0	0	0	0	2	10
8H30-8H45	2	1	2	0	0	2	5	13
8H45-9H00	3	0	0	0	0	0	3	13
9H00-9H15	1	0	0	0	0	0	1	11
9H15-9H30	2	0	1	0	0	1	3	12
9H30-9H45	1	0	0	0	0	0	1	8
9H45-10H00	2	0	0	1	0	1	3	8
10H00-10H15	2	0	1	0	0	1	3	10
10H15-10H30	2	0	0	0	0	0	2	9
10H30-10H45	2	1	1	1	1	3	6	14
10H45-11H00	1	0	0	0	0	0	1	12
11H00-11H15	3	1	0	0	0	0	4	13
11H15-11H30	1	0	0	0	0	0	1	12
11H30-11H45	0	1	0	0	0	0	1	7
11H45-12H00	2	0	1	0	0	1	3	9
12H00-12H15	2	0	0	0	0	0	2	7
12H15-12H30	2	1	0	0	0	0	3	9
12H30-12H45	1	0	1	0	0	1	2	10
12H45-13H00	3	0	0	0	0	0	3	10
13H00-13H15	1	0	0	0	0	0	1	9
13H15-13H30	3	0	0	0	0	0	3	9
13H30-13H45	2	1	0	0	0	0	3	10
13H45-14H00	1	0	0	0	0	0	1	8
14H00-14H15	1	0	0	0	0	0	1	8
14H15-14H30	2	0	0	0	0	0	2	7
14H30-14H45	3	0	0	0	0	0	3	7
14H45-15H00	1	1	0	0	0	0	2	8
15H00-15H15	3	1	0	0	0	0	4	11
15H15-15H30	1	0	0	0	0	0	1	10
15H30-15H45	4	1	0	0	0	0	5	12
15H45-16H00	1	0	1	0	0	1	2	12
16H00-16H15	1	0	0	0	0	0	1	9
16H15-16H30	1	0	0	0	0	0	1	9
16H30-16H45	1	0	2	0	0	2	3	7
16H45-17H00	3	0	0	0	0	0	3	8
17H00-17H15	1	0	0	0	0	0	1	8
17H15-17H30	3	1	2	0	0	2	6	13
17H30-17H45	3	0	0	0	0	0	3	13
17H45-18H00	2	0	0	0	0	0	2	12

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 146:** Conteo Vehicular TPDA Martes

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A	∑Pesados		
6H00-6H15	2	1	0	0	0	0	3	
6H15-6H30	3	0	0	0	0	0	3	
6H30-6H45	2	0	1	0	0	1	3	
6H45-7H00	2	0	0	0	0	0	2	11
7H00-7H15	2	1	0	0	0	0	3	11
7H15-7H30	1	0	0	0	0	0	1	9
7H30-7H45	1	0	1	0	0	1	2	8
7H45-8H00	1	1	1	0	0	1	3	9
8H00-8H15	2	1	0	0	0	0	3	9
8H15-8H30	3	0	0	0	0	0	3	11
8H30-8H45	1	1	2	0	0	2	4	13
8H45-9H00	3	0	0	0	0	0	3	13
9H00-9H15	2	0	0	0	0	0	2	12
9H15-9H30	2	0	1	0	0	1	3	12
9H30-9H45	1	0	0	0	0	0	1	9
9H45-10H00	2	0	0	1	0	1	3	9
10H00-10H15	2	0	1	0	0	1	3	10
10H15-10H30	2	0	0	0	0	0	2	9
10H30-10H45	2	1	1	1	1	3	6	14
10H45-11H00	1	0	0	0	0	0	1	12
11H00-11H15	3	1	0	0	0	0	4	13
11H15-11H30	1	0	0	0	0	0	1	12
11H30-11H45	1	1	0	0	0	0	2	8
11H45-12H00	2	0	0	0	0	0	2	9
12H00-12H15	2	0	0	0	0	0	2	7
12H15-12H30	2	1	0	0	0	0	3	9
12H30-12H45	1	0	1	0	0	1	2	9
12H45-13H00	3	0	0	0	0	0	3	10
13H00-13H15	1	0	0	0	0	0	1	9
13H15-13H30	2	0	0	0	0	0	2	8
13H30-13H45	2	1	0	0	0	0	3	9
13H45-14H00	1	0	0	0	0	0	1	7
14H00-14H15	1	0	0	0	0	0	1	7
14H15-14H30	2	0	0	0	0	0	2	7
14H30-14H45	3	0	0	0	0	0	3	7
14H45-15H00	1	1	0	0	0	0	2	8
15H00-15H15	3	0	0	0	0	0	3	10
15H15-15H30	1	0	0	0	0	0	1	9
15H30-15H45	3	1	0	0	0	0	4	10
15H45-16H00	1	0	0	0	0	0	1	9
16H00-16H15	1	0	1	0	0	1	2	8
16H15-16H30	1	0	0	0	0	0	1	8
16H30-16H45	1	0	1	0	0	1	2	6
16H45-17H00	3	0	0	0	0	0	3	8
17H00-17H15	1	0	0	0	0	0	1	7
17H15-17H30	3	1	1	0	0	1	5	11
17H30-17H45	3	0	0	0	0	0	3	12
17H45-18H00	2	0	1	0	0	1	3	12

