



**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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE
Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA
PROVINCIA DE COTOPAXI”.**

AUTOR: Paúl Fernando Jiménez Sisa

TUTOR: Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

AMBATO – ECUADOR

Septiembre – 2022

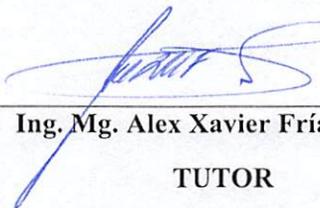
CERTIFICACIÓN

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 Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, elaborado por el Sr. Paúl Fernando Jiménez Sisa, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0504348012, 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.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, septiembre 2022



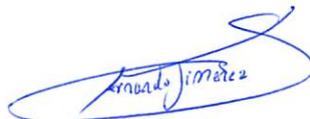
Ing. Mg. Alex Xavier Frías Torres

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Paúl Fernando Jiménez Sisa, con C.I. 0504348012, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental con el tema **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**, 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, septiembre 2022



Paúl Fernando Jiménez Sisa

C.I. 0504348012

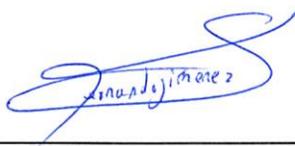
AUTOR

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, septiembre 2022



Paúl Fernando Jiménez Sisa

C.I. 0504348012

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Paúl Fernando Jiménez Sisa de la Carrera de Ingeniería Civil, bajo el tema: **“CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN LOS SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”**.

Ambato, septiembre 2022

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Ruth Lorena Pérez Maldonado
MIEMBRO CALIFICADOR

.....
Ing. Mg. Fajio Paúl Portilla Yandún
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Con mucho amor dedico este trabajo a mi madre Cumandá, a mis hermanas Gabriela y Mikaela quienes son las personas que nunca han perdido la confianza en mí. Quienes fueron mi motivación y apoyo de cada día, inculcándome el respeto y empatía hacia las demás personas.

PAÚL JIMÉNEZ

AGRADECIMIENTO

A Dios, que me ha brindado la fortaleza necesaria para continuar por este camino maravilloso, su infinito amor y protección en momentos difíciles.

A mi madre Cumandá, por su apoyo y sacrificio diario para brindarme lo mejor, preocupándose de que nunca me falte nada.

A mi hermana Gabriela, por su cariño y exigencia para ser mejor cada día y cumplir esta meta tan anhelada.

A mi hermana Mikaela, por ser la motivación e inspiración a lograr la meta que me propuse contando con su ayuda.

A mi Padre Segundo, por su amor y apoyo incondicional en toda mi vida estudiantil.

A mi Tío Edgar, por ser un ejemplo de respeto, bondad, cariño, agradecimiento y responsabilidad. Siendo una inspiración en mi vida.

A mi Tía Carmen y mi prima Verónica, por ser un apoyo incondicional, demostrando el verdadero significado de la palabra familia.

A mis amigos que siempre han estado en las buenas y malas para brindarme su ayuda, una palabra de aliento o un consejo.

A aquellos profesores que me brindaron sus conocimientos y sobre todo su amistad, para ellos mi aprecio más profundo.

PAÚL JIMÉNEZ

Índice

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Justificación.....	3
1.1.3 Fundamentación Teórica	4
1.1.3.1 Definición y Origen de los Suelos.....	4
1.1.3.1.1 Tipos de suelos.....	5
1.1.3.2.1. Suelos Granulares	5
1.1.3.2.2. Suelos Finos.....	5
1.1.3.1.2 Propiedades Indicé del suelo.....	6
1.1.3.1.2.1 Contenido de Humedad (W%).....	6
1.1.3.1.2.2 Relación de Vacíos (e)	6
1.1.3.1.2.3 Porosidad (η %).....	7
1.1.3.1.2.4 Grado de Saturación del Agua (G_w %)	8
1.1.3.1.2.5 Grado de Saturación del Aire (G_a %)	8
1.1.3.1.2.6 Límites de Atterberg	8
1.1.3.1.2.7 Gravedad Especifica (Gs)	11
1.1.3.1.2.8 Densidad de Campo	12
1.1.3.1.2.9 Clasificación de los suelos	13
1.1.3.1.2.10 Granulometría	18
1.1.3.1.3 Propiedades Mecánicas.....	22
1.1.3.1.3.1 Compactación.....	22
1.1.3.1.3.2 Energía de Compactación	22

1.1.3.1.3.3	Contenido de Humedad.....	23
1.1.3.1.3.4	Próctor Estándar (AASHTO T-99)	23
1.1.3.1.3.5	Próctor Modificado (AASHTO T-180).....	24
1.1.3.1.3.6	Relación de Soporte California (CBR)	27
1.1.3.1.3.7	Cono Dinámico de Penetración (DCP)	29
1.1.3.1.3.8	Correlación DCP y CBR	33
1.1.3.1.4	Pavimentos.....	36
1.1.3.1.4.1	Pavimentos Flexibles	37
1.1.3.1.4.2	Pavimentos Rígidos.....	38
1.1.3.1.4.3	Base	39
1.1.3.1.4.4	Sub Base.....	40
1.1.3.1.5	Diseño Estructural del Pavimento Flexible	41
1.1.3.1.5.1	Análisis del Transito	41
1.1.3.1.5.2	Diseño de la estructura de pavimento método AASHTO 1993	43
1.2	Hipótesis.....	49
1.2.1	Hipótesis Nula	49
1.2.2	Hipótesis Alternativa	49
1.3	Objetivos	50
1.3.1	Objetivo General	50
1.3.2	Objetivos Específicos	50
CAPÍTULO II		51
METODOLOGÍA		51
2	Ddd.....	51
2.1	Niveles de Investigación	51
2.1.1	Investigación Aplicada	51
2.1.2	Investigación Exploratoria.....	51
2.1.3	Investigación Experimental	51
2.1.4	Investigación Explicativa	51
2.2	Población y Muestra.....	52
2.2.1	Población	52
2.2.2	Muestra	53
2.3	Ubicación de los Pozos del Proyecto	54
2.4	Equipos y Materiales.....	55
2.5	Métodos.....	56

2.5.1	Plan de recolección de datos.....	56
2.5.2	Ensayos de Campo y Laboratorio.....	57
2.6	Plan de proceso y análisis de datos	60
2.6.1	Metodología de Correlación	60
2.6.1.1	Correlación Lineal Múltiple	60
2.6.1.2	Correlación Múltiple – Logarítmica.....	61
2.6.1.3	Correlación Múltiple – Potencial.....	62
2.6.1.4	Correlación Múltiple Exponencial	63
2.6.2	Diseño pavimento flexible.....	64
CAPÍTULO III.....		65
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		65
3	A.....	65
3.1	Análisis y discusión de los resultados.....	65
3.1.1	Propiedades Índice.....	66
3.1.1.1	Gravedad Especifica.....	66
3.1.1.2	Densidad de Campo.....	66
3.1.1.3	Límites de Atterberg.....	67
3.1.1.4	Granulometría.....	68
3.1.1.5	Clasificación de Suelos.....	69
3.1.2	PROPIEDADES MECÁNICAS	71
3.1.2.1	Compactación Próctor Modificado “B”	71
3.1.2.2	DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono).....	71
3.1.2.3	CBR (California Bearing Ratio).....	72
3.1.3	Correlaciones.....	73
3.1.4	Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO – 93	93
3.2	Verificación de hipótesis.....	113
3.2.1	Hipótesis Nula	113
3.2.2	Hipótesis Alternativa.....	113
4	113
Capitulo IV.....		114
Conclusiones y Recomendaciones		114
4.1	Conclusiones.	114
4.2	Recomendaciones.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....		117

ANEXOS.....	120
-------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores típicos de Gravedad Específica de varios suelos.....	12
Tabla 2: Rangos Característicos de Densidad Seca in-situ	13
Tabla 3: Clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S. UC.S.).....	15
Tabla 4: Sistema de Clasificación AASHTO.....	17
Tabla 5: Tamices con aberturas estandarizadas	19
Tabla 6: Especificaciones del Proctor Estándar.....	24
Tabla 7: Comparación Próctor Estándar y Modificado.....	25
Tabla 8: Especificaciones del Próctor Modificado	26
Tabla 9: Valores de penetración y carga unitaria (presión)	29
Tabla 10: Resumen de expresiones para correlacionar el número DCP con otros valores.	33
Tabla 11: Correlación entre el CBR e Índice DCP.	34
Tabla 12: Rangos de correlación.....	36
Tabla 13: Recomendaciones para uso de material base	39
Tabla 14: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para base clase 1, 2, 3 y 4.....	40
Tabla 15: Áridos para Sub-Base	41
Tabla 16: Índice de crecimiento vehicular	43
Tabla 17: Periodo de diseño de acuerdo al tipo de Vía.....	44
Tabla 18: Factor de Distribución por Carril.....	44
Tabla 19: Niveles de Confiabilidad.....	45
Tabla 20: Desviación Estándar Normal	45
Tabla 21: Característica Índice de Serviciabilidad.....	46
Tabla 22: Espesores mínimos de las capas de un pavimento flexible.....	47
Tabla 23: Capacidad de Drenaje	49
Tabla 24: Coeficiente de Drenaje.....	49
Tabla 25: Ubicación geográfica de las muestras.....	53
Tabla 26: Ensayos, Normativas, equipos y Materiales.	55
Tabla 27: Plan de recolección de datos	56

Tabla 28: Correlación Lineal Múltiple.....	61
Tabla 29: Correlación Múltiple Logarítmica.	62
Tabla 30: Correlación Múltiple Potencial.	63
Tabla 31: Correlación Múltiple Exponencial.....	64
Tabla 32: Nomenclatura.....	65
Tabla 33: Gravedad Especifica	66
Tabla 34: Densidad de Campo	66
Tabla 35: Limites de Atterberg	67
Tabla 36: Granulometría	68
Tabla 37: Clasificación SUCS Y AASHTO	69
Tabla 38: Próctor Modificado (B).....	71
Tabla 39: Penetrómetro Dinámico de Cono.....	72
Tabla 40: California Bearing Ratio	72
Tabla 41: Correlaciones de los suelos	93
Tabla 42: Hora Pico	94
Tabla 43: Índice de crecimiento vehicular	95
Tabla 44: Tráfico actual del proyecto.	96
Tabla 45: Periodo de Diseño según el tipo de vía.....	97
Tabla 46: Tráfico estimado para los 20 años de periodo de diseño	97
Tabla 47: Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico de diseño proyectado	98
Tabla 48: Factor de Daño.....	98
Tabla 49: Calculo del Eje Equivalente de Diseño.....	99
Tabla 50: Espesores mínimos en base a ejes equivalentes.....	100
Tabla 51: Nivel de Confiabilidad (R).....	100
Tabla 52: Desviación Estándar Normal (Zr).....	101
Tabla 53: Determinación de Valores a1	103
Tabla 54: Determinación de Valores a2.....	104
Tabla 55: Determinación de valores a3.....	105
Tabla 56: Capacidad de Drenaje del Proyecto.	106
Tabla 57: Corrección de coeficientes m2 y m3 en base al drenaje	106
Tabla 58: Datos de diseño CBR LAB.	107
Tabla 59: Diseño de Pavimento Flexible – CBR lab.	108
Tabla 60: Espesores de capa – CBR lab.....	109

Tabla 61: Diseño de Pavimento Flexible – CBR Correlación.	111
Tabla 62: Espesores de capa – CBR Correlación.....	112
Tabla 63: Espesores de las estructuras del pavimento del CBR de laboratorio y de la Correlación.....	112
Tabla 64: Contenido de Humedad muestra # 1	120
Tabla 65: Contenido de Humedad muestra # 2.....	120
Tabla 66: Contenido de Humedad muestra # 3.....	121
Tabla 67: Contenido de Humedad muestra # 4.....	121
Tabla 68: Contenido de Humedad muestra # 5.....	122
Tabla 69: Contenido de Humedad muestra # 6.....	122
Tabla 70: Contenido de Humedad muestra # 7.....	123
Tabla 71: Contenido de Humedad muestra # 8.....	123
Tabla 72: Contenido de Humedad muestra # 9.....	124
Tabla 73: Contenido de Humedad muestra # 10.....	124
Tabla 74: Contenido de Humedad muestra # 11.....	125
Tabla 75: Contenido de Humedad muestra # 12.....	125
Tabla 76: Gravedad Especifica muestra # 1.....	126
Tabla 77: Gravedad Especifica muestra # 2.....	126
Tabla 78: Gravedad Especifica muestra # 3.....	127
Tabla 79: Gravedad Especifica muestra # 4.....	127
Tabla 80: Gravedad Especifica muestra # 5.....	128
Tabla 81: Gravedad Especifica muestra # 6.....	128
Tabla 82: Gravedad Especifica muestra # 7.....	129
Tabla 83: Gravedad Especifica muestra # 8.....	129
Tabla 84: Gravedad Especifica muestra # 9.....	130
Tabla 85: Gravedad Especifica muestra # 10.....	130
Tabla 86: Gravedad Especifica muestra # 11.....	131
Tabla 87: Gravedad Especifica muestra # 12.....	131
Tabla 88: Límites de Atterberg muestra # 1.....	132
Tabla 89: Límites de Atterberg muestra # 2.....	133
Tabla 90: Límites de Atterberg muestra # 3.....	134
Tabla 91: Límites de Atterberg muestra # 4.....	135
Tabla 92: Límites de Atterberg muestra # 5.....	136

Tabla 93: Límites de Atterberg muestra # 6.....	137
Tabla 94: Límites de Atterberg muestra # 7.....	138
Tabla 95: Límites de Atterberg muestra # 8.....	139
Tabla 96: Límites de Atterberg muestra # 9.....	140
Tabla 97: Límites de Atterberg muestra # 10.....	141
Tabla 98: Límites de Atterberg muestra # 11.....	142
Tabla 99: Límites de Atterberg muestra # 12.....	143
Tabla 100: DENSIDAD DE CAMPO MUESTRA #1	144
Tabla 101: Densidad de Campo muestra #2	145
Tabla 102: Densidad de Campo #3	146
Tabla 103: Densidad de Campo #4	147
Tabla 104: Densidad de Campo #5	148
Tabla 105: Densidad de Campo #6	149
Tabla 106: Densidad de Campo #7	150
Tabla 107: Densidad de Campo muestra #8	151
Tabla 108: Densidad de Campo muestra #9	152
Tabla 109: Densidad de Campo muestra #10	153
Tabla 110: Densidad de Campo muestra #11	154
Tabla 111: Densidad de Campo muestra #12	155
Tabla 112: Análisis Granulométrico muestra #1	156
Tabla 113: Análisis Granulométrico muestra #2	157
Tabla 114: Análisis Granulométrico muestra #3	158
Tabla 115: Análisis Granulométrico muestra 4	159
Tabla 116: Análisis Granulométrico muestra #5	160
Tabla 117: Análisis Granulométrico muestra #6	161
Tabla 118: Análisis Granulométrico muestra #7	162
Tabla 119: Análisis Granulométrico muestra #8	163
Tabla 120: Análisis Granulométrico muestra 9	164
Tabla 121: Análisis Granulométrico muestra #10	165
Tabla 122: Análisis Granulométrico muestra #11	166
Tabla 123: Análisis Granulométrico muestra #12	167
Tabla 124: Proctor Modificado tipo B muestra #1.....	168
Tabla 125: Proctor Modificado tipo B muestra #2.....	169

Tabla 126: Proctor Modificado tipo B muestra #3.....	170
Tabla 127: Proctor Modificado tipo B muestra #4.....	171
Tabla 128: Proctor Modificado tipo B muestra #5.....	172
Tabla 129: Proctor Modificado tipo B muestra #6.....	173
Tabla 130: Proctor Modificado tipo B muestra #7.....	174
Tabla 131: Proctor Modificado tipo B muestra #8.....	175
Tabla 132: Proctor Modificado tipo B muestra #9.....	176
Tabla 133: Proctor Modificado tipo B muestra #10.....	177
Tabla 134: Proctor Modificado tipo B muestra #11.....	178
Tabla 135: Proctor Modificado tipo B muestra #12.....	179
Tabla 136: DCP muestra #1	180
Tabla 137: DCP muestra #2	182
Tabla 138: DCP muestra #3	184
Tabla 139: DCP muestra #4	186
Tabla 140: DCP muestra #5	188
Tabla 141: DCP muestra #6	190
Tabla 142: DCP muestra #7	192
Tabla 143: DCP muestra #8	194
Tabla 144: DCP muestra #9	196
Tabla 145: DCP muestra #10	198
Tabla 146: DCP muestra #11	200
Tabla 147: DCP muestra #12	202
Tabla 148: CBR Compactación muestra #1	204
Tabla 149: CBR Compactación muestra #2.....	205
Tabla 150: CBR Compactación muestra #3.....	206
Tabla 151: CBR Compactación muestra #4.....	207
Tabla 152: CBR Compactación muestra #5.....	208
Tabla 153: CBR Compactación muestra #6.....	209
Tabla 154: CBR Compactación muestra #7.....	210
Tabla 155: CBR Compactación muestra #8.....	211
Tabla 156: CBR Compactación muestra #9.....	212
Tabla 157: CBR Compactación muestra #10.....	213
Tabla 158: CBR Compactación muestra #11	214

Tabla 159: CBR Compactación muestra #12.....	215
Tabla 160: Ensayo de CBR muestra #1	216
Tabla 161: Ensayo de CBR muestra #2	217
Tabla 162: Ensayo de CBR muestra #3	218
Tabla 163: Ensayo de CBR muestra #4	219
Tabla 164: Ensayo de CBR muestra #5	220
Tabla 165: Ensayo de CBR muestra #6	221
Tabla 166: Ensayo de CBR muestra #7	222
Tabla 167: Ensayo de CBR muestra #8	223
Tabla 168: Ensayo de CBR muestra #9	224
Tabla 169: Ensayo de CBR muestra #10	225
Tabla 170: Ensayo de CBR muestra #11	226
Tabla 171: Ensayo de CBR muestra #12	227
Tabla 172: Conteo vehicular – Día 1.	228
Tabla 173: Conteo vehicular – Día 2	229
Tabla 174: Conteo vehicular – Día 3.	230
Tabla 175: Conteo vehicular – Día 4.	231
Tabla 176: Conteo vehicular – Día 5.	232
Tabla 177: Conteo vehicular – Día 6.	233
Tabla 178: Conteo vehicular – Día 7.	234

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estados del suelo según su contenido de humedad	9
Figura 2: Curva de Flujo	10
Figura 3: Rangos de Plasticidad para la clasificación de suelos (SUCS)	16
Figura 4: Rangos de Clasificación AASHTO	17
Figura 5: Índice de Grupo	18
Figura 6: Curva Granulométrica	20
Figura 7: Interpretación de la curva granulométrica	20
Figura 8: Equipo para el ensayo de compactación Proctor Estándar	23
Figura 9: Equipos para ensayo CBR	28
Figura 10: Esquema del Cono Dinámico de Penetración.....	30
Figura 11: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes .	31
Figura 12: Curvas estructurales DCPs, para tráfico liviano, mediano y pesado	32
Figura 13: Composición Pavimento Flexible.....	37
Figura 14: Composición Pavimento Rígido	38
Figura 15: Repartición de Cargas.....	39
Figura 16: Ábaco para Estimación de Coeficiente a1	47
Figura 17: Ábaco para Estimación de Coeficiente a2.....	48
Figura 18: Ábaco para Estimación de Coeficiente a2.....	48
Figura 19: Mapa Base del cantón Salcedo	52
Figura 20: Mapa de Ecosistemas del Cantón Salcedo.	53
Figura 21: Ubicación de vías y pozos.	54
Figura 22: Pozo a cielo abierto, M1-Rumipamba de Navas.	57
Figura 23: Densidad de Campo, M2-Rumipamba de Navas.	57
Figura 24: Cono Dinámico de Penetración, M1-Cusubamba.	57
Figura 25: Colocando el material en el picnómetro.	58
Figura 26: Análisis Granulométrico.....	58
Figura 27: Ensayo Limite Liquido.	58
Figura 28: Ensayo Limite Plástico.	59
Figura 29: Compactación Proctor Modificado.....	59
Figura 30: Ensayo C.B.R.	59
Figura 31: Clasificación de suelos según SUCS	70

Figura 32: Clasificación de suelos según la AASHTO.....	70
Figura 33: Correlación Límite Líquido vs Límite Plástico.....	73
Figura 34: Correlación densidad seca in situ vs Humedad Óptima.....	74
Figura 35: Densidad seca máx. vs Humedad óptima.....	75
Figura 36: Densidad seca máx. vs Límite Líquido.....	76
Figura 37: Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs. Límite Líquido - Límite Plástico.....	77
Figura 38: Correlación de la Humedad Natural vs LL-LP.....	78
Figura 39: Correlación de contenido de Humedad óptimo vs Contenido de Humedad Natural- Límite Plástico.....	79
Figura 40: Correlación de contenido de Humedad óptimo vs Contenido de Humedad Natural- Límite Líquido.....	80
Figura 41: Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs DCP – Contenido de Humedad Natural.....	81
Figura 42: Correlación Densidad Seca in Situ vs DCP - Humedad Óptima.....	82
Figura 43: Correlación DCP vs Límite Líquido – Límite Plástico.....	83
Figura 44: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Curvatura..	84
Figura 45: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Uniformidad.....	85
Figura 46: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Índice Plástico.....	86
Figura 47: Correlación DCP vs Densidad Seca Máxima – Índice Plástico.....	87
Figura 48: Correlación CBR máx. Vs Límite Líquido.....	88
Figura 49: Correlación CBR vs Índice de Penetración.....	89
Figura 50: Correlación CBR máx. Vs Gravedad Especifica-Contenido de Humedad óptimo.....	90
Figura 51: Correlación CBR vs Contenido de Humedad Óptimo- Coeficiente de Uniformidad.....	91
Figura 52: Correlación CBR vs Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Curvatura.....	92
Figura 53: Ábaco para la estimación de a_1 , AASHTO 93.....	102
Figura 54: Ábaco para la estimación de a_2 , AASHTO 93.....	104
Figura 55: Ábaco para la estimación de a_2 , AASHTO 93.....	105
Figura 56: Programa AASHTO 93.....	107

Figura 57: Espesor de las capas de la estructura del pavimento flexible.	109
Figura 58: Programa ASSTHO 93.	110
Figura 59: Espesor de las capas de la estructura del pavimento flexible.	112
Figura 60: Excavación al costado de la vía Cusubamba	235
Figura 61:Excavación de la calicata del punto 2 de la vía Yanayacu	235
Figura 62: Ejecución del Ensayo de Densidad de Campo en la Vía Rumipamba de Navas.....	236
Figura 63: Ensayo de DCP en la vía Cusubamba – punto 1	236
Figura 64: Pesando la probeta con agua para el ensayo de la Gravedad Especifica.	237
Figura 65: Ensayo de límite líquido.	237
Figura 66: Ensayo de Límite Plástico	238
Figura 67: Ensayo de Proctor Modificado Tipo “B”	238
Figura 68: Ensayo de CBR de Compactación.....	239
Figura 69: Moldes de CBR en la cámara de curado.....	239

RESUMEN

El siguiente proyecto de titulación, es parte de una macro investigación que está siendo ejecutada en la provincia de Cotopaxi, tomando en cuenta la división cantonal, que busca determinar correlaciones entre las distintas propiedades índice y mecánicas del suelo, considerando principalmente el ensayo DCP y CBR, con el fin de obtener los mismos resultados del CBR, pero en menor tiempo y costo mediante el ensayo del DCP. Los ensayos se determinan a partir de doce muestras de suelo recolectadas en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

Los ensayos realizados en situ son: pozo a cielo abierto, densidad de campo por el método del cono de arena de Ottawa y el ensayo de penetración dinámica. Los ensayos realizados en el laboratorio son: límites de Atterberg, gravedad específica, granulometría, proctor modificado tipo B y CBR. Con los resultados obtenidos de los ensayos se procede a su análisis, determinando el tipo de suelo y sus características.

Se obtuvieron 20 correlaciones, aplicando métodos estadísticos de regresión simple y mínimos cuadrados, estas correlaciones fueron de buenas a excelentes, con coeficientes de determinación entre 60 y 94 por ciento.

Para finalizar el proyecto se procedió al diseño del pavimento flexible, utilizando el CBR obtenido en laboratorio y el CBR calculado con las correlaciones propuestas. Obteniendo las mismas características en ambos diseños, confirmando así que las correlaciones son aceptables y se pueden utilizar para el prediseño del asfalto.

Palabras clave: Correlación, CBR, DCP, Pavimento Flexible, Salcedo, Propiedades Índice del suelo.

ABSTRACT

The following degree project is part of a macro research being carried out in the province of Cotopaxi, taking into account the cantonal division, which seeks to determine correlations between the different index and mechanical properties of the soil, mainly considering the DCP and CBR test, in order to obtain the same results of the CBR, but in less time and cost by means of the DCP test. The tests are determined from twelve soil samples collected in Salcedo canton, Cotopaxi province.

The tests performed in situ are: open pit, field density by the Ottawa sand cone method and the dynamic penetration test. The tests performed in the laboratory are: Atterberg limits, specific gravity, granulometry, modified proctor type B and CBR. The results obtained from the tests are analyzed to determine the type of soil and its characteristics.

Twenty correlations were obtained, applying simple regression and least squares statistical methods; these correlations were good to excellent, with coefficients of determination between 60 and 94 percent.

To finalize the project, the design of the flexible pavement was carried out, using the CBR obtained in the laboratory and the CBR calculated with the proposed correlations. The same characteristics were obtained in both designs, thus confirming that the correlations are acceptable and can be used for the pre-design of the asphalt.

Key words: Correlation, CBR, DCP, Flexible Pavement, Salcedo, Index soil properties.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

1.1.1 Antecedentes

El suelo está definido como la capa superficial de la corteza terrestre, formada por la descomposición de roca debido a la acción de diferentes agentes que son generadores de suelo como el agua, el viento, cambios de temperatura, movimientos tectónicos e incluso la acción del hombre. [1]

La interacción que existe entre el suelo y una infraestructura es aquella parte de la ingeniería que comprende y estudia las deformaciones del terreno cuando estas se ven afectadas por la presencia y rigidez de la propia estructura. [1]

Los suelos presentan comportamientos similares al del acero y concreto como el módulo de elasticidad y resistencia a la ruptura, pero con mayor exageración debido a la complejidad del material. En la mecánica de suelos es importante el tratamiento de las muestras desarrollando sistemas de clasificación de suelos por: color, olor, texturas, distribución de tamaños y plasticidad. [2]

En todos los suelos existen minerales de arcilla, dentro de las cuales se concentra la mayor cantidad de humedad, dicho contenido de humedad cambia a partir de un estado sólido en condición seca, a un estado semisólido con poca humedad, luego en presencia de una mayor cantidad de agua a un estado plástico, hasta comportarse como un líquido en altos contenidos de humedad. De tal manera elaboraron procedimientos para su descripción de las diferentes consistencias de los suelos y sus contenidos de agua llamado los límites de Atterberg. [3]

La mecánica de suelos es la aplicación de la mecánica a los problemas geotécnicos estudiando las propiedades, comportamiento y utilización del suelo como material estructural, de tal modo que las deformaciones y resistencia del suelo ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras. La estructura del suelo puede ser natural como un talud o canal en tierra y artificial como un terraplén o un relleno. [2]

Los ensayos Granulométricos serán necesarios para la clasificación del suelo ya que es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños

de partículas, también se tomará en cuenta el ensayo de compactación para la obtención de la humedad óptima lo cual permitirá su comparación con la humedad natural y establecer criterios de diseño [4]

La densidad aparente también llamada densidad de volumen es el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural incluyendo el espacio poroso. [5]

El CBR es un ensayo que nos permite determinar la capacidad soportante del suelo para evaluar la calidad de la sub rasante, base y sub base de la estructura de los pavimentos, este ensayo se puede realizar tanto en situ como en el laboratorio [6]. El ensayo del CBR in situ es muy importante para obras viales, pero este se vuelve complicado de realizar debido a que es muy costoso, lleva demasiado tiempo y el equipo debe ser manejado por un especialista calificado, como respuesta a estas dificultades que se manifiestan se ha propuesto diferentes correlaciones con ensayos convencionales de menor costo y menor tiempo empleado para intentar reemplazarlo. [7]

El DCP es un ensayo que fue desarrollado en 1956 por Scala, actualmente utilizado por grandes países desarrollados y en desarrollo, es utilizado principalmente para evaluar la resistencia de suelos tanto compactados como no disturbados, el DCP estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman a un pavimento, detectando simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa. [8]

El número DCP representa la penetración obtenida por golpe y se expresa en mm/golpe, siendo el valor de la pendiente de la curva DCP, mientras más vertical sea la gradiente, menor será la resistencia del suelo. Asimismo, esta medida de penetración describe la resistencia promedio de un suelo a través de cierta profundidad alcanzada, la cual se determina como el trabajo realizado por el suelo para detener el cono de penetración, dividido entre la distancia de penetración. [8]

Desde la aparición del DCP ligero en 1982, se han desarrollado varias correlaciones del valor DCP con distintos parámetros como el CBR, el módulo resiliente, la compresión simple no confinada y el grado de saturación. Sin embargo, la relación con el valor de CBR ha tenido una gran relevancia, debido a su simplicidad y la capacidad de proporcionar resultados rápidos, comparado con el CBR de campo y laboratorio. [9]

Zumrawi en 2014 estableció una relación entre el CBR, DCP y las propiedades del suelo para diferentes tipos de suelo. Los resultados de ese estudio demostraron que la relación entre CBR y DCP tenía una relación lineal, teniendo en cuenta el factor de estado inicial del suelo como densidad inicial seca, contenido de agua y relación de vacío. Por lo tanto, el DCP puede usarse para estimar el valor de CBR in situ para las diferentes capas de un pavimento. [10]

1.1.2 Justificación

Las carreteras cumplen una función vital en la articulación e integración territorial del país al posibilitar la interconexión y comunicación entre las ciudades, lo cual facilitara a la reducción del tiempo y costo del transporte, tanto de las personas como de diferentes productos, [11] por tal motivo el estudio vial y del suelo es de suma importancia teniendo en cuenta que el suelo es el cual soporta cualquier tipo de estructura. La inestabilidad de los suelos en carreteras es un problema que se presenta de manera frecuente. [12]

El parámetro más importante a considerar es la diferencia de condiciones que tiene el suelo en campo con relación al laboratorio. El contenido de humedad y el grado de compactación tienen gran influencia directa sobre la resistencia del suelo. Ocasionalmente en campo la dificultad de llegar al 95% de grado de compactación dada en laboratorio con suelo del mismo sitio ocasiona falla de pavimentos, debido a condiciones ambientales, por lo que la valoración de resultados de CBR in situ da una segunda opción a reflexionar sobre el diseño de pavimentos rígidos o flexibles [13]

Para los proyectos viales en el Ecuador se utiliza equipos de laboratorio específicos para pruebas de resistencia al corte de los suelos con base en las normativas vigentes en el país. Si bien es cierto que los índices ampliamente utilizados como el CBR (California Bearing Ratio) y el SPT (Standard Penetration Test) son indispensables en la justificación de cualquier proyecto, pero existen otros como el DCP (Dynamic Cone Penetrometer), que pueden resultar en estimaciones adecuadas del parámetro de resistencia del suelo a un costo mucho menor. [14]

El Penetrómetro Dinámico Ligero PANDA es un penetrómetro que mide la resistencia del suelo a la penetración inducida por una punta cónica de 2, 4 y hasta 10 cm², que es accionado por medio del golpe de un martillo sobre un cabezal instrumentado con captadores especialmente dispuestos para la medición la energía de cada golpe. Los datos

son almacenados en un equipo de registro y análisis de datos que permite la visualización y análisis de los resultados de forma inmediata. [15]

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 que se generan para determinar estos ensayos en el laboratorio para la planificación, diseño y construcción de futuros proyectos. [16]

Ecuador también ha incrementado diferentes investigaciones con respecto a la correlación entre los índices DCP y CBR. Teniendo en cuenta la importancia del ensayo CBR para los proyectos viales también ha hecho énfasis en correlaciones entre el CBR de laboratorio y las propiedades índice y mecánica de los suelos [17]

El fin de la presente investigación es contribuir al estudio macro de las propiedades de los suelos de la provincia de Cotopaxi la cual permitirá la creación de una base de datos de los diferentes tipos de suelo existentes en la provincia, realizando 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 del cantón Salcedo para determinar correlaciones experimentales en los tipos de suelo encontrados, las mismas que nos brindarían una referencia para un diseño preliminar de la estructura de pavimentos sea rígido o flexible.

1.1.3 Fundamentación Teórica

1.1.3.1 Definición y Origen de los Suelos

Los suelos son producto de la descomposición de las rocas por procesos físicos y químicos, entre los fenómenos físicos podemos citar principalmente a la fatiga y el desgaste que concierne a los cambios de temperatura, la acción de la corriente del agua y el viento. Por fenómenos químicos esta la descomposición, desilicización, disolución directa en el agua, o la combinación de estos procesos. [18]El suelo es un recurso multifuncional sumamente complejo y variable formado por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. [19]

El suelo en Ingeniería Civil son sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva y que pueden tener materia orgánica. [2]

1.1.3.1.1 Tipos de suelos

1.1.3.2.1. Suelos Granulares

Los suelos granulares se definen al tener un efecto despreciable en el comportamiento mecánico ya que se tiene presencia de rocas, gravas y arenas, normalmente definidos en función de la densidad relativa, índice de vacíos y porosidad. Además, los suelos granulares se clasifican en materiales densos o sueltos. [20]

Se considera suelos granulares si el tamiz Nro. 200 retiene más del 50% de la muestra.

- **Grava**

Son fragmentos de rocas con una relativa frescura mineralógica que poseen un tamaño mayor a los 2 mm de diámetro. Se las puede encontrar principalmente en lechos de ríos, o en rellenos con depresiones considerables generadas por el acarreo de los ríos, aunque también pueden ser re transportadas a otros sitios. Por lo general su tamaño puede variar de las 3 pulgadas hasta los dos milímetros. [21]

- **Arena**

Llamadas así a los pequeños granos finos que han sido formados por la denudación de las rocas o a su vez por trituración artificial. Encontrándose habitualmente entre los 2 mm como tamaño máximo y los 0.05 mm de diámetro. Se las puede encontrar junto a depósitos de gravas y se las puede diferenciar gracias a que las arenas limpias no se contraen al secarse, no poseen plasticidad y son muy poco compresibles. [21]

1.1.3.2.2. Suelos Finos

Los suelos finos están constituidos de partículas compuestas de fragmentos diminutos de roca, minerales y minerales de arcilla, con textura granular. De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de suelo que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como suelo fino. [22]

- **Limo**

Son granos finos con poca o ninguna plasticidad, se pueden clasificar en limos inorgánicos que tienen origen en las canteras obtenidos mediante un proceso artificial y los limos orgánicos que se encuentran generalmente en los ríos y por esta razón es que este último tiene características plásticas. El tamaño de este suelo está en un rango de 0.05 mm y los 0.005 mm de diámetro. [21]

- **Arcilla**

Son partículas sólidas con características plásticas con un tamaño menor a los 0.005 mm de diámetro. Con una particular característica de volverse plástica al mezclarse con el agua. [21]

1.1.3.1.2 Propiedades Indicé del suelo

1.1.3.1.2.1 Contenido de Humedad (W%)

El contenido de humedad es la cantidad de agua contenida en un material, como el suelo, rocas, la cerámica o la madera medida sobre la base de análisis volumétricos o gravimétricos, esta propiedad se utiliza en una amplia gama de áreas científicas y técnicas. Es una relación que se expresa como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. [12]

$$W = W_w/W_s$$

Donde:

W%= Contenido de Humedad

W_w= Peso del agua

W_s = Peso de sólido

1.1.3.1.2.2 Relación de Vacíos (e)

Es la relación entre el volumen de vacíos y el de sólidos, cuando la relación de vacíos tiene valores muy bajos indica que el suelo está bien compacto con buena resistencia, mientras que si las relaciones de vacíos tienen valores altos significa que los suelos están sueltos. [20]

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

Donde:

e = relación de vacíos

$$Vm = \frac{\text{Volumen de la muestra humeda}}{\text{densidad en situ}}$$

Vv = volumen de vacíos

Vv = Vm – Vs

$$Vs = \frac{\text{Peso de la muestra seca}}{\text{peso específico}}$$

Vm = volumen de la muestra

Vs = volumen de la muestra seca

1.1.3.1.2.3 Porosidad ($\eta\%$)

La porosidad permite determinar los vacíos en un volumen de muestra de suelo. Está definida como la relación entre el volumen de espacios vacíos de un suelo y el volumen total de la muestra. [23]

Los poros en el suelo pueden ser macroscópicos y microscópicos, los macroscópicos son de notables dimensiones y están generalmente llenos de aire por lo que el agua los atraviesa rápidamente impulsada por la fuerza de la gravedad. Los microscópicos en cambio están ocupados en gran parte por agua retenida por las fuerzas capilares. [20]

Los terrenos arenosos son ricos en macro poros, permitiendo un rápido pasaje del agua, pero tienen una muy baja capacidad de retener el agua, mientras que los suelos arcillosos son ricos en micro poros y pueden manifestar una elevada capacidad de retención del agua. [20]

En un suelo la porosidad oscila entre 0% – 100 %, siendo en un sólido perfecto $\eta=0$, mientras más alto sea este valor, el suelo tiene más espacios vacíos o poros, mismo que hacen que el suelo sea más flojo o blando y mayor sea su deformabilidad. [23]

$$\eta = (Vv / Vm) * 100\%$$

Donde:

η = Relación de vacíos.

Vv = Volumen de espacio vacío.

Vm = Volumen total de la muestra

1.1.3.1.2.4 Grado de Saturación del Agua ($G_w\%$)

Permite determinar la existencia de agua en los huecos o poros del suelo. Está definida como la relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos. El grado de saturación del agua oscila entre 0% y 100 %, en la naturaleza el grado de saturación del agua es diferente de cero, aunque se considera 0% en suelo seco y a medida que incrementa la cantidad de agua mientras el suelo se vaya saturando hasta alcanzar el 100% [23]

$$G_w = V_w / V_v * 100\%$$

Donde:

G_w = Grado de saturación del agua.

V_w = Volumen del agua.

V_v = Volumen de vacíos.

1.1.3.1.2.5 Grado de Saturación del Aire ($G_a\%$)

Permite determinar la existencia de aire en los huecos o poros del suelo. Está definida como la relación entre el volumen de aire y el volumen de vacíos. El grado de saturación del aire oscila entre 0% y 100 %, los suelos sin cantidad de aire y compactados están cerca del 0%, por lo que mientras se incrementa el porcentaje, el volumen de suelo tendrá más aire. [23]

$$G_a = V_a / V_v * 100\%$$

Donde:

G_a = Grado de saturación del aire.

V_a = Volumen del aire.

V_v = Volumen de vacíos.

1.1.3.1.2.6 Límites de Atterberg

Albert Atterberg un científico sueco dedicado a la agricultura fue quien propuso cinco límites para los suelos: cohesión, pegajosidad, contracción, plástico y líquido, sin embargo, los más utilizados a nivel mundial han sido los tres últimos. Para la determinación de los límites líquido y plástico se utiliza el material que pasa el tamiz N° 40. [14]

Atterberg determinó que la plasticidad es una propiedad no permanente ya que depende del contenido de humedad, por lo tanto, según su contenido de agua en orden ascendente el suelo puede estar en estado líquido, semilíquido, plástico, semisólido y sólido. [23]

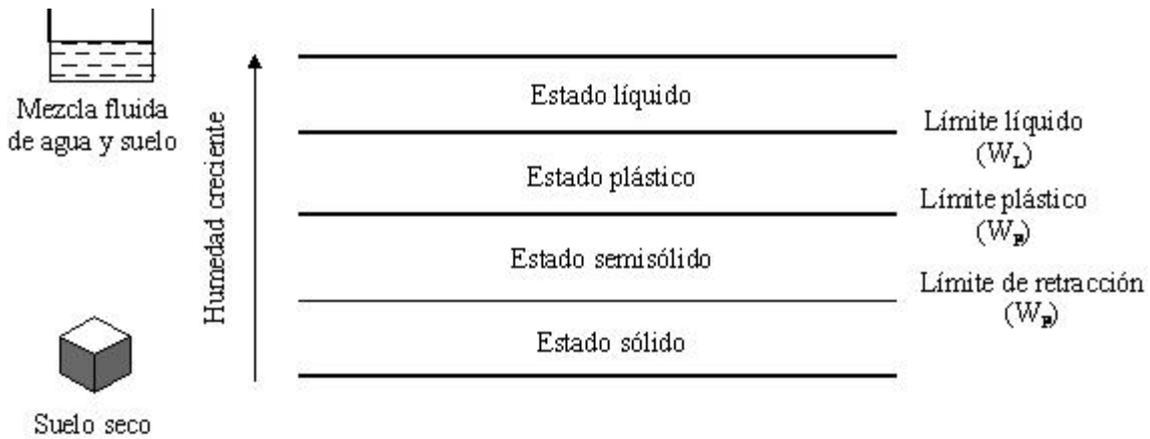


Figura 1: Estados del suelo según su contenido de humedad

Fuente: Manual de laboratorio de suelos [14]

En la mecánica de suelos la plasticidad es la propiedad que permite al suelo soportar deformaciones rápidas, sin efecto elástico, sin alteración volumétrica perceptible y sin desmoronarse ni agrietarse al remodelarse. Además, se relaciona de forma cualitativa con otras propiedades como: la resistencia del suelo, la compresibilidad, la permeabilidad [23]

- **Límite Líquido (LL)**

El límite líquido (LL o WL) se define como el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico y al incrementar su contenido de humedad cambiará su comportamiento al de un fluido viscoso. [24]

En suelos plásticos el límite líquido es una medida de la resistencia al corte del suelo a un determinado contenido de agua, es así que A. Casagrande determinó la correspondencia del límite líquido a una resistencia al corte de 25 gr/cm² a través de una gráfica semilogarítmica, cuyo eje de las ordenadas representa el porcentaje de agua mientras el eje de las abscisas representa el número de golpes necesarios para cerrar la ranura de la copa, esta última es escala logarítmica [23]

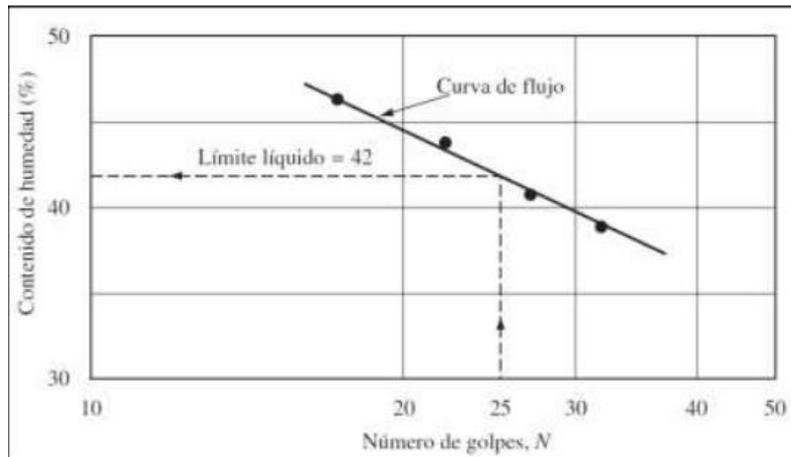


Figura 2: Curva de Flujo

Fuente: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja M. Das [23]

Es muy importante acotar que el límite líquido aumenta en función de la disminución del tamaño de las partículas de suelo. [23]

- **Límite Plástico (LP)**

Límite plástico (PL, WP o LP) es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar al suelo como material no plástico y se comporta más como un semisólido. [23] También el límite plástico es el contenido de agua necesario para romper o desmoronar un rollito de suelo cuyo diámetro es aproximadamente 3 mm. [23]

A medida que el tamaño de grano o partículas de suelo disminuyen, el límite plástico incrementa. Por medio de varias pruebas de laboratorio se determinó que al encontrar el límite plástico de un mismo suelo realizado por diferentes laboratoristas varía en un rango del 1 al 3%. [23]

- **Índice Plástico (IP)**

El índice plástico (IP) de un suelo cohesivo está definido como la diferencia numérica entre su límite líquido y su límite plástico. [23]

Los suelos que tienen índice de plasticidad alto son altamente compresibles. Es evidente que el índice de plasticidad es una medida de la cohesión; índices de plasticidad altos denotan un alto grado de cohesión; suelos que no tienen índice de plasticidad tales como las arenas de baja cohesión, son suelos no plásticos. [22]

$$IP = LL - LP$$

- **Índice de Liquidez (IL)**

Se lo define como el cociente entre la diferencia de humedad natural menos el Límite Plástico y el Índice de Plasticidad. Valor a dimensional por tratarse de una relación entre porcentajes. [22]

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

Donde:

IL = Índice de Liquidez

Wnat = humedad natural

LP = límite plástico

IP = índice plástico

Valores estudiados se tiene que:

IL > 1 Suelo en estado líquido, no tiene resistencia al corte.

IL = 1 La humedad natural es igual al límite líquido, resistencia muy baja (25 g/cm²)

0 < IL < 1 Suelo en estado plástico, tiene resistencia (menor cuando IL esté más cerca de 1).

IL < 0 Suelo en estado semisólido o sólido. Mayor resistencia al corte.

1.1.3.1.2.7 Gravedad Especifica (Gs)

Es una medida de la densidad promedio de las partículas que constituyen la masa del suelo. Se define como Gravedad Específica de los Suelos, a la relación del peso en el aire de un volumen dado de partículas sólidas, al peso en el aire de un volumen igual de agua a una temperatura de 4° C. [24] Es necesario aclarar que el valor de la gravedad específica del agua decrece a en función del aumento o disminución de la temperatura. [22]

Los rangos generales de valores de Gravedad Especifica para varios suelos:

Tabla 1: Valores típicos de Gravedad Específica de varios suelos

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

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

1.1.3.1.2.8 Densidad de Campo

El ensayo de densidad de campo determina si el grado de compactación relativa del suelo se encuentra en óptimas condiciones. El método del cono y arena permite obtener el peso de suelo húmedo de una excavación algo irregular llamada “agujero” hecha en el terreno, así como el volumen del mismo a través de la arena de Ottawa cuya densidad es conocida. [23]

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

La densidad seca del suelo en estado natural parte de la densidad de campo, pero además es necesario conocer el contenido de humedad (w) del suelo, debido a que esta última es inversamente proporcional a la densidad seca. [23]

$$\gamma_{seca} = \frac{\gamma_{Hum}}{1 + \omega}$$

γ_{Hum} = Densidad húmeda del suelo

γ_{Seca} = Densidad seca del suelo

ω = Contenido de humedad

Tabla 2: Rangos Característicos de Densidad Seca in-situ

Tipo de suelo	γ_{seca} (g/cm³)
Arena (limpia y uniforme)	1,330 – 1,890
Arena (limosa)	1,390 – 2,030
Arena (micácea)	1,220 – 1,920
Limo inorgánico	1,280 – 1,890
Arena (limosa y grava)	1,420 – 2,340
Arena (fina a gruesa)	1,360 – 2,210

Fuente: Mecánica de los suelos, MS Lambe

1.1.3.1.2.9 Clasificación de los suelos

La Ingeniería ha tratado de encontrar un medio práctico y universal para clasificar los suelos, tomando en cuenta sus características físicas como medio de compresión de su comportamiento mecánico. Las más antiguas clasificaciones de suelo se basaban en la granulometría, las cuales dividían al suelo en tres partes principales: arena, limo y arcilla. [18]

Posteriormente se introdujo en la clasificación de suelos el criterio de la plasticidad a más de la granulometría, pues como se sabe la parte activa de los suelos son finos, los cuales pueden ser de variada plasticidad. El criterio de la uniformidad de la curva granulométrica para los materiales gruesos, ha comprobado que la uniformidad de los granos tiene relación con su comportamiento mecánico. [18]

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS

Es un sistema para la clasificación de suelos minerales y orgánicos minerales con propósitos de ingeniería, basado en la determinación en el laboratorio de las características de granulometría, límite líquido e índice plástico y deberá ser utilizado cuando se requiera de una clasificación precisa. Este sistema de clasificación identifica tres grandes divisiones de suelos: suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos altamente orgánicos. [25]

Este método de ensayo clasifica suelos provenientes de cualquier localización geográfica dentro de 28 categorías que representan los resultados de los ensayos de laboratorio para determinar las características de granulometría, límite líquido e índice plástico. [25]

Este método fue propuesto por Casagrande en 1948, en el que dispone una clasificación en dos grupos:

- Suelos de grano grueso (gravas y arenas), con menos del 50% que pasa a través de tamiz N° 200, los símbolos de grupo comienzan con un prefijo, G (gravas) y S (arenas). [14]
- Suelos de grano fino (limos y arcillas), con más del 50% que pasa a través de tamiz N° 200; los símbolos de grupos comienzan con un prefijo, M (limos), C (arcillas) y O (limos y arcillas orgánicos). [14]

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

W = bien graduado

P = mal graduado

L = baja plasticidad ($LL < 50$)

H = alta plasticidad ($LL > 50$)

Tabla 3: Clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S. UC.S.)