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

**Tabla 147: Conteo Vehicular TPDA Miércoles**

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A	ΣPesados		
6H00-6H15	2	1	0	0	0	0	3	
6H15-6H30	3	0	0	0	0	0	3	
6H30-6H45	2	0	1	0	0	1	3	
6H45-7H00	1	0	0	0	0	0	1	10
7H00-7H15	2	1	0	0	0	0	3	10
7H15-7H30	1	0	0	0	0	0	1	8
7H30-7H45	1	0	1	0	0	1	2	7
7H45-8H00	1	1	1	0	0	1	3	9
8H00-8H15	2	1	0	0	0	0	3	9
8H15-8H30	2	0	0	0	0	0	2	10
8H30-8H45	1	1	2	0	0	2	4	12
8H45-9H00	3	0	0	0	0	0	3	12
9H00-9H15	3	0	0	0	0	0	3	12
9H15-9H30	1	0	1	0	0	1	2	12
9H30-9H45	1	0	0	0	0	0	1	9
9H45-10H00	2	0	0	0	0	0	2	8
10H00-10H15	2	0	1	0	0	1	3	8
10H15-10H30	2	0	0	0	0	0	2	8
10H30-10H45	2	1	1	1	1	3	6	13
10H45-11H00	1	0	0	0	0	0	1	12
11H00-11H15	3	1	0	0	0	0	4	13
11H15-11H30	1	0	0	0	0	0	1	12
11H30-11H45	1	1	0	0	0	0	2	8
11H45-12H00	2	0	0	0	0	0	2	9
12H00-12H15	2	0	0	0	0	0	2	7
12H15-12H30	1	1	0	0	0	0	2	8
12H30-12H45	1	0	1	0	0	1	2	8
12H45-13H00	3	0	0	0	0	0	3	9
13H00-13H15	1	0	0	0	0	0	1	8
13H15-13H30	2	0	0	0	0	0	2	8
13H30-13H45	2	1	0	0	0	0	3	9
13H45-14H00	1	0	0	0	0	0	1	7
14H00-14H15	1	0	0	0	0	0	1	7
14H15-14H30	2	0	0	0	0	0	2	7
14H30-14H45	3	0	0	0	0	0	3	7
14H45-15H00	1	1	0	0	0	0	2	8
15H00-15H15	3	0	0	0	0	0	3	10
15H15-15H30	1	0	0	0	0	0	1	9
15H30-15H45	3	1	0	0	0	0	4	10
15H45-16H00	1	0	0	0	0	0	1	9
16H00-16H15	1	0	1	0	0	1	2	8
16H15-16H30	1	0	0	0	0	0	1	8
16H30-16H45	1	0	1	0	0	1	2	6
16H45-17H00	3	0	1	0	0	1	4	9
17H00-17H15	1	0	0	0	0	0	1	8
17H15-17H30	3	1	1	0	0	1	5	12
17H30-17H45	3	0	0	0	0	0	3	13
17H45-18H00	2	0	0	0	0	0	2	11