División Mayor	Símbolo	Nombres Típicos	Criterio de clasificación en laboratorio		
<p>SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla N°200</p> <p>Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N°4</p> <p>Para la clasificación visual puede usarse ¼ cm como equivalente abertura malla N°4</p>	<p>GRAVAS</p>	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	<p>Coefficiente de Uniformidad C_u: mayor de 4</p> <p>Coefficiente de curvatura C_c: entre 1 y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW</p> <p>Límites debajo de la "Línea A" o IP menor que 4</p> <p>Arriba de "Línea 4" y con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles</p>	
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo		
	<p>ARENAS</p>	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	<p>Coefficiente de Uniformidad C_u: mayor de 4</p> <p>Coefficiente de curvatura C_c: entre 1 y 3</p> <p>NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA SW</p> <p>Límites debajo de la "Línea A" o IP menor que 4</p> <p>Arriba de "Línea 4" y con IP entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles</p>	
		SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, poco o nada de finos		
		SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, poco o nada de finos		
	<p>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla N°4</p> <p>Para la clasificación visual puede usarse ¼ cm como equivalente abertura malla N°4</p>	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	<p>Dependiendo del porcentaje de finos (fracción que pasa por la malla N°200), los suelos gruesos se clasifican como: menos de 5% son GW, GP, SW, SP, más de 12% son GM, GC, SM, SC, de 5-12% son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles (GW-GP o SW-SP)</p> <p>Límites arriba de la "Línea A" o IP mayor que 7</p>	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
		<p>LIMOS Y ARCILLAS</p> <p>Límite líquido menos de 50%</p>	ML		Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos
			CL		Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arenosas o limosas
<p>Las partículas de 0,0075 mm de diámetro (malla N°200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista.</p> <p>Límite líquido mayor de 50%</p>	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	<p>Para la clasificación de suelos de partículas finas en Lab.</p>		
	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos			
	CH	Arcillas inorgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad			
	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad			
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos			

Fuente: A.S.T.M D 2487

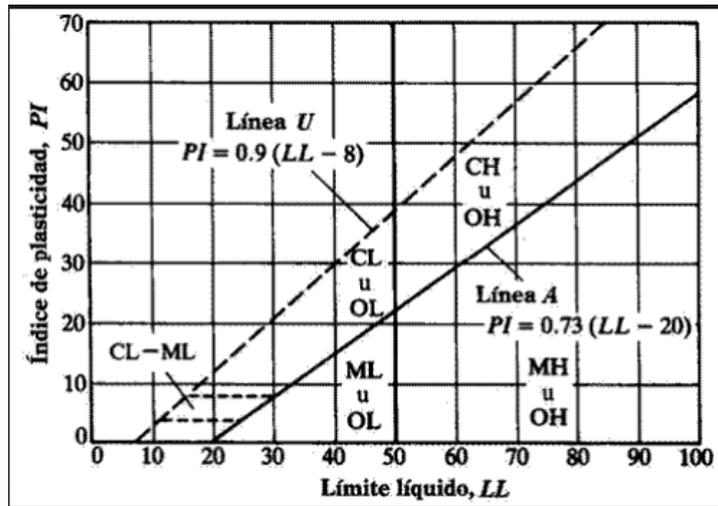


Figura 3: Rangos de Plasticidad para la clasificación de suelos (SUCS)

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

Clasificación AASHO modificado (AASHTO)

Es una clasificación geotécnica de suelos desarrollada por Terzaghi y Hogentogler, que se basa en sus características granulométricas y de plasticidad. [26]

El método se basa en determinaciones de laboratorio de Granulometría, Límite Líquido, límite plástico e Índice de Plasticidad. Es un método utilizado principalmente para Obras Viales. [27]

En el sistema de clasificación H.R.B. modificado (AASHTO) el término índice de Grupo puede resolverse mediante la siguiente fórmula empírica o por medio de gráficos. [18]

$$\text{Índice de Grupo} = 0,2a + 0,005ac + 0,01bd$$

Donde:

a = Porcentaje del material que pasa al tamiz No. 200, menos 35. Si el porcentaje es mayor de 75, sólo se anotará 40, y si es menor de 35, se anotará 0.

b = Porcentaje del material que pasa el tamiz 200, menos 15. Si el porcentaje es mayor de 55, sólo se anotará 40, y si es menor de 15, se anotará 0.

c = El valor del Límite Líquido, menos 40. Si el Límite Líquido es mayor de 60%, sólo se anotará 20, y si es menor de 40 % se anotará 0.

d = El valor del índice de Plasticidad, menos 10. Si el índice de Plasticidad es mayor de 30, se anotará sólo 20 y si es menor de 10, se anotará 0.

Los valores de a, b, c y d deberán indicarse con números enteros.

El sistema AASHTO clasifica los suelos ubicándolos en 7 grupos principales: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, algunos de estos tienen a su vez subgrupos. [23]

Tabla 4: Sistema de Clasificación AASHTO

Clasificación general	materiales granulares (35% o menos pasa la No 200)							materiales limo arcillos (mas de 35% pasa la No 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Clasificación de grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*	A-7-6**
Analisis de cernido: porcentaje que pasa: NO. 10 NO. 40 NO. 200	50 max											
	30 max	50 max	51 min									
	15 max	25 max	50 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min	36 min
características de la fracción que pasa la NO. 40 Limite liquido Indice de plasticidad												
				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min
	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min	11 min
Indice de grupo	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max	
* A - 7 - 5 : IP < wL - 30 ** A - 7 - 6 : IP > (wL - 30)												
$IG = 0.2(a) + 0.005*(a*c) + 0.01*(b*d)$												

Fuente: BOWLES. Joseph E. Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil.

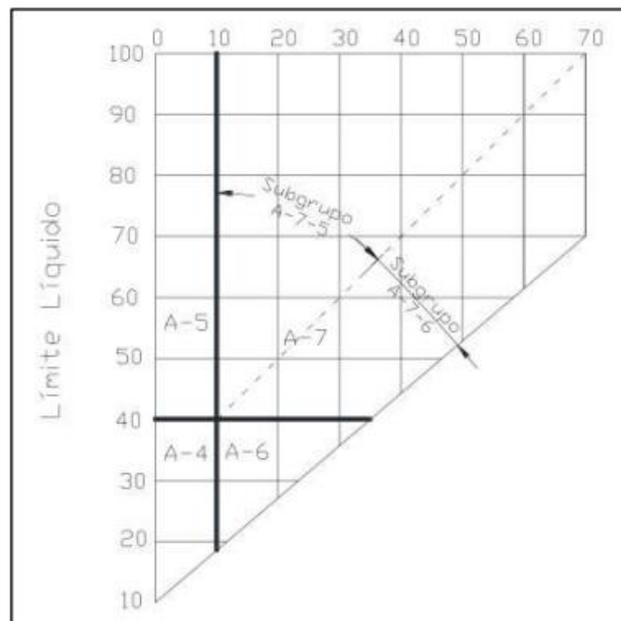


Figura 4: Rangos de Clasificación AASHTO

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

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

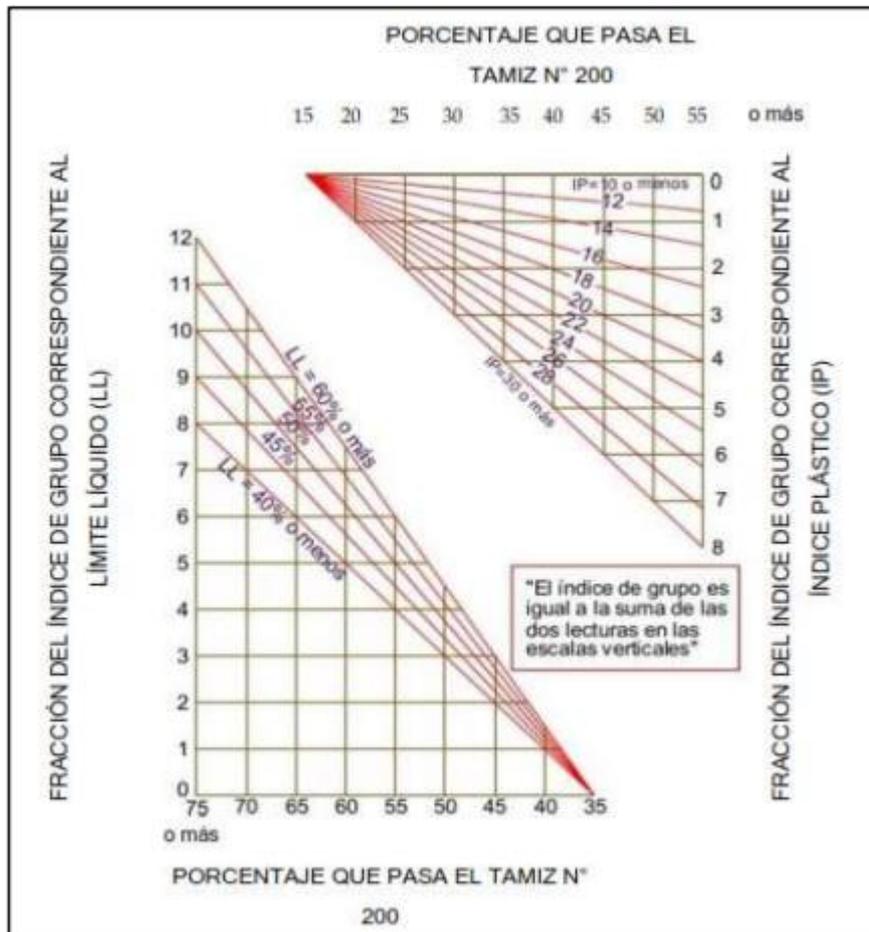


Figura 5: Índice de Grupo

Fuente: Manual de Laboratorio de Suelos, Josephe Bowles

1.1.3.1.2.10 Granulometría

La clasificación granulométrica de los suelos en general, consiste en la separación en fracciones que presentan el mismo rango de tamaño de las partículas y están dadas en porcentajes con relación al peso total del material. [22] Los diferentes métodos únicamente agrupan las partículas de suelo por rangos de tamaño ya que no es posible determinar el tamaño real de cada una. [23]

Para la fracción gruesa como las gravas y arenas, es adecuado el tamizado vía seca. El tamaño determinado en este caso, no corresponde a ninguna medida de la partícula, se establece si la partícula pasa o queda retenida en un tamiz de abertura cuadrada normalizada. [24]

En de partículas finas resulta difícil disgregar los grumos en partículas individuales, para lo cual el procedimiento consiste en una granulometría por tamizado con muestras lavadas y posteriormente secadas en horno 24 horas a temperatura constante de 105°C [22]

Los datos obtenidos del análisis granulométrico pueden utilizarse para predecir movimientos de agua través del suelo. Los sistemas de clasificación utilizan al tamiz N° 200 como un punto divisorio. [4]

Las aberturas se han estandarizado de acuerdo a las especificaciones de la U.S. BUREAU OF STANDARDS y la TYLER STANDARD:

Tabla 5: Tamices con aberturas estandarizadas

TYLER STANDARD		U.S. BUREAU OF STANDARDS	
MALLA NUMERO	ABERTURA mm	MALLA NUMERO	ABERTURA mm
3"	76.200	4"	101.600
2"	50.800	2"	50.800
--	26.670	1"	25.400
--	18.850	¾"	19.100
--	13.320	½"	12.700
--	9.423	3/8"	9.520
3	6.680	¼"	6.350
4	4.699	# 4	4.760
6	3.327	# 6	3.360
8	2.362	# 8	2.380
9	1.981	# 10	2.000
10	1.655	12	1.680
20	0.833	20	0.840
35	0.417	40	0.420
60	0.246	60	0.250
100	0.147	100	0.149
200	0.074	200	0.074
270	0.053	270	0.053
400	0.038	400	0.037

Fuente: Manual de Laboratorio de suelos de Joseph Bowles

Los resultados del análisis granulométrico se presentan en forma de curva para poder comparar suelos y visualizar más fácilmente la distribución de los tamaños de partículas. La exactitud del ensayo es cuestionable más aún en suelos finos que pasan el tamiz N° 4, que para suelos gruesos. [4]

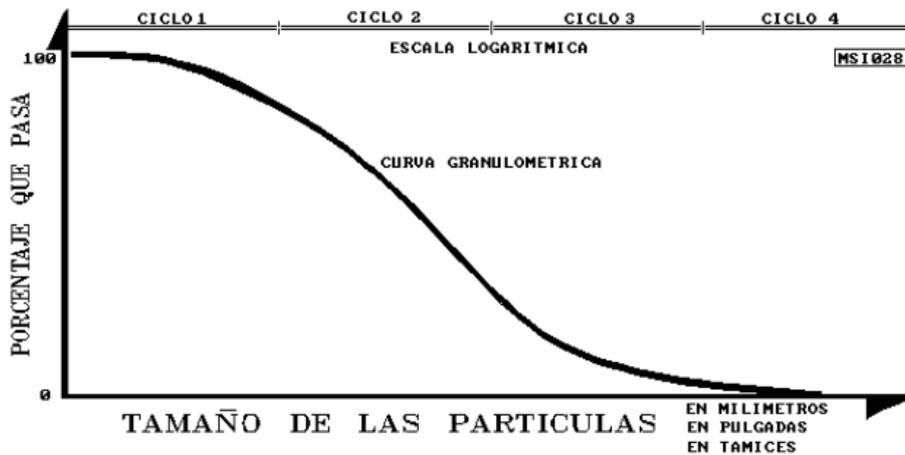


Figura 6: Curva Granulométrica
 Fuente: Mecánica de suelos de Juárez Badillo

Pendiente granulométrica

Si las curvas son muy verticales se considera una mala distribución granulométrica. Si las curvas tienen una pendiente moderada, se considera una buena graduación y si las curvas son horizontales se considera una mala distribución como es en el caso de los limos y arcillas. [4]

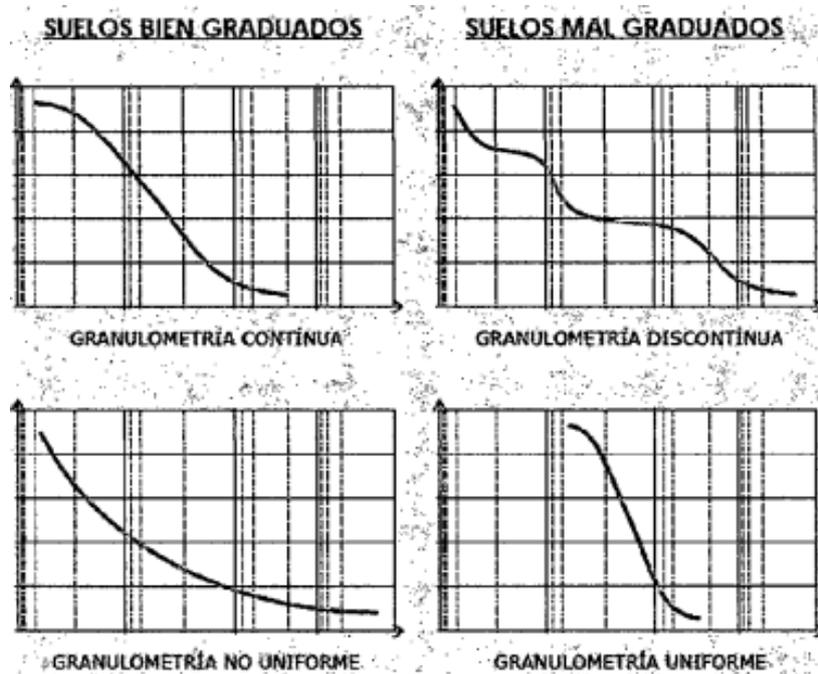


Figura 7: Interpretación de la curva granulométrica

Diámetros Característicos:

D10= Denominado diámetro efectivo, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm, mismas que corresponden al 10% de la muestra de suelo en peso, que pasa dicho tamiz. [10]

D30= Diámetro equiparable, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm que corresponde al 30% de la muestra en peso que pasa dicho tamiz. [10]

D60= Diámetro dimensional, representa el tamaño de las partículas de suelo en mm que corresponde al 60% de la muestra en peso que pasa dicho tamiz. [10]

Coefficiente de Uniformidad (CU)

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

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

A través de este coeficiente es posible determinar el tipo de granulometría del suelo. Si $Cu < 5$ el suelo posee granulometría uniforme, si Cu oscila entre 5 y 20 es poco uniforme, y si $Cu > 20$ es un suelo bien graduado. [23]

Por lo que mientras más uniforme es la granulometría, más uniforme será el tamaño de sus poros y por ende tendrá densidades bajas o menores, consecuentemente es un suelo que se erosiona con gran facilidad. [23]

Coefficiente de Curvatura (CC)

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

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

Cuando el valor de esta relación oscila entre 1 y 3, corresponde a un suelo bien graduado. Pero también indica un gran margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio. [23]

1.1.3.1.3 Propiedades Mecánicas

1.1.3.1.3.1 Compactación

La compactación es un proceso aplicado a los suelos, mediante el cual se obliga a reducir el índice de porosidad y aumentar el peso específico seco “ γ ” con el fin de disminuir el volumen de vacíos presentes en la masa. [14]

El objetivo de la compactación es el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo como la resistencia al corte y a la deformación. Con esto se reduce la compresibilidad y la capacidad de absorber el agua que tiene el suelo. La compactación de manera excesiva produce un material susceptible al agrietamiento, es por tanto indispensable apearse a las normativas establecidas para determinar el rango donde el suelo trabaja de la mejor manera. Este aspecto es controlado por la humedad y densidad del suelo. [14]

1.1.3.1.3.2 Energía de Compactación

La energía de compactación aplicada, afecta a la estructura de los suelos ya que logra reducir el volumen y ocasionar deformaciones angulares. A mayor energía de compactación, acompañada también por un aumento del contenido de humedad, mayor será la disminución de vacíos de aire y mayores serán las deformaciones angulares. [28]

La energía específica de compactación viene dada por la siguiente formula:

$$E_c = \frac{W * h * N * n}{V}$$

Donde:

E_c = Energía específica (kg.cm/cm³).

N = Número de golpes por capa.

n = Número de capas de suelo.

W = peso del pisón (kg).

h = Altura de caída libre del pisón (cm).

V = Volumen total del suelo compactado (cm³).

1.1.3.1.3.3 Contenido de Humedad

El contenido de humedad es un factor que afectará directamente en la compactación de suelos, siendo así que éstos se encuentran en la naturaleza parcialmente saturada, saturada o sumergida. [29]

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. [29]

1.1.3.1.3.4 Próctor Estándar (AASHTO T-99)

El ensayo Próctor Estándar se puede resumir de la siguiente manera:

Se toma una porción de 4 kg de suelo, se le agrega una cantidad de agua necesaria para que una vez homogenizado tenga un contenido de humedad inferior en 4% a 6% al óptimo estimado, el suelo homogenizado se compacta dentro del molde en tres capas, aplicándole a cada capa 25 golpes con un pisón de 2.5 kg a una altura de caída de 30.48 cm. [30]

Terminada la compactación de las capas se determina el peso específico del material compactado y su contenido de humedad. Con este procedimiento se consigue un punto de la curva de compactación. Es recomendable contar con al menos cuatro puntos para tener una curva bien definida. [30]

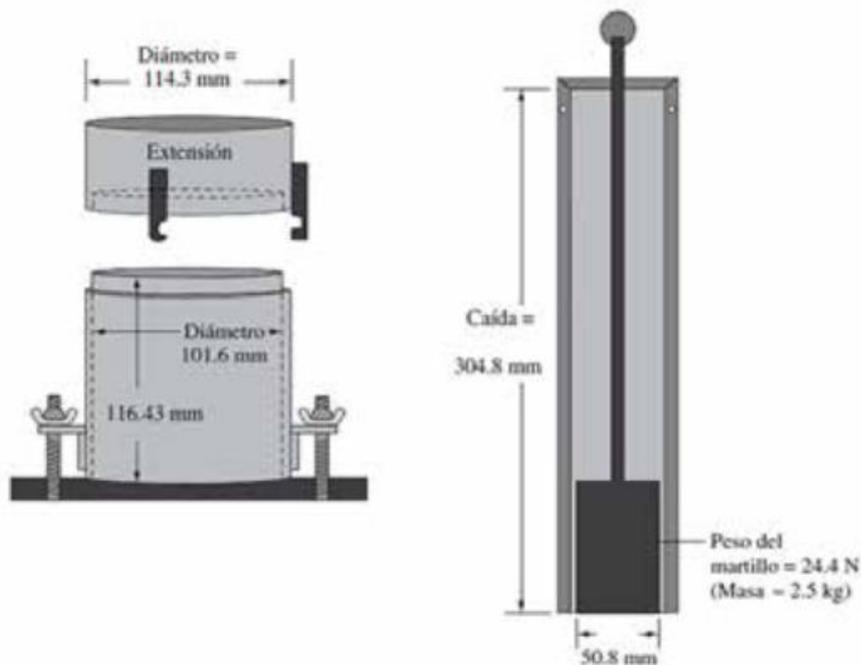


Figura 8: Equipo para el ensayo de compactación Proctor Estándar

Para conseguir el siguiente punto, se utiliza una porción de suelo del mismo peso con el que se realizó el primer punto y que se le incorpore aproximadamente 2% de agua con respecto a la masa inicial del suelo de prueba. [30]

Tabla 6: Especificaciones del Proctor Estándar.

ENSAYO : ESTÁNDAR AASHTO T- 99				
PISÓN : Martillo cilíndrico de 5.5 lb				
IMPACTO: Altura de caída 12"				
MÉTODOS	A	B	C	D
<i>Material que pasa</i>	Tamiz #4	Tamiz#4	Tamiz#3/4	Tamiz#3/4
<i>Diámetro molde</i>	4"	6"	4"	6"
<i>Número de capas</i>	3	3	3	3
<i>Número de golpes</i>	25	56	25	56
<i>volumen estándar</i>	1/30 pie ³	1/13.33 pie ³	1/30 pie ³	1/13.33 pie ³
<i>Energía de compactación</i>	12.375 lb pie/pie ³			

Fuente: AASHTO T- 99.

1.1.3.1.3.5 Próctor Modificado (AASHTO T-180)

El ensayo consiste en compactar el suelo en cinco capas, dentro del molde especificado por la norma, a través de repetitivos golpes de un pistón especificado, que cae libremente a una altura definida. Esta prueba es aplicable únicamente en suelos finos plásticos, o que contienen una porción considerable de estos. [4]

El ensayo del próctor modificado determina un valor mayor de peso específico seco máximo y menor contenido de humedad que el próctor estándar, ya que poseen algunas diferencias, la misma que están establecidas por la AASHTO T180 [4]

Tabla 7: Comparación Próctor Estándar y Modificado

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

Fuente: AASHTO T- 180

Tabla 8: Especificaciones del Próctor Modificado

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

Fuente: AASHTO T- 180

Este método de prueba aplica a suelos mixtos teniendo 40% o menos retenido en el tamiz N°4 diferenciado por los métodos A o B, en cambio sí el 30% o menos retenido sobre los el tamiz 3/4" con los métodos C o D. Si no hay un mínimo porcentaje, puede usarse el 5% de contenido de humedad. [4]

Método A: Puede seguirse si el 20% o menos por peso del material es retenido sobre el tamiz 4.75mm (#4). [4]

Método B: Se seguirá si el 20% o más del peso del material es retenido sobre el tamiz #4 y el 20% o menos por peso del material es retenido en el tamiz de (3/8"). [4]

Método C: Debe seguirse si más del 20% por peso del material queda retenido en el tamiz de 9,5mm (3/8") y menos del 30% por peso del material queda retenido sobre el tamiz de 19mm (3/4"). [4]

Nota: La curvatura de los ensayos Próctor estándar requieren de un contenido de humedad más alto para alcanzar la humedad óptima y la densidad máxima por otro lado la curvatura de los ensayos Próctor Modificados requieren de menor contenido de humedad para alcanzar la humedad óptima y la densidad máxima. [21]

1.1.3.1.3.6 Relación de Soporte California (CBR)

La relación de Soporte de California (CBR) evalúa la resistencia potencial de la sub rasante, sub base y material de base del suelo donde se tiene proyectada la construcción de vías. El índice obtenido del CBR se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de la sub rasante, capas de base, sub base y de afirmado del suelo. [31]

Este método fue propuesto en 1929 por Stanton y Porter, que eran ingenieros del Departamento de Carreteras de California, de ahí el nombre California Bearing Ratio que traducido al español es Relación de Soporte California. Desde esa fecha el método de CBR se ha generalizado en Europa y América. [31]

EL CBR tiene como finalidad reportar el índice de calidad y se define como la relación entre la carga necesaria del suelo ensayado y la carga necesaria para producir la misma deformación. [31]

$$CBR (\%) = \frac{CARGA UNITARIA DEL ENSAYO}{CARGA UNITARIA PATRÓN} \times 100$$

Para el método del CBR se aplica una carga a través de una superficie de contacto y se desarrollan dos resistencias: una en referencia al corte perimetral y otra referida a la compresión. Cabe indicar que el CBR no es una constante del suelo, sino que indica la resistencia al corte del suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad, que son obtenidas por el ensayo de Proctor Modificado. [31]

Equipo de CBR, que se compone de:

Un molde cilíndrico de compactación de 15.2 cm de diámetro y 17.8 cm de altura, provisto de un collar de metal de 50.8 mm de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm de espesor [31]

Disco espaciador de metal de forma circular de 15,08 cm de diámetro y $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ "') de espesor, que es insertado en el falso fondo del molde cilíndrico

- Pisón de penetración metálico, como los usados en la prueba Proctor modificado.
- Unas pesas de metal para sobrecarga, que sean anulares y ranuradas.
- Diales con 25 mm de recorrido mínimo.

Aparato medidor de expansión, que se compone de:

- Una placa de metal perforada, de 149,2 mm de diámetro, donde las perforaciones que ocasione no excedan de 1,6 mm de diámetro.
- Un trípode necesario para la estabilidad, con un dial o deformímetro sujeto en el centro; y este coincida con el vástago. Esto permitirá controlar la posición y así medir la expansión.
- Un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
- Tanque donde se pueda sumergir los moldes en agua.

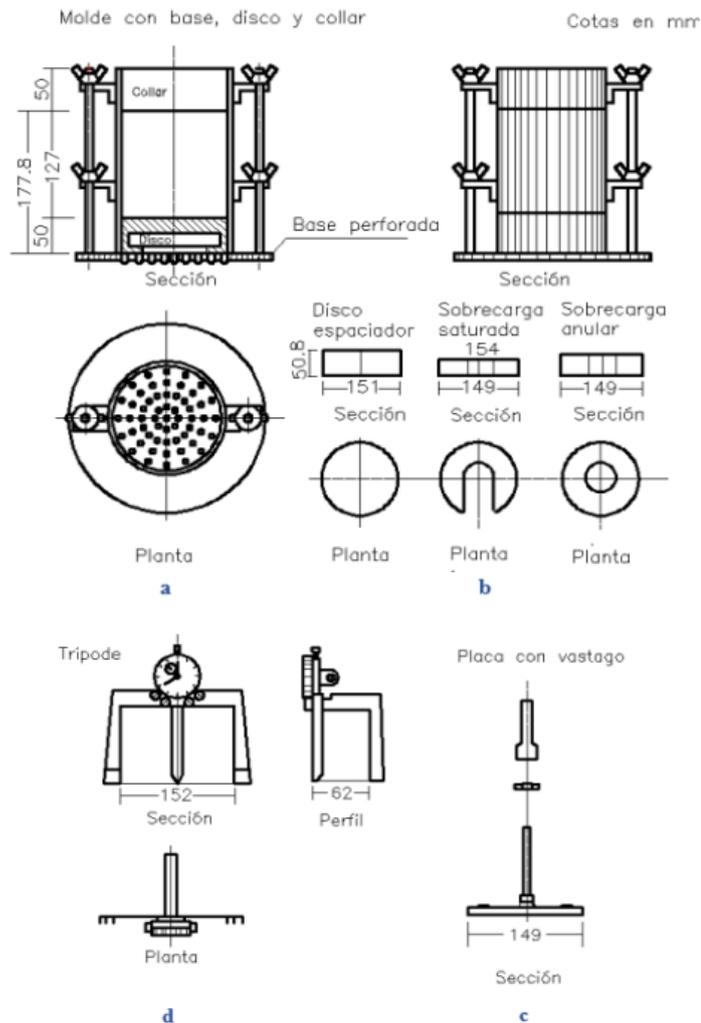


Figura 9: Equipos para ensayo CBR

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, MTC. Pág.249

Cada serie de la prueba CBR se ejecuta para una compactación relativa y un contenido de humedad determinado. El profesional debe especificar las condiciones bajo las cuales se debe realizar cada ensayo. [31]

El índice CBR, como ya describimos, es un porcentaje de carga unitaria y su relación se basa a una carga para una penetración. En el Tabla 9 podemos ver las medidas de penetración con respecto a sus presiones de las cargas unitarias. [31]

Tabla 9: Valores de penetración y carga unitaria (presión)

Penetración		Presión		
mm	pulgadas	MN/m ² (MPA)	Kgf/cm ²	Lb/pulg ² (PSI)
2.54	0.1	6.9	70.31	1
5.08	0.2	10.35	105.46	1.5

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales, MTC. Pág.255

Para determinar y calcular el valor de expansión o también conocido como esponjamiento que es ocasionado por estar sumergida la muestra en agua.

Se calcula mediante:

$$E\% = ((L_f - L_i) / H_i) * 100$$

Donde,

E (%): expansión en porcentaje

L_f: Lectura final

L_i: lectura inicial

H_i: Altura inicial de la muestra

Es recomendable calcular una muestra de suelo para CBR que cumplan con condiciones de humedad y densidad, tales que su valor de esponjamiento sea inferior al 2% [21]

1.1.3.1.3.7 Cono Dinámico de Penetración (DCP)

En ensayo de Cono Dinámico de Penetración (DCP) es usado para medir de la resistencia a la penetración in situ de un material en suelos inalterados o compactados a nivel de la sub rasante. Es usado en la etapa constructiva o en estudios geotécnicos o de mecánica de suelos para la construcción de pavimentos. En el diseño de pavimentos flexibles, es

utilizado para estimar el valor de CBR. Este da un mayor conocimiento de la capacidad estructural del material y detecta su uniformidad a base de la compactación. [31]

El DCP de 8 kg puede ser usado para estimar los parámetros de soporte de suelos finos y gruesos, materiales granulares de construcción y estabilizaciones pobres. El DCP de 8 kg no puede ser utilizado en materiales altamente estabilizados o cementados o para materiales granulares que contengan un alto porcentaje de agregados mayores que 50 mm. [22]

En caso de materiales ubicados por debajo de capas de materiales altamente estabilizados, el DCP de 8kg puede ser utilizado luego de cortar un orificio de acceso, en la losa o carpeta asfáltica. [22]

El DCP de 8kg consiste de los siguientes componentes: una barra de acero de 15.8 mm de diámetro, con una punta-cono recambiable o desechable, un mazo de 8 kg el cual es soltado de una altura de 575 mm, un ensamblaje de acople y un mango. La punta-cono tiene un ángulo de 60° y un diámetro en la base de 20 mm. [22]

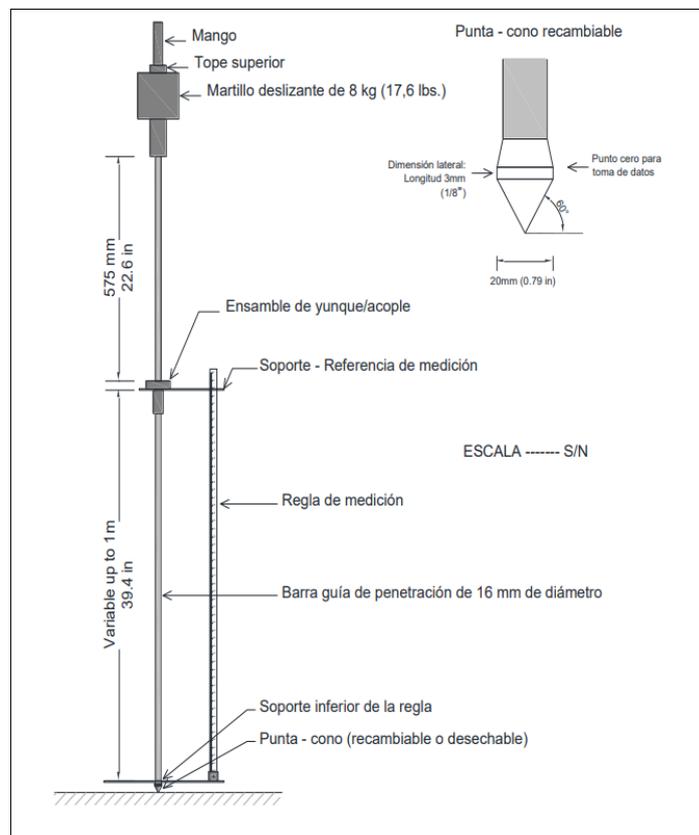


Figura 10: Esquema del Cono Dinámico de Penetración
Fuente: (ASTM D 6951 – 03)

Generalmente las lecturas son registradas en términos de la cantidad de golpes para penetrar una cierta profundidad de acuerdo con la resistencia de los estratos a ser atravesados, repitiendo esta operación hasta la profundidad máxima de auscultación que es de 800 mm. Este valor de 800 mm fue el resultado de una serie de estudios de donde se concluyó que es la profundidad tras la cual el material normalmente ha disminuido el efecto asociado al tráfico y clima sobre el desempeño del pavimento. [22]

Al realizar el ensayo se debe tener algunos cuidados como: primero verificar la limpieza del instrumento y el buen estado del cono, mantener siempre el instrumento lo más vertical que se pueda con el fin de evitar cualquier roce entre el martillo y la barra y un esfuerzo adicional en la penetración del cono, el operador del martillo debe llevar un ritmo regular y evitar las interrupciones, además se debe eliminar la lectura del primer golpe, porque no es representativa, debido a que el área de impresión de la punta es menor que aquella de los golpes subsiguientes. [22]

- **CURVA DCP**

Gráfica que representa la penetración acumulada en función del número de golpes acumulados para los respectivos datos. En este tipo de curvas, se puede visibilizar el número de capas existentes representadas por rectas de diferentes pendientes, también se puede determinar el espesor de dichas capas [22]

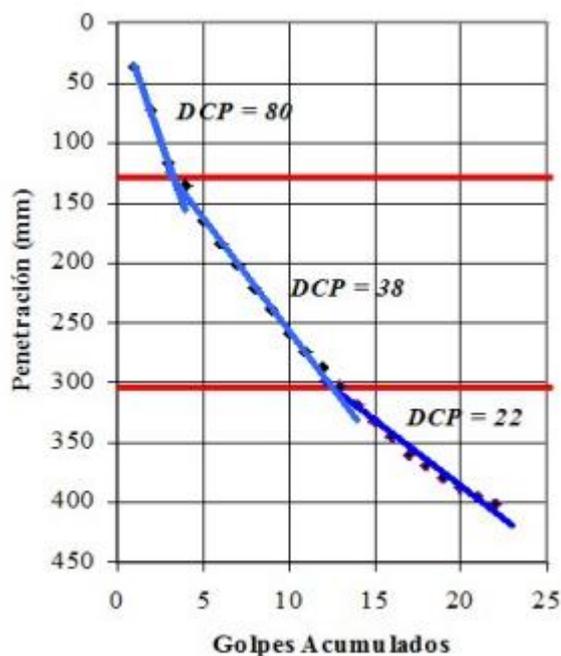


Figura 11: Curva DCP para una serie de valores, se observan tres capas diferentes
Fuente: Manual de pavimentos Ing. Milton Torres E.P.N

- **NÚMERO DCP O ÍNDICE DE PENETRACIÓN (DN)**

Este número define la penetración del DCP a través de una capa específica medida en mm/golpe. El DN representa la pendiente de la recta, mientras menor sea la pendiente mayor será la resistencia del suelo. [22]

- **DIAGRAMA ESTRUCTURAL**

Esta representación deriva de la curva DCP. En ordenadas se indica la profundidad y en abscisas el DN; cuando este número es constante significa una uniformidad en las propiedades del material como es su contenido de humedad y densidad, su variación implica un cambio en el material o bien un cambio de capas. [8]

Con posibles propósitos de aplicación al diseño de pavimentos, Transvaal Roads Department-TPA (1978) desarrolló un conjunto de curvas directrices que indican la capacidad de soporte de pavimentos sometidos a condiciones de tráfico ligeras, medianas y severas. Por lo tanto, se puede comparar cualquier sondeo de DCP con las directrices mencionadas para estimar la profundidad a la cual el material natural actúa como un elemento estructural en el pavimento. [8]

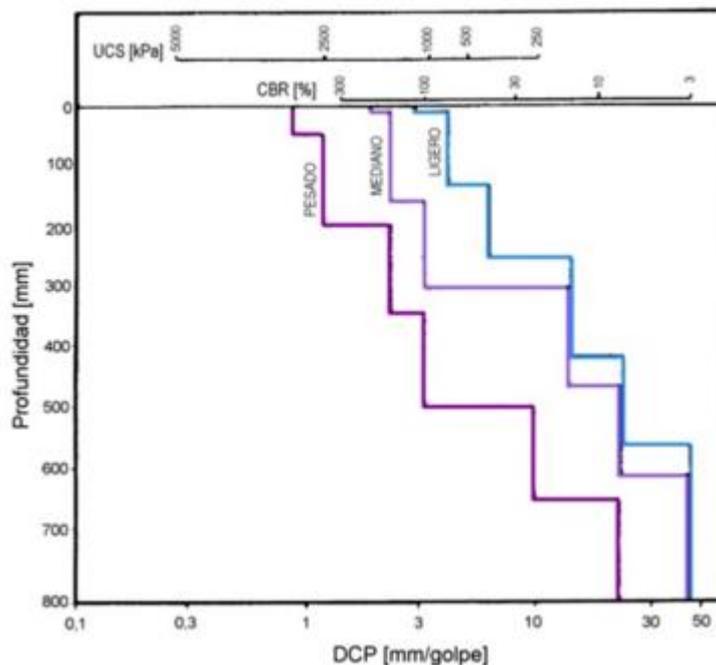


Figura 12: Curvas estructurales DCPs, para tráfico liviano, mediano y pesado

Fuente: Transvaal Roads Department-TPA, 1978

- **Correlaciones existentes para el DCP**

En las últimas décadas se han desarrollado diferentes investigaciones para correlacionar el valor DCP con otras características físico-mecánicas de los suelos; la selección apropiada de este tipo de correlaciones está relacionada con el juicio del profesional en el área y las especificaciones del equipo DCP. Expresiones más trascendentales obtenidas con el uso del DCP SON: [8]

Tabla 10: Resumen de expresiones para correlacionar el número DCP con otros valores.

Relación entre DCP(mm/golpe) y:	Ecuación	Autor/Autores	Observaciones
Límite Líquido (%)	$LL = 0,62 \cdot \text{Log}(DCP) - 1,14$	Gabr, M. et al. (2001)	Suelo con alto contenido de finos (60%).
Grado de Saturación (%)	$S = 1 - e^{-0,065 \cdot DCP}$	Gabr, M. et al. (2001)	Suelo con alto contenido de finos (60%).
Valor de Soporte California (CBR %)	$\text{Log}(CBR) = 2,465 - 1,12 \cdot \text{Log}(DCP)$ o expresada también: $CBR = \frac{292}{DCP^{1,12}}$	Van Vuren (1968), Kleyn (1975), Livneh e Ishai (1987), Webster (1992) y Siekmeier (1999).	Apta para todo tipo de suelos (granulares y cohesivos).
Valor de Soporte California (%)	$\text{Log}(CBR) = 2,317 - 0,858 \cdot \text{Log}(DCP)$	Transport Road Research TRRL (1986).	Apta para todo tipo de suelos.
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{0,002871 \cdot DCP}$	Webster S.L. et al. (1994).	Para suelos CH.
Valor de Soporte California (%)	$CBR = \frac{1}{(0,017019 \cdot DCP)^2}$	Webster S.L. et al. (1994).	Para suelos CL con CBR < 10 %.
Módulo Resiliente (Mpa)	$MR = 537,76 \cdot DCP^{-0,6645}$	Chen D. et al. (2005).	Estudio realizado en bases y sub-bases de diferentes autopistas de Estados Unidos.

Fuente: El Cono Dinámico de Penetración y su aplicación en la evaluación de suelos (pág.7)

1.1.3.1.3.8 Correlación DCP y CBR

El cono más utilizado de Scala, ha sido evaluado en diferentes partes del planeta. Estudios y pruebas realizados en campo por investigadores geotécnicos, han sido esenciales para

la evaluación de las estructuras del pavimento, siendo de especial importancia establecer una correlación para el índice DCP con el CBR. [14]

La penetración por golpe en relación a la profundidad acumulada puede ser graficada para posterior estimar el CBR in situ empleando una correlación oportuna.

Tabla 11: Correlación entre el CBR e Índice DCP.

Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %	Índice DCP mm/golpe	CBR %
<3	100	39	4.8	69-71	2.5
3	80	40	4.7	72-74	2.4
4	60	41	4.6	75-77	2.3
5	50	42	4.4	78-80	2.2
6	40	43	4.3	81-83	2.1
7	35	44	4.2	84-87	2
8	30	45	4.1	88-91	1.9
9	25	46	4	92-96	1.8
10-11	20	47	3.9	97-101	1.7
12	18	48	3.8	102-107	1.6
13	16	49-50	3.7	108-114	1.5
14	15	51	3.6	115-121	1.4
15	14	52	3.5	122-130	1.3
16	13	53-54	3.4	131-140	1.2
17	12	55	3.3	141-152	1.1
18-19	11	56-57	3.2	153-166	1
20-21	10	58	3.1	166-183	0.9
22-23	9	59-60	3	184-205	0.8
24-26	8	61-62	2.9	206-233	0.7
27-29	7	63-64	2.8	234-271	0.6
30-34	6	65-66	2.7	272-324	0.5
35-38	5	67-68	2.6	>324	<0.5

Fuente: ASTM – 6951.

- **Correlación lineal**

Ésta se da cuando se tiene únicamente dos variables, una independiente o predictoria y otra dependiente o respuesta. Al correlacionar ambas variables, la recta que mejor se ajuste a los datos es la que minimiza las diferencias al cuadrado de los puntos con respecto a la recta de ajuste, por ello si la variable dependiente es directamente proporcional a la variable independiente la correlación es positiva o directa, mientras si es inversamente proporcional la correlación es negativa o indirecta. [23]

- **Correlación Múltiple**

La correlación múltiple es cuando se tiene una variable dependiente y varias independientes, resultando una suma algebraica de las variables independientes ponderadas por su coeficiente beta como se muestra en la siguiente expresión: [23]

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

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

- **Correlación por medio de los mínimos cuadrados**

El punto de partida es una correlación a través de una ecuación lineal $y = ax + b$, donde los coeficientes a y b son determinados por a través de la técnica de mínimos cuadrados en un sistema de ecuaciones. [23]

El método de mínimos cuadrados fija distintos valores de la variable independiente que permite encontrar el valor de la variable dependiente, formando una serie de puntos que deberán ajustarse a una línea recta. Los coeficientes a y b se determinan a través de las siguientes expresiones: [23]

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

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

Error Típico de estimación

Si el valor estimado de la variable dependiente representa el valor obtenido mediante la ecuación de la recta para valores dados de la variable independiente, por lo que el error estimado viene dado por: [23]

$$S_{x,y} = \sqrt{\frac{\sum(Y - Y_{est})^2}{N}}$$

- **Coefficiente de correlación**

Para determinar el grado de relación entre las variables, se utiliza un coeficiente de correlación (r) desarrollado por Pearson, el cual se calcula como la razón de la covarianza

entre las variables y la raíz del producto de sus varianzas, lo anterior se muestra en la siguiente fórmula. [23]

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

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

$r = 0$ No hay correlación entre las variables propuestas.

$r = -1$ La correlación es perfecta y negativa.

$r = 1$ La correlación es perfecta y positiva.

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

Tabla 12: Rangos de correlación

Correlación	Rango
Perfecta	$r = 1$
Excelente	$0.9 < r < 1$
Aceptable	$0.8 \leq r \leq 0.9$
Regular	$0.6 \leq r \leq 0.8$
Mínima	$0.3 \leq r \leq 0.6$
No hay correlación	$0 < r < 0.3$

Fuente: Estadística y muestreo, Martínez Ciro

1.1.3.1.4 Pavimentos

Un pavimento puede definirse como la capa o conjunto de capas seleccionadas que reciben en forma directa las cargas de tránsito y las transmiten a las capas inferiores, distribuyéndolas con uniformidad. [32]

De acuerdo con las teorías de esfuerzos y las medidas de campo que se realizan, los materiales con que se construyen los pavimentos deben tener una calidad suficiente para resistir. Por lo mismo, las capas localizadas a mayor profundidad pueden ser de menor calidad, en relación con el nivel de esfuerzos que recibirán, aunque el pavimento, también transmita los esfuerzos a las capas inferiores. [32]

1.1.3.1.4.1 Pavimentos Flexibles

La estructura de un Pavimento está formada por una o varias capas de materiales seleccionados, de módulos elásticos decrecientes con la profundidad. Normalmente, la capa de rodadura corresponde a una mezcla asfáltica o a una capa asfáltica y las capas siguientes a materiales granulares de tipo base o subbase. En este caso, las cargas de las ruedas son resistidas principalmente por la capacidad de absorber deformaciones, por las características de sus capas constitutivas y del suelo de fundación. [33]

Las ventajas de un pavimento flexible son:

- Es un pavimento impermeable, impide la penetración del agua a capas inferiores, evitando así daños en sus bases inferiores. [33]
- Posee propiedades adherentes y cohesivas que le permiten formar una única estructura. [33]
- Resistencia mecánica y al desgaste.
- Al ser un material flexible, es elástico por lo que tiende a sufrir deformaciones y volver a su estado original, siempre que sean cargas para lo cual fue diseñado. [33]

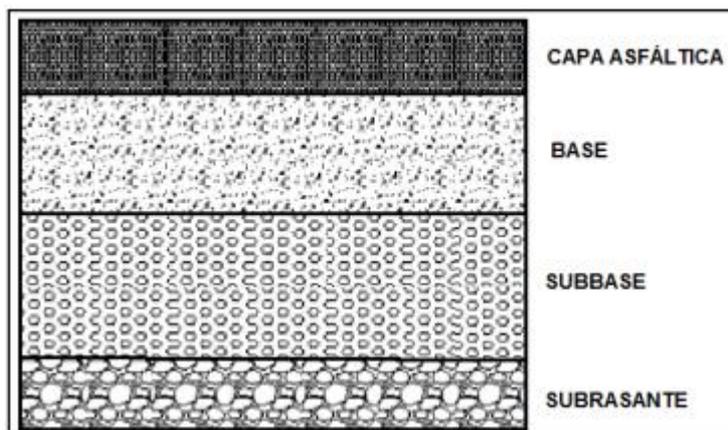


Figura 13: Composición Pavimento Flexible

Fuente: Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito, Daniel Gonzáles Morgado

Previo a caracterizar las capas que componen el paquete estructural de un pavimento flexible, es necesario conocer términos que se asocian a este, como:

- Paquete estructural: Conjunto de capas estructurales que forman un pavimento: Capa asfáltica, Base, Subbase.
- Rasante: Es la última cota del paquete estructural, cota a nivel de paquete terminado
- Subrasante: Es la cota de inicio del paquete estructural, siendo la cota de término del movimiento de tierra previo a la construcción del paquete estructural. [33]

1.1.3.1.4.2 Pavimentos Rígidos

Fundamentalmente está constituido por una losa de concreto hidráulico, apoyado sobre la sub-rasante o sobre una capa de material seleccionado, la cual se denomina sub-base del pavimento rígido. Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como de su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además, como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existan zonas débiles en la sub-rasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de las losas y, por lo tanto, el apoyo de las capas subyacentes ejerce poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. [34]

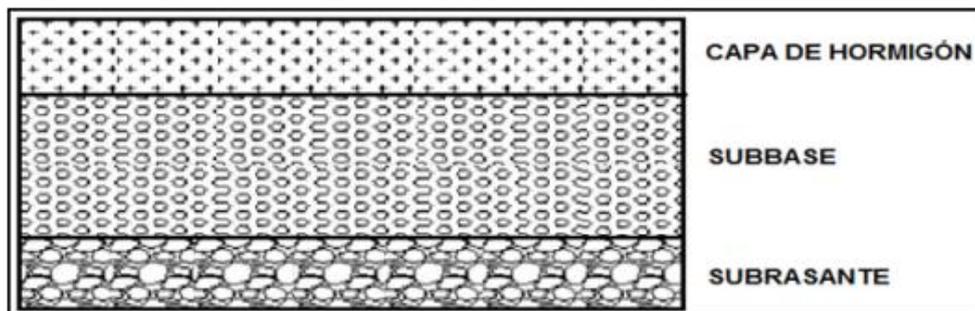


Figura 14: Composición Pavimento Rígido

Fuente: Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito, Daniel González Morgado

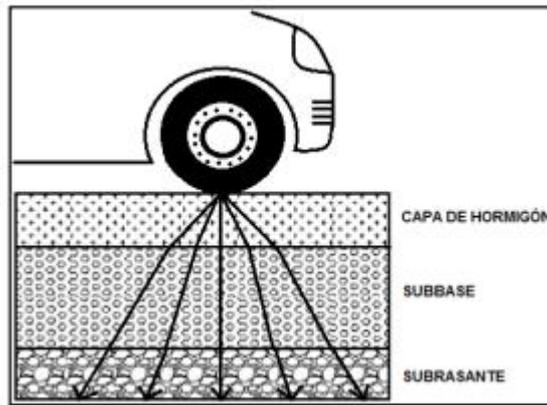


Figura 15: Repartición de Cargas

Fuente: Metodologías de reparación para pavimentos flexibles de mediano y bajo tránsito, Daniel González Morgado

1.1.3.1.4.3 Base

La base es la capa situada debajo de la carpeta asfáltica. Su función es resistir y absorber la mayor parte de los esfuerzos verticales. Para tránsito medio y ligero se emplean las tradicionales bases granulares, pero para tránsito pesado se emplean ya materiales granulares tratados con un cementante. [35]

Para la determinación del material granular que va a formar la capa base, este debe pasar por el ensayo de abrasión, en el cual el desgaste de las partículas gruesas no sea mayor a 40%, el límite líquido debe ser menor a 25, índice de plasticidad menor a 6 y el valor del CBR igual o mayor al 80%. [36]

Tabla 13: Recomendaciones para uso de material base

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

Fuente: MTOP -003-2013

Base clase 1: Está formada por agregados gruesos y finos, triturados en un 100%, con una distribución granulométrica uniforme. [36]

Base clase 2 y 3: La base clase 2 y 3 están formadas por fragmentos de roca o grava triturada, en la base clase 2 el agregado grueso deberá estar triturado por lo menos 50% en peso, mientras en la base clase 3 al menos el 25%. [36]

Base clase 4: Está formada por agregados triturados o cribados de piedras fragmentadas naturalmente o gravas. [36]

Tabla 14: Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada para base clase 1, 2, 3 y 4

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

Fuente: MTOP -003-2013

1.1.3.1.4.4 Sub Base

Es una capa granular que actúa como filtro para que partículas de material fino no se introduzcan dañando la subrasante, es la última capa previo a la subrasante, la subbase debe transmitir aún más disipadas las cargas que están accionadas en el pavimento. [33]

Para la determinación del material granular que va a formar la capa sub-base, este debe pasar por el ensayo de abrasión, en el cual el desgaste de las partículas gruesas no sea 35 mayor a 50%, el límite líquido debe ser menor a 25, índice de plasticidad menor a 6y el valor CBR no será menor de 30% [36]

- **Sub base clase 1:** Es la mezcla de partículas gruesas originadas por la trituración de la grava o roca y arena natural o partículas trituradas, la trituración de las partículas gruesas no será menor del 30%. [36]
- **Sub base clase 2:** Es la mezcla de partículas gruesas originadas por la trituración o cribado de grava o partículas fragmentadas naturalmente y arena natural o partículas trituradas, la trituración de las partículas gruesas no será menor del 30%. [36]
- **Sub base clase 3:** Es la mezcla de partículas gruesas originadas por el cribado de grava o roca y arena natural o partículas finamente trituradas. [36]

Tabla 15: Áridos para Sub-Base

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

Fuente: MTOP -003-2013

1.1.3.1.5 Diseño Estructural del Pavimento Flexible

1.1.3.1.5.1 Análisis del Transito

El diseño de una carretera se debe realizar a partir de datos reales de tráfico, es decir el número de vehículos y peatones que circulan por ella en función del periodo de diseño. La medición del tránsito se lo realiza de forma manual y automática. [23]

- **Composición**

Es importante conocer el tamaño y peso de los vehículos, por ello el Ministerio de Transporte y Obras públicas considera varios tipos de vehículos de diseño, que en parte son equivalentes a los determinados por la AASHTO. [23]

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

- **Volumen**

- **Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA):** es el número de vehículos que circulan durante un año dividido por 365 días, es decir el tránsito promedio por día. Es muy importantes ya que permite dimensionar los elementos estructurales y funcionales de la vía. El TPDA es propio para cada sentido de circulación. [23]
- **Volumen Horario Máximo Anual (VHMD):** es la hora de mayor demanda vehicular dentro del año calendario.
- **Volumen Horario Máximo Demanda (VHMD):** es el mayor número de vehículos que pasa por la vía durante 60 min.

- **Tránsito Futuro**

Para determinar el tránsito futuro (TF) es necesario conocer el tránsito actual (Ta), el mismo que corresponde a la suma del: tránsito generado (20% del TPDA actual), tránsito atraído (20% del TPDA actual), y el tránsito desarrollado (5% del TPDA actual). [23]

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

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

Tabla 16: Índice de crecimiento vehicular

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

Fuente: MTOP-001-F-2003

1.1.3.1.5.2 Diseño de la estructura de pavimento método AASHTO 1993

El método establecido por la AASHTO permite obtener el parámetro denominado número estructural (SN), mismo que es utilizado para determinar el espesor de las capas que conforman el pavimento. Además, este método contempla la capacidad de soporte del suelo, el tráfico, el uso y condiciones ambientales. [23]

Se debe aplicar la siguiente ecuación:

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

Donde:

W18 = Número de cargas de ejes equivalente de 80KN

Zr = Desviación estándar normal

S0 = Desviación estándar global

SN = Número estructural

Δ PSI = Pérdida de serviciabilidad

Mr = Módulo de resiliencia

- **Periodo de Diseño:** está definido como el periodo de tiempo que durará una estructura inicial, antes de alcanzar su serviciabilidad terminal, el tiempo será contado a partir de la apertura de la vía al tráfico hasta que la serviciabilidad se reduce a 2.50 o 2.00. [23]

Tabla 17: Periodo de diseño de acuerdo al tipo de Vía

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

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

- **Trafico Equivalente (W18):** transforma el total de las cargas transmitidas por los distintos tipos de vehículos pesados a la capa de rodadura, transformándola a una carga equivalente de 18 kip. [23]

Tabla 18: Factor de Distribución por Carril

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

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

- **Niveles de confiabilidad (R):** está definido como la probabilidad de que la serviciabilidad del pavimento se mantenga durante su periodo de diseño bajo condiciones de tráfico y medio ambiente, esta característica está asociada al tipo de carretera y la zona donde está ubicada. El valor R está directamente relacionado estadísticamente con el coeficiente de desviación estándar normal (Z_r), mediante el cual se puede obtener un valor de R a través de la desviación estándar. [23]

Tabla 19: Niveles de Confiabilidad

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

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

- **Desviación Estándar Normal (ZR):** se encuentra directamente asociada estadísticamente con el nivel de confiabilidad R

Tabla 20: Desviación Estándar Normal

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

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

- Desviación Estándar Global “S0”: se encuentra directamente asociada con el nivel de confiabilidad R. Este factor representa las posibles variaciones en el comportamiento del pavimento y la determinación del tráfico futuro. [23]
- Índice de Serviciabilidad “ΔPSI”: este valor está obtenido bajo las medidas de rugosidad y daños, la rugosidad es la que más influye en el Índice de Serviciabilidad, además indica el estado de la carretera. [23]

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

Donde:

ΔPSI = diferencia entre los índices inicial y final

PSI inicial = índice de servicio inicial (pavimento rígido 4,5 y pavimento flexible 4,2)

PSI final = índice de servicio terminal (camino secundario 2,0 y para principal 2,5 – 3)

Tabla 21: Característica Índice de Serviciabilidad

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

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

- **Módulo resiliente de la subrasante**

El módulo de resiliencia es la relación del esfuerzo desviador repetido aplicado en compresión triaxial y la deformación axial recuperable, por lo que directamente está relacionado con un proceso reiterado de carga. El módulo resiliente o módulo elástico es determinado a través de ensayos de laboratorio sobre muestras representativas bajo condiciones de humedad y esfuerzos. Como alternativa se puede correlacionar con otras propiedades del suelo como: contenido de arcilla, humedad, índice plástico, CBR entre otros. [23]

M_r (PSI) = 1500 * CBR, se aplica para CBR < 10% (AASHTO)

M_r (PSI) = 3000 * CBR^{0,65}, se aplica para CBR entre 10 – 20 %

M_r (PSI) = 4326 * Ln (CBR) + 24, se aplica para suelos granulares

- **Espesor de Capa**

La altura de las capas que forman la estructura del pavimento está en función del Número Estructural NE. La norma AASHTO establece una ecuación sencilla para determinar el espesor de cada capa. [23]

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

a₁, a₂, a₃ = Coeficientes de capa representativos de la superficie

D₁, D₂, D₃ = Espesores reales en pulgadas

m₂, m₃ = Coeficientes de drenaje

La ecuación representada no tiene una solución única ya que diferentes valores de espesor de capa satisfacen la igualdad. El espesor de las capas de un pavimento flexible siempre debe ser aproximada a ½ pulgada. [23]

Tabla 22: Espesores mínimos de las capas de un pavimento flexible

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

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

- **Coefficientes estructurales a1, a2 y a3**

Están directamente relacionados con la capacidad de soporte de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido, para poder determinar estos coeficientes se utiliza los siguientes ábacos, a partir del valor del módulo de elasticidad del asfalto. [23]

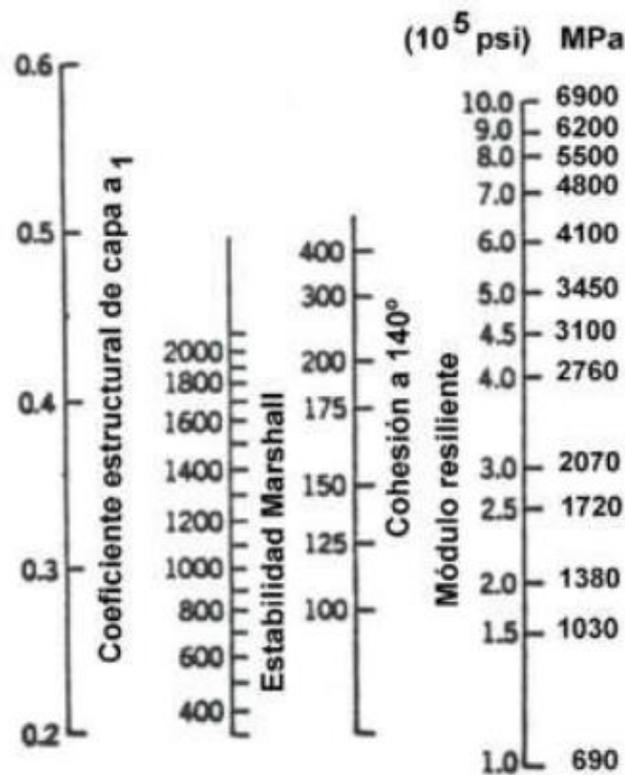


Figura 16: Ábaco para Estimación de Coeficiente a1

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

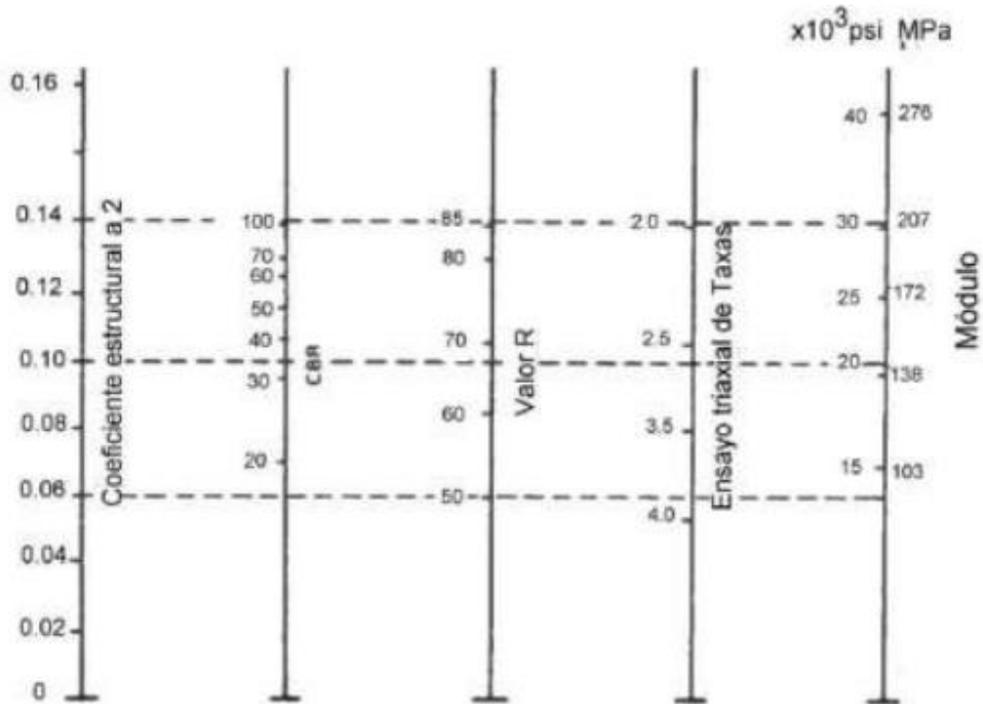


Figura 17: Ábaco para Estimación de Coeficiente a_2

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

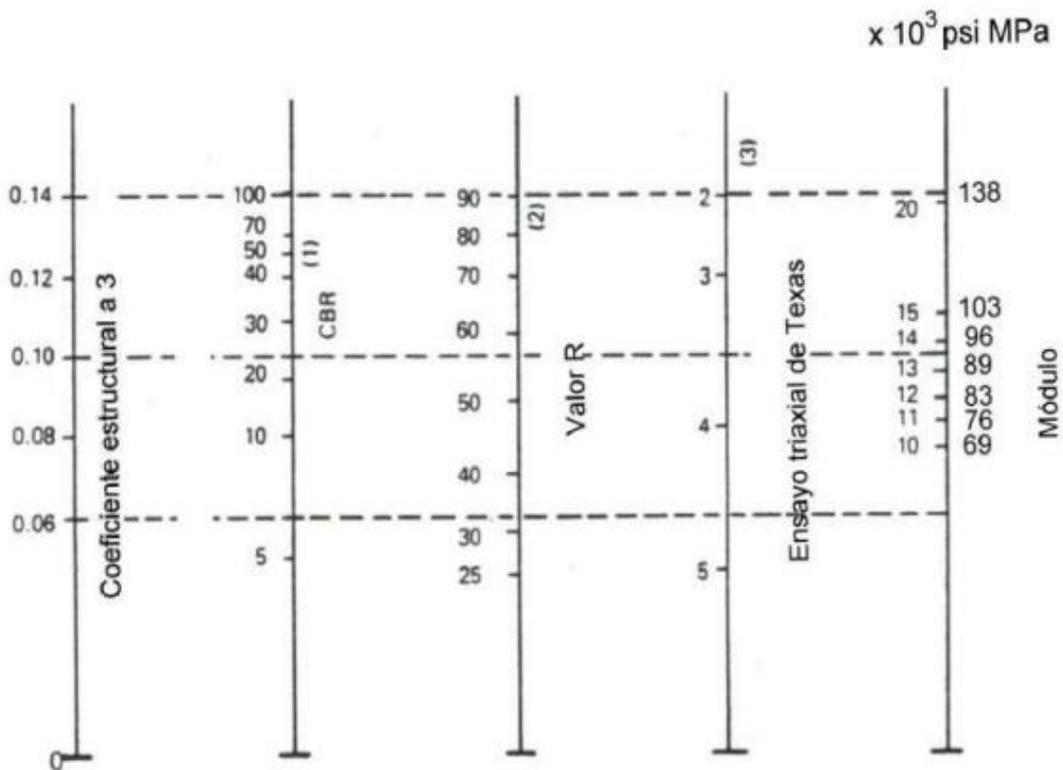


Figura 18: Ábaco para Estimación de Coeficiente a_2

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

- **Coefficiente de Drenaje**

Para determinar la capacidad de drenaje, es necesario determinar el tiempo en que el agua demora en ser eliminada de la capa de base y sub-base, por ellos la AASHTO establece la calidad del drenaje en función del tiempo, como lo muestra la tabla 15. [23]

Tabla 23: Capacidad de Drenaje

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

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

Además, establece coeficientes de drenaje (m^2 , m^3), que describen los niveles de humedad próxima a la saturación del suelo.

Tabla 24: Coeficiente de Drenaje

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

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

1.2 Hipótesis

1.2.1 Hipótesis Nula

No existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias del cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

1.2.2 Hipótesis Alternativa

Si existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias del cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la correlación entre el CBR de laboratorio, DCP y las propiedades índice y mecánicas de los suelos del cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar la extracción de muestras que representen características del suelo en estado natural de diferentes vías ubicadas dentro del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.
- Determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos del cantón Salcedo mediante ensayos in situ y ensayos de laboratorio para entender el comportamiento de los suelos estudiados.
- Establecer las correlaciones experimentales que se pueden determinar entre las propiedades mecánicas e índice y el CBR de laboratorio para los suelos estudiados mediante el uso de ecuaciones que permitan establecer dichas correlaciones.
- Utilizar los valores obtenidos mediante las correlaciones en la realización de la propuesta del diseño de un pavimento para las vías rurales del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.
- Zonificar los diferentes tipos de suelo del cantón Salcedo de acuerdo con la clasificación de suelos SUCS, AASHTO y las propiedades físicas y mecánicas obtenidas.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El presente proyecto es experimental y la metodología se realizará bajo los siguientes niveles de investigación.

2.1 Niveles de Investigación

2.1.1 Investigación Aplicada

Aplicando lo aprendido en el transcurso de la carrera tanto lo teórico como lo práctico, se realizarán los ensayos de campo y en el laboratorio, con el fin de obtener una base de datos de las características de los diferentes tipos de suelos obtenidos de las parroquias del cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi.

2.1.2 Investigación Exploratoria

Se realizará un reconocimiento completo de las vías de segundo orden de las parroquias del cantón Salcedo que permita una selección de las vías que serán tomadas en cuenta para el estudio.

2.1.3 Investigación Experimental

El ensayo del CBR es de gran importancia para el diseño de una vía, para la evaluación de la resistencia del suelo, teniendo en cuenta el costo y la gran cantidad de tiempo que lleva este ensayo se busca correlacionarlo con el DCP, las propiedades índice y mecánicas del suelo que permitan obtener este valor de una manera mucho más rápida y con resultados confiables.

2.1.4 Investigación Explicativa

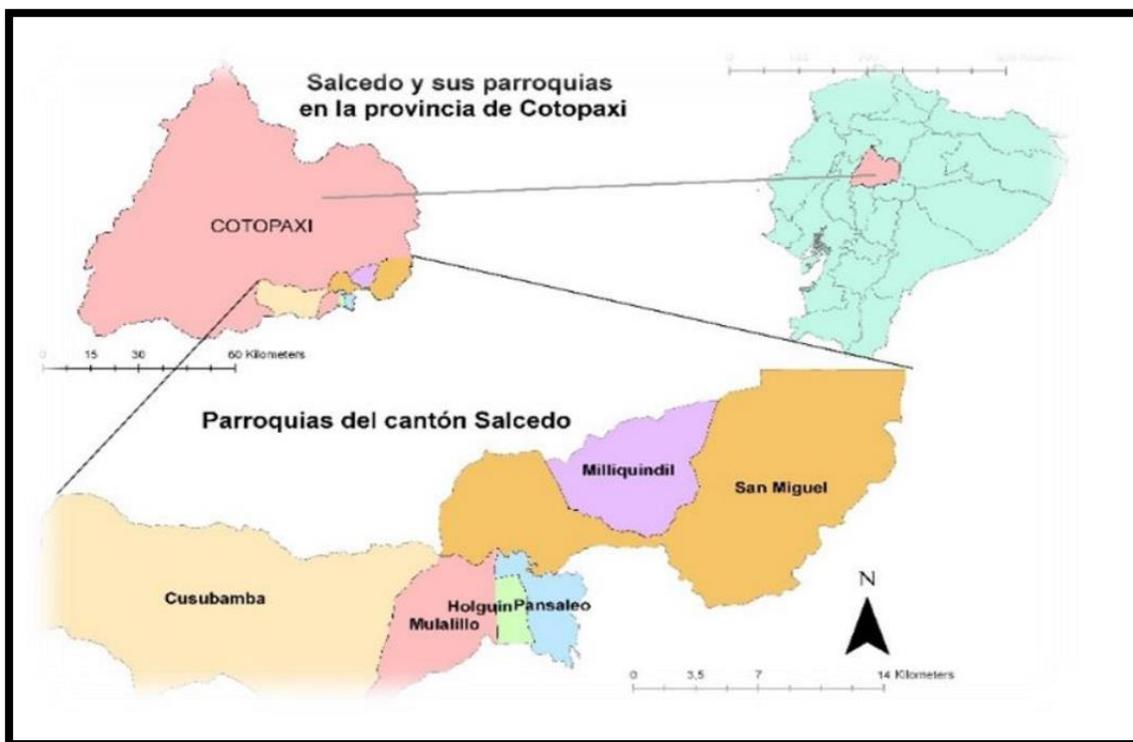
Una vez obtenido de las propiedades del suelo y DCP. Y las correlaciones con el CBR se puede determinar el nivel de confiabilidad para la obtención del valor del CBR y de esta manera saber si es aplicable este método en la zona de estudio.

2.2 Población y Muestra

2.2.1 Población

El presente trabajo experimental se desarrolla en la región Sierra, en el cantón Salcedo perteneciente a la provincia de Cotopaxi. El cantón salcedo cuenta con una extensión de 484.4 km²; una población de 57 528 habitantes que ocupan las 6 parroquias que son: Cusubamba, Antonio José de Holguín, Mulalillo, Panzaleo, Mulliquindil y San Miguel. Con un clima templado y Frío, con una temperatura que oscila entre los 13°C – 18°C.

En el cantón su mayoría son suelos negros, con procesos de descomposición de materia orgánica más estables. Están constituidos por texturas arcillosas, limosas en proceso de degradación, debido a la sobre explotación de éstos, así como también al cambio de uso de suelo. Estos suelos están ubicados en la parte altas de las parroquias. También posee terrenos completamente erosionados, donde predomina la cangahua o duripán. Estos suelos están en todo el Cantón. [37]



*Figura 19: Mapa Base del cantón Salcedo
Fuente: PDYOT 2011.*

En el cantón salcedo nos encontramos con varios ecosistemas como son: el parque nacional Llanganates, un Bosque protegido. También nos encontramos con un ecosistema frágil, uno en transición y recuperación natural.

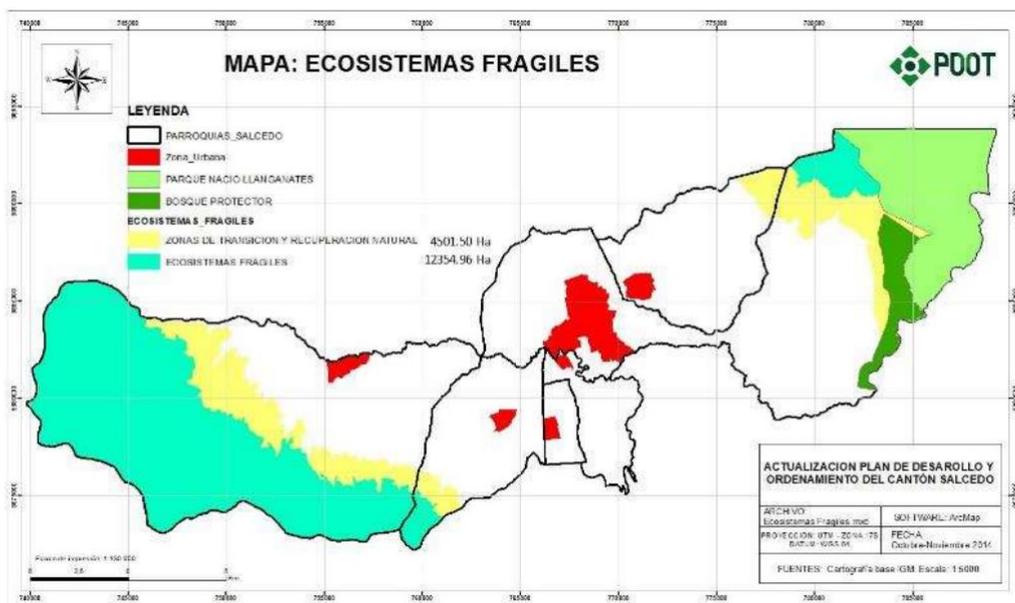


Figura 20: Mapa de Ecosistemas del Cantón Salcedo.
 Autor: Equipo Técnico de Planificación (2014) _ GAD Municipal del Cantón Salcedo.

2.2.2 Muestra

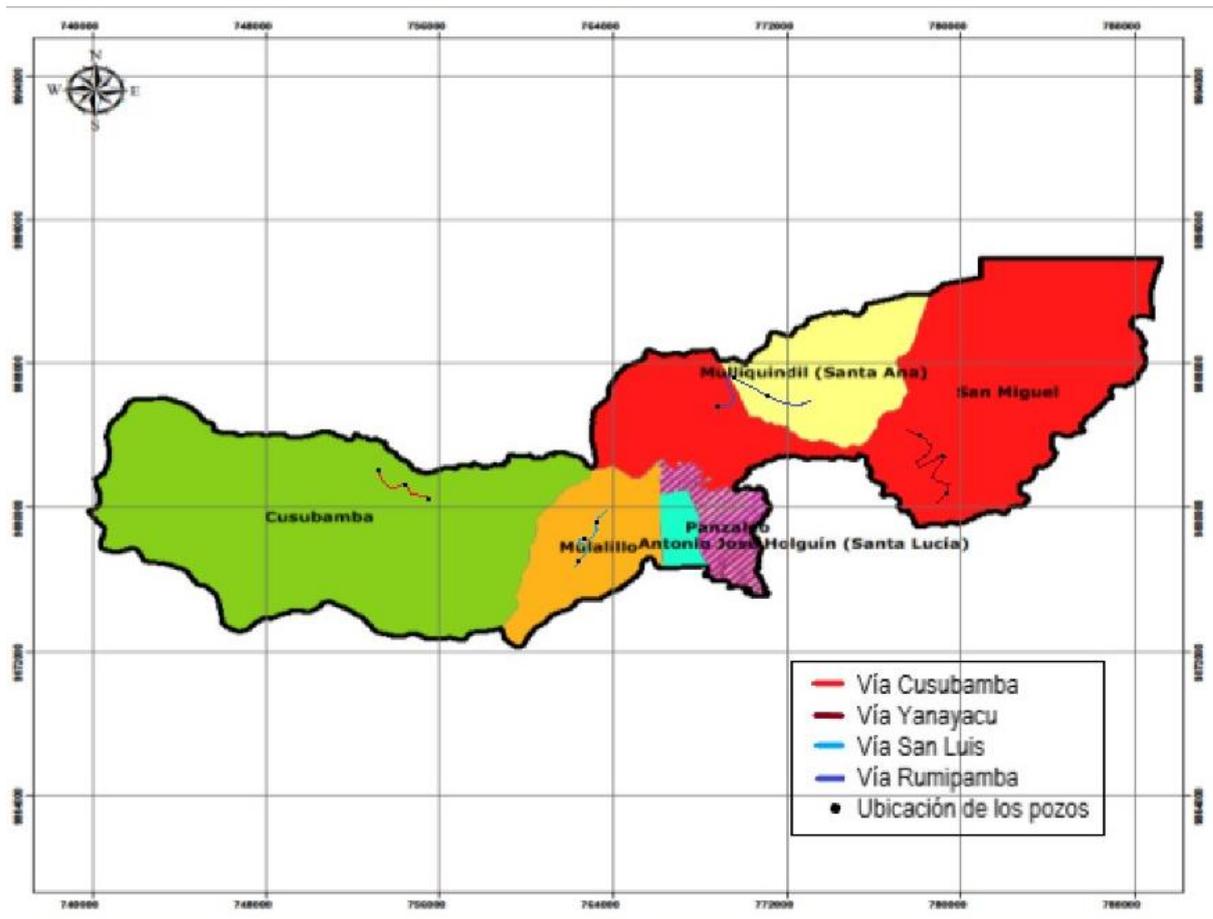
La muestra se tomó en las parroquias Cusubamba, Mulalillo, Mulliquindil y San Miguel de las cuales se seleccionó cuatro vías Inter parroquiales que conecten los pueblos aledaños. De cada una de las vías se tomó tres muestras para ser analizarlas mediante ensayos de campo y laboratorio. Con un total de doce muestras dentro del cantón Salcedo.

Tabla 25: Ubicación geográfica de las muestras.

PARROQUIA	VÍA	CALICATA	Nº Muestra	COORDENADAS		
				NORTE	ESTE	ELEVACIÓN
San Miguel	Yanayacu	1	1	9882385,3	770322,88	2662,35
		2	2	9883170,1	770837,48	2712,62
		3	3	9883327,9	770732,7	2767,37
Cusubamba	Cusubamba	1	4	9878521,3	754679,57	3481,36
		2	5	9879310,8	754715,46	3422,13
		3	6	9881003,7	755455,48	3241,78
Mulalillo	San Luis	1	7	9877043,9	764699,04	2785,33
		2	8	9877423,5	764422,34	2808,15
		3	9	9878021,5	764278,05	2817,91
Mulliquindil	Rumipamba de Navas	1	10	9887595,6	769842,67	2737,54
		2	11	9887563,6	769701,78	2725,62
		3	12	9887548,2	769695,14	2717,48

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.3 Ubicación de los Pozos del Proyecto



*Figura 21: Ubicación de vías y pozos.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

2.4 Equipos y Materiales

Tabla 26: Ensayos, Normativas, equipos y Materiales.

ENSAYOS	NORMA	EQUIPOS	MATERIALES
Pozo a Cielo Abierto	AASHTO - T - 87 - 70	Pico, pala, azadón, barra, flexómetro.	Muestras in Situ
Contenido de Humedad	AASHTO - T - 265 - 2015	Recipientes Horno	Muestras in Situ
Densidad de campo (Método de Cono y Arena de Ottawa)	AASHTO - T - 191 - 2014	Cono, frasco de arena, placa metálica, cuchara, cincel, clavos, martillo, funda, balanza	Muestras in Situ
Penetrómetro de Cono Dinámico (DCP)	ASTMD 6951 - 03	Equipo DCP, Libreta de apuntes	Muestras in Situ
Gravedad específica	AASHTO - T- 100 - 2015	Picnómetro, Tamiz N° 4, Termómetro, Pipeta, Embudo, Recipiente, Horno.	50 gramos de suelo que pasa el Tamiz N°4
Análisis Granulométrico	AASHTO - T- 88 - 2013	Juego de tamices, Brocha, Recipientes, Tamizadora.	Muestra lavada
Límite Líquido	AASHTO - T- 89 - 2013	Copa de Casa Grande, Mortero de porcelana, Espátula, Acanalador, Enrazador, Recipientes, Horno.	Muestra de suelo que pasa el tamiz N° 40
Límite Plástico	AASHTO - T- 90 - 2016	Mortero de porcelana, Placa de vidrio, Espátula, Recipientes, Horno.	Muestra de suelo que pasa el tamiz N° 40
Próctor Modificado Tipo B	AASHTO - T- 180 - 2018	Molde de 6" de diámetro, collarín, base, Martillo de compactación, probeta graduada, Palustre, Bandeja, Martillo de goma, Balanza, Enrazador.	Muestra de suelo (5000 kg) por cada punto, que pasa el tamiz N° 4
California Bearing Ratio (C.B.R.)	AASHTO - T- 193 - 2013	Multispeed 34-V1172.	Muestra de suelo (5000 kg) por cada punto, que pasa el tamiz N° 4

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.5 Métodos

2.5.1 Plan de recolección de datos

Tabla 27: Plan de recolección de datos

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Para qué?	Correlacionar las propiedades índice y mecánicas de los diferentes tipos de suelos con su respectivo valor de CBR.
¿A quién?	A las muestras de suelo extraídas en el cantón Salcedo.
¿Sobre qué aspectos?	Las propiedades de los suelos obtenidas mediante los ensayos de campo y laboratorio, el valor de CBR y DCP.
¿Quién?	El Investigador Paúl Fernando Jiménez Sisa
¿Cuándo?	Ensayos de campo: del 23 al 26 de mayo de 2022. Ensayos de laboratorio: del 30 de mayo al 25 de junio de 2022. Procesamiento de datos: mayo, junio y julio de 2022
¿Dónde?	Cantón Salcedo para realizar ensayos de campo y el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.
¿Técnica de Recolección?	Se aparta la capa vegetal y se realiza 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. Después 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 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, éste mediante la norma AASHTO T 193 2013.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.5.2 Ensayos de Campo y Laboratorio

- Pozo a cielo abierto



*Figura 22: Pozo a cielo abierto, M1-Rumipamba de Navas.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- Densidad de Campo



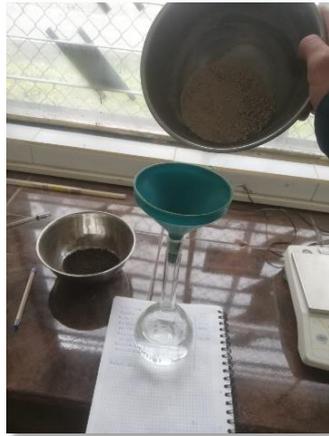
*Figura 23: Densidad de Campo, M2-Rumipamba de Navas.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- Cono dinámico de Penetración (DCP)



*Figura 24: Cono Dinámico de Penetración, M1-Cusubamba.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **Gravedad Específica**



*Figura 25: Colocando el material en el picnómetro.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **Análisis Granulométrico**



*Figura 26: Análisis Granulométrico.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **Límite líquido (copa de Casagrande)**



*Figura 27: Ensayo Limite Liquido.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **Límite plástico**



*Figura 28: Ensayo Limite Plástico.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **Compactación (Próctor Modificado)**



*Figura 29: Compactación Proctor Modificado.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

- **C.B.R. (California Bearing Ratio)**



*Figura 30: Ensayo C.B.R.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa*

2.6 Plan de proceso y análisis de datos

Seleccionadas las vías a estudiar del cantón Salcedo, se procede a realizar los ensayos in situ, que son la densidad de campo y el DCP, tomando una muestra en cada punto de las vías para realizar los ensayos en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica como: contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, gravedad específica, próctor Modificado y CBR. Procediendo a establecer las correlaciones correspondientes al estudio.

En cuanto a las correlaciones experimentales se empleará dos o tres variables obtenidas de entre las propiedades índice y mecánicas y el CBR empleando ecuaciones con modelos matemáticos como: lineales, logarítmicos, potenciales y exponenciales que serán aplicados a los datos muestrales. Con el fin de obtener el coeficiente de correlación superior al 50% para ser aceptado como válido.

2.6.1 Metodología de Correlación

2.6.1.1 Correlación Lineal Múltiple

EC. Lineal Múltiple

$$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$$

Sistema de ecuaciones:

$$\sum Z = a_0n + a_1\sum X + a_2\sum Y$$

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

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

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

a_0, a_1, a_2

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2$$

Coeficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum XZ + a_2 \sum YZ - nYmed^2}{\sum Y^2 - nYmed^2}$$

Tabla 28: Correlación Lineal Múltiple.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CORRELACIÓN LINEAL MÚLTIPLE 									
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.									
Ecuación Lineal Múltiple									
MUESTRA	Variable 1	Variable 2	Variable 3	$Z = a_0 + a_1X + a_2Y$					
	X	Y	Z	XZ	YZ	XY	X ²	Y ²	Z ²
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Σ									

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.6.1.2 Correlación Múltiple – Logarítmica

EC. Múltiple Logarítmica

$$Z = a_0 + a_1 \log(X) + a_2 Y$$

Sistema de ecuaciones:

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

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

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

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

a_0, a_1, a_2

$$Y = a_0 + a_1 \text{Log}(X) + a_2 Y$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z + a_1 \sum X'Z + a_2 \sum YZ - nYmed^2}{\sum Y^2 - nYmed^2}$$

Tabla 29: Correlación Múltiple Logarítmica.

MUESTRA		Variable 1	Variable 2	Variable 3	Ecuación Múltiple Logarítmica						
		X	Y	Z	$Z = a_0 + a_1 \log(X) + a_2 Y$						
					X' = Log (X)	X'Z	YZ	X'Y	X'^2	Y^2	Z^2
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
Σ											

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.6.1.3 Correlación Múltiple – Potencial

EC. Múltiple Potencial

$$\log(Z) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$$

Sistema de ecuaciones:

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

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

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

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

a_0, a_1, a_2

$$\log(Y) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$$

$$Y = \ln(a_0) + X1^{a1} + X2^{a2}$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z' + a_1 \sum X'Z' + a_2 \sum Y'Z' - nY'med^2}{\sum Y'^2 - nY'med^2}$$

Tabla 30: Correlación Múltiple Potencial.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CORRELACIÓN MÚLTIPLE POTENCIAL 												
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.												
Ecuación Múltiple Potencial												
MUESTRA	Variable 1	Variable 2	Variable 3	$\log(Z) = \log(a_0) + a_1 \log(X) + a_2 \log(Y)$								
	X	Y	Z	X' = Log (X)	Y' = Log (Y)	Z' = Log (Z)	X'Z'	Y'Z'	X'Y'	X'^2	Y'^2	Z'^2
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
Σ												

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.6.1.4 Correlación Múltiple Exponencial

EC. Múltiple Exponencial

$$\ln(Z) = \ln(a_0) + a_1X + a_2Y$$

Sistema de ecuaciones:

$$\sum Z' = a_0n + a_1\sum X + a_2\sum Y$$

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

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

Determinar los coeficientes por método de matriz inversa.

a_0, a_1, a_2

$$\ln(Y) = \ln(a_0) + a_1X + a_2Y$$

Coefficiente de correlación:

$$r^2 = \frac{a_0 \sum Z' + a_1 \sum XZ' + a_2 \sum YZ' - nY'med^2}{\sum Y'^2 - nY'med^2}$$

Tabla 31: Correlación Múltiple Exponencial.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CORRELACIÓN MÚLTIPLE EXPONENCIAL 										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.										
Ecuación Múltiple Exponencial										
MUESTRA	Variable 1	Variable 2	Variable 3	$Ln(Z) = Ln(a_0) + a_1X + a_2Y$						
	X	Y	Z	Z' = Log (Z)	XZ'	Y'Z'	XY	X^2	Y^2	Z'^2
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Σ										

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

2.6.2 Diseño pavimento flexible

Realizado los ensayos en situ y laboratorio. Con el valor del CBR de laboratorio, propiedades índice y mecánicas del suelo ya obtenidas, para el proceso de correlación y la determinación de la ecuación más factible para el cálculo del coeficiente de correlación (r^2) se procede al diseño del pavimento flexible bajo la norma AASTHO-93. El diseño se realiza con un software basado en la norma AASHTO-93, obteniéndose así los espesores de cada una de las capas de la estructura de pavimento en cumplimiento con los espesores mínimos para soportar las diferentes cargas a presentarse en las vías.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

Se presenta los resultados de cada uno de los ensayos realizados de las propiedades índice y mecánicas de las 12 muestras de suelo distribuidas en el cantón Salcedo.

Se muestra cada una de las nomenclaturas representativas de cada una de las propiedades halladas en la investigación experimental.

Tabla 32: Nomenclatura.

N°	Descripción	Nomenclatura	Unidad
1	Contenido de humedad natural	Wnat	%
2	Contenido de humedad óptimo	Wópt	%
3	Grado de saturación de agua	Gw	%
4	Grado de saturación de aire	Ga	%
5	Gravedad específica	Gs	-
6	Límite líquido	LL	%
7	Límite plástico	LP	%
8	Índice plástico	IP	%
9	Índice de grupo	IG	-
10	Porosidad	n	%
11	Relación de vacíos	e	-
12	Densidad seca In-Situ	$\gamma_d in - situ$	gr/cm ³
13	Densidad húmeda In-Situ	$\gamma_h in - situ$	gr/cm ³
14	Densidad seca máxima	$\gamma_d máx$	gr/cm ³
15	Índice de Penetración	DN	mm/golpe
16	Porcentaje de Fino	%F	%
17	Porcentaje de Arena	%S	%
18	Porcentaje de Grava	%G	%
19	Coficiente de uniformidad	Cu	-
20	Coficiente de curvatura	Cc	-
21	Grado de compactación	Gc	%
22	CBR - 0.1 pulg. de penetración	CBR "0.1"	%
23	CBR - 0.2pulg. de penetración	CBR "0.2"	%
24	CBR mayor (0.1"-0.2")	CBR"MAYOR"	%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.1 Propiedades Índice

3.1.1.1 Gravedad Especifica

La gravedad específica en cada una de las muestras de suelo está en el rango de 2,008 a 2.487, correspondiendo a arenas limosas

Tabla 33: Gravedad Especifica

VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA (GS)
Yanayacu	1	2,299
	2	2,011
	3	2,420
Cusubamba	1	2,345
	2	2,315
	3	2,293
San Luis	1	2,198
	2	2,378
	3	2,416
Rumipamba de Navas	1	2,487
	2	2,378
	3	2,008

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.1.2 Densidad de Campo

La Densidad de campo se la obtuvo mediante el método del cono y arena de Ottawa, que también nos permite obtener otras propiedades del suelo como son contenido de humedad, relación de vacíos, porosidad entre otros.

Tabla 34: Densidad de Campo

N°	VÍAS	MUESTRA	DENSIDAD DE CAMPO						
			yh in situ (gr/cm3)	yd in situ (gr/cm3)	ω nat (%)	e	n(%)	Gw(%)	Ga(%)
1	Yanayacu	1	1,342	1,121	19,78	1,056	51,360	43,643	56,357
2		2	1,218	1,049	16,13	0,921	47,950	35,799	64,201
3		3	1,329	1,095	21,34	1,205	54,647	42,300	57,700
4	Cusubamba	1	1,242	0,966	28,55	1,428	58,806	47,007	52,993
5		2	1,255	0,946	32,665	1,446	59,122	52,224	47,776
6		3	1,231	0,944	30,432	1,428	58,821	48,756	51,244
7	San Luis	1	1,124	0,943	19,194	1,310	56,712	30,456	69,544
8		2	1,171	0,932	25,637	1,557	60,893	39,519	60,481
9		3	1,769	1,430	23,663	0,688	40,769	82,804	17,196

10	Rumipamba de Navas	1	1,207	1,070	12,769	1,318	56,865	23,592	76,408
11		2	1,168	0,910	28,416	1,604	61,599	41,430	58,570
12		3	1,120	0,876	27,918	1,287	56,278	43,007	56,993

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Los valores de densidad húmeda se encuentran de 1,120 a 1,769 gr/cm³ y la densidad seca varían de 0,876 a 1,430 gr/cm³. Estos valores están en un rango amplio perteneciendo varias muestras a suelos cohesivos y otras a suelos granulares.

El contenido de humedad natural se encuentra entre 12,769 y 32,665 %, los cuales entran en el rango de suelos granulares que van del 10 al 30%

La relación de vacíos se encuentra entre 0,688 y 1,604, que correspondientes a los suelos friccionantes o granulares.

El grado de saturación de agua está entre 23,592 y 82,804 %. El grado de saturación de aire se encuentra entre 17,196 y 76,408 % lo que significa que existe una gran variedad de porcentaje de saturación tanto de agua como aire en las muestras tomadas debido a que son vías repartidas en todo el cantón Salcedo.

3.1.1.3 Límites de Atterberg

Los valores de LL, LP y IP nos permiten una rápida clasificación.

Tabla 35: Límites de Atterberg

N°	VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	LÍMITES DE ATTERBERG		
			LL(%)	LP(%)	IP
1	Yanayacu	1	20,40	19,05	1,35
2		2	33,1	31,05	2,05
3		3	20,2	20,47	-0,27
4	Cusubamba	1	26,6	28,02	-1,42
5		2	30,8	32,62	-1,82
6		3	31,6	32,63	-1,03
7	San Luis	1	29,2	25,14	4,06
8		2	24,7	24,15	0,55
9		3	28,7	23,90	4,80
10	Rumipamba de Navas	1	20,4	21,98	-1,58
11		2	25,00	24,77	0,23
12		3	42,21	42,10	0,11

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

El límite Líquido va desde un 20,4% a 42,21% lo que indica que son suelos de baja plasticidad. El Límite Plástico esta entre 19,05% y 42,10%. Mientras que el Índice plástico tiene un rango entre -1,82% y 4,80% Lo que indica suelos de baja plasticidad y 5 de ellos son No plásticos.

3.1.1.4 Granulometría

Mediante la granulometría podemos distribuir de manera detallada las partículas de suelo estudiado, mediante tamices normalizados.

De manera general en las 4 vías se encontró un gran porcentaje de arenas (S%) que se encuentra en un rango de 59,58% a 87,95%. De tal manera tenemos un porcentaje muy pequeño de grava (G%) que van de hasta 1,25% a 25,75%.

El coeficiente de uniformidad tiene una gran variación lo cual indica que el suelo no tiene una granulometría uniforme. De tal manera coeficiente de curvatura varía entre 0.46 a 1.05 teniendo suelos mal graduados.

Tabla 36: Granulometría

VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	GRANULOMETRÍA				
		G(%)	S(%)	F(%)	CU	CC
Yanayacu	1	15,50	72,82	11,68	18,97	0,46
	2	13,87	86,02	0,12	2,36	0,90
	3	2,39	87,95	9,67	3,33	1,05
Cusubamba	1	17,63	78,03	4,34	17,20	0,66
	2	25,75	69,36	4,89	22,05	0,88
	3	22,95	72,49	4,56	18,15	0,73
San Luis	1	16,53	82,68	0,79	8,82	0,48
	2	6,82	76,76	16,41	5,08	0,77
	3	13,54	84,33	2,13	9,18	0,46
Rumipamba de Navas	1	1,25	87,71	11,04	3,17	0,98
	2	7,69	79,31	13,01	6,46	0,82
	3	10,32	59,58	30,10	5,85	0,56

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.1.5 Clasificación de Suelos

La clasificación se realiza de acuerdo a la normativa AASHTO Y SUCS en función del análisis granulométrico y de los Límites de Atterberg respectivamente.

Tabla 37: Clasificación SUCS Y AASHTO

VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
		SUCS	AASHTO
Yanayacu	1	SM	A-2-4
	2	SM	A-2-4
	3	SM	A-2-4
Cusubamba	1	SM	A-2-4
	2	SM	A-2-4
	3	SM	A-2-4
San Luis	1	SM	A-2-4
	2	SM	A-2-4
	3	SM	A-2-4
Rumipamba de Navas	1	SM	A-2-4
	2	SM	A-2-4
	3	SM	A-2-5

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

De acuerdo a la clasificación SUCS todos los suelos pertenecen al grupo de las Arenas limosas, mientras que según la clasificación AASHTO, los suelos están en el grupo A-2-4 y A-2-5 que corresponden a suelos granulares (grava y arena limo o arcillosa).

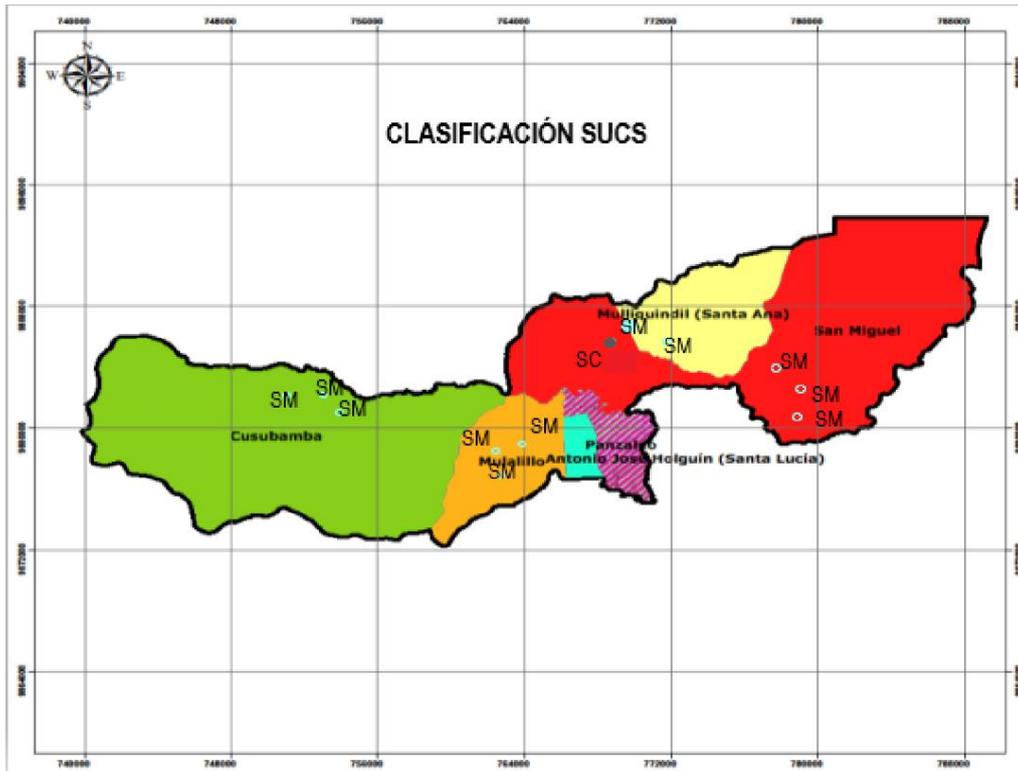


Figura 31: Clasificación de suelos según SUCS

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

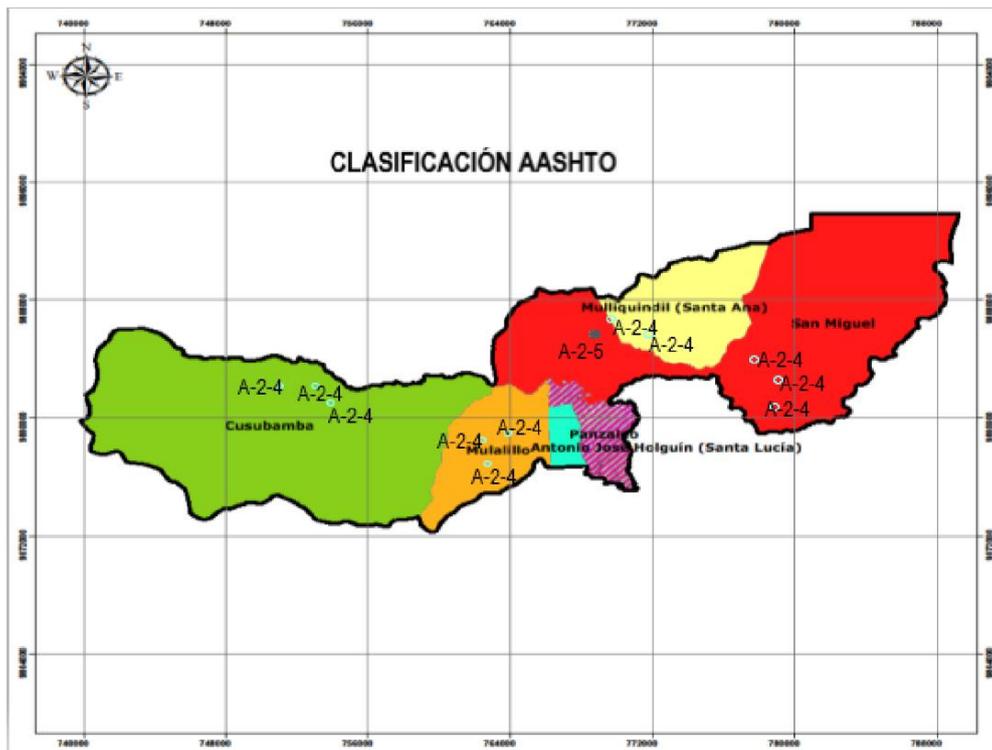


Figura 32: Clasificación de suelos según la AASHTO.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

3.1.2.1 Compactación Próctor Modificado “B”

Mediante el Ensayo proctor modificado se establece la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo.

Tabla 38: Próctor Modificado (B)

VÍAS	MUESTRA	DENSIDAD DE CAMPO						
		yh in situ (gr/cm ³)	yd in situ (gr/cm ³)	ω nat (%)	e	n(%)	Gw(%)	Ga(%)
Yanayacu	1	1,342	1,121	19,78	1,056	51,360	43,643	56,357
	2	1,218	1,049	16,13	0,921	47,950	35,799	64,201
	3	1,329	1,095	21,34	1,205	54,647	42,300	57,700
Cusubamba	1	1,242	0,966	28,55	1,428	58,806	47,007	52,993
	2	1,255	0,946	32,665	1,446	59,122	52,224	47,776
	3	1,231	0,944	30,432	1,428	58,821	48,756	51,244
San Luis	1	1,124	0,943	19,194	1,310	56,712	30,456	69,544
	2	1,171	0,932	25,637	1,557	60,893	39,519	60,481
	3	1,769	1,430	23,663	0,688	40,769	82,804	17,196
Rumipamba de Navas	1	1,207	1,070	12,769	1,318	56,865	23,592	76,408
	2	1,168	0,910	28,416	1,604	61,599	41,430	58,570
	3	1,120	0,876	27,918	1,287	56,278	43,007	56,993

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

La densidad seca máxima se encuentra entre 1.032 - 1,791 gr/cm³. Y el contenido de humedad óptimo varía entre 14,20%-31.20%. Mediante el proceso de compactación se obtuvieron grados de compactación altos en la mayoría de muestras.

3.1.2.2 DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono)

Los valores del ensayo DCP se encuentran desde 4,80 – 15,61% mm/golpe, teniendo una diferencia muy significativa de muestra a muestra.