**Autor: Daniel Roberto Barreno Gavilanes**



**Tabla 148:** Conteo Vehicular TPDA Jueves

HORA	LIVIANOS	BUSES	PESADOS				TOTAL	ACUMULADO POR HORA
			2DA	2DB	3A	ΣPesados		
6H00-6H15	2	1	1	0	0	1	4	
6H15-6H30	3	0	1	0	0	1	4	
6H30-6H45	2	0	1	0	0	1	3	
6H45-7H00	1	0	0	0	0	0	1	12
7H00-7H15	2	1	0	0	0	0	3	11
7H15-7H30	1	0	0	0	0	0	1	8
7H30-7H45	1	0	1	0	0	1	2	7
7H45-8H00	1	1	1	0	0	1	3	9
8H00-8H15	2	1	0	0	0	0	3	9
8H15-8H30	2	0	0	0	0	0	2	10
8H30-8H45	1	1	2	0	0	2	4	12
8H45-9H00	3	0	0	0	0	0	3	12
9H00-9H15	3	0	0	0	0	0	3	12
9H15-9H30	1	0	1	0	0	1	2	12
9H30-9H45	1	0	1	0	0	1	2	10
9H45-10H00	2	0	0	0	0	0	2	9
10H00-10H15	2	0	1	0	0	1	3	9
10H15-10H30	2	0	0	0	0	0	2	9
10H30-10H45	2	1	1	1	1	3	6	13
10H45-11H00	1	0	0	0	0	0	1	12
11H00-11H15	3	1	0	0	0	0	4	13
11H15-11H30	1	0	0	0	0	0	1	12
11H30-11H45	1	1	0	0	0	0	2	8
11H45-12H00	2	0	0	0	0	0	2	9
12H00-12H15	2	0	1	0	0	1	3	8
12H15-12H30	1	1	0	0	0	0	2	9
12H30-12H45	1	0	1	0	0	1	2	9
12H45-13H00	3	0	0	0	0	0	3	10
13H00-13H15	1	0	0	0	0	0	1	8
13H15-13H30	2	0	0	0	0	0	2	8
13H30-13H45	2	1	0	0	0	0	3	9
13H45-14H00	1	0	0	0	0	0	1	7
14H00-14H15	1	0	1	0	0	1	2	8
14H15-14H30	2	0	0	0	0	0	2	8
14H30-14H45	3	0	0	0	0	0	3	8
14H45-15H00	1	1	0	0	0	0	2	9
15H00-15H15	3	0	1	0	0	1	4	11
15H15-15H30	1	0	0	0	0	0	1	10
15H30-15H45	3	1	0	0	0	0	4	11
15H45-16H00	1	0	0	0	0	0	1	10
16H00-16H15	1	0	1	0	0	1	2	8
16H15-16H30	1	0	0	0	0	0	1	8
16H30-16H45	1	0	1	0	0	1	2	6
16H45-17H00	3	0	1	0	0	1	4	9
17H00-17H15	1	0	0	0	0	0	1	8
17H15-17H30	3	1	1	0	0	1	5	12
17H30-17H45	3	0	1	0	0	1	4	14
17H45-18H00	2	0	0	0	0	0	2	12

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes

### C.Archivo Fotográfico



**Figura 52.** Ubicación de la calicata

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 53.** Excavación Pozo a cielo abierto

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 54.** Ejecución Ensayo DCP

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 55.** Ejecución Ensayo densidad de Campo

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 56.** Ejecución Ensayo Límite Líquido

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes



**Figura 57.** Ejecución Ensayo Proctor Modificado

**Autor:** Daniel Roberto Barreno Gavilanes