Tabla 39: Penetrómetro Dinámico de Cono

VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	DCP
Yanayacu	1	9,26
	2	5,06
	3	4,69
Cusubamba	1	14,01
	2	14,05
	3	12,71
San Luis	1	9,79
	2	15,61
	3	6,05
Rumipamba de Navas	1	7,61
	2	5,03
	3	4,80

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.2.3 CBR (California Bearing Ratio)

Tabla 40: California Bearing Ratio

VÍA	NÚMERO DE MUESTRA	CBR (%)		
		95% yd máx.		
		0.1"	0.2"	Mayor
Yanayacu	1	27,77	37,00	37,00
	2	33,00	37,00	37,00
	3	26,00	29,00	29,00
Cusubamba	1	7,00	6,50	7,00
	2	8,60	10,00	10,00
	3	9,00	9,90	9,90
San Luis	1	11,00	9,00	11,00
	2	7,70	8,20	8,20
	3	25,00	23,00	25,00
Rumipamba de Navas	1	24,50	28,00	28,00
	2	9,00	9,50	9,50
	3	26,5	29,50	29,50

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Los valores del CBR se encuentran en un rango de 7% al 37%. Estos valores pueden ser usados como base y subbase.

3.1.3 Correlaciones

Obtenido los resultados de las propiedades índice y mecánicas, procedemos a realizar las diferentes correlaciones con dos y tres variables con el propósito de obtener coeficientes de determinación R^2 de mayor valor posible.

Correlación # 1 (Límite Líquido vs Límite Plástico)

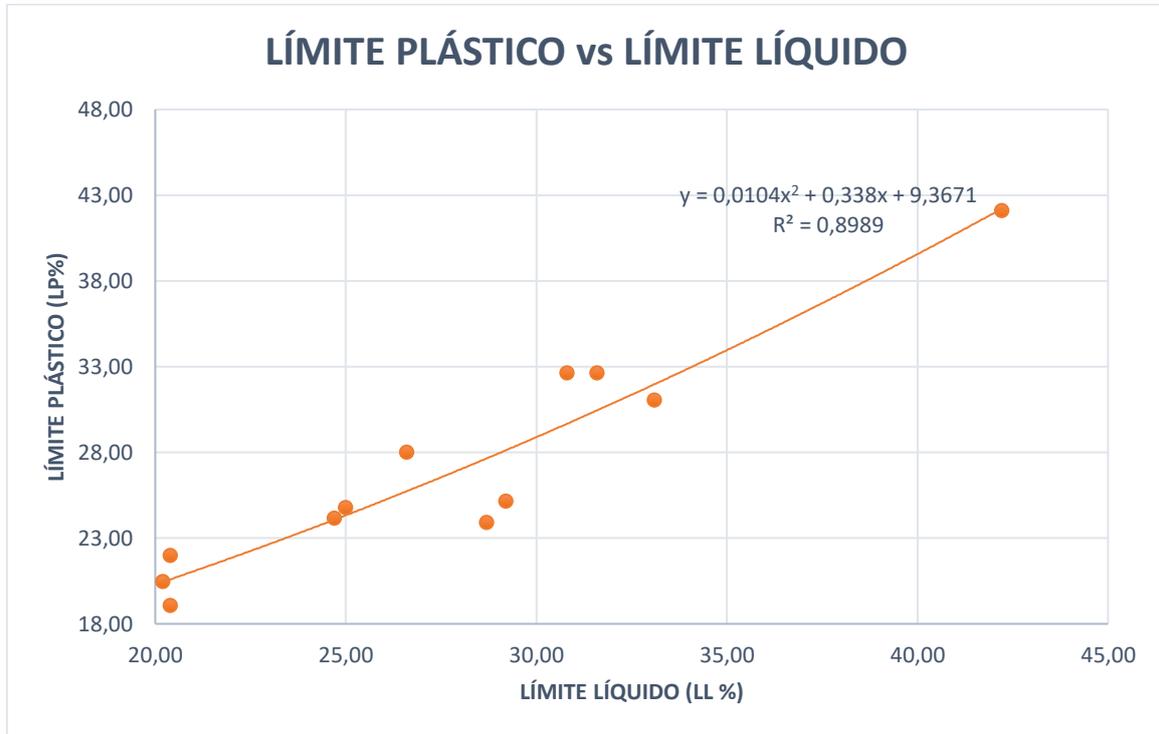


Figura 33: Correlación Límite Líquido vs Límite Plástico.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$LP = 0,0104LL^2 + 0,338LL + 9,3671$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 89,89\%$

Muestras utilizadas: 12

La correlación en función de los límites de Atterberg. Nos brinda un valor de coeficiente de determinación de 89,89% siendo un valor muy confiable obtenido con una regresión simple con una línea de tendencia polinómica.

Correlación # 2 (Densidad seca in situ vs Humedad Óptima)

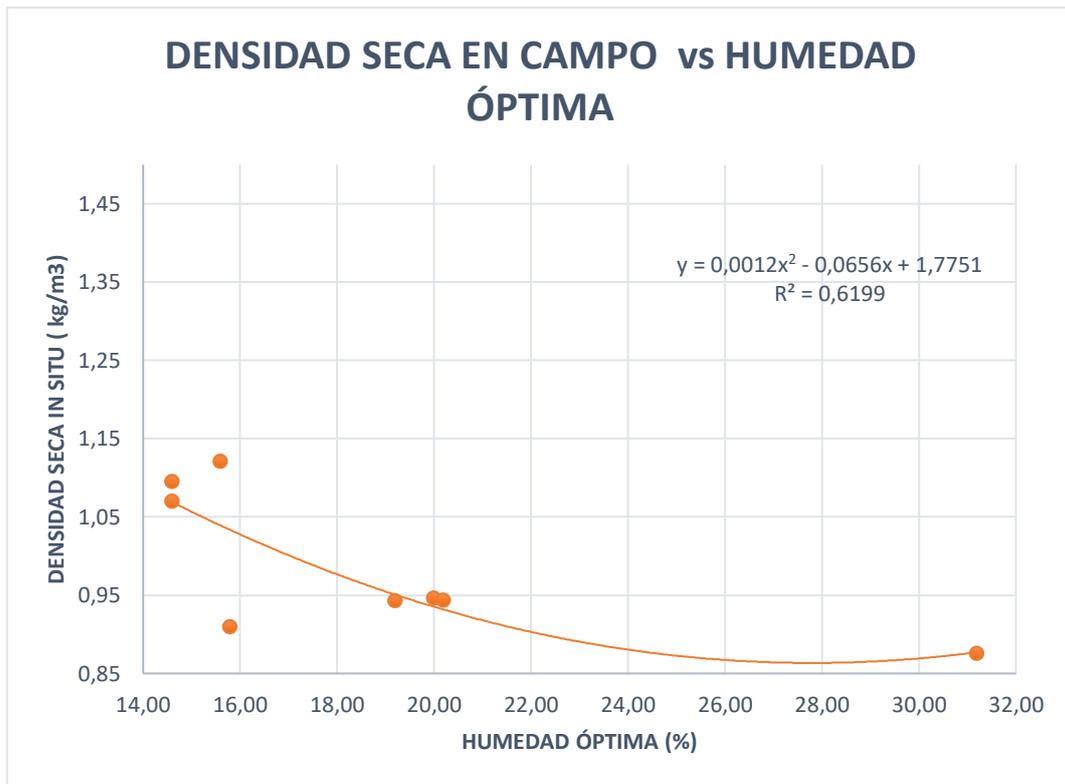


Figura 34: Correlación densidad seca in situ vs Humedad Óptima
 Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$\gamma_{d \text{ in situ}} = 0,0012\omega_{\text{ópt}}^2 - 0,0656\omega_{\text{ópt}} + 1,7751$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 61,99\%$

Número de muestras utilizadas: 10

La correlación en función de la densidad seca en campo vs la humedad óptima por parte del proctor modificado mediante una línea de tendencia polinómica con 8 muestras nos brindó un valor de coeficiente de determinación de 61,99% siendo un valor confiable demostrando que existe una relación estrecha con la cantidad de agua absorbida, mientras mayor sea el contenido óptimo, una menor densidad seca in situ.

Correlación # 3 (Densidad seca máx. vs Humedad óptima.)

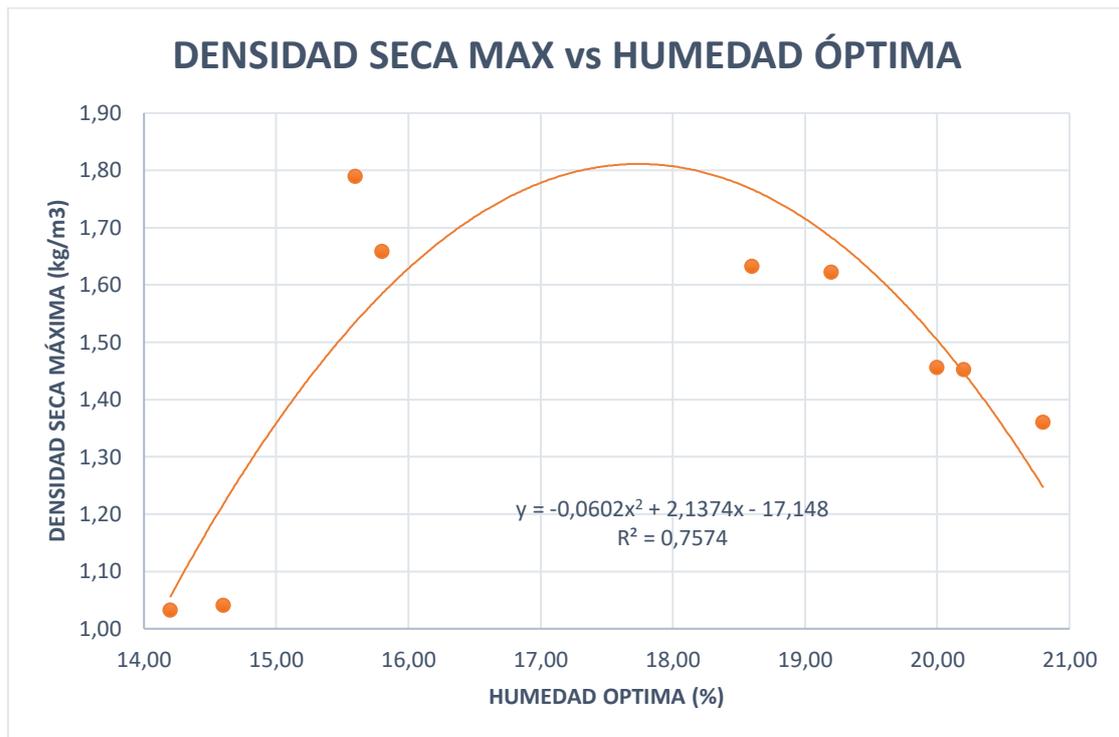


Figura 35: Densidad seca máx. vs Humedad óptima.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$\gamma_{dmax} = -0,0602\omega_{opt}^2 + 2,1374\omega_{opt} - 17,148$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 75,74\%$

Número de muestras utilizadas: 10

La correlación de la densidad seca máx. con la humedad óptima, medida mediante una regresión simple con una línea de tendencia polinómica tiene un valor de coeficiente de determinación del 75,74%. De acuerdo con la gráfica podemos deducir que la densidad seca máxima es inversamente proporcional a la humedad óptima, significando que mientras mayor sea el contenido de humedad óptimo menor será el valor de la densidad seca máxima.

Correlación # 4 (Densidad seca máx. vs Límite Líquido)

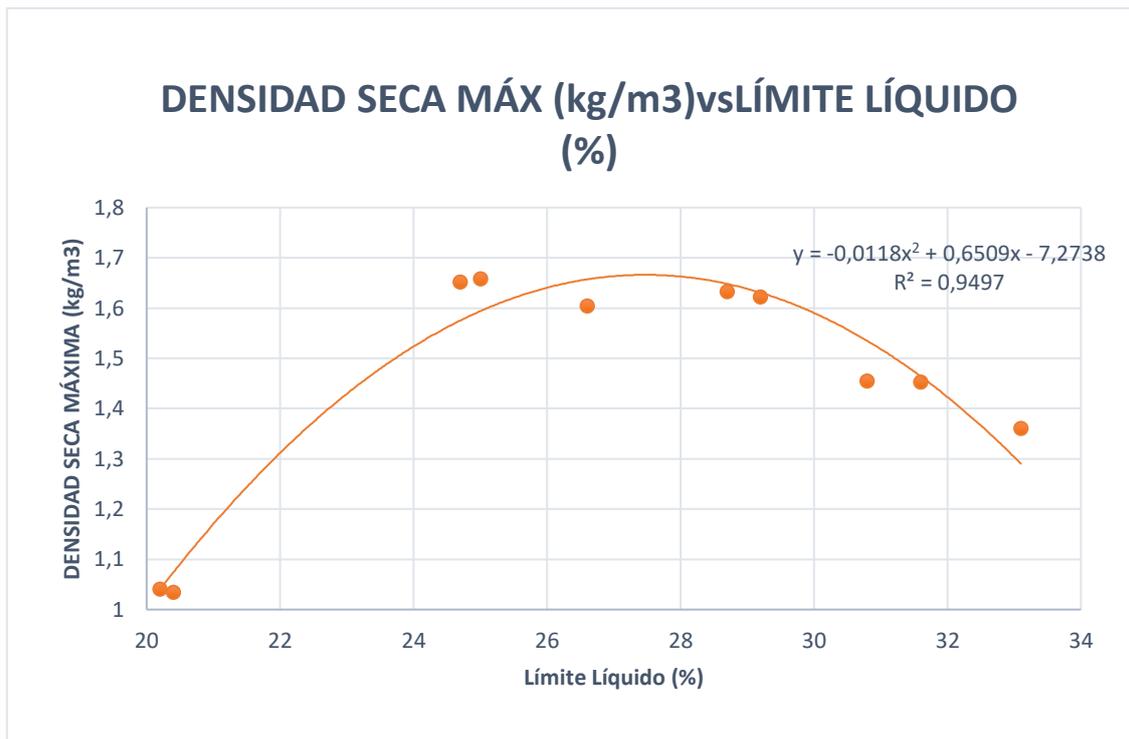


Figura 36: Densidad seca máx. vs Límite Líquido.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$\gamma_{dmax} = -0,0118LL^2 + 0,6509LL - 7,2738$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 94,97\%$

Número de muestras utilizadas: 10

La correlación de la densidad seca máxima con el límite líquido, nos brinda un coeficiente de determinación de 94,97% siendo un valor muy confiable, determinado mediante una regresión simple con línea de tendencia polinómica con 10 muestras. Se determinó que la densidad seca máxima es inversamente proporcional con respecto al Límite Líquido, queriendo expresar que mientras menor sea el valor del Límite Líquido mayor será el valor de la densidad.

Correlación #5 (Contenido de Humedad Óptimo vs Límite Líquido - Límite Plástico)

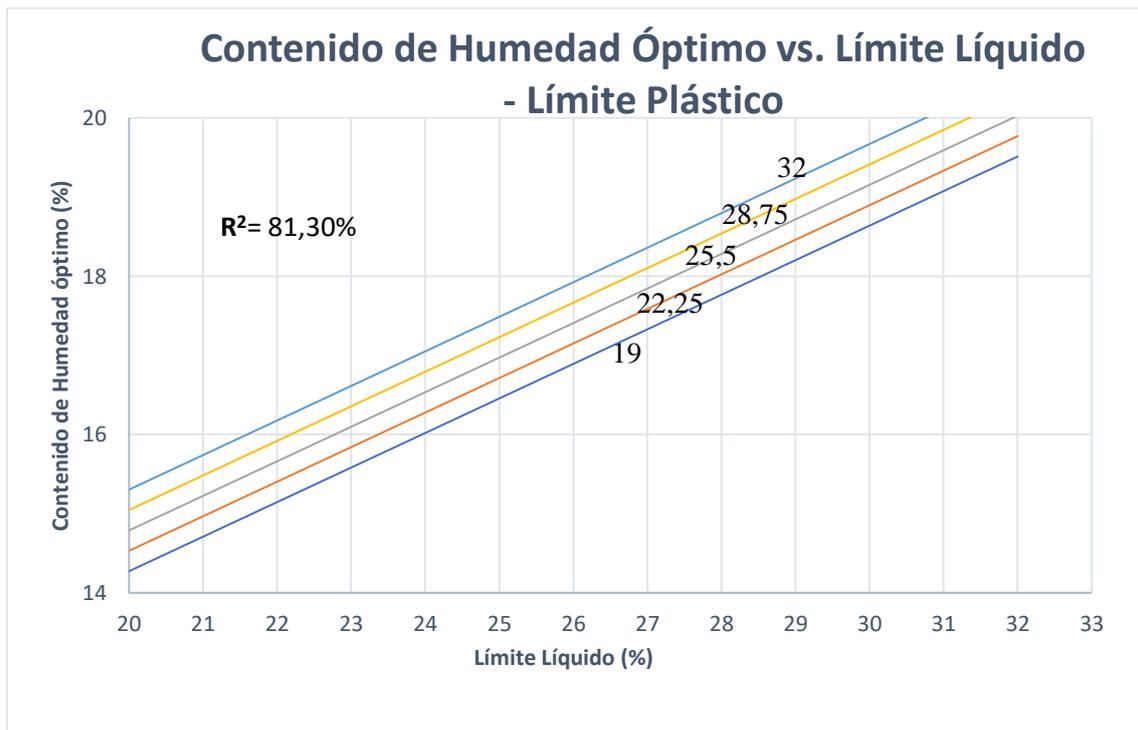


Figura 37: Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs. Límite Líquido - Límite Plástico

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$W_{\text{ópt}} (\%) = 4,0363 + 0,4365LL\% + 0,0793LP\%$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 81,30\%$

Número de muestras utilizadas: 11

La correlación entre el Contenido de Humedad Óptimo vs Límite Líquido – Límite Plástico. Nos dio como resultado un coeficiente de determinación del 81,30% obtenido mediante una regresión múltiple de tipo Lineal con tres variables.

Mediante la gráfica establecemos que son directamente proporcionales, es decir mientras mayor sea el LL y LP, mayor será el contenido de humedad óptimo.

Correlación #6(Contenido de Humedad Natural vs Límite Líquido-Límite Plástico)

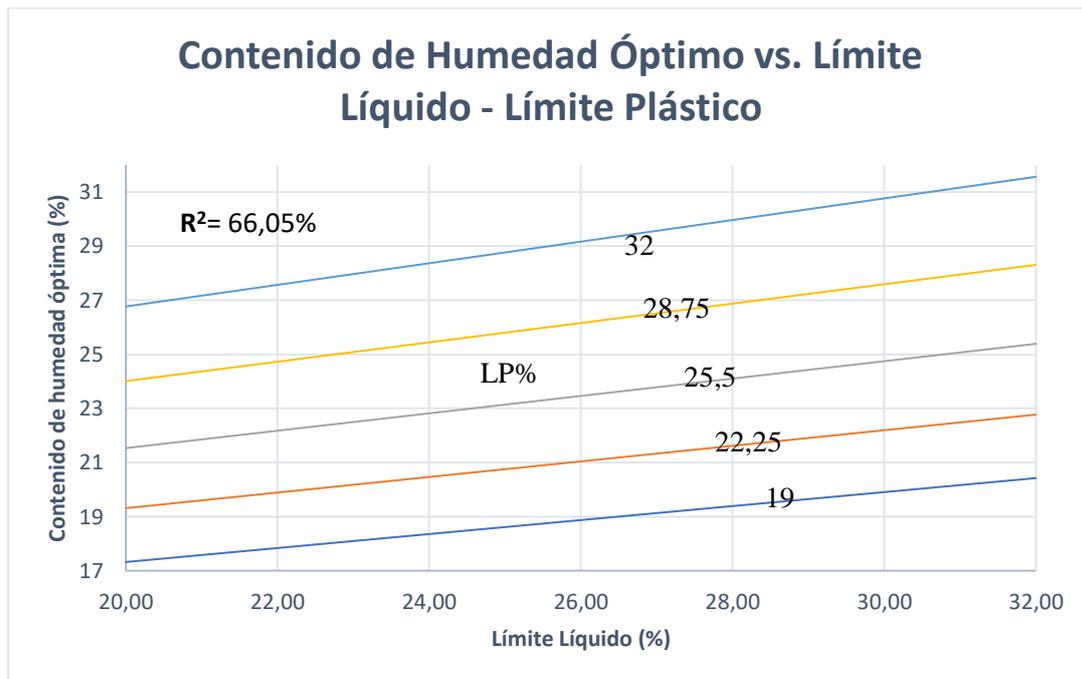


Figura 38: Correlación de la Humedad Natural vs LL-LP

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$W_{nat} (\%) = 6,9672e^{0,0137LL\%} * e^{0,0335LP\%}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 66,05\%$

Número de muestras utilizadas: 11

La correlación del Contenido de Humedad Natural vs Límite Líquido – Límite Plástico se utilizó 11 muestras, debido que una no se ajustaba al rango de la gráfica. Brindándonos un coeficiente de determinación del 66,05%, siendo un buen porcentaje, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo exponencial con tres variables. Siendo directamente proporcional.

Correlación #7(Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural - Límite Plástico.)

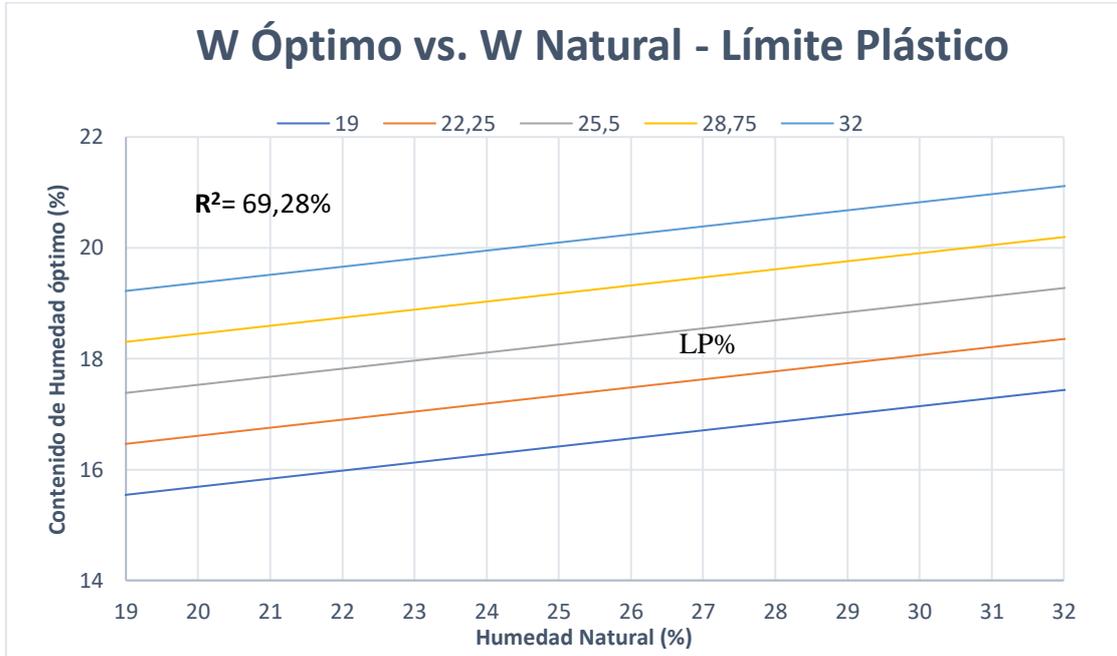


Figura 39: Correlación de contenido de Humedad óptimo vs Contenido de Humedad Natural- Límite Plástico

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$W_{\text{ópt}} (\%) = 5,9142 - 0,0471W_{\text{nat}}(\%) + 0,4966LP\%$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 69,28\%$

Número de muestras utilizadas: 12

Para la correlación del Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural-Límite Plástico se utilizó las 12 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 69,28%, un buen porcentaje, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo logarítmica con tres variables.

Correlación #8(Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural - Límite Líquido.)

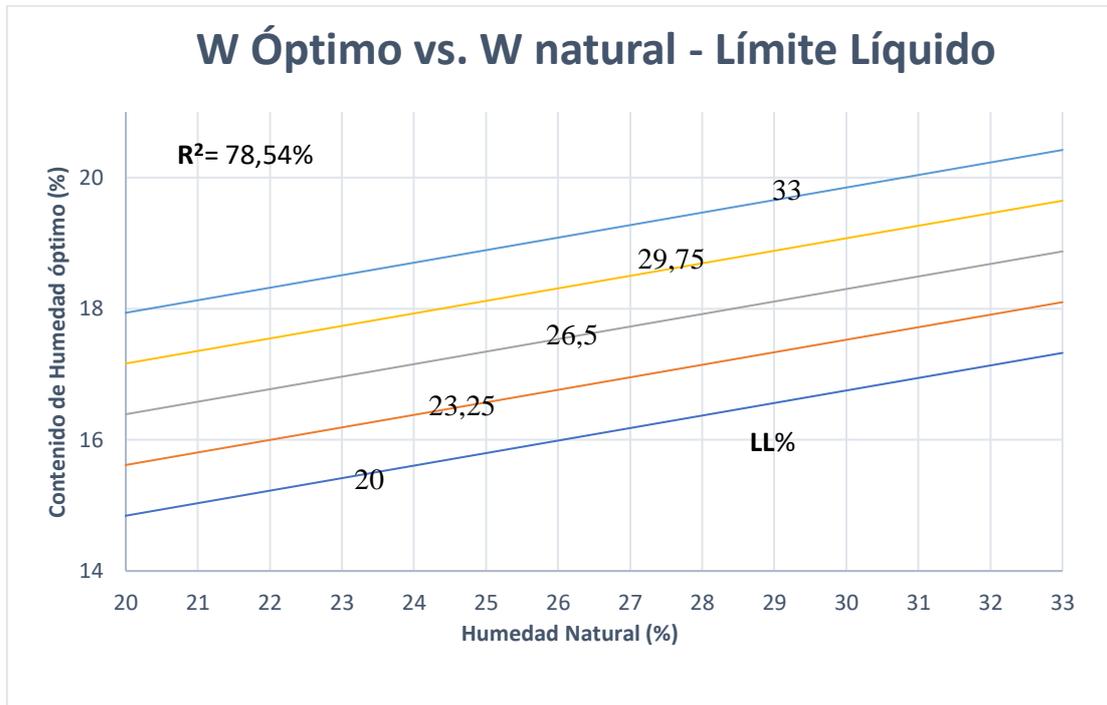


Figura 40: Correlación de contenido de Humedad óptimo vs Contenido de Humedad Natural- Límite Líquido
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$W \text{ ópt} (\%) = 5,2515 + 0,0697W_{nat}(\%) + 0,3972LL\%$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 78,54\%$

Número de muestras utilizadas: 11

Para la correlación del Contenido de Humedad Óptimo vs Contenido de Humedad Natural-Límite Líquido se utilizó las 11 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 78,54%, que es un buen porcentaje, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Lineal con tres variables. Siendo directamente proporcional el contenido de humedad óptimo con el contenido de humedad natural y límite líquido.

Correlación #9 (Contenido de Humedad Óptimo vs. DN - Contenido de Humedad Natural.)

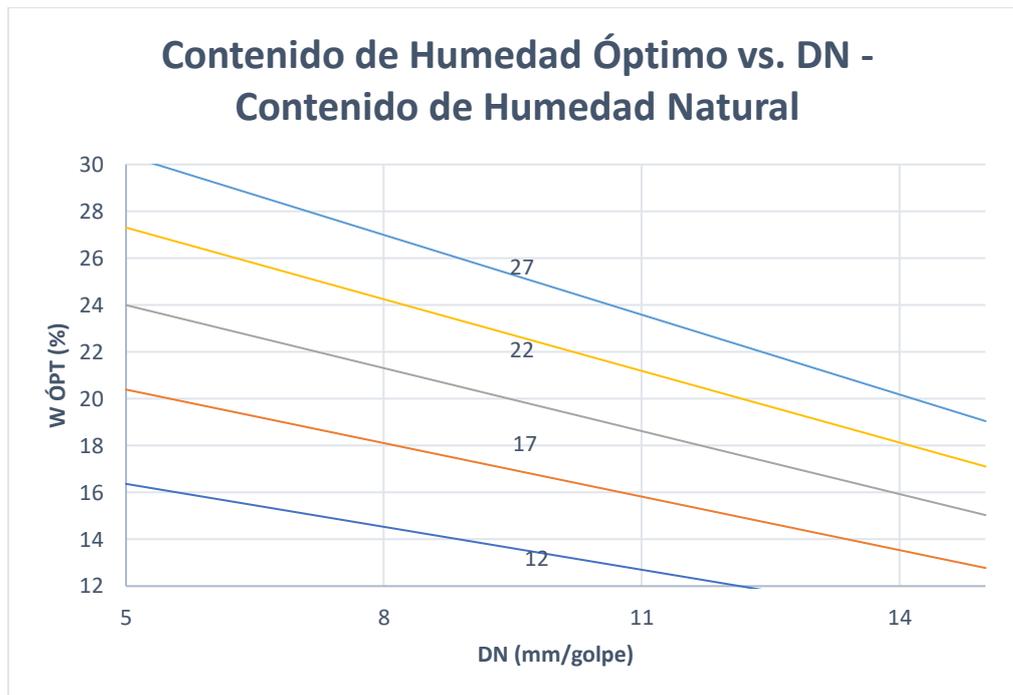


Figura 41: Correlación Contenido de Humedad Óptimo vs DCP – Contenido de Humedad Natural.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$W_{\text{ópt}} = 6,7631DN^{-0,4256} * W_{\text{nat}}^{0,6313}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 74,70\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del Contenido de Humedad Óptimo vs DCP – Contenido de Humedad Natural, obteniendo un coeficiente de determinación del 74,70%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables.

Correlación #10 (Densidad seca in situ vs DCP – Humedad Óptima.)

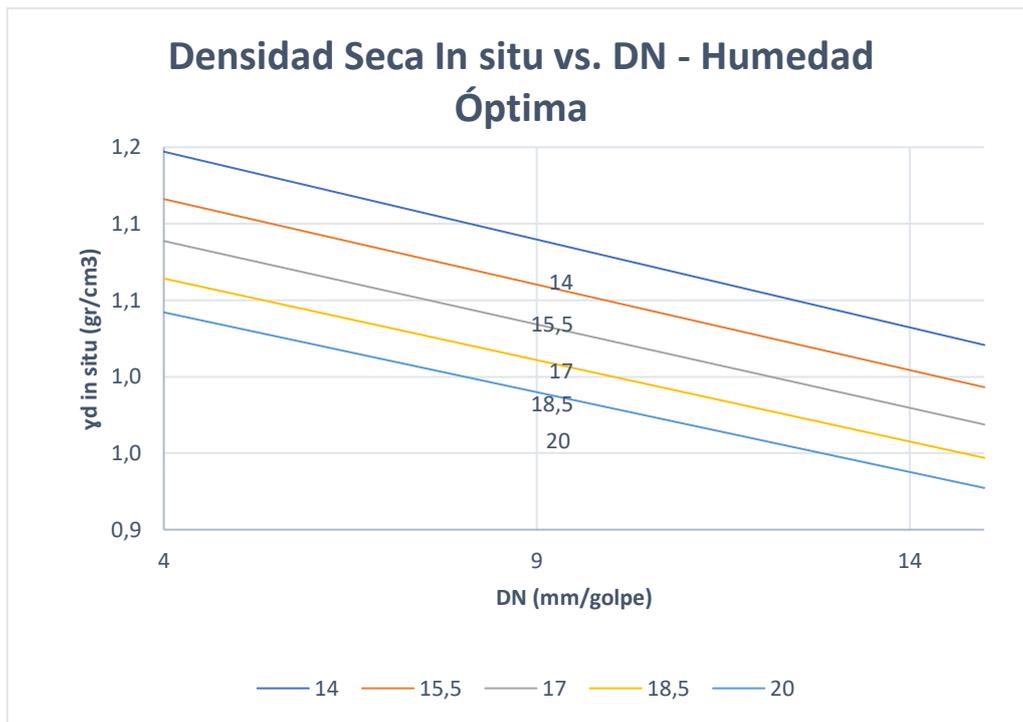


Figura 42: Correlación Densidad Seca in Situ vs DCP - Humedad Óptima.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$\gamma d \text{ in situ} = 2,6383DN^{-0,0833} * W_{\text{ópt}}^{-0,2692}$$

Valor del coeficiente de determinación **R²**= 70,01%

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación de la Densidad Seca in Situ vs DCP - Humedad Óptima. obteniendo un coeficiente de determinación del 70,01%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables. Mediante la gráfica podemos apreciar que son inversamente proporcional.

Correlación #11 (DCP vs Límite Líquido – Límite Plástico.)

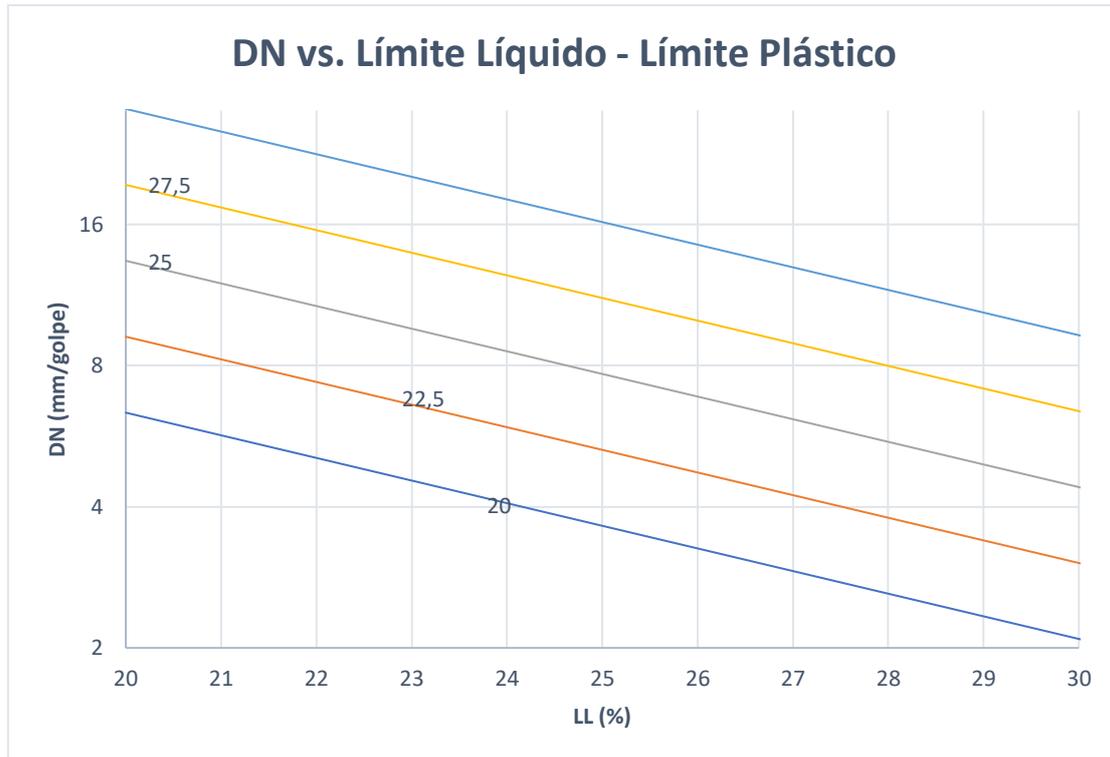


Figura 43: Correlación DCP vs Límite Líquido – Límite Plástico.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$DN = 2,9673e^{-0,1111LL} * e^{0,1491LP}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 56,93\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del DCP vs Límite Líquido – Límite Plástico. obteniendo un coeficiente de determinación del 56,93%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Exponencial con tres variables. Mediante la gráfica podemos observar que son inversamente proporcional.

Correlación #12 (DCP vs Densidad seca in situ – Coeficiente de Curvatura.)

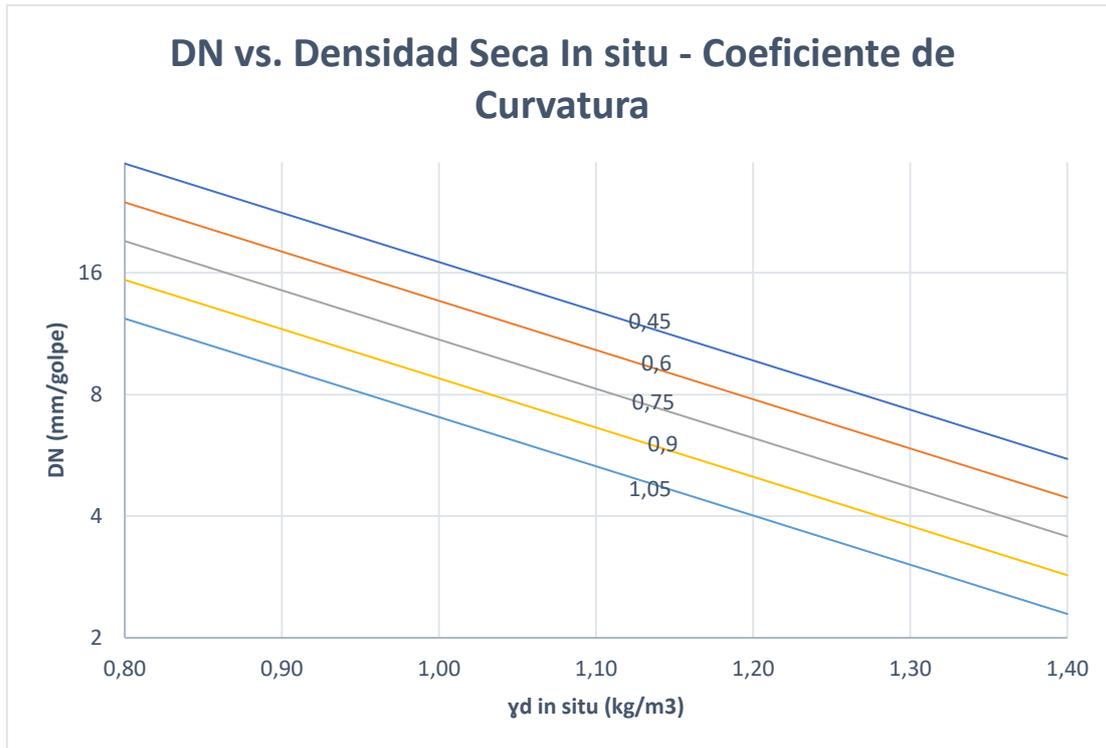


Figura 44: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Curvatura.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$DN = 544,4777e^{-2,8037\gamma d \text{ in situ}} * e^{-1,4719CC}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 73,97\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Curvatura, obteniendo un coeficiente de determinación del 73,97%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Exponencial con tres variables. Mediante la gráfica podemos observar que son inversamente proporcional.

Correlación #13 (DCP vs Densidad seca in situ – Coeficiente de Uniformidad.)

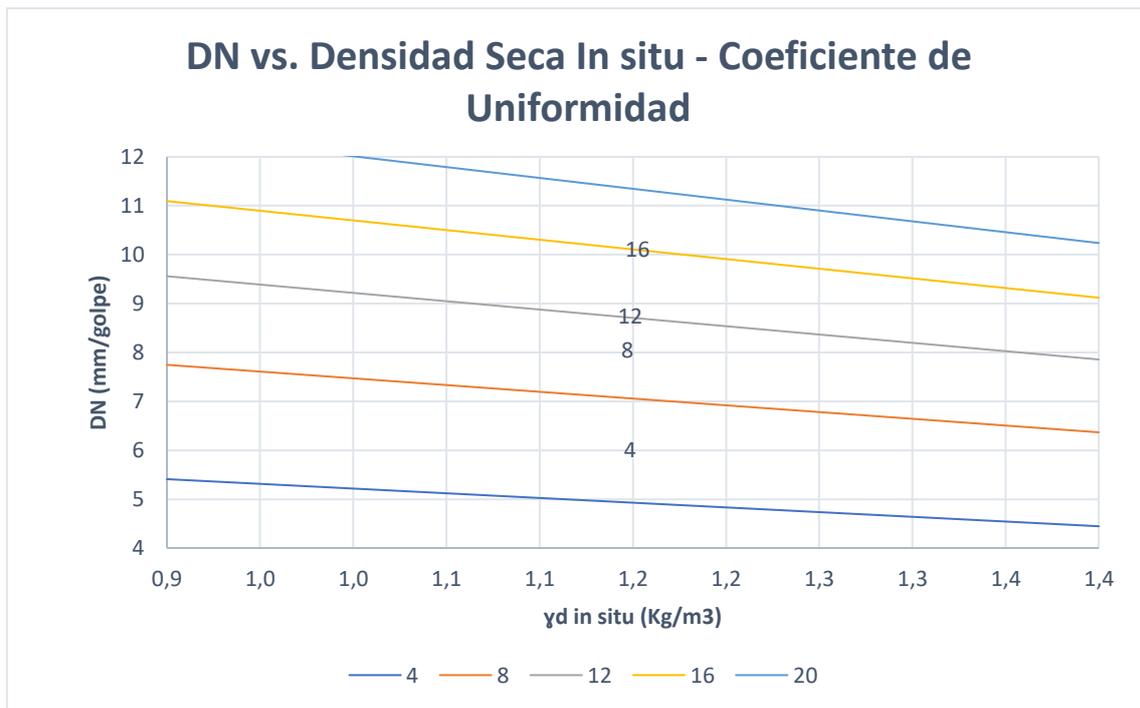


Figura 45: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Uniformidad.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$DN = 2,5156\gamma d \text{ in situ}^{-0,4439} * Cu^{0,5184}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 77,56\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del DCP vs Densidad Seca in situ – Coeficiente de Uniformidad. obteniendo un coeficiente de determinación del 77,56%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Potencial con tres variables. Mediante la gráfica podemos observar que son inversamente proporcional.

Correlación #14 (DCP vs Densidad seca in situ – Índice Plástico.)

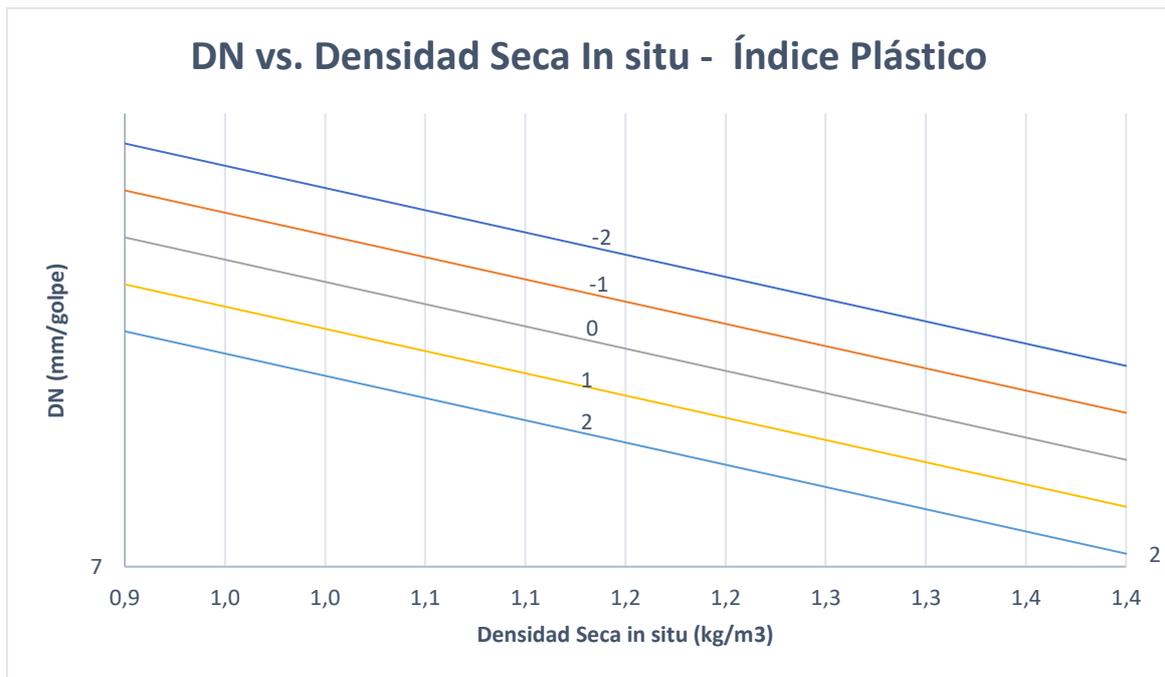


Figura 46: Correlación DCP vs Densidad Seca in situ – Índice Plástico.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$DN = 19,8772 - 7,8499\gamma d \text{ in situ} - 0,8288IP$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 62,85\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del DCP vs Densidad Seca in situ – Índice Plástico. obteniendo un coeficiente de determinación del 62,85%, siendo un porcentaje un poco bajo, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Lineal con tres variables. Mediante la gráfica podemos observar que son inversamente proporcional.

Correlación #15 (DCP vs Densidad seca máxima – Índice Plástico.)

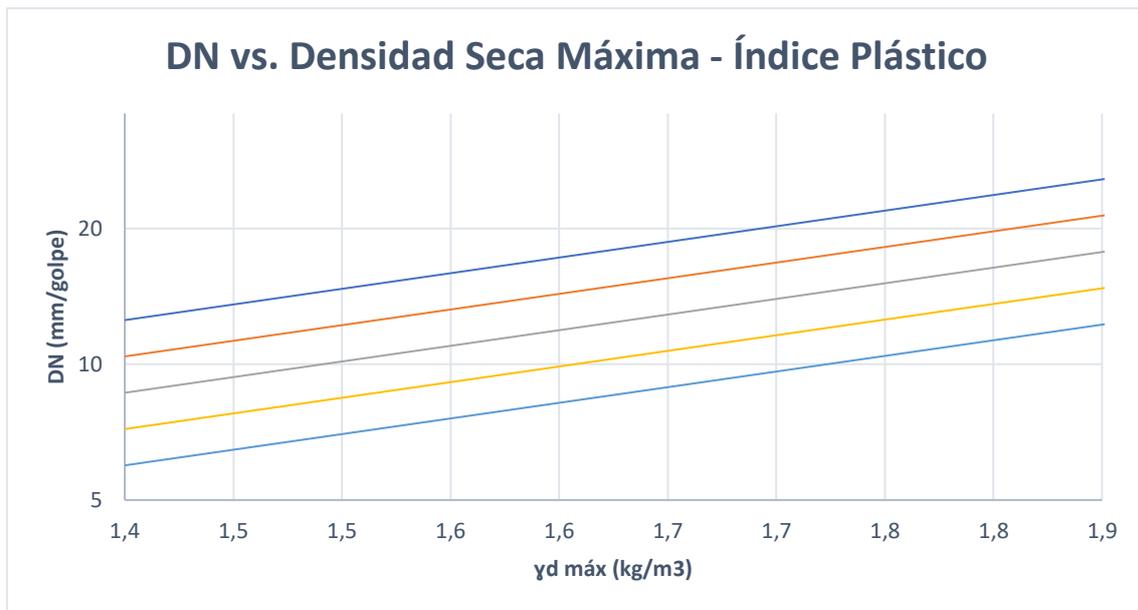


Figura 47: Correlación DCP vs Densidad Seca Máxima – Índice Plástico.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$DN = 0,9247e^{1,5968\gamma dmax} e^{-0,1854IP}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 85,18\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación del DCP vs Densidad Seca Máxima – Índice Plástico, se utilizó 10 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 85,18%, siendo un buen porcentaje, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables. Logrando observar que son directamente proporcional.

Correlación # 16(CBR VS Límite Líquido)

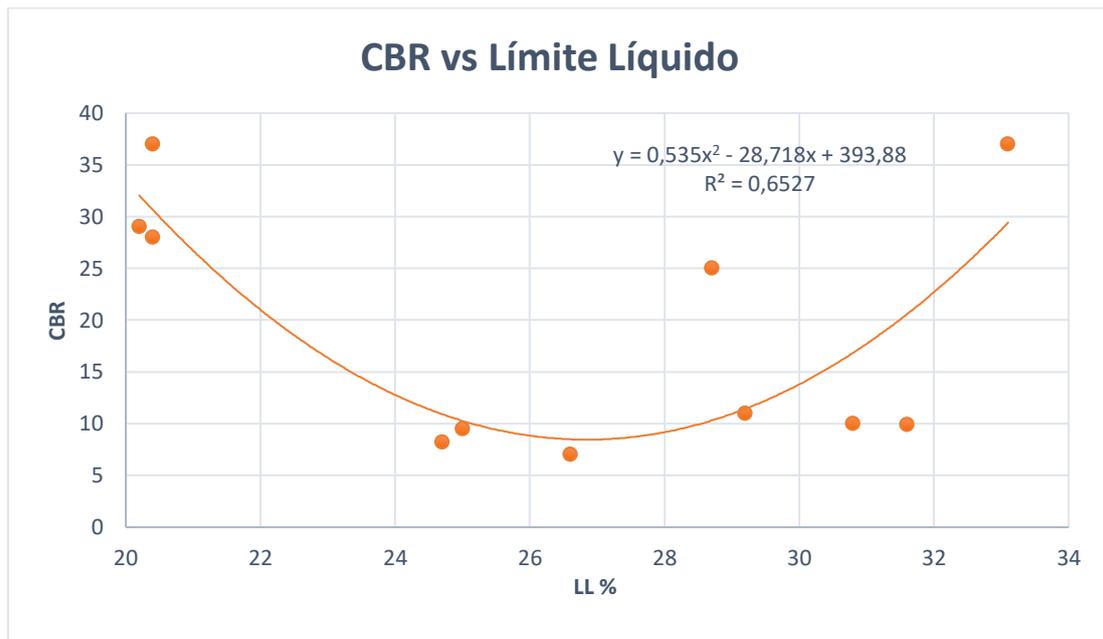


Figura 48: Correlación CBR máx. Vs Límite Líquido

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$CBR = 0,5353 LL^2 - 28,718 LL + 393,88$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 65,27\%$

Número de muestras utilizadas: 11

El coeficiente de determinación de la correlación entre el CBR vs. el LL% es del 65,27% ajustándose mediante una regresión simple con una línea de tendencia polinómica. Representando una relación inversamente proporcional entre las dos, es decir mientras menor sea el valor de LL% mayor será el CBR.

Correlación #17 (CBR VS Índice de Penetración)

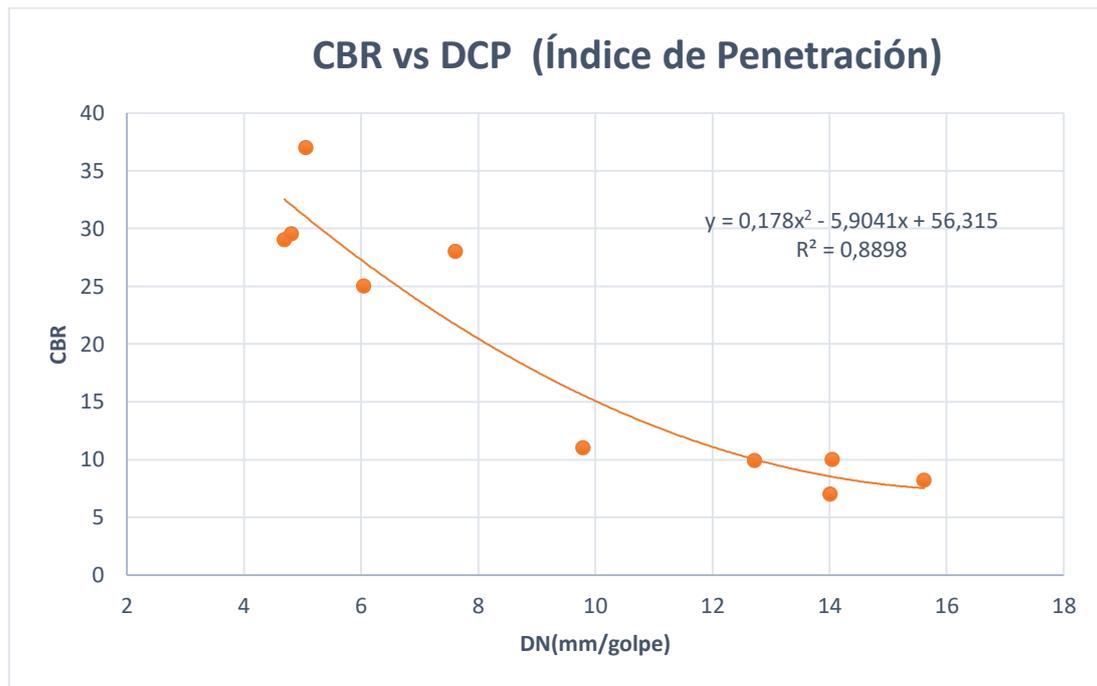


Figura 49: Correlación CBR vs Índice de Penetración

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$CBR = 0,178 DN^2 - 5,9041 DN + 56,315$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 88,98\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación entre el CBR vs. el Índice de Penetración (DCP) se utilizó 10 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 88,98%, que es un buen porcentaje, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Polinómica. Logrando apreciar una relación inversamente proporcional del DN con el CBR.

Correlación #18 (CBR vs Gravedad Específica – Contenido de Humedad Óptimo)

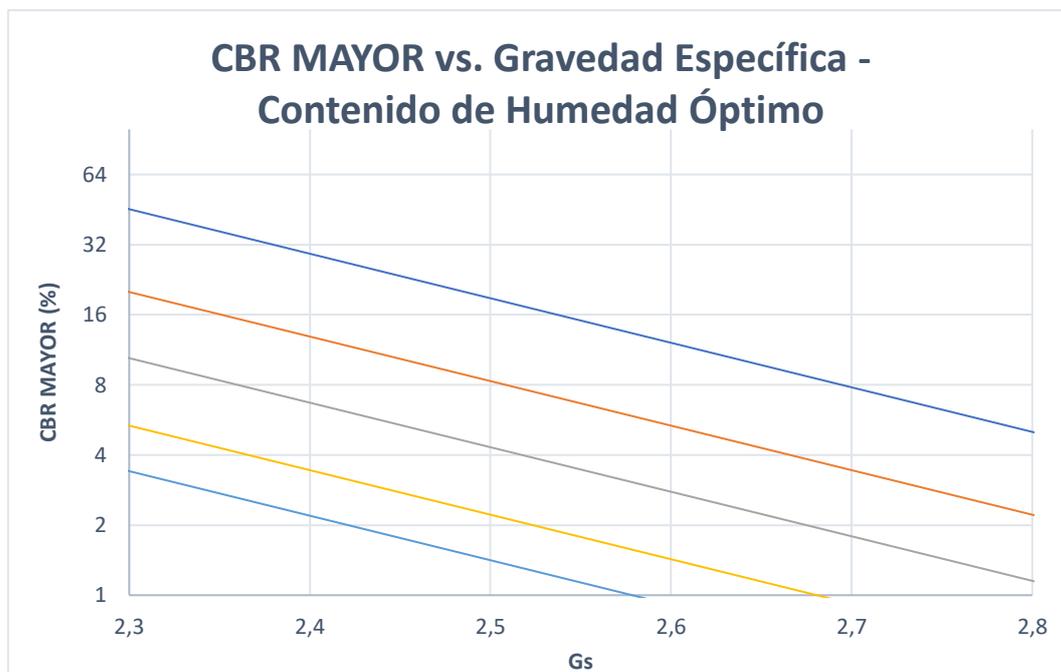


Figura 50: Correlación CBR máx. Vs Gravedad Específica-Contenido de Humedad óptimo.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$CBR = 1712526851,238 GS^{-10,8588} - 10,8588 W_{ópt} (\%)^{-3,2579}$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 59,12\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación entre el CBR vs Gravedad Específica – Contenido de Humedad óptimo se utilizó 10 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 59,12%, que es un porcentaje bajo, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Polinómica con tres variables. Logrando apreciar una relación Inversamente proporcional de la Gravedad específica – Contenido de Humedad óptimo con el CBR.

Correlación #19 (CBR vs Contenido de Humedad Óptimo- Coeficiente de Uniformidad)

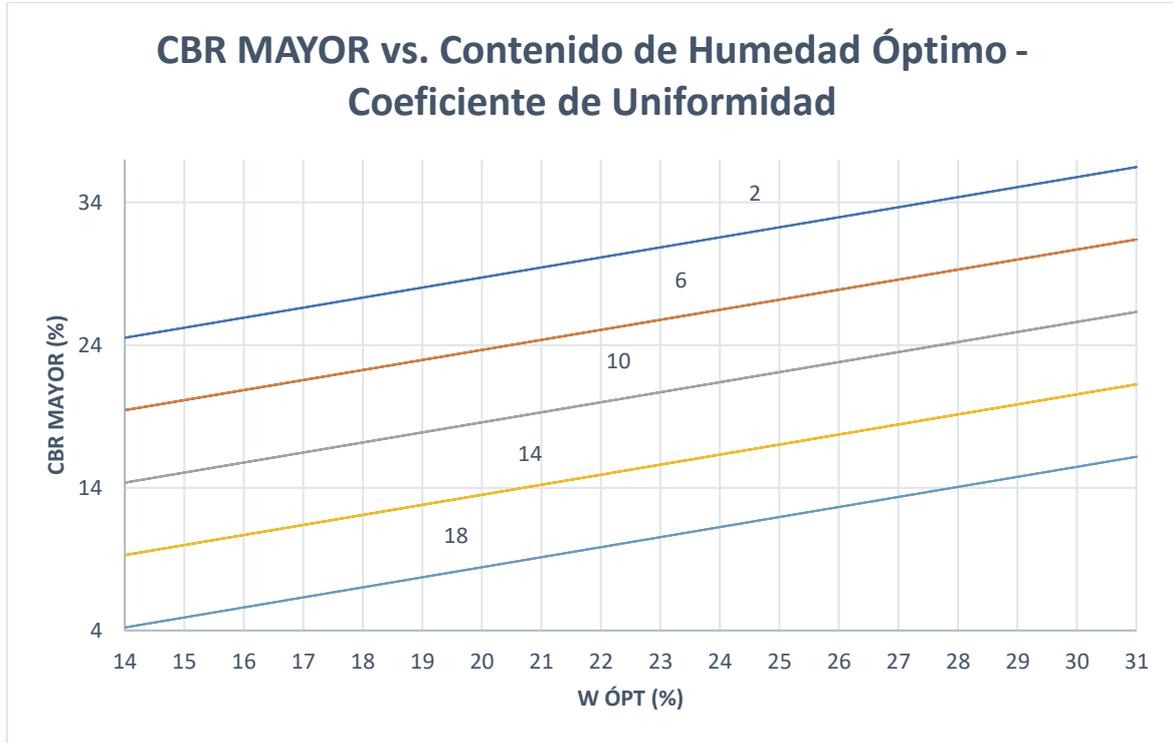


Figura 51: Correlación CBR vs Contenido de Humedad Óptimo- Coeficiente de Uniformidad

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$CBR = -12,6661 + 34,6475 \text{ Log}(W_{\text{ópt}}(\%)) - 1,2686C_u$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 61,09\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación entre el CBR vs Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Uniformidad se utilizó 10 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 61,09%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables. Logrando apreciar una relación directamente proporcional del Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Uniformidad con el CBR.

Correlación #20 (CBR vs Contenido de Humedad Óptimo- Coeficiente de Curvatura)

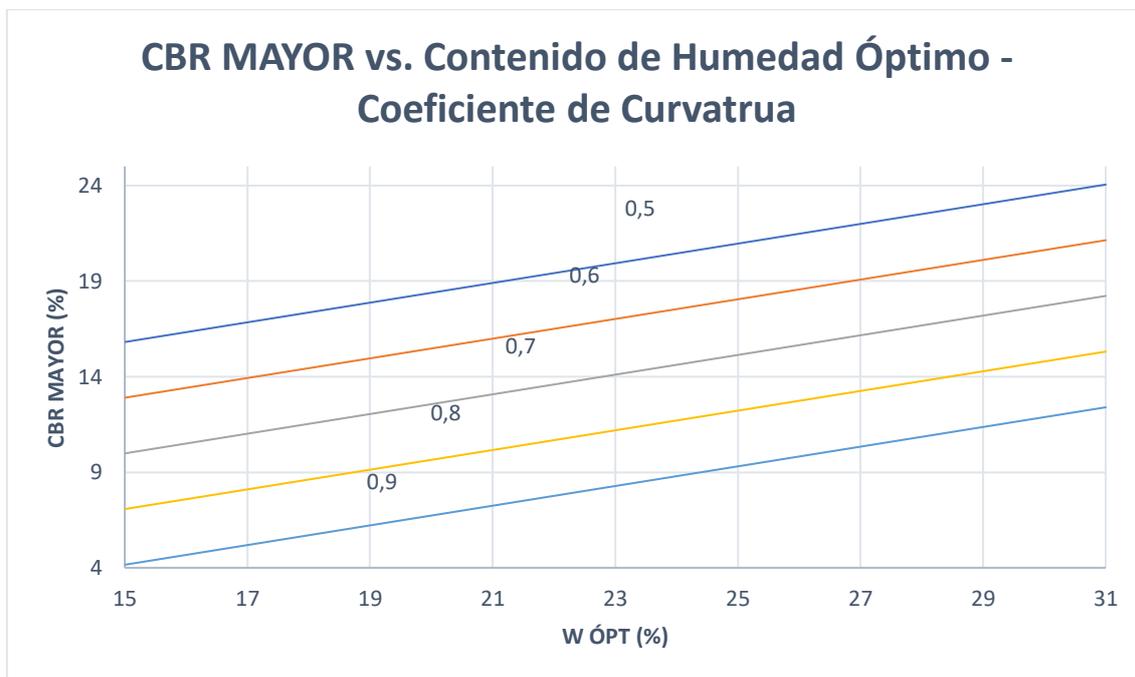


Figura 52: Correlación CBR vs Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Curvatura.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

$$CBR = -0,3567 + 26,1376 \text{ Log}(W_{\text{ópt}}(\%)) - 29,1392C_c$$

Valor del coeficiente de determinación $R^2 = 71,96\%$

Número de muestras utilizadas: 10

Para la correlación entre el CBR vs Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Uniformidad se utilizó 10 muestras. Brindándonos un coeficiente de determinación del 71,96%, obtenido con la ayuda de una regresión múltiple de tipo Logarítmica con tres variables. Logrando apreciar una relación directamente proporcional del Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Curvatura con el CBR.

Tabla 41: Correlaciones de los suelos

N°	ECUACIÓN	R² (%)	N° MUESTRAS
Correlaciones "Propiedades Índice"			
1	$LP = 0,0104LL^2 + 0,338LL + 9,3671$	89,89%	12
2	$\gamma d \text{ in situ} = 0,0012\omega\acute{o}pt^2 - 0,0656\omega\acute{o}pt + 1,7751$	61,99%	10
3	$\gamma d_{max} = -0,0602\omega\acute{o}pt^2 + 2,1374\omega\acute{o}pt - 17,148$	75,74%	10
4	$\gamma d_{max} = -0,0118LL^2 + 0,6509LL - 7,2738$	94,97%	10
5	$W \acute{o}pt (\%) = 4,0363 + 0,4365LL\% + 0,0793LP\%$	81,30%	11
6	$W \text{ nat} (\%) = 6,9672e^{0,0137LL\%} * e^{0,0335LP\%}$	66,05%	11
7	$W \acute{o}pt (\%) = 5,9142 - 0,0471Wnat(\%) + 0,4966LP\%$	69,28%	12
8	$W \acute{o}pt (\%) = 5,2515 + 0,0697Wnat(\%) + 0,3972LL\%$	75,54%	11
9	$W\acute{o}pt = 6,7631DN^{-0,4256} * Wnat^{0,6313}$	74,70%	10
10	$\gamma d \text{ in situ} = 2,6383DN^{-0,0833} * W\acute{o}pt^{-0,2692}$	70,01%	10
Correlaciones "DCP "			
11	$DN = 2,9673e^{-0,1111LL} * e^{0,1491LP}$	56,93%	10
12	$DN = 544,4777e^{-2,8037\gamma d \text{ in situ}} * e^{-1,4719CC}$	73,97%	10
13	$DN = 2,5156\gamma d \text{ in situ}^{-0,4439} * Cu^{0,5184}$	77,56%	10
14	$DN = 19,8772 - 7,8499\gamma d \text{ in situ} - 0,8288IP$	62,85%	10
15	$DN = 0,9247e^{1,5968\gamma d_{max}} e^{-0,1854IP}$	85,18%	10
Correlaciones "CBR"			
16	$CBR = 0,5353 LL^2 - 28,718 LL + 393,88$	62,27%	11
17	$CBR = 0,178 DN^2 - 5,9041 DN + 56,315$	88,98%	10
18	$CBR = 1712526851,238 GS^{-10,8588} - 10,8588 W\acute{o}pt (\%)^{-3,2579}$	59,12%	10
19	$CBR = -12,6661 + 34,6475 \text{Log}(W\acute{o}pt(\%)) - 1,2686Cu$	61,09%	10
20	$CBR = -0,3567 + 26,1376 \text{Log}(W\acute{o}pt(\%)) - 29,1392Cc$	71,96%	10

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

3.1.4 Diseño Estructural de pavimento flexible AASHTO – 93

El pavimento flexible se diseñará mediante el método AASHTO 93, buscando obtener una estructura segura, cómoda y duradera. Para facilitar la convivencia de los pobladores aledaños.

Se realizo el debido conteo vehicular de la vía Rumipamba de Navas, durante 12 horas (06:00 AM a 18:00 PM) por 7 días, dando inicio el 04/07/2022 y por terminado el 10/07/2022. Determinando que la hora pico fue de 07:00 AM a 08:00AM de 07/07/2022.

Tabla 42: Hora Pico

Hora		Vehículos Livianos	Total Buses	Transporte de Carga		Total
				Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes	
7:00	7:15	3	3	1	0	7
7:15	7:30	6	1	0	0	7
7:30	7:45	7	2	2	0	11
7:45	8:00	5	2	2	0	9
TOTAL		21	8	5	0	34

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

- Factor Hora Pico (FHP)

$$FHP = \frac{\text{Total Vehiculos}}{4 * (> \text{tfáfico en 15 min})}$$

$$FHP = \frac{34}{4 * (11)}$$

$$FHP = 0,705 \rightarrow 1$$

- Porcentaje de la trigésima hora.

$$TPDA = \frac{\text{Total Vehiculos} * FHP}{15\%}$$

T. LIVIANOS.

$$TPDA(\text{livianos}) = \frac{21 * 1}{15\%} = 140 \frac{\text{veh}}{\text{día}}$$

T. BUSES.

$$TPDA(\text{buses}) = \frac{8 * 1}{15\%} = 53 \frac{\text{veh}}{\text{día}}$$

T. CAMIONES.

$$TPDA(\text{camiones}) = \frac{5 * 1}{15\%} = 33 \frac{\text{veh}}{\text{día}}$$

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

$$TPDA \text{ total actual} = 140 + 53 + 33$$

$$TPDA \text{ total actual} = 226$$

- **Tráfico Vehicular Actual en el primer año.**

Tomamos en cuenta el índice de crecimiento vehicular por parte del MTOP

Tabla 43: Índice de crecimiento vehicular

Periodo	Tipo de Vehículo		
	Livianos	Buses	Camiones
2021-2025	3,57	1,78	1,74
2026-2030	3,25	1,62	1,58
2031-2030	3,25	1,62	1,58
2036-2039	3,25	1,62	1,58
2040-2043	3,25	1,62	1,58

Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas (NEVI-12-MTOP-2013)

$$TPDA_{1año} = Ta * (1 + i)^1$$

T. LIVIANOS

$$TPDA_{1año\ livianos} = 140 * (1 + 3,57\%)^1 = 145$$

T. BUSES.

$$TPDA_{1año\ buses} = 53 * (1 + 1,78\%)^1 = 54$$

T. CAMIONES.

$$TPDA_{1año\ camiones} = 33 * (1 + 1,74\%)^1 = 34$$

$$TPDA_{1año\ TOTAL} = TPDA_{1año\ livianos} + TPDA_{1año\ buses} + TPDA_{1año\ camiones}$$

$$TPDA_{1año\ TOTAL} = 145 + 54 + 34 = 233$$

- **Trafico generado.**

$$Tg_{livianos} = 20\% * Ta_{(1año)}$$

T. LIVIANOS

$$Tg_{livianos} = 20\% * 145 = 29 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES.

$$Tg_{buses} = 20\% * 54 = 11 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES.

$$Tg_{camiones} = 20\% * 34 = 7 \frac{veh}{día}$$

- **Trafico Atraído.**

$$Tat = 10\% * Ta_{(1año)}$$

T. LIVIANOS

$$Tat_{livianos} = 10\% * 145 = 15 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES.

$$Tat_{buses} = 10\% * 54 = 5 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES.

$$Tat_{camiones} = 10\% * 34 = 3 \frac{veh}{día}$$

- **Trafico Desarrollado.**

$$Td = 5\% * Ta_{(1año)}$$

T. LIVIANOS

$$Td_{livianos} = 5\% * 145 = 7 \frac{veh}{día}$$

T. BUSES.

$$Td_{buses} = 5\% * 54 = 3 \frac{veh}{día}$$

T. CAMIONES.

$$Td_{camiones} = 5\% * 34 = 2 \frac{veh}{día}$$

Tabla 44: Tráfico actual del proyecto.

Tipo de Vehículo	TPDA Actual	i%= Índice de Crecimiento	TPDA 1er Año	Tg	Tat	Td	Ta Total
Livianos	140	3,57	145	29	15	7	196
Buses	53	1,78	54	11	5	3	73
Camiones	33	1,74	34	7	3	2	46

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 45: Periodo de Diseño según el tipo de vía

Clasificación de la Vía	Periodo de Análisis (años)
Urbana de alto Volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 – 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Se tomo a la Vía Rumipamba de Navas que conecta al barrio Santa Ana, San Pedro con el Barrio Rumipamba, para diseñarla como Vía tipo pavimentada de bajo volumen de tráfico con un periodo de diseño de 20 años.

Tabla 46: Tráfico estimado para los 20 años de periodo de diseño

AÑO	CRECIMIENTO (%)			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO			TPDA TOTAL
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	
2022	3,57	1,78	1,74	196	73	46	315
2023	3,57	1,78	1,74	203	75	47	325
2024	3,57	1,78	1,74	210	76	47	333
2025	3,57	1,78	1,74	218	77	48	343
2026	3,25	1,62	1,58	222	78	49	349
2027	3,25	1,62	1,58	229	79	49	357
2028	3,25	1,62	1,58	237	81	50	368
2029	3,25	1,62	1,58	245	82	51	378
2030	3,25	1,62	1,58	253	83	52	388
2031	3,25	1,62	1,58	261	85	53	399
2032	3,25	1,62	1,58	269	86	53	408
2033	3,25	1,62	1,58	278	87	54	419
2034	3,25	1,62	1,58	287	89	55	431
2035	3,25	1,62	1,58	296	90	56	442
2036	3,25	1,62	1,58	306	92	57	455
2037	3,25	1,62	1,58	316	93	58	467
2038	3,25	1,62	1,58	326	95	59	480
2039	3,25	1,62	1,58	337	96	60	493
2040	3,25	1,62	1,58	348	98	61	507
2041	3,25	1,62	1,58	359	99	61	519
2042	3,25	1,62	1,58	370	101	62	533

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Nota: TPDA del último año proyectado para el diseño es de 533

Tabla 47: Clasificación de carreteras de acuerdo al tráfico de diseño proyectado

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

Fuente: Ministerio de transporte y obras públicas (NEVI-12-MTOP-2013)

- **Cálculo del Eje Equivalente.**

$$W_{18}Total = 365 * TPDA * FD$$

Es necesario determinar el Factor de Daño para el transporte liviano, buses y pesados.

Tabla 48: Factor de Daño.

TIPO	SIMPLE		SIMPLE DOBLE		TANDEM		TRIDEM			FACTOR DE DAÑO
	Ton	(P/6.6)^4	Ton	(P/8.2)^4	Ton	(P/15)^4	Ton		(P/23)^4	
Liviano	3	0,04								0,04
Buses	4	0,13	8	0,91						1,04
C-2P	2,5	0,02								1,29
	7	1,27								1,29
C-2G	6	0,68	11	3,24						3,92
C-3	6	0,68			18	2,07				2,75
C-4	6	0,68					25		1,4	2,08
C-5	6	0,68			18	2,07				2,75
C-6	6	0,68			18	2,07	25		1,4	4,15

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

El Factor de daño para el transporte liviano a utilizarse es 0.04, el de buses es 1,04 y pesados de 1,29.

Tabla 49: Calculo del Eje Equivalente de Diseño

AÑO	CRECIMIENTO (%)			TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO				EJE EQUIVALENTE DE DISEÑO POR AÑO	EJE EQUIVALENTE DE DISEÑO ACUMULADO	EJE EQUIVALENTE DE DISEÑO
	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	LIVIANOS	BUSES	PESADOS	TPDA TOTAL			
2022	3,57	1,78	1,74	196	73	46	315	52232	52231,5	26116
2023	3,57	1,78	1,74	203	75	47	325	53564	105795,25	52898
2024	3,57	1,78	1,74	210	76	47	333	54046	159840,8	79920
2025	3,57	1,78	1,74	218	77	48	343	55013	214853,6	107427
2026	3,25	1,62	1,58	222	78	49	349	55922	270775,25	135388
2027	3,25	1,62	1,58	229	79	49	357	56403	327178,7	163589
2028	3,25	1,62	1,58	237	81	50	368	57750	384929	192465
2029	3,25	1,62	1,58	245	82	51	378	58718	443646,55	221823
2030	3,25	1,62	1,58	253	83	52	388	59685	503331,35	251666
2031	3,25	1,62	1,58	261	85	53	399	61032	564363	282182
2032	3,25	1,62	1,58	269	86	53	408	61528	625891,05	312946
2033	3,25	1,62	1,58	278	87	54	419	62510	688400,95	344200
2034	3,25	1,62	1,58	287	89	55	431	63871	752272,3	376136
2035	3,25	1,62	1,58	296	90	56	442	64853	817125,5	408563
2036	3,25	1,62	1,58	306	92	57	455	66229	883354,75	441677
2037	3,25	1,62	1,58	316	93	58	467	67226	950580,45	475290
2038	3,25	1,62	1,58	326	95	59	480	68602	1019182,2	509591
2039	3,25	1,62	1,58	337	96	60	493	69613	1088795	544398
2040	3,25	1,62	1,58	348	98	61	507	71003	1159798,45	579899
2041	3,25	1,62	1,58	359	99	61	519	71544	1231342,1	615671
2042	3,25	1,62	1,58	370	101	62	533	72934	1304276,4	652138

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 50: Espesores mínimos en base a ejes equivalentes

Tránsito W18	Carpeta Asfáltica D1	Base Granular D2
< 5000	1,0	4,0
5001 a 150000	2,0	4,0
150001 a 500000	2,5	4,0
500001 a 2000000	3,0	6,0
2000001 a 7000000	3,5	6,0
> 7000000	4,0	6,0

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

CARPETA ASFÁLTICA D1 = 2.5 pulg.

BASE GRANULAR D2 = 4.0 pulg

- **Confiabilidad (R)**

Tabla 51: Nivel de Confiabilidad (R)

CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL DE CONFIABILIDAD R	
	URBANA	RURAL
Autopistas	85 - 99.9	80 - 89.99
Carreteras de primer orden	80-99	75-95
Carreteras secundarias	80-95	75-95
Caminos vecinales	50-80	50-80

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Se selecciono en nivel de confiabilidad de un valor del 85, debido a que es una carretera secundaria en una zona rural.

- **Desviación Estándar Normal (Zr)**

Tabla 52: Desviación Estándar Normal (Zr)

NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	Zr
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

La Desviación Estándar Normal para un nivel de confiabilidad de 85 es -1,037.

- **Desviación Estándar Global**

La desviación estándar global para pavimentos flexibles está en un rango de 0.40 a 0.50. Y de acuerdo a la normativa es recomendable utilizar el valor intermedio de 0.45. [38]

- **Índice de Serviciabilidad (PSI)**

El índice de serviciabilidad correspondiente al diseño de un pavimento flexible de una vía secundaria se considera como valor inicial a 4.2, por otra parte, se considera como valor final un promedio igual a 2

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

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

- **Módulo de Resiliencia de la Subrasante (Mr)**

Para el cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante utilizaremos el valor de $CBR_{máx.}$ de la Vía Rumipamba de Navas de la muestra número dos que es igual a 9,5%.

$$Mr_{PSI} = 3000 * CBR^{0,65}$$

$$Mr_{PSI} = 3000 * 9,5^{0,65}$$

$$Mr_{PSI} = 12961 \rightarrow Mr = 12,961 \text{ Ksi}$$

- **Coefficientes Estructurales a_1, a_2, a_3**

Coefficiente a_1

La AASHTO 93, establece un mínimo valor de estabilidad el cual es de 1800 lb. Por tanto, el valor obtenido mediante el uso del nomograma es de $a_1 = 0,405$.

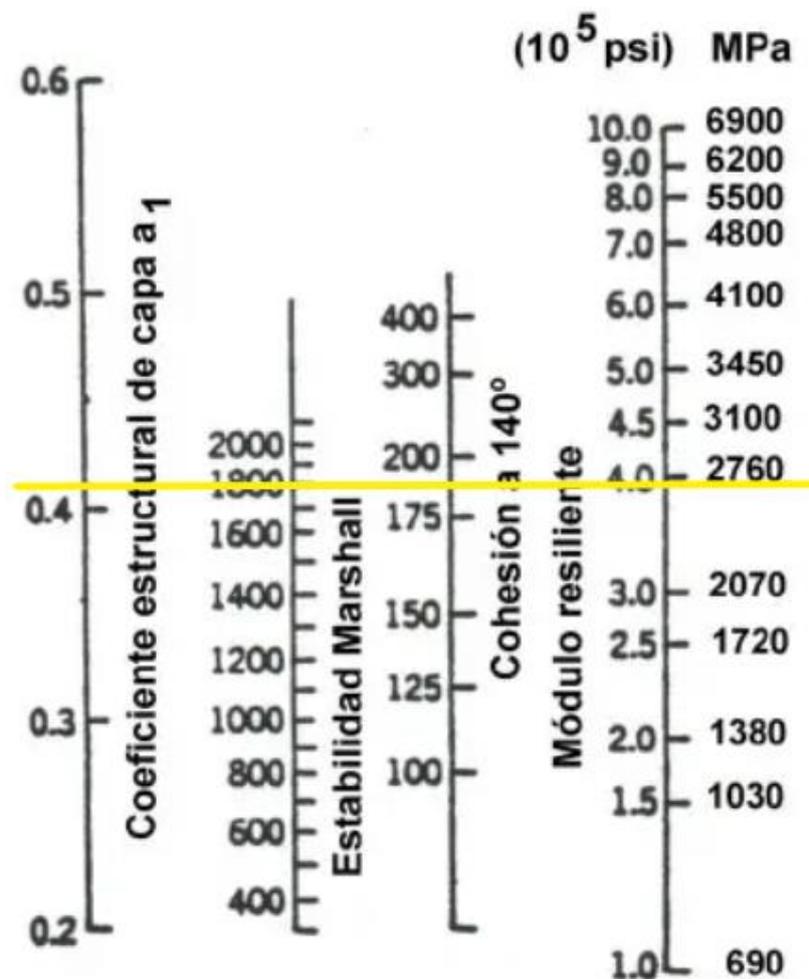


Figura 53: Ábaco para la estimación de a_1 , AASHTO 93.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa. Según AASHTO93

Tabla 53: Determinación de Valores a1

MÓDULO ELÁSTICO		a1
PSI	MPA	
125000	875	0,220
150000	1050	0,250
175000	1225	0,280
200000	1400	0,295
225000	1575	0,320
250000	1750	0,330
275000	1925	0,350
300000	2100	0,360
325000	2275	0,375
350000	2450	0,850
375000	2625	0,405
400000	2800	0,420
425000	2975	0,435
450000	3150	0,440

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

El módulo de resiliencia para la carpeta asfáltica correspondiente al coeficiente a1 obtenido anteriormente es de 375 000 psi.

- **Coeficiente estructural a2**

Para el coeficiente estructural a2 nos acogemos a la normativa de diseño geométrico de carreteras MOP 2003. Que nos dice que el CBR mínimo para una base granular debe ser del 80%.

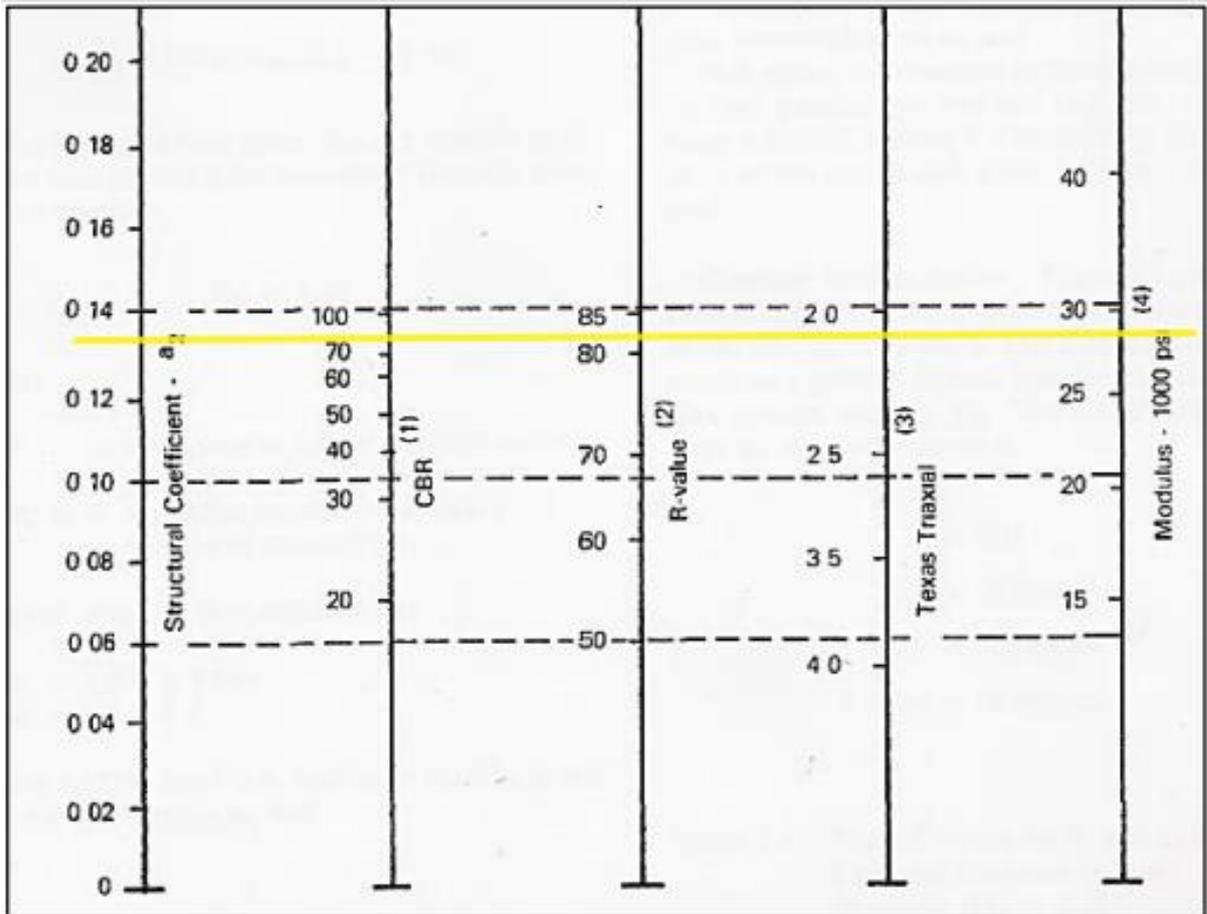


Figura 54: Ábaco para la estimación de a_2 , AASHTO 93.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa. Según AASHTO93

Tabla 54: Determinación de Valores a_2 .

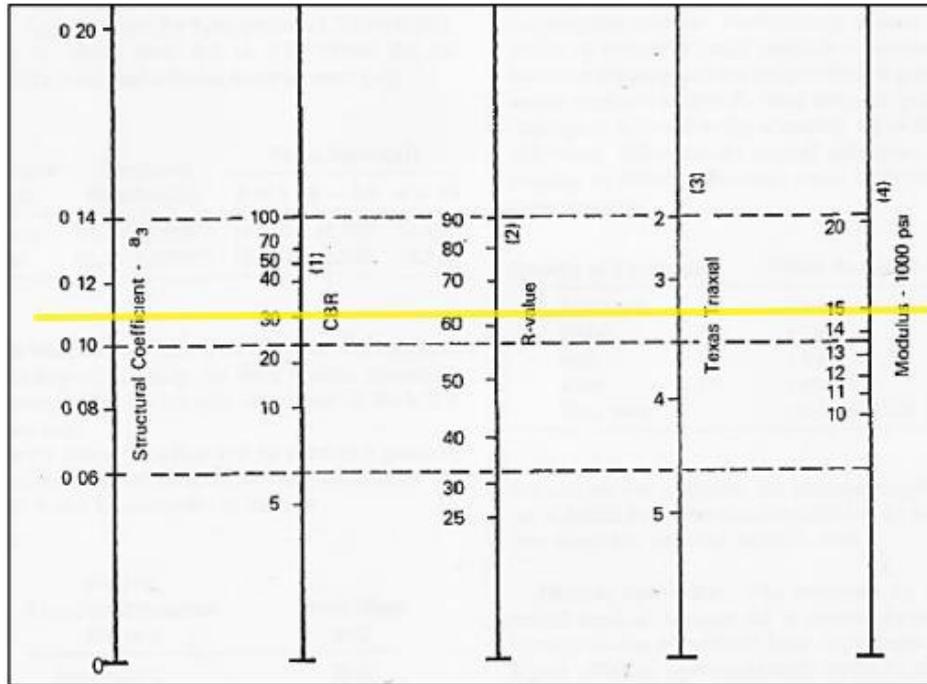
Base Agregados	
CBR	a_2
50	0,115
55	0,12
60	0,125
70	0,13
80	0,133
90	0,137
100	0,14

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Teniendo en cuenta el CBR mínimo de 80%, mediante el monograma y la tabla de determinación del coeficiente estructural a_2 . Se tomo un valor de 0,1333.

- **Coefficiente estructural a3**

Para el coeficiente estructural a3, basándonos en la normativa de diseño geométrico de carreteras MOP 2003, nos dice que el CBR mínimo para una sub-base granular debe ser del 30%. Partiendo de ese criterio procedemos al Nomograma.



*Figura 55: Ábaco para la estimación de a2, AASHTO 93.
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa. Según AASHTO93*

Tabla 55: Determinación de valores a3

Base Agregados	
CBR	a3
10	0,080
15	0,090
20	0,093
25	0,102
30	0,108
35	0,115
40	0,120
45	0,125
50	0,128
55	0,130
60	0,135
65	0,138
70	0,140

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Mediante el Nomograma y con el valor referencial del 30% de CBR se obtuvo un coeficiente estructural a_3 de 0,108.

- **Coeficiente de drenaje m_2 , m_3**

Tabla 56: Capacidad de Drenaje del Proyecto.

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

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Consideramos una capacidad de drenaje buena, lo que el tiempo de eliminación de agua será de 1 día.

Tabla 57: Corrección de coeficientes m_2 y m_3 en base al drenaje

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

Fuente: Guías de Diseño AASHTO. Método AASHTO-93.

Los valores de los coeficientes m_2 y m_3 serán de 1,1

Tabla 58: Datos de diseño CBR LAB.

DATOS DISEÑO 1	
PSI inicial	4,2
PSI final	2
Confiabilidad % (R)	85
Desviación estándar normal (Zr)	-1,037
Desviación estándar global (So)	0,45
Módulo de resiliencia de la subrasante (Mr)	12961
W18	652138
a1	0,405
a2	0,133
a3	0,108
m2	1,1
m3	1,1

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa.

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento
 Pavimento flexible Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)
 92 % Zr=-1.405 So 0.45

Serviciabilidad inicial y final
 PSI inicial 4.2 PSI final 2

Módulo resiliente de la subrasante
 Mr 12961 psi

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

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

Número Estructural
SN =

Calcular Salir

Figura 56: Programa AASHTO 93.

Fuente: Diseño de Pavimento Asfáltico – AASHTO 93.

Tabla 59: Diseño de Pavimento Flexible – CBR lab.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993			
PROYECTO : Tesis de Grado	TRAMO : Rumipamba-Santa Ana		
SECCION : km 0+000 a km 1+250	FECHA : 15/07/2022		
DATOS DE ENTRADA :			
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE			
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			652.138
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			12,96
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO			
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA			
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,405
Base granular (a ₂)			0,133
Subbase (a ₃)			0,108
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA			
Base granular (m ₂)			1,100
Subbase (m ₃)			1,100
DATOS DE SALIDA :			
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})	2,62		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})	1,88		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})	0,47		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})	0,27		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO			
		PROPUESTA	
	TEORICO	ESPESOR	SN*
ESPESOR CARPETA ASFALTICA (cm)	11,8 cm	5,0 cm	0,80
ESPESOR BASE GRANULAR (cm)	8,2 cm	20,0 cm	1,15
ESPESOR SUB BASE GRANULAR (cm)	5,8 cm	20,0 cm	0,94
ESPESOR TOTAL (cm)		45,0 cm	2,88
DISEÑADO POR : Paúl Fernando Jiménez Sisa			<i>fm</i>

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa. AASHTO93

Tabla 60: Espesores de capa – CBR lab.

CAPA PAVIMENTO FLEXIBLE	ESPESOR (CM)
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular	20
Subbase Granular	20

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Verificación:

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN$$

$$0.80 + 1.15 + 0.94 \geq 2.62$$

$$2.88 \geq 2.62 \rightarrow OK!!$$

GRÁFICO DE CAPAS:

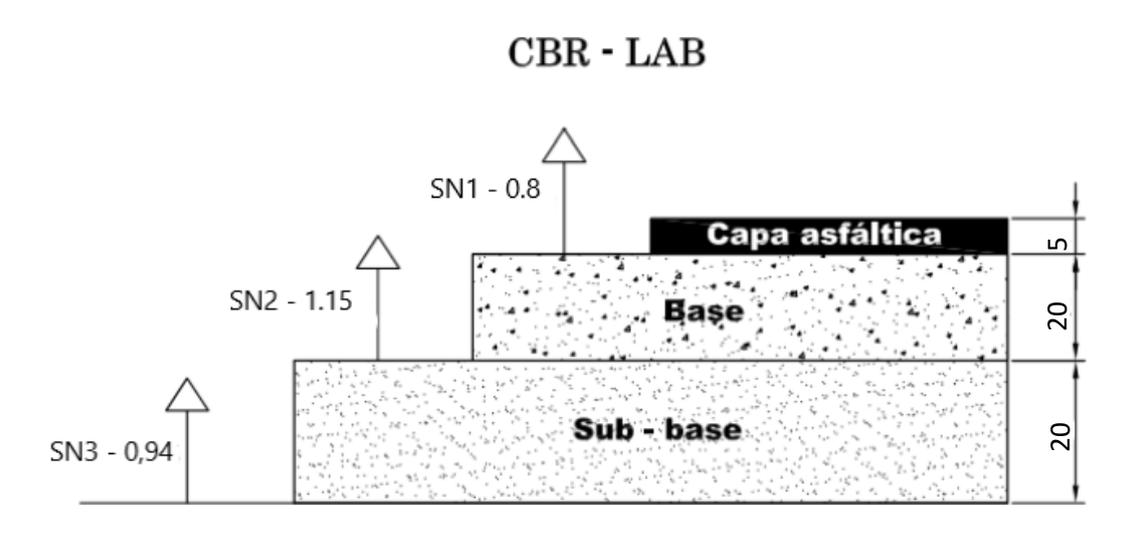


Figura 57: Espesor de las capas de la estructura del pavimento flexible.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Diseño pavimento flexible del CBR correlacionado con el Contenido de Humedad – Coeficiente de Curvatura, perteneciente a la Vía Rumipamba de Navas, muestra dos.

$$CBR = -0,3567 + 26,1376 \text{ Log}(Wópt(\%)) - 29,1392C_c$$

$$CBR = -0,3567 + 26,1376 \text{ Log}(15,80) - 29,1392(0,82)$$

$$CBR = 7,0791\%$$

Es necesario calcular nuevamente el módulo de resiliencia de la subrasante con el CBR calculado.

$$Mr_{PSI} = 3000 * CBR^{0,65}$$

$$Mr_{PSI} = 3000 * 7,0791^{0,65}$$

$$Mr_{PSI} = 10705,58$$

$$Mr = 10,705 \text{ Ksi}$$

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software window. It contains several input fields and calculated results:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu set to '92 % Zr=-1.405' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (4.2) and 'PSI final' (2).
- Módulo resiliente de la subrasante:** A text box for 'Mr' with the value '10705.574 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box shows 'W18 = 652138'.
- Número Estructural:** A text box shows 'SN = 2,81'.
- Buttons:** 'Calcular' and 'Salir' buttons at the bottom.

Figura 58: Programa ASSTHO 93.

Fuente: Diseño de Pavimento Asfáltico – AASHTO 93.

Tabla 61: Diseño de Pavimento Flexible – CBR Correlación.

DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES METODO AASHTO 1993				
PROYECTO	: Tesis de Grado		TRAMO	: Rumipamba-Santa Ana
SECCION	: km 0+000 a km 1+250		FECHA	: 15/07/2022
DATOS DE ENTRADA :				
1. CARACTERISTICAS DE MATERIALES			DATOS	
A. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MEZCLA ASFALTICA (ksi)			375,00	
B. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA BASE GRANULAR (ksi)			28,00	
C. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA SUB-BASE (ksi)			14,80	
2. DATOS DE TRAFICO Y PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE				
A. NUMERO DE EJES EQUIVALENTES TOTAL (W18)			652.138	
B. FACTOR DE CONFIABILIDAD (R)			85%	
DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)			-1,037	
DESVIACION ESTANDAR GLOBAL (So)			0,45	
C. MODULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr, ksi)			12,96	
D. SERVICIABILIDAD INICIAL (pi)			4,2	
E. SERVICIABILIDAD FINAL (pt)			2,0	
F. PERIODO DE DISEÑO (Años)			20	
3. DATOS PARA ESTRUCTURACION DEL REFUERZO				
A. COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE CAPA				
Concreto Asfáltico Convencional (a ₁)			0,405	
Base granular (a ₂)			0,133	
Subbase (a ₃)			0,108	
B. COEFICIENTES DE DRENAJE DE CAPA				
Base granular (m ₂)			1,100	
Subbase (m ₃)			1,100	
DATOS DE SALIDA :				
NUMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO TOTAL (SN _{REQ})		2,81		
NUMERO ESTRUCTURAL CARPETA ASFALTICA (SN _{CA})		2,12		
NUMERO ESTRUCTURAL BASE GRANULAR (SN _{BG})		0,56		
NUMERO ESTRUCTURAL SUB BASE (SN _{SB})		0,13		
ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO				
		PROPUESTA		
	TEORICO	ESPELOR	SN*	
ESPELOR CARPETA ASFALTICA (cm)	13,3 cm	5,0 cm	0,80	
ESPELOR BASE GRANULAR (cm)	9,7 cm	20,0 cm	1,15	
ESPELOR SUB BASE GRANULAR (cm)	2,8 cm	20,0 cm	0,94	
ESPELOR TOTAL (cm)		45,0 cm	2,88	
DISEÑADO POR : Paúl Fernando Jiménez Sisa			<i>fm</i>	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa. AASHTO93

Tabla 62: Espesores de capa – CBR Correlación.

CAPA PAVIMENTO FLEXIBLE	ESPESOR (CM)
Carpeta Asfáltica	5
Base Granular	20
Subbase Granular	20

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa.

Verificación:

$$SN1 + SN2 + SN3 \geq SN$$

$$0.80 + 1.15 + 0.94 \geq 2.62$$

$$2.88 \geq 2.62 \rightarrow OK!!$$

GRÁFICO DE CAPAS:

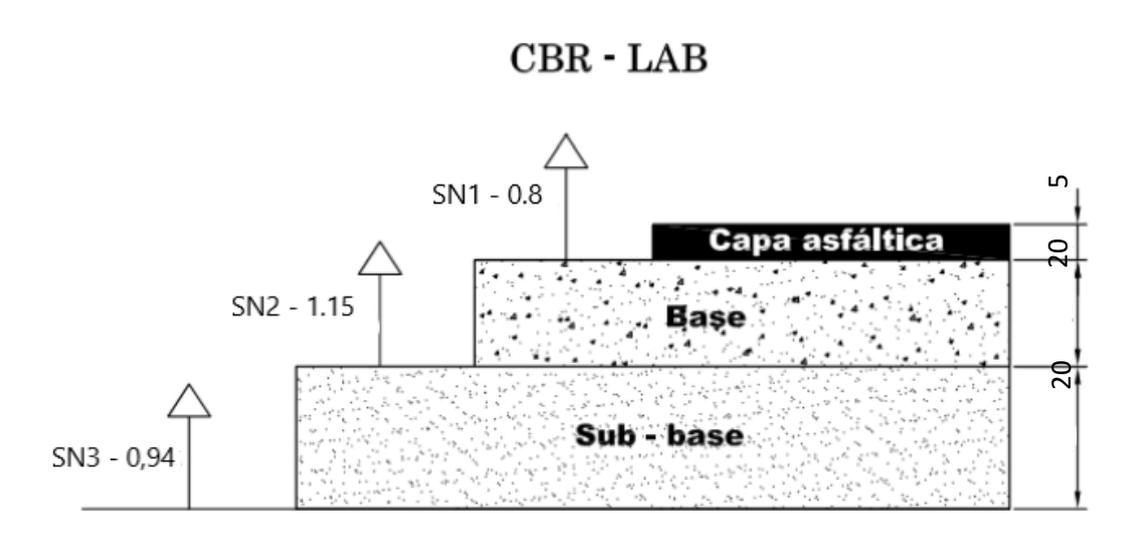


Figura 59: Espesor de las capas de la estructura del pavimento flexible.

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa.

Tabla 63: Espesores de las estructuras del pavimento del CBR de laboratorio y de la Correlación.

CBR (%)		MR	ESPESORES (CM)		
		PSI	CAPA ASFÁLTICA	BASE	SUB - BASE
Laboratorio	9,5	12961	5	20	20
Correlación	7,0791	10705,5749	5	20	20

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa.

Se diseñó la estructura del pavimento tanto con el CBR calculado en el laboratorio y el CBR calculado mediante la correlación, resultando los espesores iguales de cada diseño, corroborando así la eficacia del método por análisis de correlación.

3.2 Verificación de hipótesis

Realizado el proceso de investigación con muestras tomadas del cantón Salcedo, se determinó 20 correlaciones que tienen un coeficiente de determinación mayor al 50%.

3.2.1 Hipótesis Nula

No existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos del Cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

3.2.2 Hipótesis Alternativa

Si existe correlación entre el CBR (Capacidad de Soporte de California), DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) y las propiedades índice y mecánicas en los suelos de las parroquias del cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi. Todas las ecuaciones establecidas por correlación superan el 50% como valor de coeficiente de determinación. Se puede observar en la tabla 41.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones.

- Se realizó el muestreo del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. Extrayendo tres muestras de cuatro vías conformando un total de doce muestras, con la finalidad de correlacionar las propiedades mecánicas – índice, DCP y CBR. Que permiten la interpretación del suelo y sus propiedades.
- Se realizó un total de 20 correlaciones entre DCP, CBR, propiedades mecánicas e índices, obteniendo un coeficiente de determinación superior al 50% significando que existe correlaciones que pueden ser utilizadas para futuros proyectos viales del cantón Salcedo.
- Se determinó que los suelos analizados son de baja plasticidad, puesto que todas las muestras tienen valores de límite líquido menores al 50%, corroborando esto hay cinco valores de Índice de plasticidad negativos.
- Se determinó que las muestras analizadas en el cantón Salcedo, mediante las propiedades índice, corresponden a suelos granulares, específicamente al grupo de las arenas limosas.
- Se determinó los valores de los Límites de Atterberg obtenidos mediante los ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico con rango de valores de (29,02% - 42,21%) y (19,05% - 42,10%). Los cuales nos permiten una clasificación rápida de los suelos.
- Se realizó el ensayo de análisis granulométrico de todas las muestras obteniendo valores en porcentaje de Grava que varían de (1,25 % a 25,75%), Arena de (59,58 % a 87,95%) y Fino de (0,12 % a 30,10%). Concluyendo que las muestras tienen una gran cantidad de arena con un coeficiente de uniformidad muy variado.
- Se clasificó las diferentes muestras de suelo del cantón Salcedo, mediante la clasificación SUCS las muestras se clasificaron como SM (Arenas Limosas) y en la clasificación AASHTO entraron el grupo A-2-4 y una entro en el grupo A-2-5 que corresponden a suelos granulares (grava y arena limo o arcillosa).

- Se determinó el promedio del grado de saturación de agua en las muestras, obteniendo un valor del 44,21% lo que nos indica que las muestras corresponden a suelos arenosos y limosos.
- Se realizó el ensayo del proctor modificado tipo B mediante el cual se puede obtener las condiciones óptimas del suelo como son la densidad seca máxima y la humedad óptima la cual en este estudio los valores se encuentran en (1,032 gr/cm³ – 1,789 gr/cm³) y (14,6 % - 31,20%) respectivamente. Los cuales nos indican que pertenecen al grupo de los suelos granulares.
- Se realizó el ensayo del CBR de laboratorio de todas las muestras en estudio arrojándonos valores que se encuentran en un rango de (7% – 37%), calculándose un promedio de 20,09% valor el cual lo clasifica como material de subrasante muy buena.
- Se realizó en ensayo de DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono) en cada lugar de las muestras tomadas, con valores que se encuentran en un rango de (4,69 mm/golpe – 14,05 mm/golpe) deduciendo que se presenta una variedad amplia de resistencias.
- Se determinó cinco correlaciones para calcular el CBR que cumplen con un coeficiente de determinación superior al 50% siendo la correlación con el DCP la que mayor porcentaje nos proporcionó que es del 88,98%.
- Se diseñó la estructura del pavimento tanto con el CBR obtenido en el laboratorio y con el CBR calculado mediante la correlación con el Contenido de Humedad óptimo – Coeficiente de Uniformidad que tiene un porcentaje de coeficiente de determinación del 71,96%. De la vía Rumipamba de Navas utilizando el punto dos, mediante lo cual se pudo apreciar que los espesores de la Sub base (20cm), base (20cm) y Carpeta asfáltica (5cm) fueron de la misma dimensión en los 2 casos.
- Se concluyó con los resultados arrojados en el diseño del pavimento, que es muy factible la utilización de correlaciones entre las propiedades índice, mecánicas y DCP con el CBR para la realización de unos estudios preliminares de la subrasante del cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda visualizar bien el lugar en que se van a realizar los ensayos de cambio y extracción de muestras, debido a que puede ser relleno y eso provocaría la obtención de datos erróneos debido a que no son suelos propios de la zona.
- Se recomienda que se extraiga una cantidad considerable de suelo para la realización de todos los ensayos para las propiedades índice y mecánicas con la finalidad de que todos se realicen con éxito.
- Se recomienda que las muestras de suelo extraídas sean del costado de la vía y del interior de la calicata para evitar así la extracción de suelo con vegetación.
- Se recomienda que al momento de realizar los ensayos se ocupe equipos en buen estado para la precisión de los datos obtenidos.
- Se recomienda escoger vías que se encuentren en mal estado o que sean de suelo natural con una extensión de mínimo 5km.
- Se recomienda al momento de hacer el ensayo del proctor y CBR, realizarlo en un lugar que mantenga la humedad en todo el ensayo.
- Se recomienda para el límite líquido y límite plástico utilizar una balanza de mayor precisión por los valores pequeños que suelen obtenerse.
- Se recomienda tomar en cuenta para las ecuaciones de la correlación, datos que se encuentren dentro del rango para obtener un buen coeficiente de determinación.
- Se recomienda para el diseño del pavimento mediante la correlación utilizar una fórmula que tenga un buen porcentaje de coeficiente de determinación.
- Se recomienda leer normativas antes de realizar los ensayos, para que estos se realicen sin errores y de manera correcta.
- Se recomienda para el diseño del pavimento tomar una correlación que sea superior al 70% para tener un valor lo más exacto posible.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. R. D. STALIN, INFLUENCIA DE LA INTERACCIÓN SUELO – ESTRUCTURA DEL BLOQUE DE AULAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, MANABI: UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ, 2018.
- [2] G. D. E., MECANICA DE LOS SUELOS, COLOMBIA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2002.
- [3] J. D. B. PROAÑO, ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN V, QUITO: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, 2021.
- [4] A. O. M. SANTANA, ESTUDIO DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS (DCP) PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y (CBR) RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA EN LOS DIFERENTES TIPOS DE SUELOS, AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2016.
- [5] D. I. B. TOLEDO, MATERIA ORGÁNICA, SEMILLAS VIABLES DE MALEZAS, GRANULOMETRÍA, DENSIDAD APARENTE, FITOTOXICIDAD Y MATERIALES INERTES, EN COMPOST ESTABILIZADO, EN INDEPENDENCIA-HUARAZ, 2017-2018, HUARAZ – ANCASH: UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO, 2019.
- [6] J. D. B. SIERRA, VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DCP APLICADO EN CAMPO EN RELACIÓN AL ENSAYO CBR EN LABORATORIO, SAN JOSE: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA, 2016.
- [7] B. C. Y. G. PAOLI, CORRELACIÓN NÚMERO DE GOLPES DCP VS PENETRACIÓN CBR IN SITU PARA RESISTENCIA AL ESFUERZO NORMAL DE PAVIMENTOS URBANOS, LAMBAYEQUE. 2018, PIMENTEL: UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPAN, 2019.
- [8] F. V. AGREDA, EL CONO DINÁMICO DE PENETRACIÓN Y SU APLICACIÓN EN LA EVALUACIÓN DE SUELOS, UNIVERSIDAD PRIVADA BOLIVIANA, 2006.
- [9] D. F. O. SALAZAR, DETERMINACIÓN DE UNA CORRELACIÓN ENTRE EL VALOR DE CBR Y EL ENSAYO DCP PARA SUELOS DEL CANTÓN CUENCA, CUENCA: UCUENCA, 2022.
- [10] M. J. M. HINOJOSA, CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP, PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DE LA PARROQUIA LA MATRIZ DEL CANTÓN QUERO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA., AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2021.
- [11] S. A. B. P. Y. C. E. Q. CASTIBLANCO, ANÁLISIS DEL ESTADO DE LAS VÍAS SECUNDARIAS EN COLOMBIA Y LA OPORTUNIDAD DE LA INGENIERÍA CIVIL PARA SU CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO, BOGOTA: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA, 2019.
- [12] J. E. G. ORTIZ, COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DEL SUELO CON LA INCORPORACION DE LOS DESPERDICIOS DE LADRILLO DE ARCILLA COCIDA TRITURADA, EN LA PROVINCIA DE SAN ROMAN, PUNO, JULIACA: UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, 2019.
- [13] F. O. BUSTAMANTE, ESTRUCTURACIÓN EN VÍAS TERRESTRE, SEGUNDA ED., MEXICO DF: COMPAÑIA CONTINETAL, 2001.
- [14] L. C. J. FRANCISCO, DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO., CUENCA: UNIVERSIDAD DE CUENCA, 2017.

- [15] M. B. Y. P. M. SEBASTIÁN LÓPEZ, «COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PENETRACIÓN DE CONO DINÁMICO (DCP) Y PENETRÓMETRO DE CONO DINÁMICO DE ENERGÍA VARIABLE PANDA,» *GEOTECHNICAL ENGINEERING IN THE XXI CENTURY: LESSONS LEARNED AND FUTURE CHALLENGES*, PP. 1552 - 1561, 2019.
- [16] O. A. A. A. O. D. AFOLAYAN, "STRENGTH MODELLING OF SOIL GEOTECHNICAL PROPERTIES FROM INDEX PROPERTIES," , 2018.
- [17] J. F. L. A. R. B. ZEAS, DETERMINACIÓN DE LA CORRELACIÓN ENTRE LOS ÍNDICES DCP IN SITU Y CBR DE LABORATORIO., 2017.
- [18] L. M. NIETO, MECANICA DE SUELOS, GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, 2008.
- [19] M. N. VASQUEZ, BASES TÉCNICAS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL SUELO, DEPARTAMENTO DE FERNTILIDAD Y BIOLOGIA DEL SUELO INIA- VENEZUELA.
- [20] B. I. A. M. I. M. Y. B. I. A. F. C. NINA, DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL SUELO DE LA ZONA DE PIEDRA BLANCA – ASOCIACIÓN EL CENTINELA, DISTRITO DE CALANA, DEPARTAMENTO DE TACNA, TACNA: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA, 2017.
- [21] S. P. S. CHANCUSIG, CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DE LAS PARROQUIAS ULBA Y RÍO VERDE, CANTÓN BAÑOS DE AGUA SANTA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, BAÑOS: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2021.
- [22] A. S. A. ANDRES, DETERMINACIÓN DEL CBR DE LABORATORIO Y NATURAL EN SUELOS FINOS Y SU CORRELACIÓN CON EL DCP PARA LA DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUB-RASANTE, EN EL DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA CIUDAD DE QUITO, QUITO: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, 2013.
- [23] K. M. C. CHACÓN, CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS GRANULARES, DE LAS PARROQUIAS PASA Y SAN FERNANDO, CANTÓN AMBATO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA., AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, 2020.
- [24] J. A. T. PIMENTEL, CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES DEL PABELLÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE LA UNSA, AREQUIPA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA, 2020.
- [25] F. J. BACH. POMALAZA BACILLO, DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES DE VOLUMEN A TRAVÉS DEL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIALS PARA GENERAR UNA TABLA DE CONVERSION VOLUMÉTRICA EN MOVIMIENTO DE TIERRAS, HUANCAYO, HUANCAYO: UNIVERSIDAD NACIONAL D.EL CENTRO DEL PERÚ, 2016.
- [26] K. M. Y. B. P. S. M. A. BACH. CONTOGURIS POMA, ESTABILIZACIÓN DE SUELOS FINOS MEDIANTE EL USO DEL POLÍMERO POLYCOM EN SUBRASANTES PARA CAMINOS DE BAJA TRANSITABILIDAD EN LA CIUDAD DE IQUITOS, 2020, IQUITOS: UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DE PERÚ, 2020.

- [27] J. E. V. MESA, EVALUACIÓN DE LOS MÉTODOS AASHTO Y USCS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEL BARRIO MOCHUELO BAJO EN LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR, BOGOTÁ: UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS (COLOMBIA), 2009.
- [28] J. L. O. D. L. CRUZ, INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN EL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD Y LA MÁXIMA DENSIDAD SECA EN LOS SUELOS GRANULARES, CAJAMARCA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, 2013.
- [29] C. Q. J. CARLOS, EFECTO DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN EN LA DENSIDAD SECA MÁXIMA Y CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD DEL SUELO GRANULAR DE LA CANTERA EL GAVILÁN, 2015, CAJAMARCA: UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE, 2016.
- [30] J. H. CORDOVA, DETERMINATION OF THE DIFFERENCES IN RESULTS OF TWO REALIZATION PROCEDURES OF THE STANDARD PROCTOR TEST, TABASCO: UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO, 2020, PP. 133-159.
- [31] K. S. Y. B. V. Q. G. G. BACH. EUGENIO CASTRO, DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) A PARTIR DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS PARA PAVIMENTOS DE BAJO VOLUMEN, LIMA: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA, 2021.
- [32] B. S. J. G. VALLEJOS, DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE PARA EL ANILLO VIAL DEL ÓVALO GRAU – TRUJILLO - LA LIBERTAD, TRUJILLO: UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO, 2014.
- [33] D. E. G. MORGADO, METODOLOGÍAS DE REPARACIÓN PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE MEDIANO Y BAJO TRÁNSITO, SANTIAGO DE CHILE: UNIVERSIDAD ANDRES BELLO, 2018.
- [34] J. P. O. CAMACHO, DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO DE LAS VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DEL ESPINAL – DEPARTAMENTO DEL TOLIMA, IBAGUÉ: UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA, 2018.
- [35] R. J. M. REBOLLEDO, DETERIOROS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES Y RÍGIDOS, VALDIVIA: UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE, 2010.
- [36] NEVI-12-MTOP, ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES. MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR, MINIST. TRANSP. Y OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR, 2013, P. 1028.
- [37] O. NAVAS, EL CANTÓN SALCEDO, SÍNTESIS DE SUS VALORES ESPIRITUALES Y FÍSICOS, LATACUNGA: PLAN DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL, 2016.
- [38] M. D. T. Y. O. P. I. B. C. GONZALES, NEVI-12-MTOP, QUITO, 2013.

ANEXOS

ANEXO 1

5.1 Ensayos Realizados

- Contenido de Humedad

Tabla 64: Contenido de Humedad muestra # 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	770322,879 9882385,398
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	143,62	130,02
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	124,84	114,01
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	31,15	31,96
PESO AGUA (gr)	W ω	18,78	16,01
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	93,69	82,05
ω %		20,04	19,51
PROMEDIO ω %			19,78

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 65: Contenido de Humedad muestra # 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483 9883170,063
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	155,17	143,65
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	138,38	127,89
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	32,55	31,79
PESO AGUA (gr)	W ω	16,79	15,76
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	105,83	96,1
ω %		15,87	16,40
PROMEDIO ω %			16,13

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 66: Contenido de Humedad muestra # 3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697	9883327,855	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19					
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1		
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	184,98	166,05		
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	158,04	142,71		
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	33,39	31,89		
PESO AGUA (gr)	W ω	26,94	23,34		
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	124,65	110,82		
ω %		21,61	21,06		
PROMEDIO ω %			21,34		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 67: Contenido de Humedad muestra # 4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.					
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	754679,571	9878521,322	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19					
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1		
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	196,29	193,93		
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	159,92	158,02		
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	32,23	32,53		
PESO AGUA (gr)	W ω	36,37	35,91		
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	127,69	125,49		
ω %		28,48	28,62		
PROMEDIO ω %			28,55		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 68: Contenido de Humedad muestra # 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462 9879310,778
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	194,52	199,59
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	154,35	158,34
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	31,52	31,91
PESO AGUA (gr)	W ω	40,17	41,25
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	122,83	126,43
ω %		32,70	32,63
PROMEDIO ω %			32,67

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 69: Contenido de Humedad muestra # 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484 9881003,705
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	120,16	136,72
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	98,1	110,25
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	25,75	23,1
PESO AGUA (gr)	W ω	22,06	26,47
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	72,35	87,15
ω %		30,49	30,37
PROMEDIO ω %			30,43

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 70: Contenido de Humedad muestra # 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041 9877043,88
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	119,58	123,99
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	103,5	109,05
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	24,03	26,75
PESO AGUA (gr)	W ω	16,08	14,94
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	79,47	82,3
ω %		20,23	18,15
PROMEDIO ω %		19,19	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 71: Contenido de Humedad muestra # 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335 9877423,537
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	115,27	116,46
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	96,92	97,86
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	24,67	25,98
PESO AGUA (gr)	W ω	18,35	18,6
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	72,25	71,88
ω %		25,40	25,88
PROMEDIO ω %		25,64	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 72: Contenido de Humedad muestra # 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054 9878021,475
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	130,68	124,23
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	110,23	105,23
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	24,07	24,69
PESO AGUA (gr)	W ω	20,45	19
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	86,16	80,54
ω %		23,73	23,59
PROMEDIO ω %		23,66	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 73: Contenido de Humedad muestra # 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782 9887563,604
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	139,92	118,47
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	126,65	107,91
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	24,83	23,47
PESO AGUA (gr)	W ω	13,27	10,56
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	101,82	84,44
ω %		13,03	12,51
PROMEDIO ω %		12,77	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 74: Contenido de Humedad muestra # 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782 9887563,604
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	346,16	245,99
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	283,55	207,58
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	66,8	70,14
PESO AGUA (gr)	W ω	62,61	38,41
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	216,75	137,44
ω %		28,89	27,95
PROMEDIO ω %			28,42

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 75: Contenido de Humedad muestra # 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTENIDO DE HUMEDAD IN SITU 			
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769708,928 9887565,675
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMA: AASHTO T 265 2015; ASTM: S2216-71 ; ASTM parte N° 19			
RECIPIENTE N°	Nomenclatura	DF	W1
PESO MUESTRA HÚMEDA + RECIPIENTE (gr)	WM	604,16	459,41
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE (gr)	WS	496,85	385,06
PESO RECIPIENTE (gr)	Wrec	112,7	115,37
PESO AGUA (gr)	W ω	107,31	74,35
PESO SÓLIDOS (gr)	Ws	384,15	269,69
ω %		27,93	27,57
PROMEDIO ω %			27,75

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

- GRAVEDAD ESPECÍFICA

Tabla 76: Gravedad Especifica muestra # 1

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU	
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	770322,879	9882385,398
REALIZADO POR:	PAÛL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#12	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			170,12	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			109,92	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			60,2	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			710,84	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			684,7	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			26,14	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,30	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 77: Gravedad Especifica muestra # 2

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU	
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483	9883170,063
REALIZADO POR:	PAÛL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#11	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			203,92	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			145,61	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			58,31	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			708,95	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			680	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			28,95	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,01	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 78: Gravedad Especifica muestra # 3

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU	
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697	9883327,855
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N*</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N*</i>			#10	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			253,1	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			200,59	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			52,51	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			703,15	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			681,49	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			21,66	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,42	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 79: Gravedad Especifica muestra # 4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA	
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	754679,571	9878521,322
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N*</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N*</i>			#9	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			185,64	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			110,94	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			74,7	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			725,34	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			693,54	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			31,8	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,34	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 80: Gravedad Especifica muestra # 5

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA	
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462	9879310,778
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#8	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			214,64	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			115,34	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			99,3	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			749,94	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			707,13	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			42,81	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,32	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 81: Gravedad Especifica muestra # 6

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA	
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484	9881003,705
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#7	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			190,79	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			105,58	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			85,21	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			735,85	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			698,76	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			37,09	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,29	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 82: Gravedad Especifica muestra # 7

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS	
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041	9877043,88
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#6	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			181,73	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			119,45	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			62,28	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			712,92	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			684,64	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			28,28	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,20	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 83: Gravedad Especifica muestra # 8

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS	
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335	9877423,537
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#5	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			202	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			140,75	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			61,25	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			711,89	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			686,18	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			25,71	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,38	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 84: Gravedad Especifica muestra # 9

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS	
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054	9878021,475
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#4	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			164,63	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			105,68	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			58,95	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			709,59	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			685,23	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			24,36	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,42	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 85: Gravedad Especifica muestra # 10

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS	
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#3	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			201,24	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			140,82	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			60,42	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			711,06	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			686,81	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			24,25	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,49	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 86: Gravedad Especifica muestra # 11

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS	
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20°C	
<i>Recipiente N°</i>			#2	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			172,98	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			112,72	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			60,26	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			710,9	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			685,6	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			25,3	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,38	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 87: Gravedad Especifica muestra # 12

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL GRAVEDAD ESPECÍFICA	
---	--	---

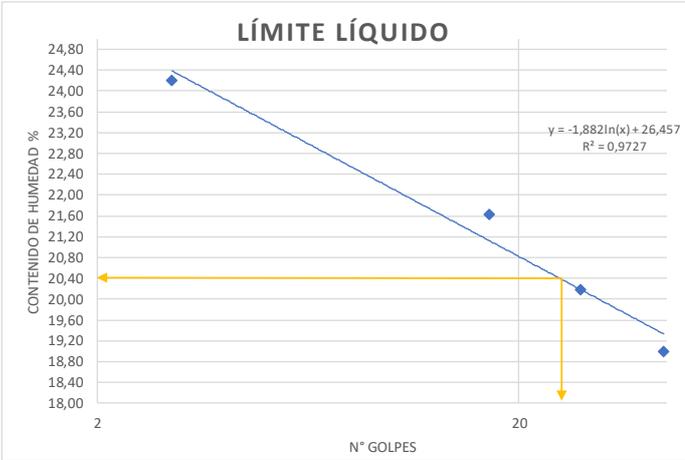
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS, DEL CANTÓN SALCEDO, PROVINCIA DE COTOPAXI.

PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS	
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769708,928	9887565,675
REALIZADO POR:	Paul Jimenez	REVISADO POR:	Ing. Alex Frías	
NORMA: AASHTO T-100-70; ASTM 0854-58; INEN				
<i>Picnómetro N°</i>			ISO 06-14	
<i>Temperatura del agua + suelo</i>			20	
<i>Recipiente N°</i>			#1	
<i>Peso del recipiente + suelo seco</i>			215,23	
<i>Peso del recipiente (Wr)</i>			143,48	
<i>Peso del suelo seco (Ws)</i>			71,75	
<i>Peso picnómetro + agua (Wbw)</i>			650,64	
<i>Ws+Wbw</i>			722,39	
<i>Peso picnómetro + agua + suelo (Wbws)</i>			686,73	
<i>Deslizamiento del agua (Ws+Wbw)-Wbws</i>			35,66	
<i>Factor de correlación por temperatura K</i>			0,9982	
<i>Gravedad específica (Gs)</i>			2,01	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

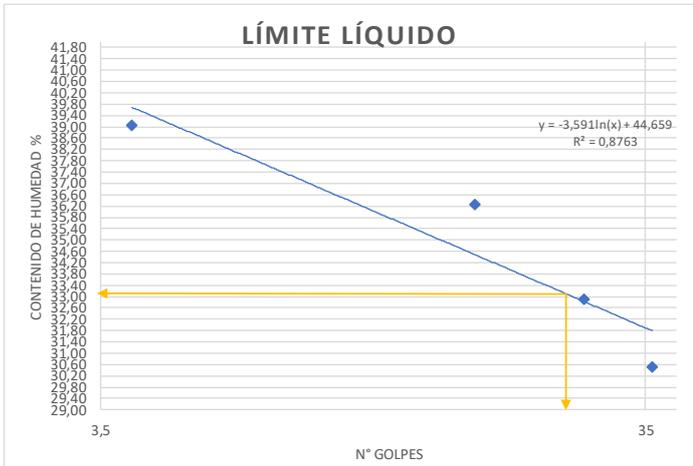
- LÍMITES DE ATTERBERG

Tabla 88: Límites de Atterberg muestra # 1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG 								
PARROQUIA:	SAN MIGUEL			VÍA:	YANAYACU			
MUESTRA:	1			COORDENADAS:	770322,879	9882385,4		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ			REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,08	11,65	11,41	11,68	11,71	11,56	10,612	11,24
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	18,61	22,87	24,62	22,78	25,23	22,66	17,496	20,195
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	17,14	20,68	22,27	20,80	22,96	20,79	16,387	18,778
Peso de Agua (Ww)	1,47	2,19	2,35	1,98	2,27	1,87	1,11	1,42
Peso muestra seca (Ws)	6,06	9,03	10,87	9,13	11,26	9,23	5,78	7,54
Contenido Humedad (ω%)	24,21	24,21	21,62	21,66	20,12	20,25	19,20	18,80
Promedio (ω%)	24,21		21,64		20,19		19,00	
N° de golpes	3		17		28		44	
Límite Líquido LL%	20,4							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,81	10,638	10,80	10,61	10,64			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,665	12,067	11,76	11,60	11,57			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,531	11,846	11,60	11,44	11,42			
Peso de Agua (Ww)	0,13	0,22	0,15	0,16	0,16			
Peso muestra seca Ws	0,72	1,21	0,80	0,83	0,78			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	18,59	18,29	19,33	18,84	20,21			
Promedio W% (LP)						19,05		
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP						1,35		

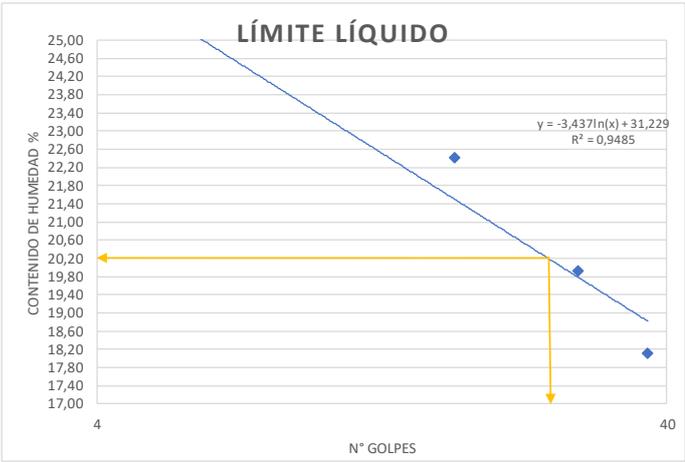
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 89: Límites de Atterberg muestra # 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU					
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483 9883170,1					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente W_r	11,44	11,44	11,33	12,77	10,97	10,97	10,91	11,056
Peso S.H +Peso rec (W_m+W_r)	20,50	19,35	23,20	21,93	17,97	19,67	19,558	19,059
Peso S.S + Peso rec (W_s+W_r)	17,97	17,11	20,03	19,50	16,23	17,53	17,512	17,209
Peso de Agua (W_w)	2,53	2,24	3,16	2,44	1,75	2,14	2,05	1,85
Peso muestra seca (W_s)	6,53	5,67	8,70	6,73	5,25	6,56	6,60	6,15
Contenido Humedad ($\omega\%$)	38,68	39,44	36,36	36,19	33,24	32,60	30,99	30,07
Promedio ($\omega\%$)	39,06		36,28		32,92		30,53	
N° de golpes	4		17		27		36	
Límite Líquido LL%	33,1							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente W_r	10,703	10,688	10,69	10,64	10,74			
Peso suelo humedo + P. Recipiente ($W_m + W_r$)	12,071	12,121	12,08	11,99	12,10			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W_s+W_r)	11,755	11,785	11,75	11,67	11,77			
Peso de Agua (W_w)	0,32	0,34	0,33	0,32	0,33			
Peso muestra seca W_s	1,05	1,10	1,07	1,03	1,03			
Contenido de humedad $w\% = 100 W_w/W_s$	30,04	30,63	31,05	31,32	32,20			
Promedio W% (LP)	31,05							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	2,05							

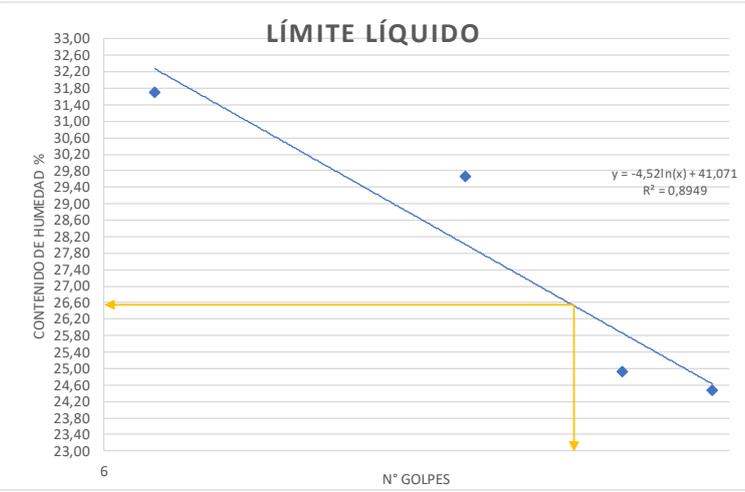
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 90: Límites de Atterberg muestra # 3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG 								
PARROQUIA:	SAN MIGUEL			VÍA:	YANAYACU			
MUESTRA:	3			COORDENADAS:	794931,67	9846933,8		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ			REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente W _r	11,03	11,01	11,13	11,04	12,11	11,25	11,205	10,971
Peso S.H +Peso rec (W _m +W _r)	18,97	18,51	18,40	17,73	18,01	18,36	17,562	16,247
Peso S.S + Peso rec (W _s +W _r)	17,36	17,00	17,04	16,53	17,02	17,18	16,573	15,449
Peso de Agua (W _w)	1,62	1,50	1,36	1,20	0,98	1,18	0,99	0,80
Peso muestra seca (W _s)	6,33	6,00	5,91	5,49	4,91	5,93	5,37	4,48
Contenido Humedad (ω%)	25,55	25,09	22,99	21,84	20,03	19,82	18,42	17,82
Promedio (ω%)	25,32		22,42		19,93		18,12	
N° de golpes	5		17		28		37	
Límite Líquido LL%	20,2							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente W _r	10,937	11,451	10,78	11,46	10,87			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (W _m +W _r)	12,269	13,139	12,20	12,58	12,37			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W _s +W _r)	12,033	12,854	11,97	12,38	12,11			
Peso de Agua (W _w)	0,24	0,29	0,22	0,19	0,26			
Peso muestra seca W _s	1,10	1,40	1,19	0,92	1,24			
Contenido de humedad w% = 100 W _w /W _s	21,53	20,31	18,71	20,93	20,85			
Promedio W% (LP)	20,47							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	-0,27							

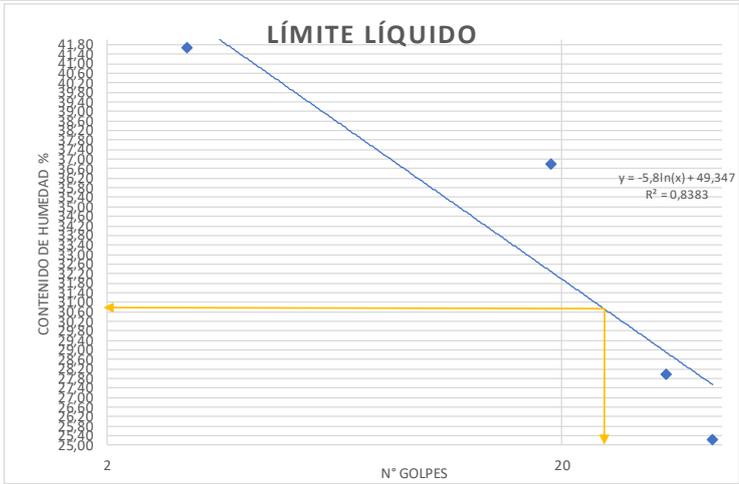
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 91: Límites de Atterberg muestra # 4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA					
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	754679,571 9878521,3					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente W_r	10,94	10,99	11,27	11,22	11,13	11,15	10,858	11,333
Peso S.H +Peso rec (W_m+W_r)	19,25	19,00	20,58	20,97	17,03	19,68	17,121	18,019
Peso S.S + Peso rec (W_s+W_r)	17,26	17,06	18,44	18,75	15,92	17,89	15,884	16,71
Peso de Agua (W_w)	1,99	1,94	2,14	2,22	1,12	1,79	1,24	1,31
Peso muestra seca (W_s)	6,32	6,07	7,17	7,53	4,79	6,75	5,03	5,38
Contenido Humedad ($\omega\%$)	31,47	31,91	29,82	29,51	23,30	26,55	24,61	24,34
Promedio ($\omega\%$)	31,69		29,67		24,92		24,48	
N° de golpes	7		18		29		38	
Límite Líquido LL%	26,6							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente W_r	10,753	10,522	10,91	10,60	10,68			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (W_m+W_r)	11,797	11,494	11,96	11,66	11,77			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W_s+W_r)	11,574	11,27	11,73	11,44	11,54			
Peso de Agua (W_w)	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24			
Peso muestra seca W_s	0,82	0,75	0,82	0,84	0,85			
Contenido de humedad $w\% = 100 W_w/W_s$	27,16	29,95	28,05	26,95	27,99			
Promedio W% (LP)						28,02		
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP						-1,42		

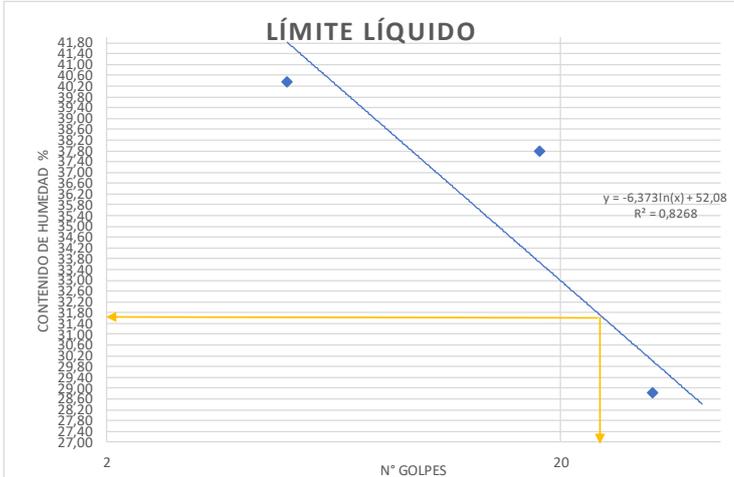
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 92: Límites de Atterberg muestra # 5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA					
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462 9879310,8					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,34	11,10	11,26	11,40	11,76	10,85	11,521	11,289
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	16,98	17,99	18,92	19,43	17,74	16,00	16,845	15,986
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	15,32	15,97	16,86	17,27	16,41	14,89	15,769	15,042
Peso de Agua (Ww)	1,66	2,03	2,06	2,16	1,33	1,11	1,08	0,94
Peso muestra seca (Ws)	3,98	4,87	5,60	5,88	4,65	4,05	4,25	3,75
Contenido Humedad (ω%)	41,73	41,61	36,85	36,74	28,56	27,36	25,33	25,15
Promedio (ω%)	41,67		36,80		27,96		25,24	
N° de golpes	3		19		34		43	
Límite Líquido LL%	30,8							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,693	10,741	10,78	10,75	10,71			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,902	11,908	11,72	11,75	11,64			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,603	11,62	11,49	11,50	11,42			
Peso de Agua (Ww)	0,30	0,29	0,23	0,25	0,23			
Peso muestra seca Ws	0,91	0,88	0,71	0,75	0,70			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	32,86	32,76	32,20	33,02	32,24			
Promedio W% (LP)						32,62		
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP						-1,82		

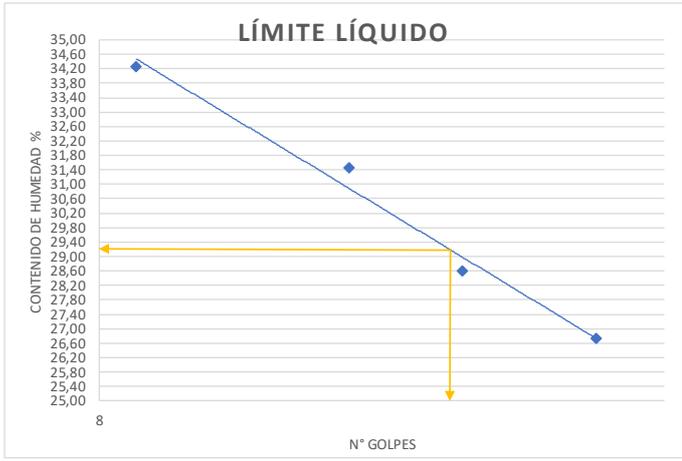
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 93: Límites de Atterberg muestra # 6

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA					
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484 9881003,7					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,54	11,40	11,36	11,50	11,36	10,45	11,321	11,189
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	17,18	18,26	17,57	19,80	17,82	16,65	16,621	16,211
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	15,56	16,29	15,87	17,52	16,39	15,24	15,497	15,144
Peso de Agua (Ww)	1,62	1,97	1,70	2,28	1,42	1,41	1,12	1,07
Peso muestra seca (Ws)	4,02	4,89	4,51	6,03	5,03	4,80	4,18	3,96
Contenido Humedad (ω%)	40,32	40,39	37,77	37,75	28,29	29,36	26,92	26,98
Promedio (ω%)	40,36		37,76		28,83		26,95	
N° de golpes	5		18		32		41	
Límite Líquido LL%	31,6							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,57	10,42	10,87	10,77	10,58			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,779	11,587	11,77	11,78	11,79			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,49	11,309	11,55	11,53	11,48			
Peso de Agua (Ww)	0,29	0,28	0,22	0,25	0,32			
Peso muestra seca Ws	0,92	0,89	0,69	0,76	0,89			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	31,41	31,27	31,78	33,25	35,46			
Promedio W% (LP)	32,63							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	-1,03							

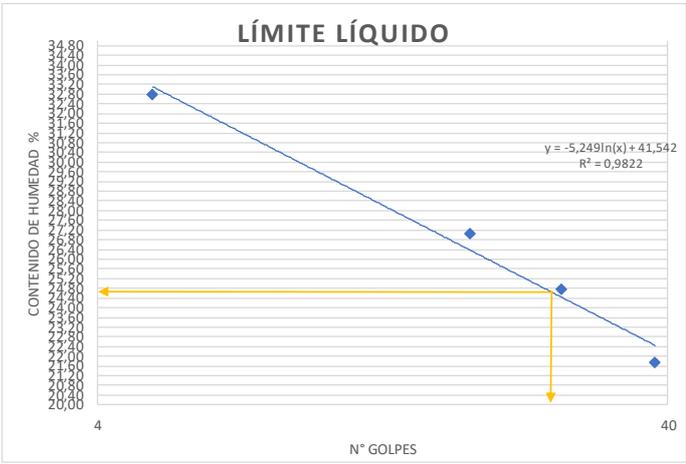
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 94: Límites de Atterberg muestra # 7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG		 FICM						
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS					
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041 9877043,9					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	10,98	11,53	11,44	11,45	10,92	11,06	11,774	10,98
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	23,11	25,53	22,40	21,85	21,11	21,13	21,185	21,569
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	20,04	21,93	19,78	19,36	18,85	18,88	19,214	19,319
Peso de Agua (Ww)	3,08	3,60	2,62	2,49	2,26	2,25	1,97	2,25
Peso muestra seca (Ws)	9,06	10,40	8,34	7,91	7,93	7,83	7,44	8,34
Contenido Humedad (ω%)	33,94	34,62	31,41	31,50	28,50	28,69	26,49	26,98
Promedio (ω%)	34,28		31,45		28,59		26,74	
N° de golpes	9		18		26		40	
Límite Líquido LL%	29,2							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,493	10,693	10,60	10,75	10,74			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,961	12,077	12,21	11,83	11,71			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,673	11,788	11,87	11,61	11,53			
Peso de Agua (Ww)	0,29	0,29	0,34	0,21	0,19			
Peso muestra seca Ws	1,18	1,10	1,27	0,86	0,78			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	24,41	26,39	26,57	24,74	23,57			
Promedio W% (LP)						25,14		
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP						4,06		

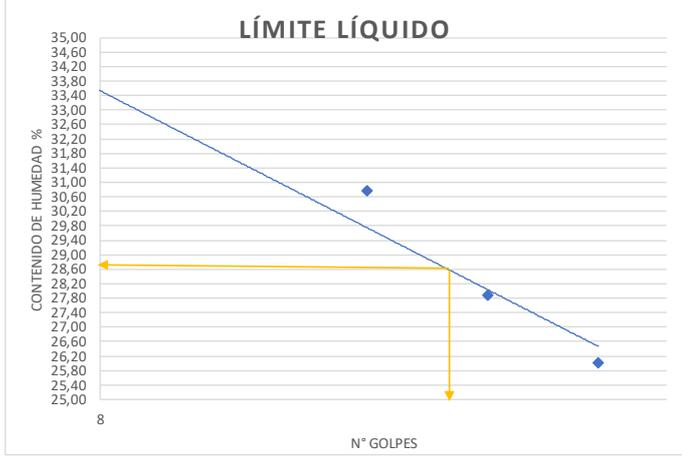
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 95: Límites de Atterberg muestra # 8

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG 								
PARROQUIA:	MULALILLO			VÍA:	SAN LUIS			
MUESTRA:	2			COORDENADAS:	764422,335	9877423,5		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ			REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,02	11,01	11,19	11,49	11,46	12,11	11,069	11,39
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	15,36	15,53	19,20	18,67	18,66	19,81	19,395	18,855
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	14,29	14,41	17,51	17,13	17,22	18,29	17,929	17,503
Peso de Agua (Ww)	1,07	1,12	1,70	1,53	1,44	1,52	1,47	1,35
Peso muestra seca (Ws)	3,28	3,40	6,31	5,64	5,77	6,18	6,86	6,11
Contenido Humedad (ω%)	32,65	32,91	26,88	27,21	24,98	24,59	21,37	22,12
Promedio (ω%)	32,78		27,04		24,78		21,74	
N° de golpes	5		18		26		38	
Límite Líquido LL%	24,7							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,617	10,66	10,74	10,63	10,76			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,699	12,14	12,03	11,62	11,63			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,479	11,852	11,78	11,42	11,47			
Peso de Agua (Ww)	0,22	0,29	0,25	0,20	0,16			
Peso muestra seca Ws	0,86	1,19	1,04	0,80	0,70			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	25,52	24,16	23,63	25,16	22,30			
Promedio W% (LP)	24,15							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	0,55							

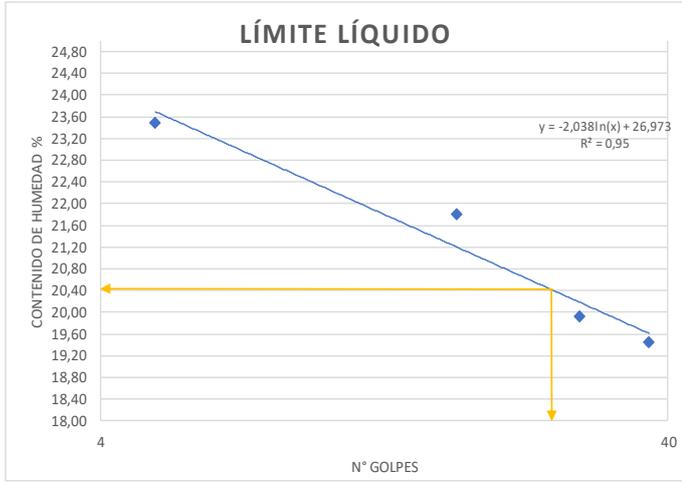
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 96: Límites de Atterberg muestra # 9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG 								
PARROQUIA:	MULALILLO			VÍA:	SAN LUIS			
MUESTRA:	3			COORDENADAS:	764278,054	9878021,5		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ			REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente W_r	10,81	11,36	11,28	11,29	10,76	10,89	11,612	10,818
Peso S.H +Peso rec (W_m+W_r)	22,85	25,27	22,14	21,59	20,85	20,87	20,924	21,308
Peso S.S + Peso rec (W_s+W_r)	19,84	21,73	19,59	19,17	18,66	18,69	19,019	19,124
Peso de Agua (W_w)	3,01	3,54	2,55	2,43	2,20	2,18	1,91	2,18
Peso muestra seca (W_s)	9,03	10,37	8,31	7,88	7,90	7,79	7,41	8,31
Contenido Humedad ($\omega\%$)	33,33	34,09	30,74	30,79	27,78	27,96	25,72	26,29
Promedio ($\omega\%$)	33,71		30,76		27,87		26,01	
N° de golpes	7		19		28		40	
Límite Líquido LL%	28,7							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente W_r	10,331	10,531	10,44	10,59	10,58			
Peso suelo humedo + P. Recipiente ($W_m + W_r$)	11,75	11,846	11,98	11,61	11,51			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W_s+W_r)	11,478	11,593	11,67	11,42	11,33			
Peso de Agua (W_w)	0,27	0,25	0,30	0,20	0,18			
Peso muestra seca W_s	1,15	1,06	1,24	0,83	0,75			
Contenido de humedad $w\% = 100 W_w/W_s$	23,71	23,82	24,37	23,79	23,80			
Promedio W% (LP)	23,90							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	4,80							

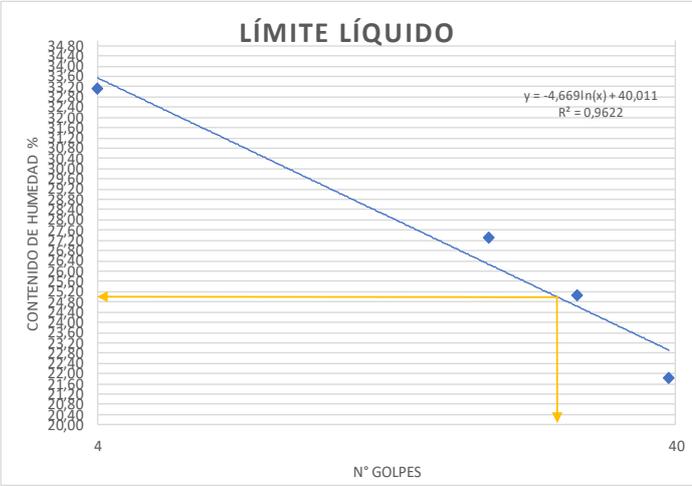
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 97: Límites de Atterberg muestra # 10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS					
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782 9887563,6					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,32	10,92	11,40	11,08	11,02	10,81	11,104	10,852
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	19,00	18,39	19,42	17,49	18,30	17,45	16,302	15,007
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	17,56	16,95	17,99	16,34	17,09	16,35	15,445	14,339
Peso de Agua (Ww)	1,45	1,44	1,43	1,15	1,21	1,10	0,86	0,67
Peso muestra seca (Ws)	6,24	6,03	6,59	5,26	6,07	5,54	4,34	3,49
Contenido Humedad (ω%)	23,15	23,82	21,72	21,91	19,97	19,89	19,74	19,16
Promedio (ω%)	23,49		21,82		19,93		19,45	
N° de golpes	5		17		28		37	
Límite Líquido LL%	20,4							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,697	10,611	10,74	10,55	10,57			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,869	12,039	12,22	11,82	11,97			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,653	11,804	11,93	11,60	11,71			
Peso de Agua (Ww)	0,22	0,23	0,29	0,22	0,26			
Peso muestra seca Ws	0,96	1,19	1,19	1,05	1,14			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	22,59	19,70	24,16	20,77	22,68			
Promedio W% (LP)						21,98		
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP						-1,58		

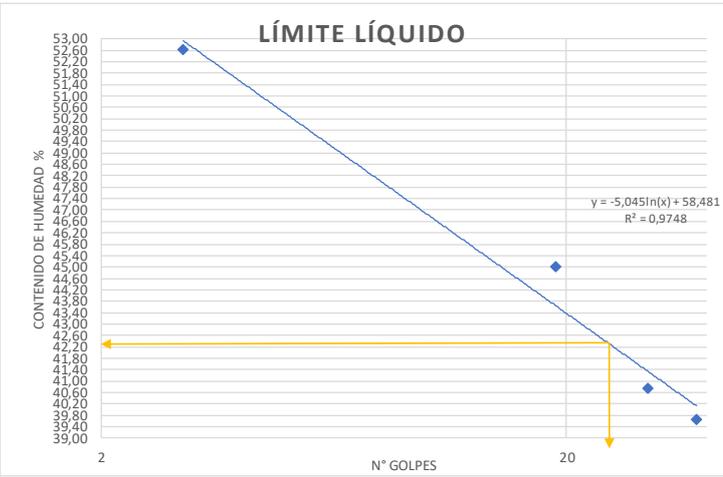
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 98: Límites de Atterberg muestra # 11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS					
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782 9887563,6					
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente Wr	11,14	11,13	11,32	11,62	11,58	12,23	11,192	11,513
Peso S.H +Peso rec (Wm+Wr)	15,47	15,64	19,32	18,78	18,77	19,92	19,506	18,966
Peso S.S + Peso rec (Ws+Wr)	14,40	14,52	17,61	17,23	17,32	18,39	18,034	17,614
Peso de Agua (Ww)	1,08	1,13	1,71	1,54	1,45	1,53	1,47	1,35
Peso muestra seca (Ws)	3,26	3,39	6,29	5,62	5,74	6,16	6,84	6,10
Contenido Humedad (ω%)	33,02	33,26	27,13	27,49	25,25	24,84	21,51	22,16
Promedio (ω%)	33,14		27,31		25,04		21,84	
N° de golpes	4		19		27		39	
Límite Líquido LL%	25							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente Wr	10,74	10,783	10,87	10,75	10,89			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (Wm +Wr)	11,81	12,251	12,14	11,73	11,74			
Peso suelo seco + P. Recipiente (Ws+Wr)	11,588	11,961	11,89	11,53	11,58			
Peso de Agua (Ww)	0,22	0,29	0,25	0,20	0,16			
Peso muestra seca Ws	0,85	1,18	1,03	0,78	0,69			
Contenido de humedad w% = 100 Ww/Ws	26,18	24,62	24,15	25,86	23,04			
Promedio W% (LP)	24,77							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	0,23							

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 99: Límites de Atterberg muestra # 12

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL LÍMITES DE ATTERBERG								
PARROQUIA:	MULIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS					
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769708,928	9887565,7				
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS					
LÍMITE LÍQUIDO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
Recipiente N°	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
Peso del recipiente W _r	11,09	10,97	11,50	10,85	11,28	11,18	11,335	11,525
Peso S.H +Peso rec (W _m +W _r)	16,37	18,78	17,64	15,96	17,65	15,99	15,908	15,856
Peso S.S + Peso rec (W _s +W _r)	14,54	16,10	15,74	14,37	15,80	14,60	14,612	14,624
Peso de Agua (W _w)	1,82	2,69	1,90	1,59	1,85	1,39	1,30	1,23
Peso muestra seca (W _s)	3,46	5,12	4,24	3,52	4,52	3,42	3,28	3,10
Contenido Humedad (ω%)	52,75	52,48	44,89	45,15	40,86	40,61	39,55	39,75
Promedio (ω%)	52,61		45,02		40,74		39,65	
N° de golpes	3		19		30		38	
Límite Líquido LL%	42,21							
								
LÍMITE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-59-74; INEN 691								
Recipiente N°	A1	A2	A3	A4	A5			
Peso del recipiente W _r	10,692	10,756	10,54	10,73	10,67			
Peso suelo humedo + P. Recipiente (W _m +W _r)	11,913	11,717	11,43	11,53	11,86			
Peso suelo seco + P. Recipiente (W _s +W _r)	11,547	11,433	11,17	11,30	11,50			
Peso de Agua (W _w)	0,37	0,28	0,26	0,23	0,35			
Peso muestra seca W _s	0,86	0,68	0,63	0,56	0,83			
Contenido de humedad w% = 100 W _w /W _s	42,81	41,95	41,88	41,21	42,65			
Promedio W% (LP)	42,10							
ÍNDICE PLÁSTICO								
NORMA: AASHTO T-90-70; ASTM D-424-71; INEN 691								
IP = LL - LP	0,11							

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

- DENSIDAD DE CAMPO

Tabla 100: DENSIDAD DE CAMPO MUESTRA #1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	770322,879	9882385,398	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		984,00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		10,28			
Peso del suelo (Wm) (gr)		973,72			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		5028,00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		2324,00			
Peso arena en el cono (gr)		1600,00			
Peso arena en el hueco (gr)		1104,00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1,522			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		725,36			
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		130,02	143,62		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		114,01	124,84		
Peso recipiente (gr)		31,96	31,15		
Peso agua W _ω (gr)		16,01	18,78		
Peso sólidos W _s (gr)		82,05	93,69		
ω%		19,51	20,04		
PROMEDIO ω%		19,78			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1600,00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1,522			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
V _v =	43,03				-
V _a =	24,25	W _a =	0,00		
V _w =	18,78	W _w =	18,78		
V _s =	40,75	W _s =	93,69		
V _m =	83,78	W _m =	112,47		
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)		1,34	gr/cm ³		
Densidad seca (γ _d)		1,12	gr/cm ³		
Contenido de humedad ω%		19,78	%		
Relación de vacíos e= V _v / V _s		1,0559	natural		
Porosidad n% = V _v /V _m *100		51,3596	%		
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100		43,6432	%		
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100		56,3568	%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 101: Densidad de Campo muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	ANCHILIVI	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483	9882385,398	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			975,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			964,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2243,00		
Peso arena en el cono (gr)			1606,00		
Peso arena en el hueco (gr)			1179,00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1,489		
Volumen del hueco Vm (cm ³)			791,81		
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		155,17	143,65		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		138,38	127,89		
Peso recipiente (gr)		32,55	31,79		
Peso agua W _ω (gr)		16,79	15,76		
Peso sólidos W _s (gr)		105,83	96,10		
ω%		15,87	16,40		
PROMEDIO ω%		16,13			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1606,00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)			1,489		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos	Volúmenes		Pesos		
V _v =	44,02				
V _a =	28,26		W _a =	0,00	
V _w =	15,76		W _w =	15,76	
V _s =	47,79		W _s =	96,10	
V _m =	91,81		W _m =	111,86	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)			1,22	gr/cm ³	
Densidad seca (γ _d)			1,05	gr/cm ³	
Contenido de humedad ω%			16,13	%	
Relación de vacíos e= V _v / V _s			0,9212	natural	
Porosidad n% = V _v /V _m *100			47,9502	%	
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100			35,7992	%	
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100			64,2008	%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 102: Densidad de Campo #3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697	9883327,855	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			989,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			978,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2325,00		
Peso arena en el cono (gr)			1606,20		
Peso arena en el hueco (gr)			1096,80		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1,489		
Volumen del hueco Vm (cm ³)			736,60		
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1		B-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)			184,98		166,05
Peso muestra seca + recipiente (gr)			158,04		142,71
Peso recipiente (gr)			33,39		31,89
Peso agua W _ω (gr)			26,94		23,34
Peso sólidos W _s (gr)			124,65		110,82
ω%			21,61		21,06
PROMEDIO ω%			21,34		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1606,20		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)			1,489		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
V _v =		55,18			
V _a =		31,84		W _a = 0,00	
V _w =		23,34		W _w = 23,34	
V _s =		45,79		W _s = 110,82	
V _m =		100,97		W _m = 134,16	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)			1,33		gr/cm ³
Densidad seca (γ _d)			1,10		gr/cm ³
Contenido de humedad ω%			21,34		%
Relación de vacíos e= V _v / V _s			1,2049		natural
Porosidad n% = V _v /V _m *100			54,6471		%
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100			42,2996		%
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100			57,7004		%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 103: Densidad de Campo #4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	754679,571	9878521,322	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			1094,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			1083,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2123,00		
Peso arena en el cono (gr)			1606,20		
Peso arena en el hueco (gr)			1298,80		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)			1,489		
Volumen del hueco Vm (cm3)			872,26		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		196,29	193,93		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		159,92	158,02		
Peso recipiente (gr)		32,23	32,53		
Peso agua W ω (gr)		36,37	35,91		
Peso sólidos Ws (gr)		127,69	125,49		
$\omega\%$		28,48	28,62		
PROMEDIO $\omega\%$		28,55			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1606,20		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm3)			1,489		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos	Volúmenes		Pesos		
Vv=	76,39				
Va=	40,48		Wa=	0,00	
Vw=	35,91		Ww=	35,91	
Vs=	53,51		Ws=	125,49	
Vm=	129,91		Wm=	161,40	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1,24	gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)			0,97	gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$			28,55	%	
Relación de vacíos e= Vv/ Vs			1,4275	natural	
Porosidad n% = Vv/Vm*100			58,8062	%	
Grado de Saturación de agua G $\omega\%$ = Vw/Vv*100			47,0066	%	
Grado de Saturación de aire Ga% = Va/Vv*100			52,9934	%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 104: Densidad de Campo #5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462	9879310,778	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			998,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			987,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2250,00		
Peso arena en el cono (gr)			1606,20		
Peso arena en el hueco (gr)			1171,80		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1,489		
Volumen del hueco Vm (cm ³)			786,97		
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°			A-1	B-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)			194,52	199,59	
Peso muestra seca + recipiente (gr)			154,35	158,34	
Peso recipiente (gr)			31,52	31,91	
Peso agua W _ω (gr)			40,17	41,25	
Peso sólidos W _s (gr)			122,83	126,43	
ω%			32,70	32,63	
PROMEDIO ω%			32,67		
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1606,20		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)			1,489		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos	Volúmenes		Pesos		
V _v =	78,99				
V _a =	37,74		W _a =	0,00	
V _w =	41,25		W _w =	41,25	
V _s =	54,61		W _s =	126,43	
V _m =	133,60		W _m =	167,68	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)			1,26	gr/cm ³	
Densidad seca (γ _d)			0,95	gr/cm ³	
Contenido de humedad ω%			32,67	%	
Relación de vacíos e= V _v / V _s			1,4463	natural	
Porosidad n% = V _v /V _m *100			59,1217	%	
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100			52,2241	%	
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100			47,7759	%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 105: Densidad de Campo #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484	9881003,705	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: LN.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			1086,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			1075,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2098,00		
Peso arena en el cono (gr)			1600,00		
Peso arena en el hueco (gr)			1330,00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)			1,522		
Volumen del hueco Vm (cm3)			873,85		
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1		B-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		120,16		136,72	
Peso muestra seca + recipiente (gr)		98,10		110,25	
Peso recipiente (gr)		25,75		23,10	
Peso agua Wω (gr)		22,06		26,47	
Peso sólidos Ws (gr)		72,35		87,15	
ω%		30,49		30,37	
PROMEDIO ω%				30,43	
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1600,00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm3)			1,522		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
Vv=		54,29			
Va=		27,82		Wa= 0,00	
Vw=		26,47		Ww= 26,47	
Vs=		38,01		Ws= 87,15	
Vm=		92,30		Wm= 113,62	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γm) (densidad húmeda)			1,23		gr/cm3
Densidad seca (γd)			0,94		gr/cm3
Contenido de humedad ω%			30,43		%
Relación de vacíos e= Vv/ Vs			1,4285		natural
Porosidad n% = Vv/Vm*100			58,8215		%
Grado de Saturación de agua Gω% = Ww/Vv*100			48,7557		%
Grado de Saturación de aire Ga% = Va/Vv*100			51,2443		%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 106: Densidad de Campo #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041	9877043,88	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		808,00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		10,28			
Peso del suelo (Wm) (gr)		797,72			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		5028,00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		2348,00			
Peso arena en el cono (gr)		1600,00			
Peso arena en el hueco (gr)		1080,00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1,522			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		709,59			
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		119,58	123,99		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		103,50	109,05		
Peso recipiente (gr)		24,03	26,75		
Peso agua W _ω (gr)		16,08	14,94		
Peso sólidos W _s (gr)		79,47	82,30		
ω%		20,23	18,15		
PROMEDIO ω%		19,19			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1600,00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1,522			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
V _v =	49,05				-
V _a =	34,11		W _a =	0,00	
V _w =	14,94		W _w =	14,94	
V _s =	37,44		W _s =	82,30	
V _m =	86,50		W _m =	97,24	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)		1,12	gr/cm ³		
Densidad seca (γ _d)		0,94	gr/cm ³		
Contenido de humedad ω%		19,19	%		
Relación de vacíos e= V _v / V _s		1,3101	natural		
Porosidad n% = V _v /V _m *100		56,7119	%		
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100		30,4560	%		
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100		69,5440	%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 107: Densidad de Campo muestra #8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335	9877423,537	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		964,00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		10,28			
Peso del suelo (Wm) (gr)		953,72			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		5028,00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		2188,00			
Peso arena en el cono (gr)		1600,00			
Peso arena en el hueco (gr)		1240,00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1,522			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		814,72			
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		115,27	116,46		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		96,92	97,86		
Peso recipiente (gr)		24,67	25,98		
Peso agua W _ω (gr)		18,35	18,60		
Peso sólidos W _s (gr)		72,25	71,88		
ω%		25,40	25,88		
PROMEDIO ω%		25,64			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1600,00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1,522			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos	Volúmenes			Pesos	
V _v =	47,07				
V _a =	28,47	W _a =	0,00		
V _w =	18,6	W _w =	18,60		
V _s =	30,23	W _s =	71,88		
V _m =	77,29	W _m =	90,48		
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)		1,17	gr/cm ³		
Densidad seca (γ _d)		0,93	gr/cm ³		
Contenido de humedad ω%		25,64	%		
Relación de vacíos e= V _v / V _s		1,5571	natural		
Porosidad n% = V _v /V _m *100		60,8927	%		
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100		39,5193	%		
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100		60,4807	%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 108: Densidad de Campo muestra #9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054	9878021,475	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			998,00		
Peso recipiente (Funda)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			987,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2578,00		
Peso arena en el cono (gr)			1600,00		
Peso arena en el hueco (gr)			850,00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)			1,522		
Volumen del hueco Vm (cm ³)			558,48		
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1		B-1	
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		130,68		124,23	
Peso muestra seca + recipiente (gr)		110,23		105,23	
Peso recipiente (gr)		24,07		24,69	
Peso agua W _ω (gr)		20,45		19,00	
Peso sólidos W _s (gr)		86,16		80,54	
ω%		23,73		23,59	
PROMEDIO ω%				23,66	
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1600,00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)			1,522		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
V _v =		22,95			
V _a =		3,95		W _a = 0,00	
V _w =		19		W _w = 19,00	
V _s =		33,34		W _s = 80,54	
V _m =		56,28		W _m = 99,54	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)			1,77		gr/cm ³
Densidad seca (γ _d)			1,43		gr/cm ³
Contenido de humedad ω%			23,66		%
Relación de vacíos e= V _v / V _s			0,6883		natural
Porosidad n% = V _v /V _m *100			40,7693		%
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100			82,8041		%
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100			17,1959		%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 109: Densidad de Campo muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	SANTA ANA	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		946,00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		10,28			
Peso del suelo (Wm) (gr)		935,72			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		5028,00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		2248,00			
Peso arena en el cono (gr)		1600,00			
Peso arena en el hueco (gr)		1180,00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1,522			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		775,30			
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		139,92	118,47		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		126,65	107,91		
Peso recipiente (gr)		24,83	23,47		
Peso agua W _ω (gr)		13,27	10,56		
Peso sólidos W _s (gr)		101,82	84,44		
ω%		13,03	12,51		
PROMEDIO ω%		12,77			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1600,00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1,522			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos	Volúmenes		Pesos		
V _v =	44,76			-	
V _a =	34,20		W _a =	0,00	
V _w =	10,56		W _w =	10,56	
V _s =	33,95		W _s =	84,44	
V _m =	78,71		W _m =	95,00	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)		1,21	gr/cm ³		
Densidad seca (γ _d)		1,07	gr/cm ³		
Contenido de humedad ω%		12,77	%		
Relación de vacíos e= V _v / V _s		1,3183	natural		
Porosidad n% = V _v /V _m *100		56,8652	%		
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100		23,5924	%		
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100		76,4076	%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 110: Densidad de Campo muestra #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	SANTA ANA	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)		824,00			
Peso recipiente (Funda)(gr)		10,28			
Peso del suelo (Wm) (gr)		813,72			
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)		5028,00			
Lectura final frasco + cono + arena (gr)		2368,00			
Peso arena en el cono (gr)		1600,00			
Peso arena en el hueco (gr)		1060,00			
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm ³)		1,522			
Volumen del hueco Vm (cm ³)		696,45			
3) DETERMINACIÓN DEL ω%					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		346,16	245,99		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		283,55	207,58		
Peso recipiente (gr)		66,80	70,14		
Peso agua W _ω (gr)		62,61	38,41		
Peso sólidos W _s (gr)		216,75	137,44		
ω%		28,89	27,95		
PROMEDIO ω%		28,42			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)		1600,00			
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm ³)		1,522			
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
V _v =	92,71				-
V _a =	54,30		W _a =	0,00	
V _w =	38,41		W _w =	38,41	
V _s =	57,80		W _s =	137,44	
V _m =	150,51		W _m =	175,85	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ _m) (densidad húmeda)		1,17	gr/cm ³		
Densidad seca (γ _d)		0,91	gr/cm ³		
Contenido de humedad ω%		28,42	%		
Relación de vacíos e= V _v / V _s		1,6041	natural		
Porosidad n% = V _v /V _m *100		61,5990	%		
Grado de Saturación de agua G _ω % = V _w /V _v *100		41,4297	%		
Grado de Saturación de aire G _a % = V _a /V _v *100		58,5703	%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

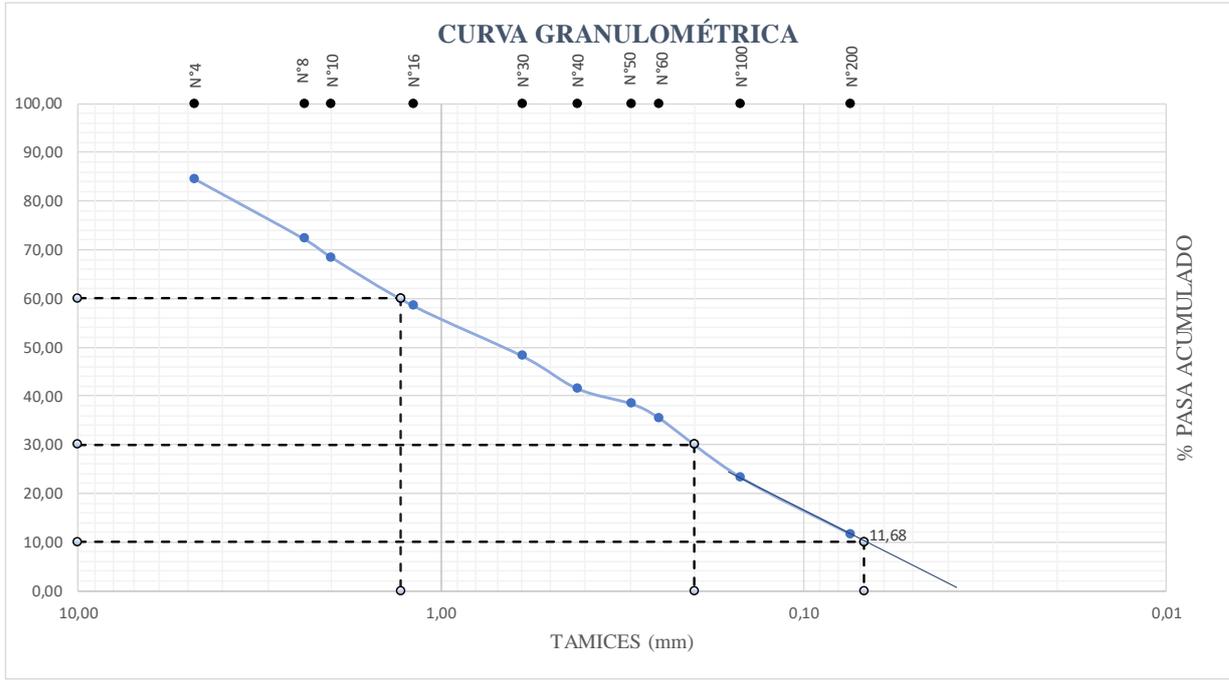
Tabla 111: Densidad de Campo muestra #12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL MÉTODO CONO Y ARENA			
PARROQUIA:	SANTA ANA	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: I.N.V.E - 161 - 07					
1) DETERMINACIÓN DEL PESO SUELO EXTRAIDO					
Peso suelo + recipiente (gr)			805,00		
Peso recipiente (Fundas)(gr)			10,28		
Peso del suelo (Wm) (gr)			794,72		
2) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DEL HUECO EN EL SUELO					
Lectura inicial frasco + cono + arena (gr)			5028,00		
Lectura final frasco + cono + arena (gr)			2348,00		
Peso arena en el cono (gr)			1600,00		
Peso arena en el hueco (gr)			1080,00		
Calibración de la arena de ottawa (gr/cm3)			1,522		
Volumen del hueco Vm (cm3)			709,59		
3) DETERMINACIÓN DEL $\omega\%$					
Recipiente N°		A-1	B-1		
Peso muestra húmeda + recipiente (gr)		604,16	459,41		
Peso muestra seca + recipiente (gr)		495,85	385,06		
Peso recipiente (gr)		112,70	115,37		
Peso agua W ω (gr)		108,31	74,35		
Peso sólidos Ws (gr)		383,15	269,69		
$\omega\%$		28,27	27,57		
PROMEDIO $\omega\%$		27,92			
4) CALIBRACIÓN DEL CONO					
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)			1600,00		
5) CALIBRACIÓN DE LA ARENA DE OTTAWA					
Densidad sand (gr/cm3)			1,522		
6) DETERMINACIÓN DE LAS FASES DEL SUELO					
Volumen de vacíos		Volúmenes		Pesos	
Vv=	172,88				-
Va=	98,53		Wa=	0,00	
Vw=	74,35		Ww=	74,35	
Vs=	134,31		Ws=	269,69	
Vm=	307,19		Wm=	344,04	
7) DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES ÍNDICES DEL SUELO					
Peso Volumétrico del suelo (γ_m) (densidad húmeda)			1,12	gr/cm3	
Densidad seca (γ_d)			0,88	gr/cm3	
Contenido de humedad $\omega\%$			27,92	%	
Relación de vacíos e= Vv/ Vs			1,2872	natural	
Porosidad n% = Vv/Vm*100			56,2783	%	
Grado de Saturación de agua G $\omega\%$ = Ww/Vv*100			43,0067	%	
Grado de Saturación de aire Ga% = Va/Vv*100			56,9933	%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

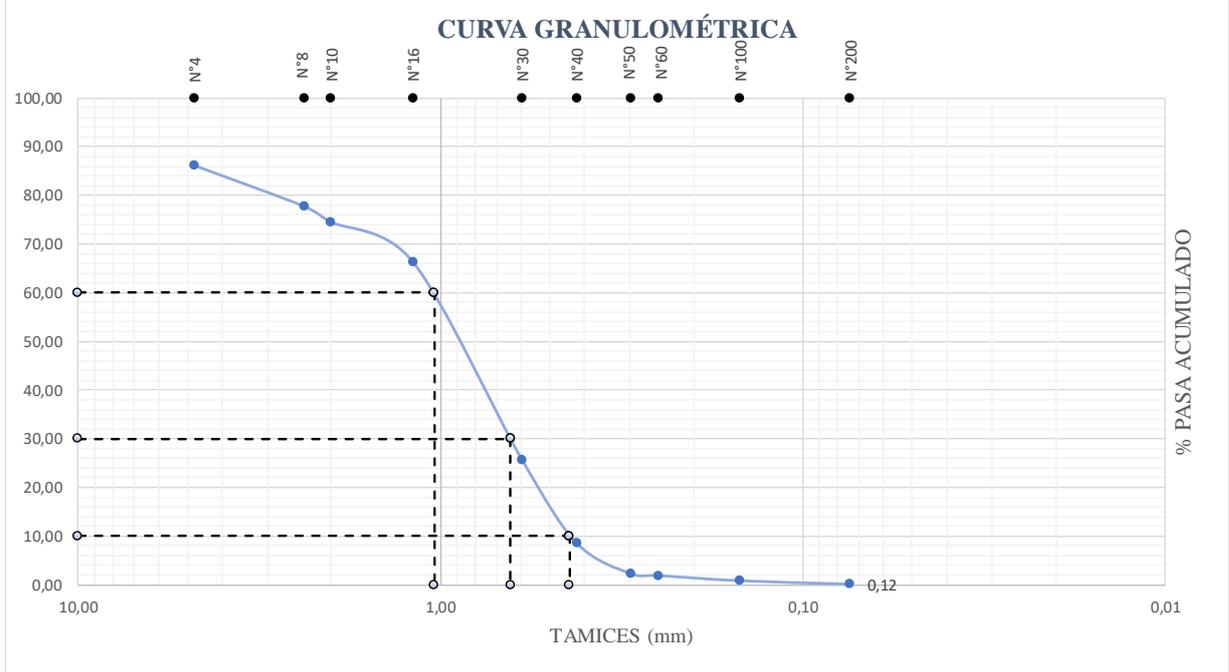
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tabla 112: Análisis Granulométrico muestra #1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO 					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL		VÍA:	YANAYACU	
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	770322,879	9882385,398
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS	
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	155,04	155,04	15,50	84,50
N°8	2,38	122,65	277,69	27,77	72,23
N°10	2,00	37,95	315,64	31,56	68,44
N°16	1,19	99,09	414,73	41,47	58,53
N°30	0,595	103,320	518,05	51,81	48,20
N°40	0,420	66,530	584,58	58,46	41,54
N°50	0,297	31,470	616,05	61,61	38,40
N°60	0,250	28,750	644,80	64,48	35,52
N°100	0,149	121,570	766,37	76,64	23,36
N°200	0,074	116,820	883,19	88,32	11,68
FUENTE		116,80	999,99	100,00	0,00
TOTAL		999,99			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,068	0,200	1,29	18,97	0,46

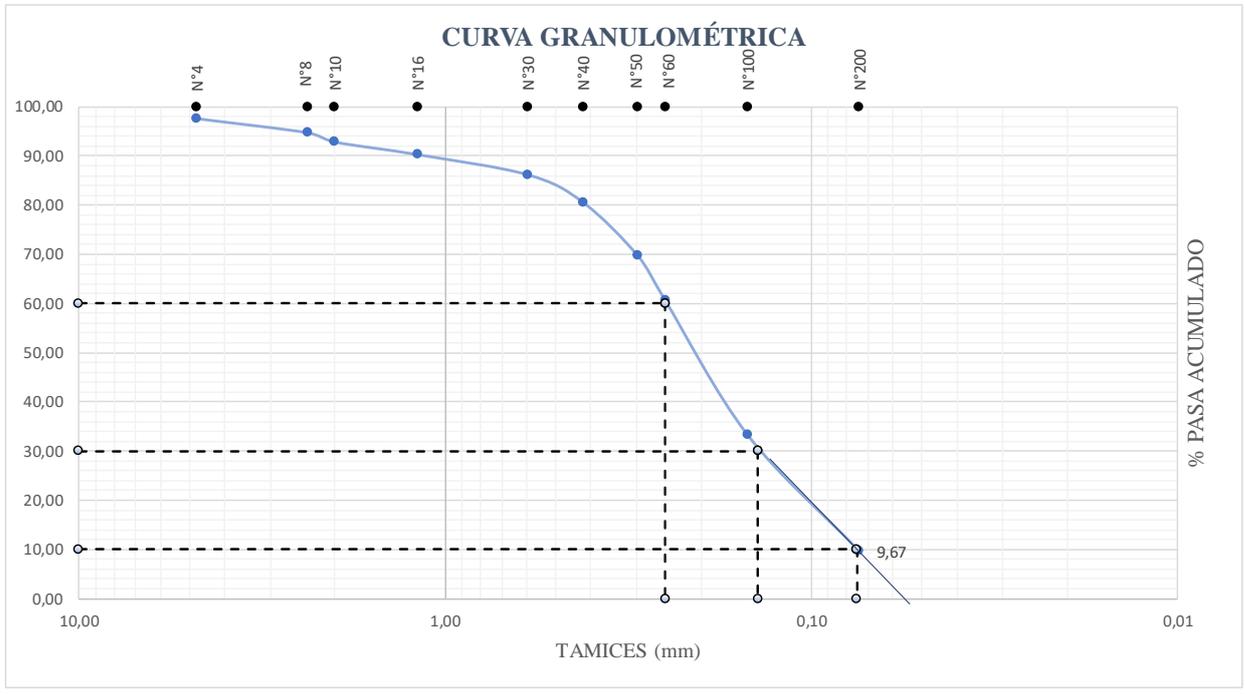
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 113: Análisis Granulométrico muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483	9883170,063	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	138,66	138,66	13,87	86,13
N°8	2,38	83,58	222,24	22,22	77,78
N°10	2,00	32,55	254,79	25,48	74,52
N°16	1,19	81,56	336,35	33,64	66,37
N°30	0,595	406,470	742,82	74,28	25,72
N°40	0,420	171,740	914,56	91,46	8,54
N°50	0,297	63,230	977,79	97,78	2,22
N°60	0,250	3,470	981,26	98,13	1,87
N°100	0,149	10,630	991,89	99,19	0,81
N°200	0,074	6,940	998,83	99,88	0,12
FUENTE		1,15	999,98	100,00	0,00
TOTAL		999,98			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,440	0,640	1,04	2,36	0,90

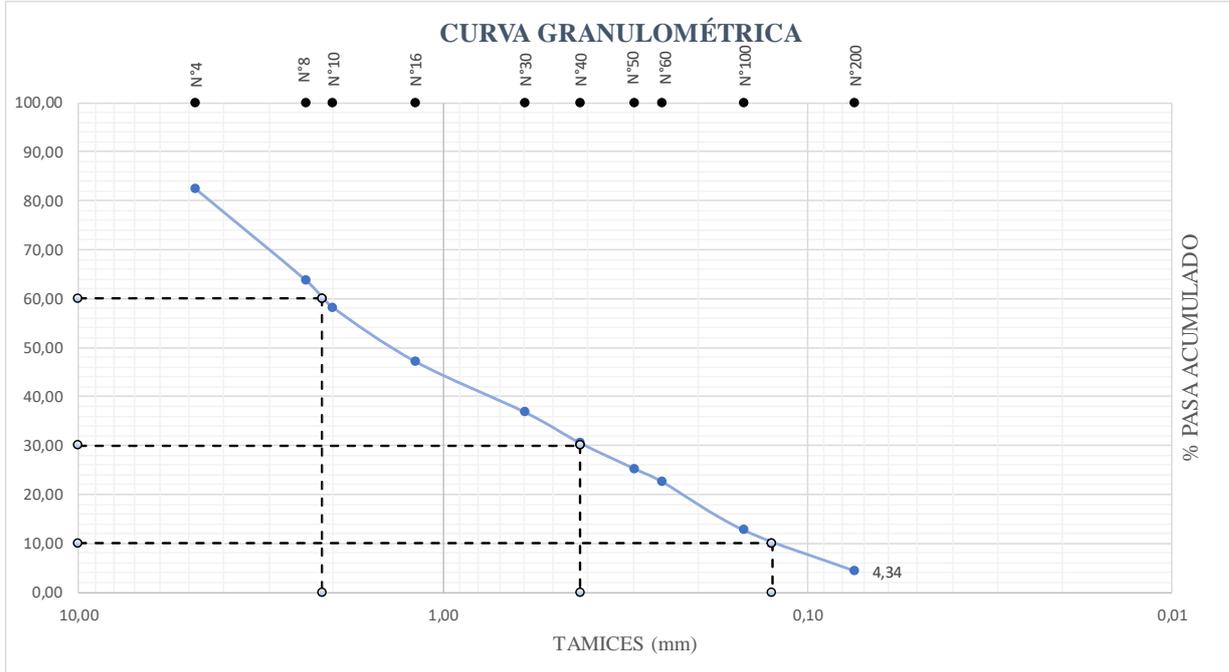
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 114: Análisis Granulométrico muestra #3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697	9883327,855	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	23,85	23,85	2,39	97,62
N°8	2,38	28,54	52,39	5,24	94,76
N°10	2,00	19,09	71,48	7,15	92,85
N°16	1,19	25,45	96,93	9,69	90,31
N°30	0,595	40,950	137,88	13,79	86,21
N°40	0,420	56,020	193,90	19,39	80,61
N°50	0,297	109,390	303,29	30,33	69,67
N°60	0,250	90,870	394,16	39,42	60,58
N°100	0,149	273,420	667,58	66,76	33,24
N°200	0,074	235,750	903,33	90,33	9,67
FUENTE		96,73	1000,06	100,01	-0,01
TOTAL		1000,06			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,075	0,140	0,25	3,33	1,05

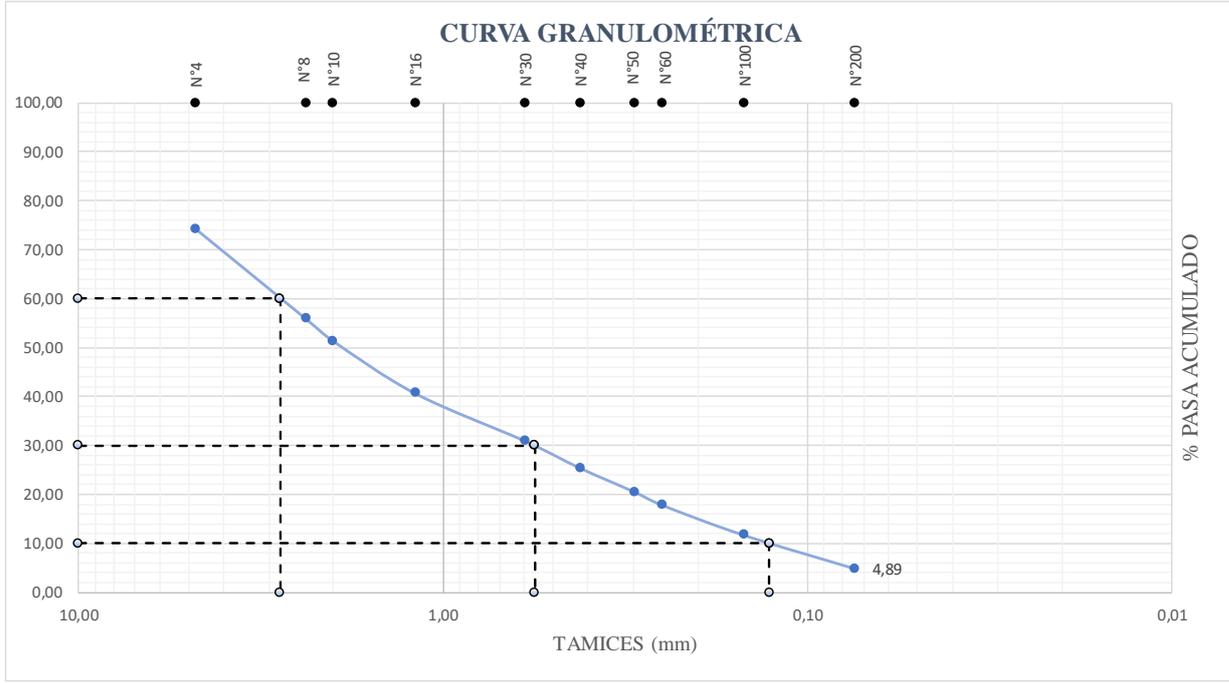
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 115: Análisis Granulométrico muestra 4

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
PARROQUIA:	CUSUBAMBA		VÍA:	CUSUBAMBA	
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	754679,571	9878521,322
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS	
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	176,27	176,27	17,63	82,37
N°8	2,38	185,74	362,01	36,20	63,80
N°10	2,00	56,26	418,27	41,83	58,17
N°16	1,19	110,12	528,39	52,84	47,16
N°30	0,595	103,750	632,14	63,21	36,79
N°40	0,420	62,750	694,89	69,49	30,51
N°50	0,297	53,150	748,04	74,80	25,20
N°60	0,250	26,230	774,27	77,43	22,57
N°100	0,149	99,070	873,34	87,33	12,67
N°200	0,074	83,220	956,56	95,66	4,34
FUENTE		43,43	999,99	100,00	0,00
TOTAL		999,99			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,125	0,420	2,15	17,20	0,66

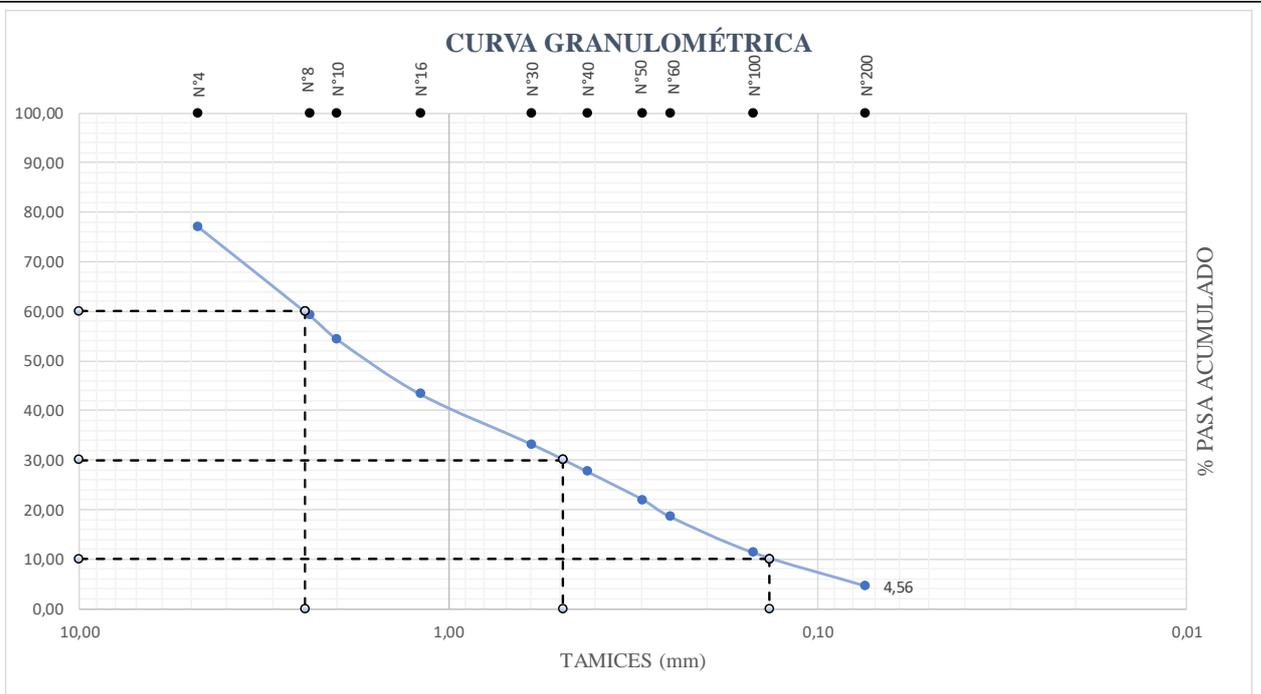
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 116: Análisis Granulométrico muestra #5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462	9879310,778	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	257,46	257,46	25,75	74,25
N°8	2,38	182,65	440,11	44,01	55,99
N°10	2,00	45,95	486,06	48,61	51,39
N°16	1,19	107,15	593,21	59,32	40,68
N°30	0,595	97,210	690,42	69,04	30,96
N°40	0,420	55,240	745,66	74,57	25,43
N°50	0,297	49,200	794,86	79,49	20,51
N°60	0,250	26,450	821,31	82,13	17,87
N°100	0,149	61,450	882,76	88,28	11,72
N°200	0,074	68,340	951,10	95,11	4,89
FUENTE		48,90	1000,00	100,00	0,00
TOTAL		1000,00			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,127	0,560	2,8	22,05	0,88

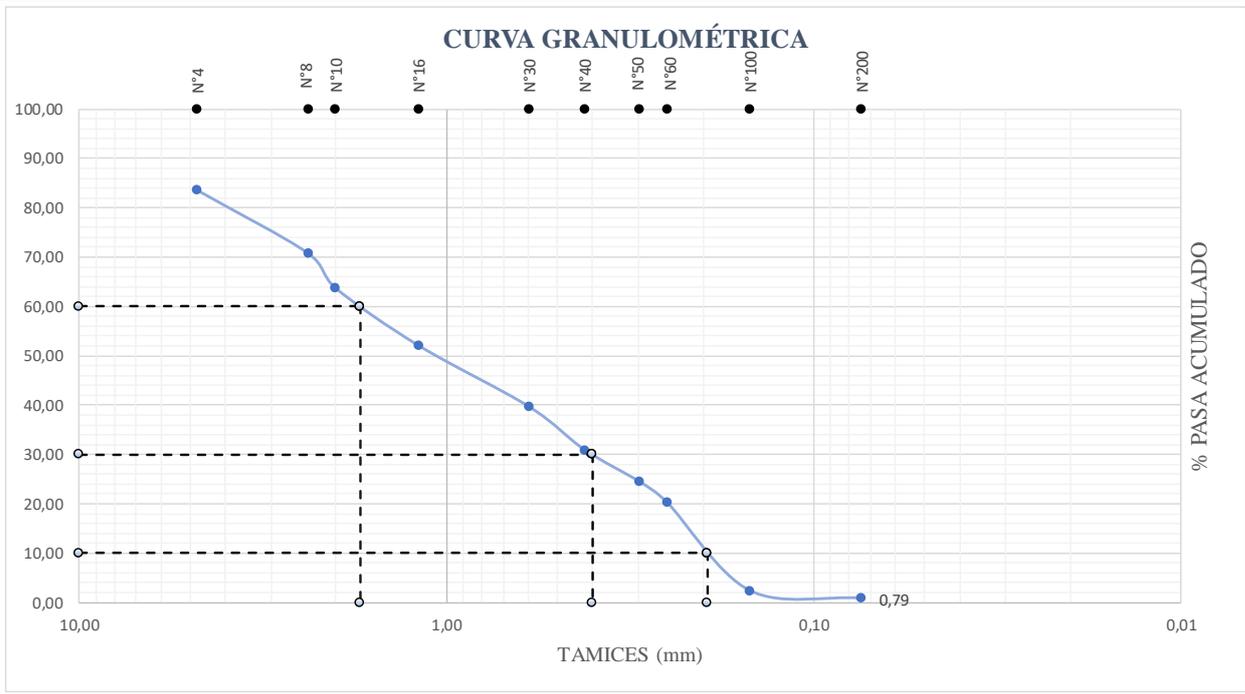
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 117: Análisis Granulométrico muestra #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA			
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484	9881003,705		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63						
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS						
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA	
			0,00	0,00	100,00	
N°4	4,76	229,52	229,52	22,95	77,05	
N°8	2,38	178,49	408,01	40,80	59,20	
N°10	2,00	48,73	456,74	45,67	54,33	
N°16	1,19	110,56	567,30	56,73	43,27	
N°30	0,595	100,890	668,19	66,82	33,18	
N°40	0,420	55,420	723,61	72,36	27,64	
N°50	0,297	56,690	780,30	78,03	21,97	
N°60	0,250	34,450	814,75	81,48	18,53	
N°100	0,149	72,340	887,09	88,71	11,29	
N°200	0,074	67,330	954,42	95,44	4,56	
FUENTE		45,61	1000,03	100,00	0,00	
TOTAL			1000,03			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA						
						
3. COEFICIENTES DEL SUELO						
	D10	D30	D60	Cu	Cc	
	0,135	0,490	2,45	18,15	0,73	

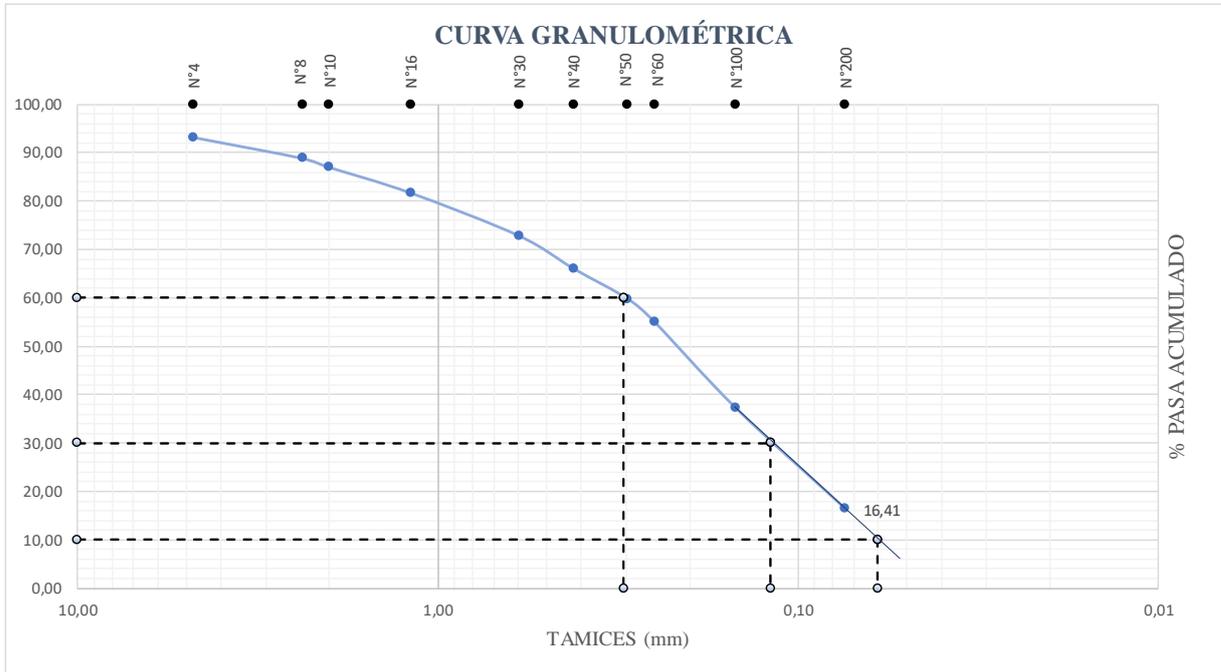
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 118: Análisis Granulométrico muestra #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041	9877043,88	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	165,34	165,34	16,53	83,47
N°8	2,38	127,47	292,81	29,28	70,72
N°10	2,00	70,92	363,73	36,37	63,63
N°16	1,19	116,23	479,96	48,00	52,00
N°30	0,595	124,010	603,97	60,40	39,60
N°40	0,420	87,450	691,42	69,14	30,86
N°50	0,297	65,060	756,48	75,65	24,35
N°60	0,250	42,100	798,58	79,86	20,14
N°100	0,149	178,210	976,79	97,68	2,32
N°200	0,074	15,340	992,13	99,21	0,79
FUENTE		7,87	1000,00	100,00	0,00
TOTAL		1000,00			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,195	0,400	1,72	8,82	0,48

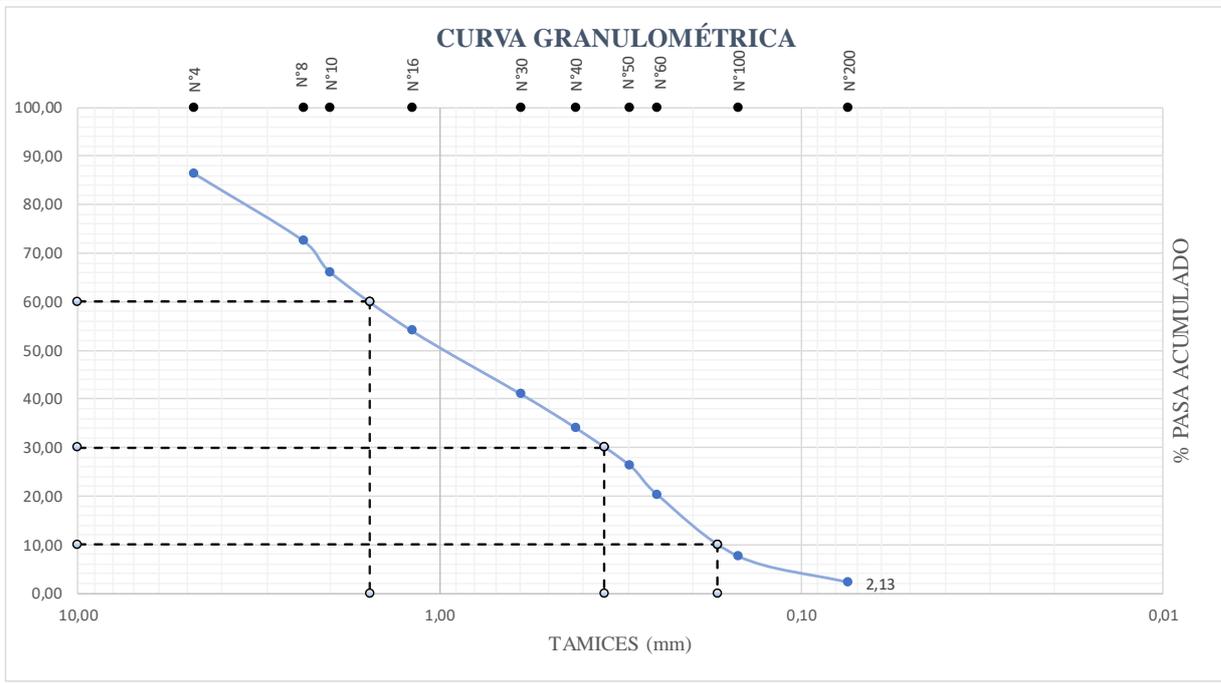
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 119: Análisis Granulométrico muestra #8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335	9877423,537	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	68,22	68,22	6,82	93,18
N°8	2,38	43,25	111,47	11,15	88,85
N°10	2,00	18,59	130,06	13,01	86,99
N°16	1,19	52,82	182,88	18,29	81,71
N°30	0,595	88,760	271,64	27,16	72,84
N°40	0,420	67,670	339,31	33,93	66,07
N°50	0,297	62,550	401,86	40,19	59,81
N°60	0,250	47,980	449,84	44,98	55,02
N°100	0,149	177,460	627,30	62,73	37,27
N°200	0,074	208,560	835,86	83,59	16,41
FUENTE		164,12	999,98	100,00	0,00
TOTAL		999,98			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,060	0,119	0,305	5,08	0,77

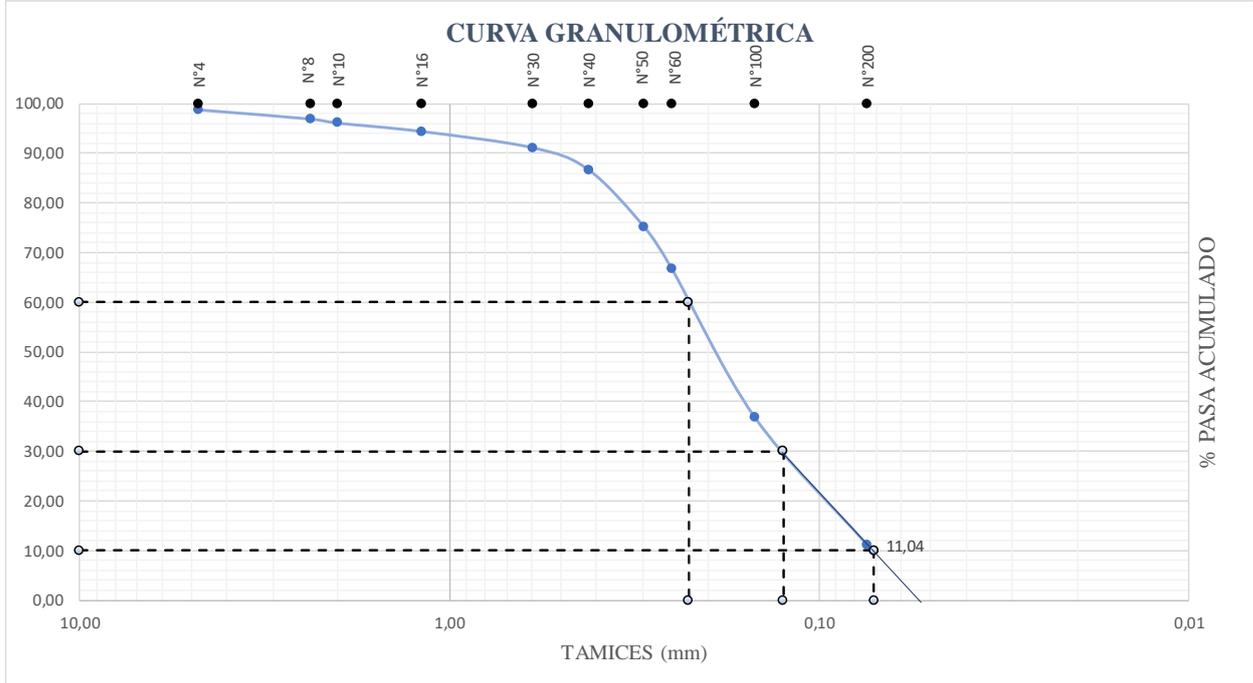
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 120: Análisis Granulométrico muestra 9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054	9878021,475	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	135,36	135,36	13,54	86,46
N°8	2,38	138,25	273,61	27,36	72,64
N°10	2,00	65,52	339,13	33,91	66,09
N°16	1,19	120,69	459,82	45,98	54,02
N°30	0,595	130,320	590,14	59,01	40,99
N°40	0,420	69,770	659,91	65,99	34,01
N°50	0,297	77,790	737,70	73,77	26,23
N°60	0,250	59,650	797,35	79,74	20,27
N°100	0,149	127,430	924,78	92,48	7,52
N°200	0,074	53,870	978,65	97,87	2,13
FUENTE		21,34	999,99	100,00	0,00
TOTAL		999,99			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,170	0,350	1,56	9,18	0,46

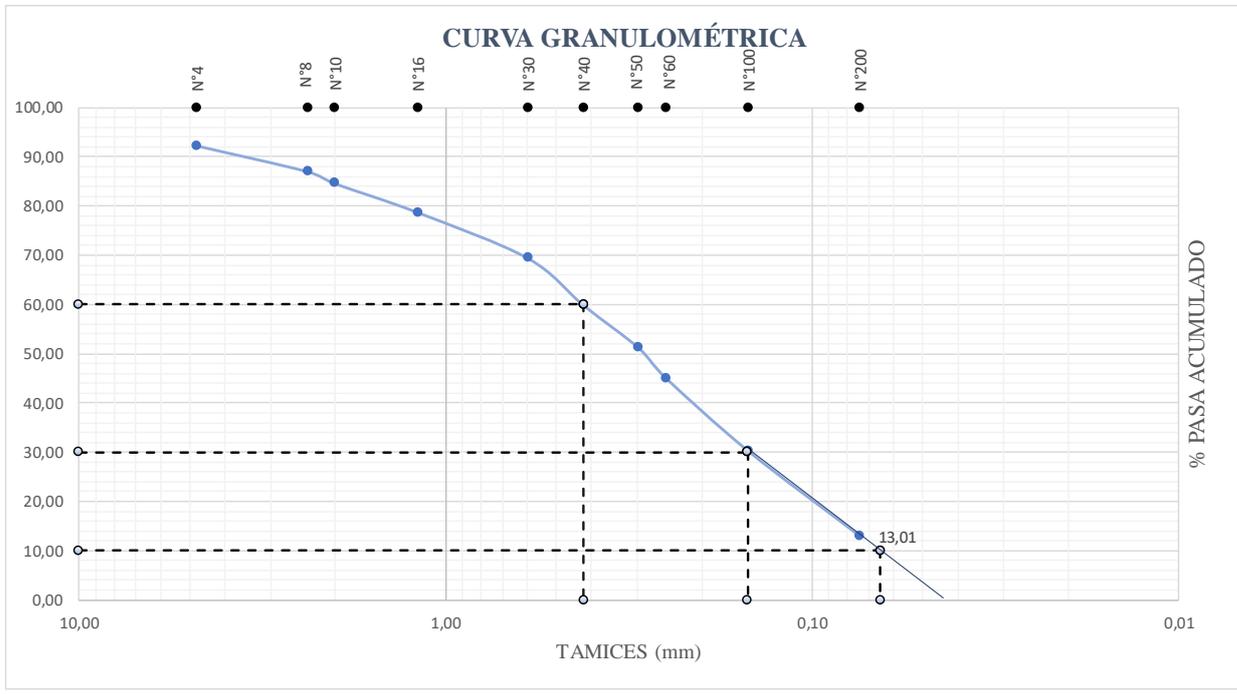
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 121: Análisis Granulométrico muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	12,53	12,53	1,25	98,75
N°8	2,38	18,43	30,96	3,10	96,90
N°10	2,00	8,29	39,25	3,93	96,08
N°16	1,19	16,72	55,97	5,60	94,40
N°30	0,595	32,850	88,82	8,88	91,12
N°40	0,420	44,270	133,09	13,31	86,69
N°50	0,297	115,140	248,23	24,82	75,18
N°60	0,250	84,300	332,53	33,25	66,75
N°100	0,149	299,860	632,39	63,24	36,76
N°200	0,074	257,210	889,60	88,96	11,04
FUENTE		110,40	1000,00	100,00	0,00
TOTAL		1000,00			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,071	0,125	0,225	3,17	0,98

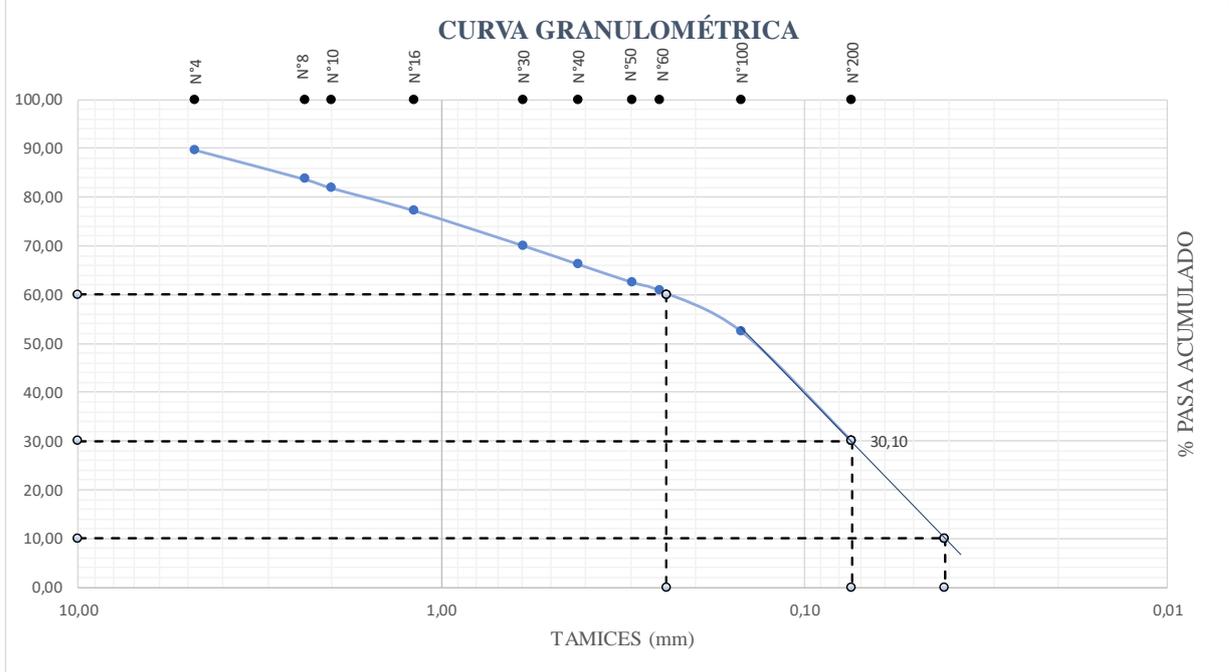
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 122: Análisis Granulométrico muestra #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782	9887563,604	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	76,85	76,85	7,69	92,32
N°8	2,38	52,39	129,24	12,92	87,08
N°10	2,00	24,49	153,73	15,37	84,63
N°16	1,19	58,66	212,39	21,24	78,76
N°30	0,595	93,270	305,66	30,57	69,43
N°40	0,420	95,340	401,00	40,10	59,90
N°50	0,297	86,710	487,71	48,77	51,23
N°60	0,250	61,430	549,14	54,91	45,09
N°100	0,149	148,440	697,58	69,76	30,24
N°200	0,074	172,370	869,95	87,00	13,01
FUENTE		130,05	1000,00	100,00	0,00
TOTAL		1000,00			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,065	0,150	0,42	6,46	0,82

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

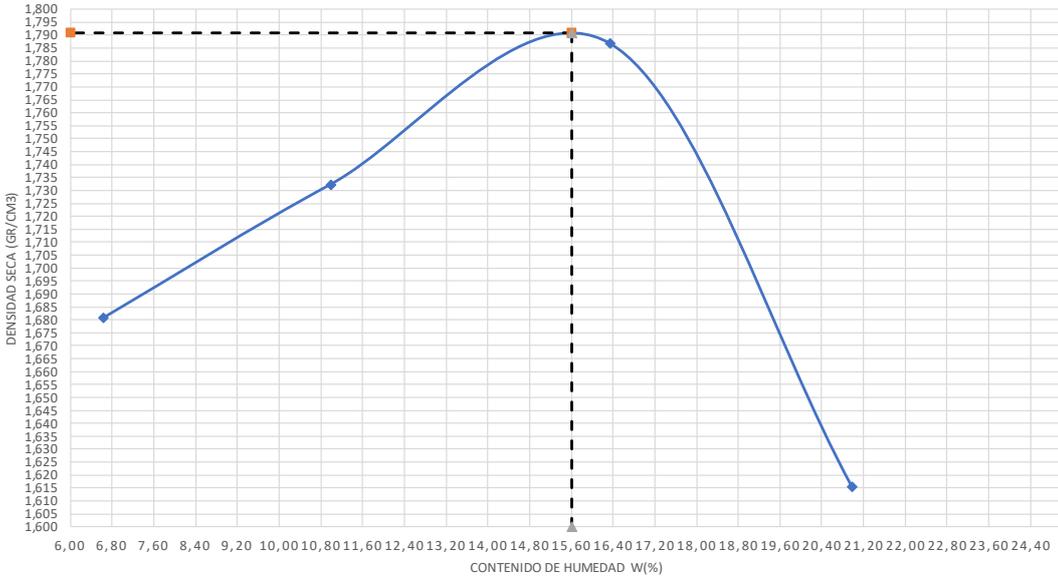
Tabla 123: Análisis Granulométrico muestra #12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	SANTA ANA		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769708,928	9887565,675	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMA: AASHTO T-87-70 Y T-88-70; ASTM D-421-58 Y D 422- 63					
1. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS SUELOS					
TAMIZ	mm	PESO RET.	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
			0,00	0,00	100,00
N°4	4,76	95,33	95,33	10,32	89,68
N°8	2,38	55,14	150,47	16,28	83,72
N°10	2,00	17,06	167,53	18,13	81,87
N°16	1,19	42,38	209,91	22,72	77,28
N°30	0,595	66,370	276,28	29,90	70,10
N°40	0,420	35,190	311,47	33,71	66,29
N°50	0,297	34,570	346,04	37,45	62,55
N°60	0,250	15,300	361,34	39,11	60,89
N°100	0,149	77,470	438,81	47,49	52,51
N°200	0,074	207,080	645,89	69,90	30,10
FUENTE		278,12	924,01	100,00	0,00
TOTAL		924,01			
2. GRÁFICA - DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA					
					
3. COEFICIENTES DEL SUELO					
	D10	D30	D60	Cu	Cc
	0,041	0,074	0,24	5,85	0,56

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

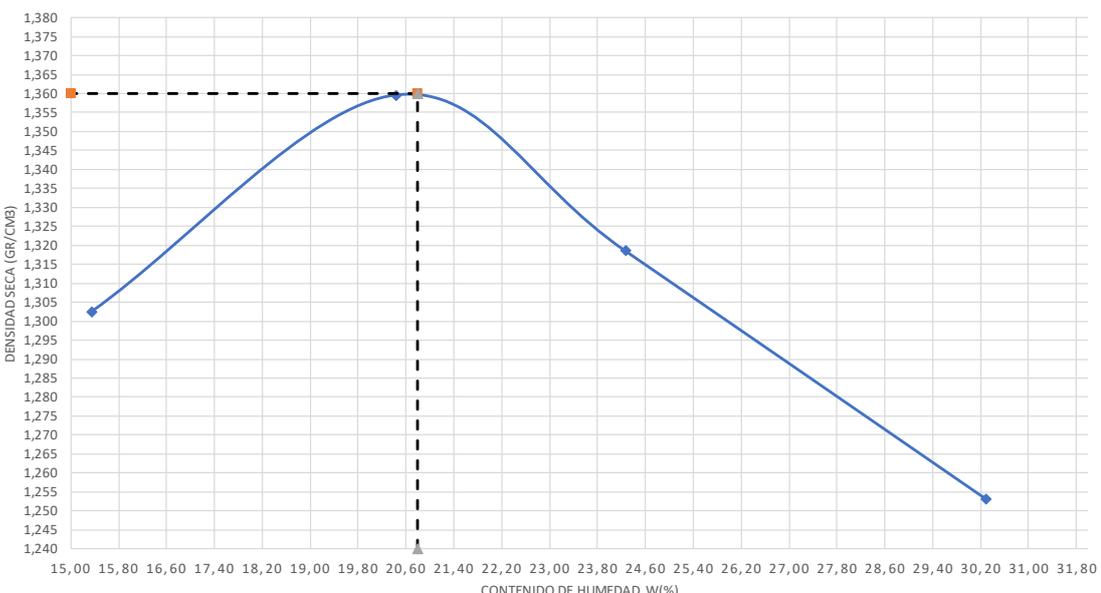
- PROCTOR MODIFICADO TIPO “B”

Tabla 124: Proctor Modificado tipo B muestra #1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PROCTOR MODIFICADO-B"								
PARROQUIA:	SAN MIGUEL		VÍA:	YANAYACU				
MUESTRA:	I		COORDENADAS:	770322,879	9882385,4			
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	14120			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2127,2682			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860			
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	0	5	10	15				
Humedad inicial Añadida en %	0	300	600	900				
P. molde + suelo húmedo (gr)	17932	18210	18542	18277				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3812	4090	4422	4157				
Peso unitario humedo γ _m (gr/cm ³)	1,792	1,923	2,079	1,954				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente W _r	23,78	26,11	30,69	31,14	30,89	30,14	32,54	32,99
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	99,61	97,79	88,65	94,84	114,4	113,39	143,39	146,69
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	94,79	93,44	82,78	88,68	102,59	101,78	124,33	126,81
Peso sólidos W _s	71,01	67,33	52,09	57,54	71,70	71,64	91,79	93,82
Peso del agua W _w	4,82	4,35	5,87	6,16	11,81	11,61	19,06	19,88
Contenido de Humedad w%	6,79	6,46	11,27	10,71	16,47	16,21	20,76	21,19
Promedio Contenido de Humedad w%	6,62		10,99		16,34		20,98	
Peso Volumétrico Seco γ _d (gr/cm ³)	1,681		1,732		1,787		1,615	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
<p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>  <p>The graph plots Dry Density (GR/CM3) on the y-axis (ranging from 1,600 to 1,800) against Moisture Content W(%) on the x-axis (ranging from 6,00 to 24,40). A blue curve shows the relationship, with a peak at approximately 1,789 GR/CM3 and 15,6% moisture content. A vertical dashed line marks the peak, and a horizontal dashed line extends from the peak to the y-axis.</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,789		HUMEDAD ÓPTIMA % =	15,6				
G _c (%)=	62,645							

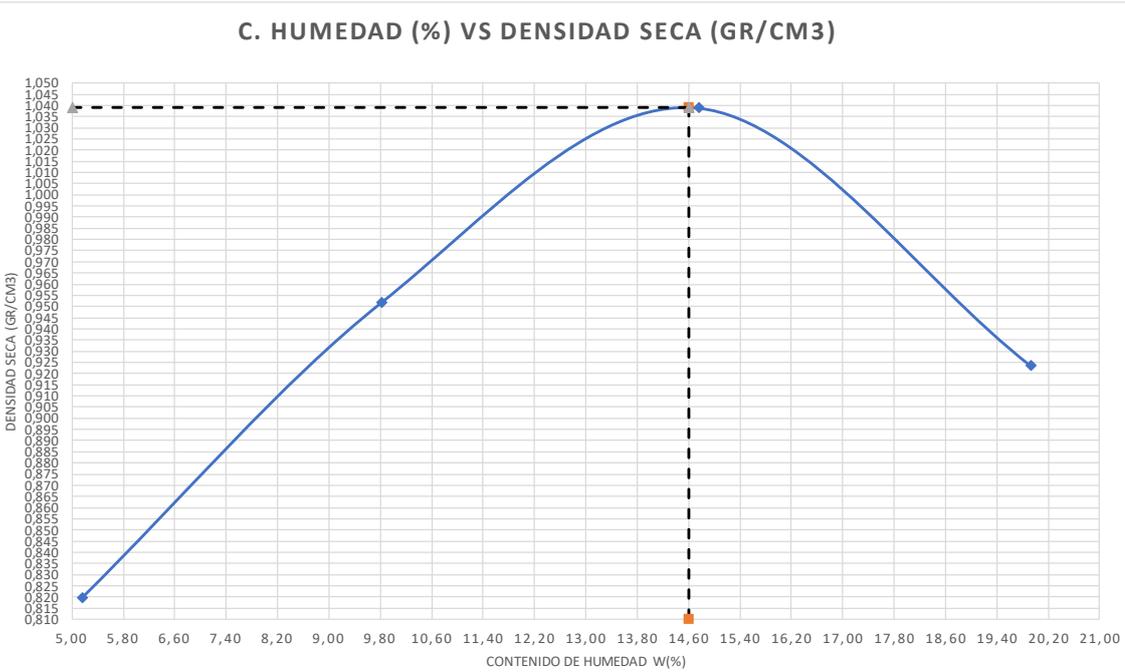
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 125: Proctor Modificado tipo B muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:		YANAYACU				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:		770837,483		9883170,06		
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		18473		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2095,934		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	21622	21905	21907	21895				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3149	3432	3434	3422				
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,502	1,637	1,638	1,633				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente W _r	30,503	30,22	24,16	27,63	30,052	30,12	30,791	24,68
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	100,5	110,94	86,24	83,88	111,58	110,59	114,42	115,01
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	90,956	100,47	75,726	74,31	95,56	94,98	94,249	94,82
Peso solidos W _s	60,45	70,25	51,57	46,69	65,51	64,86	63,46	70,13
Peso del agua W _w	9,54	10,48	10,51	9,57	16,02	15,61	20,17	20,19
Contenido de Humedad w%	15,79	14,91	20,39	20,49	24,46	24,07	31,79	28,79
Promedio Contenido de Humedad w%	15,35		20,44		24,26		30,29	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,303		1,360		1,319		1,253	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)								
								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,360		HUMEDAD ÓPTIMA % =		20,8			
G _c (%)=	77,142							

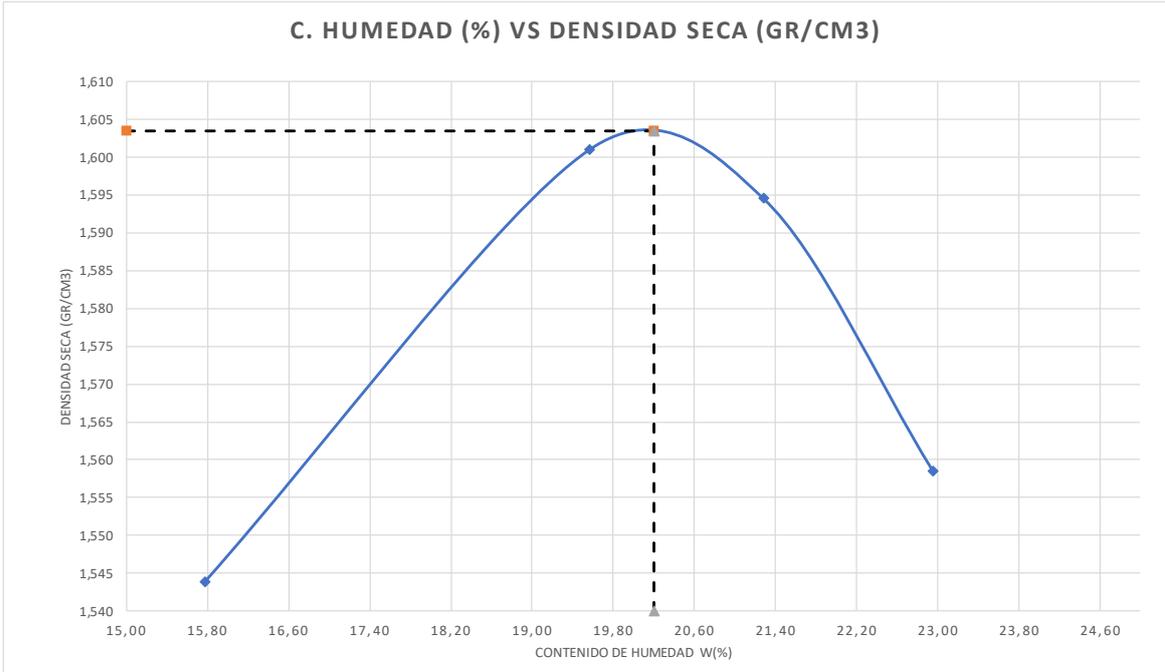
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 126: Proctor Modificado tipo B muestra #3

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"			
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697 9883327,86
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180 ASTM D1557 INEN 860
Peso Inicial Deseado	6000		6000
			6000
			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900
P. molde + suelo húmedo (gr)	15954	16344	16656
Peso suelo húmedo Wm (gr)	1834	2224	2536
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	0,862	1,045	1,192
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente Número	A1	B1	A2
Peso del Recipiente Wr	30,18	29,85	29,394
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	85,42	93,76	98,34
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	82,54	90,82	92,27
Peso solidos Ws	52,36	60,97	62,87
Peso del agua Ww	2,88	2,94	6,07
Contenido de Humedad w%	5,50	4,82	9,66
Promedio Contenido de Humedad w%	5,16		9,83
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	0,820		0,952
			1,039
			0,923
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)			
			
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm3)=	1,040		HUMEDAD ÓPTIMA % = 14,6
Gc (%)=	105,293		

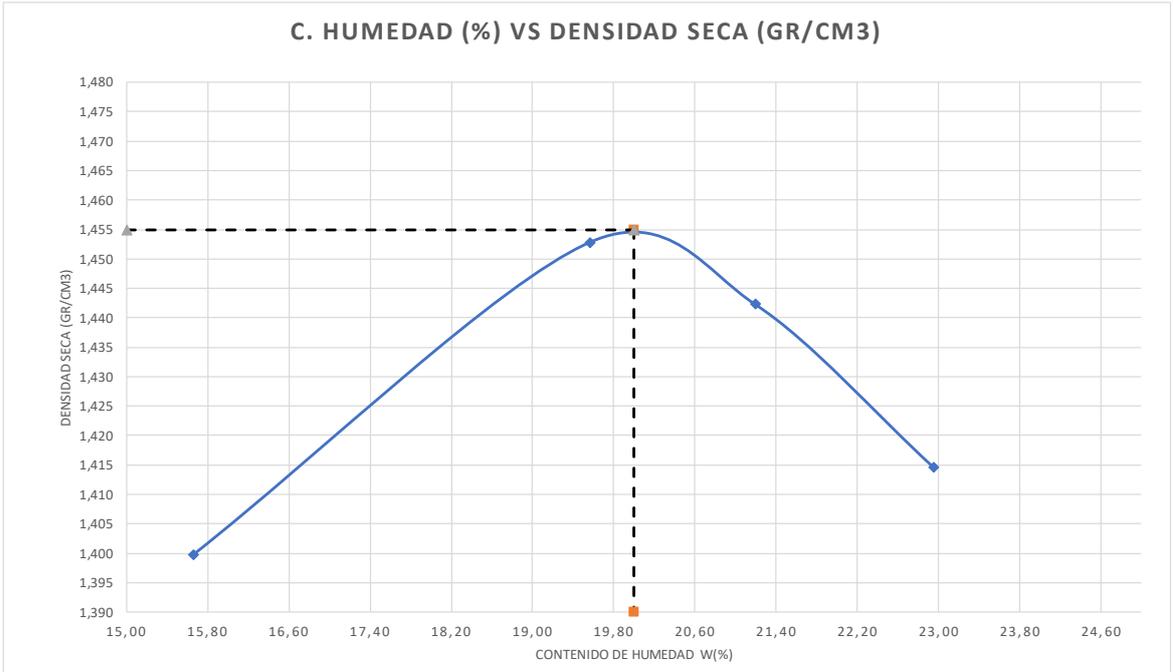
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 127: Proctor Modificado tipo B muestra #4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"		 FICM	
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	754679,571 9878521,32
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180 ASTM D1557 INEN 860
Peso Inicial Deseado	6000		6000 6000 6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3 4
Humedad inicial Añadida en %	0	3	6 9
Humedad inicial Añadida en %	0	180	360 540
P. molde + suelo húmedo (gr)	18982	19284	19331 19289
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4256	4558	4605 4563
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,787	1,914	1,934 1,916
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente Número	A1	B1	A2 B2 A3 B3 A4 B4
Peso del Recipiente W _r	24,313	25,32	30,853 30,75 31,109 29,97 33,189 30,67
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	95,45	107,28	144,71 135,45 167,06 185,59 172,76 184,00
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	85,599	96,30	125,752 118,63 144,068 157,32 144,94 157,38
Peso solidos W _s	61,29	70,98	94,90 87,87 112,96 127,34 111,75 126,71
Peso del agua W _w	9,85	10,98	18,96 16,82 22,99 28,27 27,82 26,62
Contenido de Humedad w%	16,07	15,47	19,98 19,14 20,35 22,20 24,89 21,01
Promedio Contenido de Humedad w%	15,77		19,56 21,28 22,95
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,544		1,601 1,595 1,559
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)			
 <p>The graph plots Dry Density (GR/CM3) on the y-axis (ranging from 1,540 to 1,610) against Moisture Content (W%) on the x-axis (ranging from 15,00 to 24,60). A blue curve shows the relationship, with a peak at approximately 19.8% moisture and 1.604 GR/CM3 dry density. A vertical dashed line marks the peak, and a horizontal dashed line indicates the maximum dry density.</p>			
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,604		HUMEDAD ÓPTIMA % =
G _c (%)=	60,274		20,2

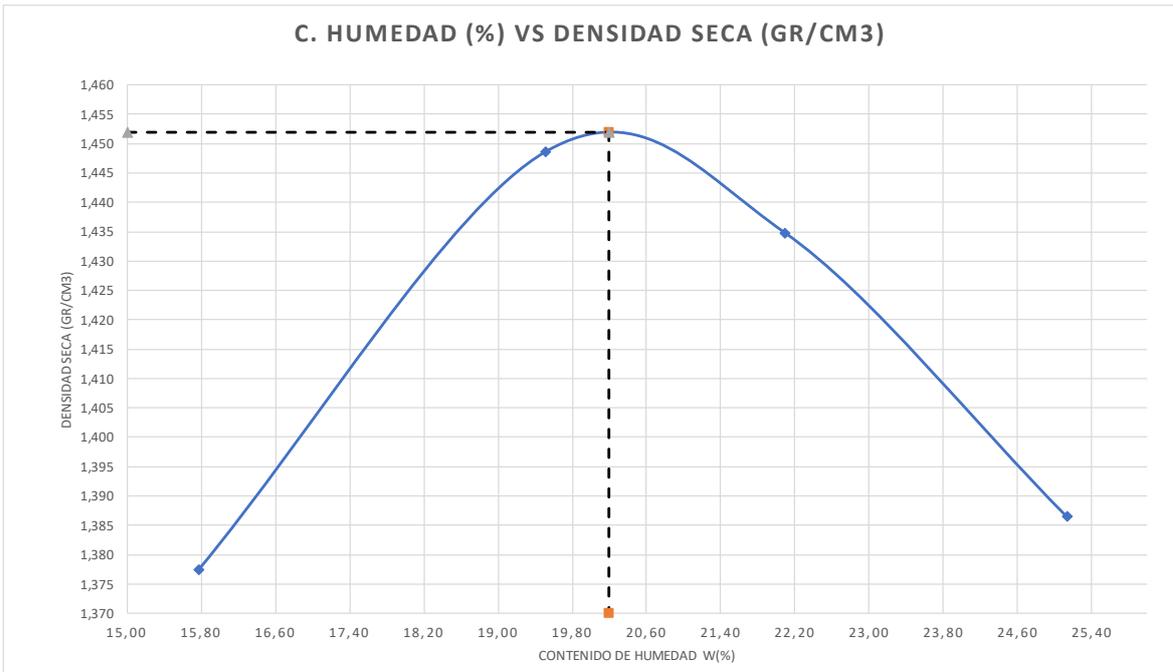
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 128: Proctor Modificado tipo B muestra #5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"		 FCM	
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	754715,462 9879310,78
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180 ASTM D1557 INEN 860
Peso Inicial Deseado	6000		6000 6000 6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3 4
Humedad inicial Añadida en %	0	3	6 9
Humedad inicial Añadida en %	0	180	360 540
P. molde + suelo húmedo (gr)	19098	19397	19425 19403
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4106	4405	4433 4411
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,619	1,737	1,748 1,739
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente Número	A1	B1	A2 B2 A3 B3 A4 B4
Peso del Recipiente W _r	24,313	24,32	30,853 30,75 31,109 28,97 33,189 30,67
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	95,45	107,28	144,71 135,45 167,06 185,59 172,76 184,00
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	85,599	96,30	125,752 118,63 144,068 157,32 144,94 157,38
Peso solidos W _s	61,29	71,98	94,90 87,87 112,96 128,34 111,75 126,71
Peso del agua W _w	9,85	10,98	18,96 16,82 22,99 28,27 27,82 26,62
Contenido de Humedad w%	16,07	15,25	19,98 19,14 20,35 22,03 24,89 21,01
Promedio Contenido de Humedad w%	15,66		19,56 21,19 22,95
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,400		1,453 1,442 1,415
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)			
			
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,455		HUMEDAD
G_c (%)=	65,021		ÓPTIMA % = 20,0

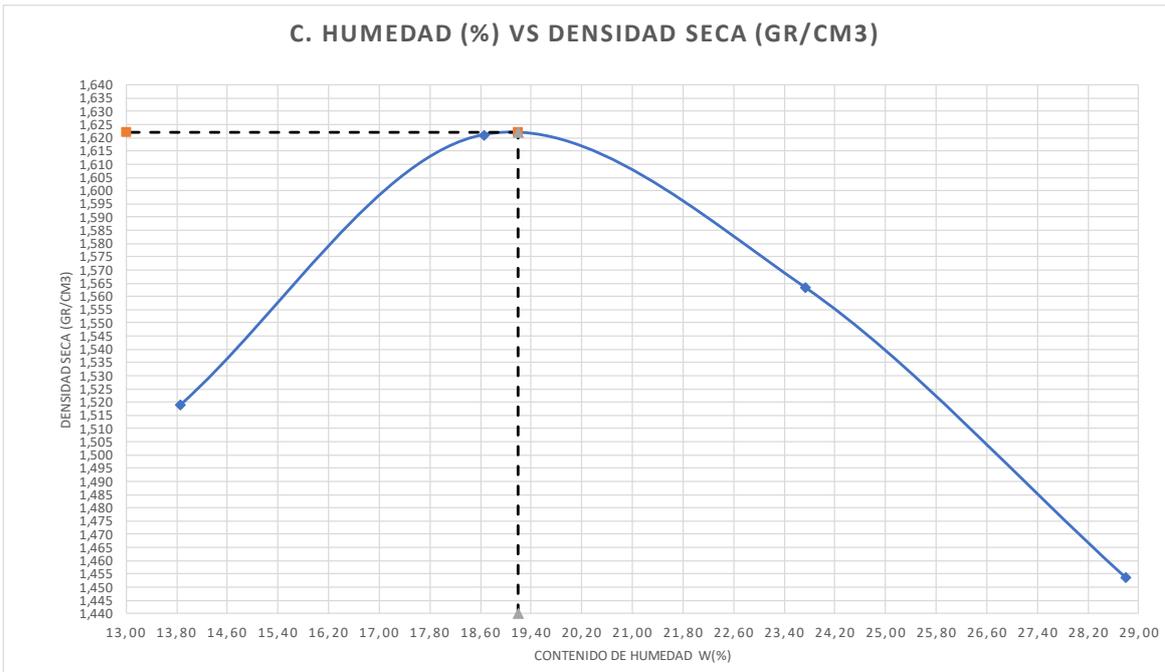
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 129: Proctor Modificado tipo B muestra #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:		CUSUBAMBA				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:		755455,484	9881003,71			
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	14263			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2439,2692			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	0	3	6	9				
Humedad inicial Añadida en %	0	180	360	540				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18153	18486	18536	18495				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3890	4223	4273	4232				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,595	1,731	1,752	1,735				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente W _r	22,473	22,479	29,013	28,914	29,269	27,134	31,349	28,826
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	92,71	103,44	141,87	132,81	164,57	183,77	170,92	182,76
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	82,759	92,862	123,512	115,787	140,22	155,28	142,54	152,23
Peso solidos W _s	60,29	70,38	94,50	86,87	110,95	128,15	111,19	123,40
Peso del agua W _w	9,95	10,58	18,36	17,02	24,35	28,49	28,38	30,53
Contenido de Humedad w%	16,51	15,03	19,43	19,60	21,95	22,23	25,52	24,74
Promedio Contenido de Humedad w%	15,77		19,51		22,09		25,13	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,378		1,449		1,435		1,386	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,452		HUMEDAD ÓPTIMA % =		20,2			
G_c (%)=	65,000							

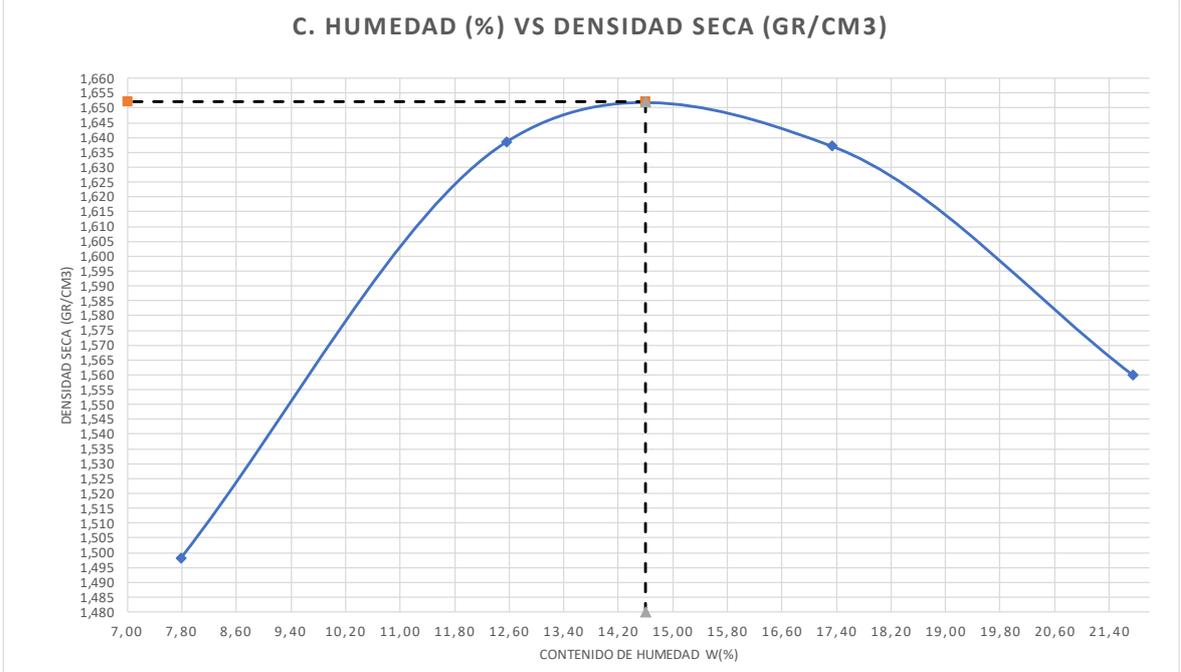
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 130: Proctor Modificado tipo B muestra #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:		SAN LUIS				
MUESTRA:	1	COORDENADAS:		764699,041	9877043,88			
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		16339		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2286,37574		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860			
Peso Inicial Deseado	6000			6000	6000	6000		
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en ml	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	20293	20737	20762	20620				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3954	4398	4423	4281				
Peso unitario húmedo γ_m (gr/cm ³)	1,729	1,924	1,935	1,872				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente W _r	26,663	26,66	24,81	24,81	30,59	30,89	32,99	32,26
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	109,9	108,68	106,65	103,72	130,28	136,23	164,63	169,18
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	99,659	98,81	93,86	91,24	111,33	115,85	135,6	138,15
Peso solidos W _s	73,00	72,15	69,05	66,43	80,74	84,96	102,61	105,89
Peso del agua W _w	10,24	9,88	12,79	12,48	18,95	20,38	29,03	31,03
Contenido de Humedad w%	14,03	13,69	18,52	18,79	23,47	23,99	28,29	29,30
Promedio Contenido de Humedad w%	13,86		18,65		23,73		28,80	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,519		1,621		1,563		1,454	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,622		HUMEDAD ÓPTIMA % =		19,2			
G_c (%)=	58,148							

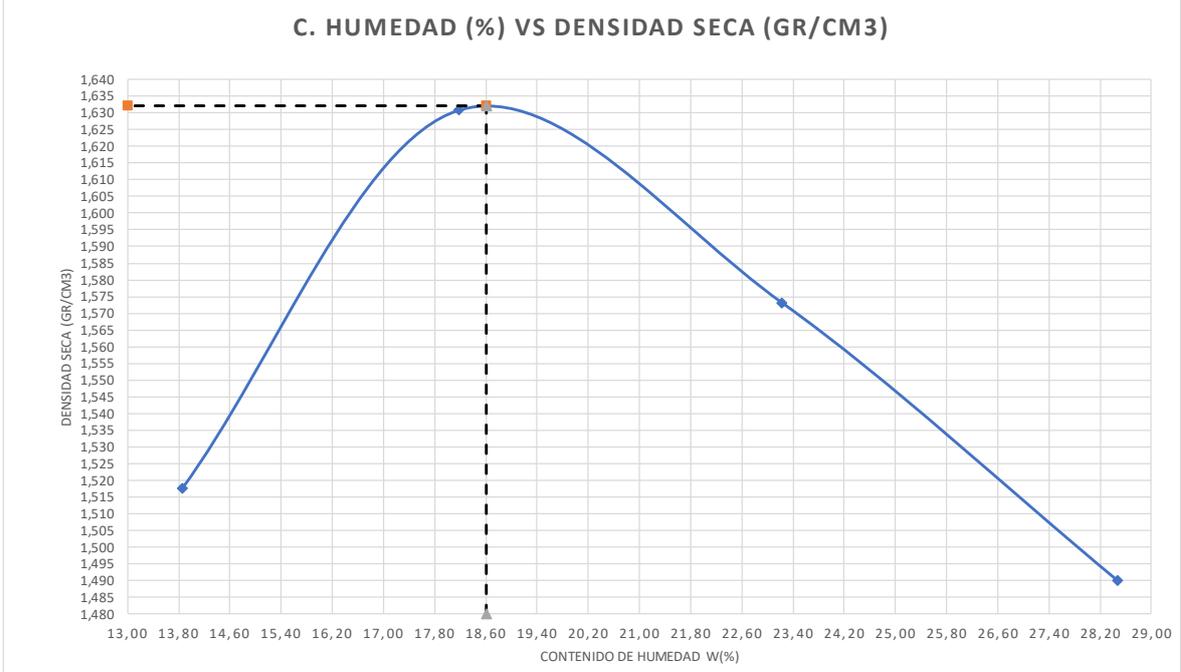
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 131: Proctor Modificado tipo B muestra #8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:		SAN LUIS				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:		764422,335		9877423,54		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		14726		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2381,191		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18571	19118	19300	19248				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3845	4392	4574	4522				
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,615	1,844	1,921	1,899				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente Wr	30,869	34,41	30,607	26,13	23,11	34,63	29,964	30,75
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	123,17	154,05	101,86	116,78	127,58	191,68	237,15	178,65
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	117,495	144,15	93,761	106,85	112,04	168,65	200,277	152,14
Peso solidos Ws	86,63	109,74	63,15	80,73	88,93	134,02	170,31	121,39
Peso del agua Ww	5,68	9,90	8,10	9,93	15,54	23,03	36,87	26,51
Contenido de Humedad w%	6,55	9,02	12,82	12,30	17,47	17,19	21,65	21,84
Promedio Contenido de Humedad w%	7,79		12,56		17,33		21,74	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,498		1,639		1,637		1,560	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,652		HUMEDAD ÓPTIMA % =		14,6			
Gc (%)=	56,401							

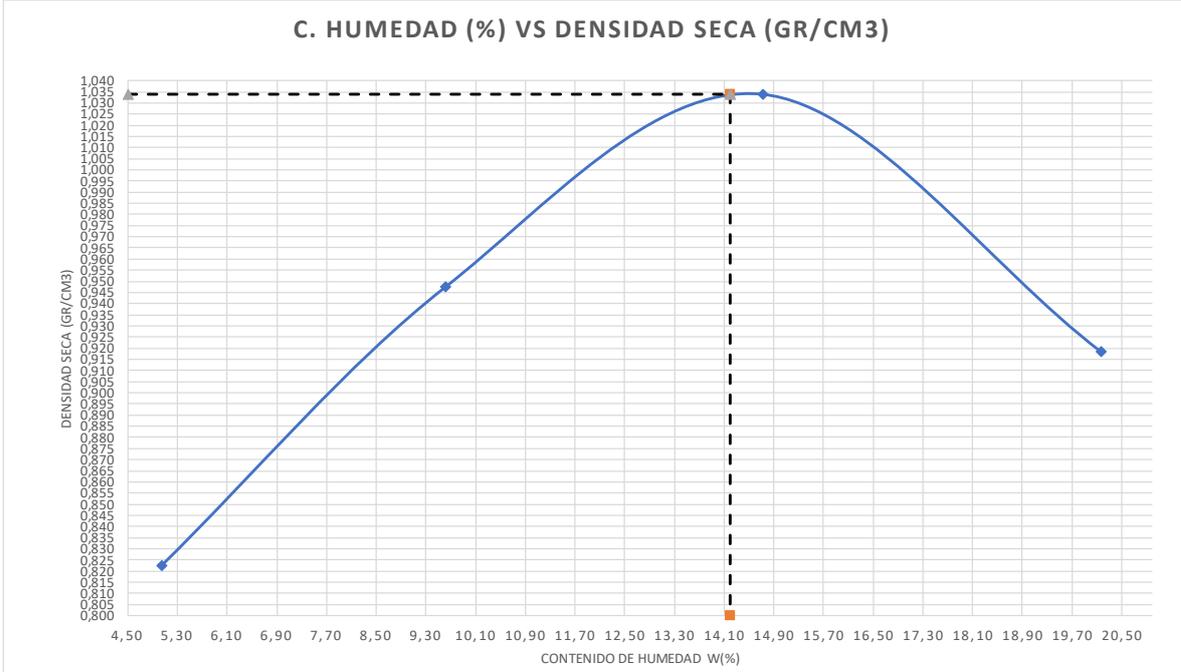
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 132: Proctor Modificado tipo B muestra #9

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054 9878021,48
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860			
ESPECIFICACIONES			
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180 ASTM D1557 INEN 860
Peso Inicial Deseado	6000		6000
			6000
			6000
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN			
Ensayo Número	1	2	3
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15
Humedad inicial Añadida en ml	300	600	900
P. molde + suelo húmedo (gr)	18840	19315	19342
Peso suelo húmedo Wm (gr)	4114	4589	4616
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,728	1,927	1,939
			1,914
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD			
Recipiente Número	A1	B1	A2
Peso del Recipiente Wr	28,983	28,98	27,13
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	113,22	111,11	108,97
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	102,97	101,12	96,58
Peso solidos Ws	73,99	72,14	69,45
Peso del agua Ww	10,25	9,99	12,39
Contenido de Humedad w%	13,85	13,85	17,84
Promedio Contenido de Humedad w%	13,85		18,17
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,518		1,631
			1,573
			1,490
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA			
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>			
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,632	HUMEDAD ÓPTIMA % =	18,6
Gc (%)=	87,634		

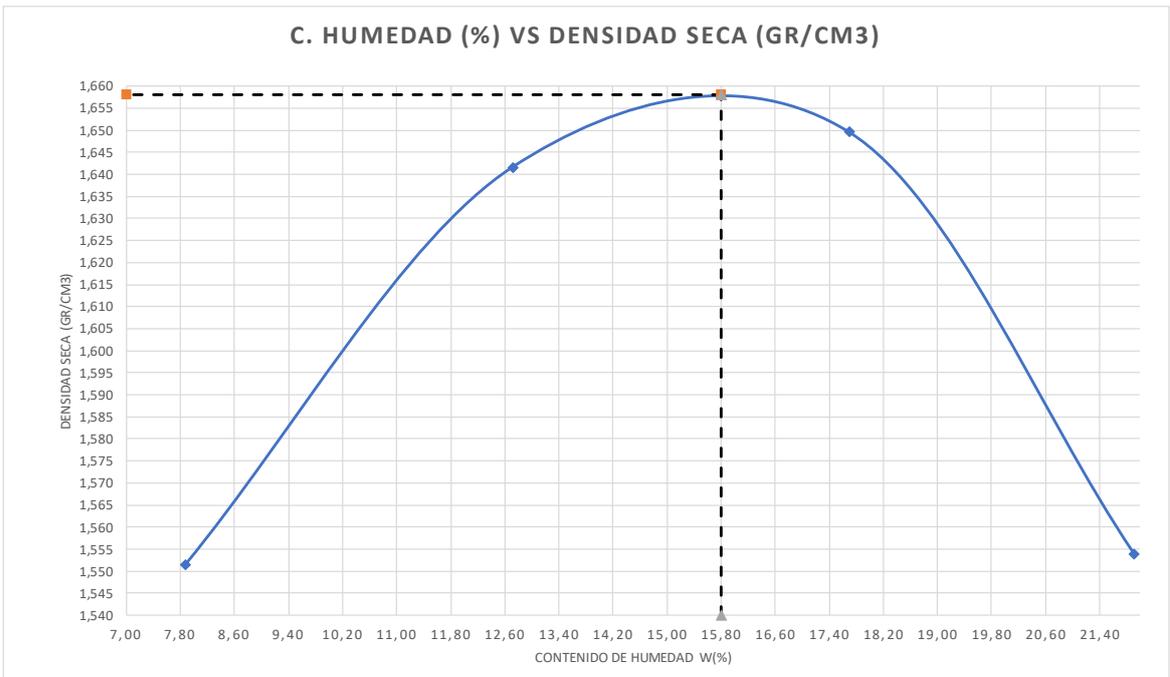
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 133: Proctor Modificado tipo B muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:		RUMIPAMBA DE NAVAS				
MUESTRA:	I	COORDENADAS:		769701,782		9887563,6		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		16817		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2365,56		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM	D1557	INEN	860	
Peso Inicial Deseado	6000		6000		6000		6000	
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	18861	19274	19623	19428				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	2044	2457	2806	2611				
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	0,864	1,039	1,186	1,104				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente Wr	31,15	30,82	30,364	30,67	33,456	32,43	30,576	32,27
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	86,09	94,73	99,31	94,17	166,55	138,07	179,95	142,88
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	83,509	91,59	93,218	88,64	150,009	124,10	154,968	124,25
Peso solidos Ws	52,36	60,77	62,85	57,97	116,55	91,67	124,39	91,97
Peso del agua Ww	2,58	3,14	6,09	5,53	16,54	13,97	24,98	18,64
Contenido de Humedad w%	4,93	5,17	9,69	9,54	14,19	15,24	20,08	20,26
Promedio Contenido de Humedad w%	5,05		9,62		14,72		20,17	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	0,823		0,948		1,034		0,918	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,032		HUMEDAD ÓPTIMA % =		14,2			
Gc (%)=	103,707							

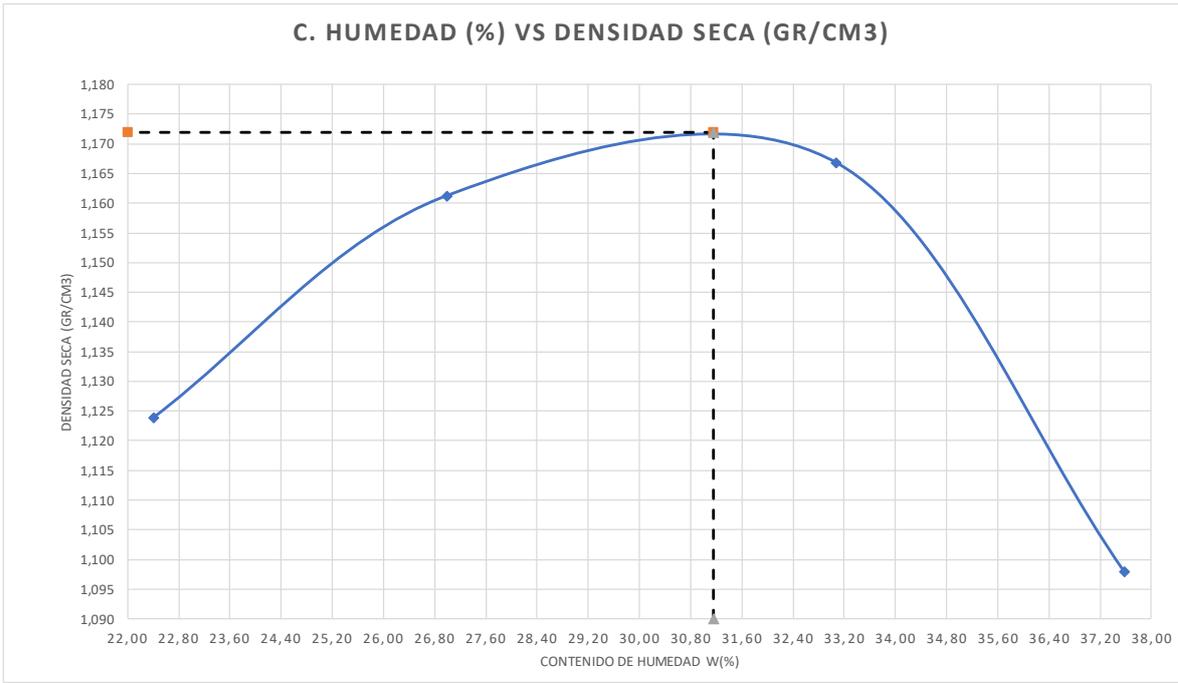
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 134: Proctor Modificado tipo B muestra #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:		RUMIPAMBA DE NAVAS				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:		769701,782		9887563,6		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)		14120		
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)		2127,2682		
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN 860			
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	17680	18056	18250	18150				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3560	3936	4130	4030				
Peso unitario humedo γ_m (gr/cm ³)	1,674	1,850	1,941	1,894				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente W _r	32,349	35,89	32,087	27,61	24,59	36,11	31,444	32,23
Recipiente + suelo húmedo W _r +W _m	125,65	155,53	105,34	118,26	130,06	193,16	238,63	180,53
Recipiente + suelo seco W _s +W _m	118,975	146,63	96,841	108,33	113,82	170,13	201,75	153,62
Peso solidos W _s	86,63	110,74	64,75	80,73	89,23	134,02	170,31	121,39
Peso del agua W _w	6,68	8,90	8,50	9,93	16,24	23,03	36,88	26,91
Contenido de Humedad w%	7,71	8,04	13,13	12,30	18,20	17,19	21,66	22,17
Promedio Contenido de Humedad w%	7,87		12,71		17,69		21,91	
Peso Volumétrico Seco γ_d (gr/cm ³)	1,551		1,642		1,650		1,554	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,658		HUMEDAD ÓPTIMA % =		15,8			
G_c (%)=	54,876							

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 135: Proctor Modificado tipo B muestra #12

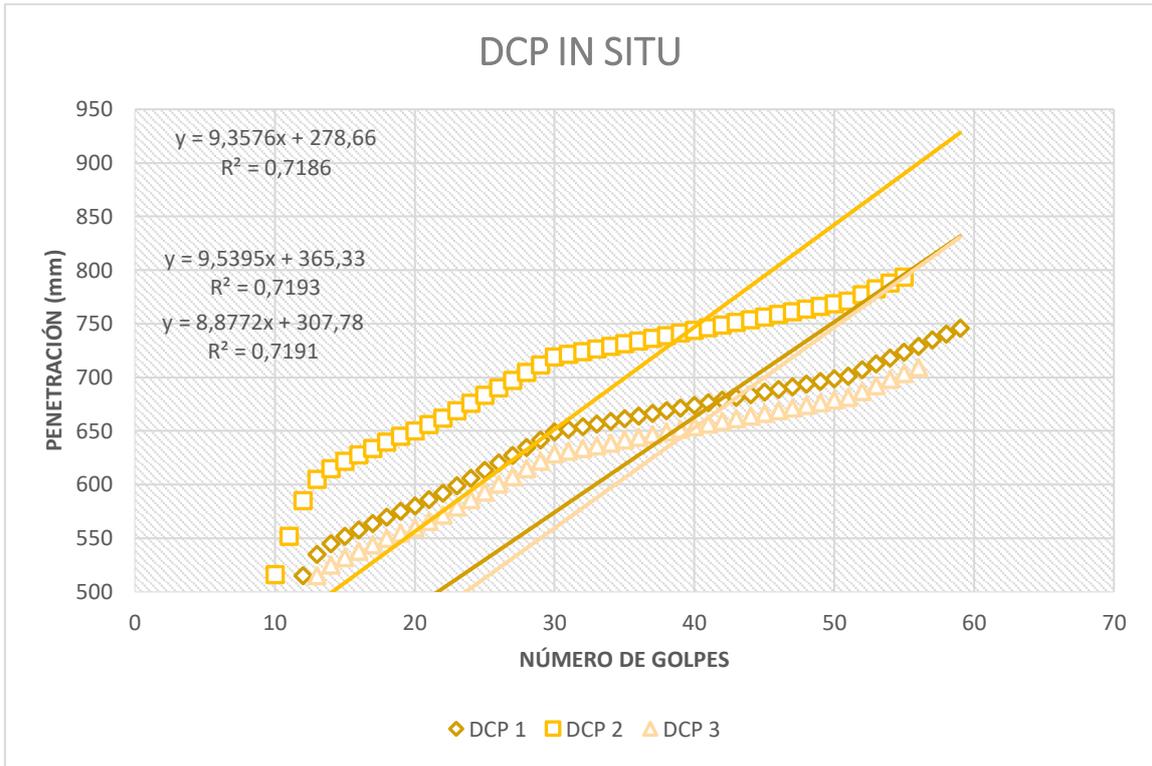
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "PRÓCTOR MODIFICADO-B"						
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:		RUMIPAMBA DE NAVAS				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:		769708,928	9887565,68			
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-180; ASTM D1557; INEN 860								
ESPECIFICACIONES								
Número de Golpes	56	Altura de Caída	18"	Peso del Molde (gr)	14263			
Número de Capas	5	Peso del Martillo	10 lb	Volumen del Molde (cm ³)	2202,6672			
Energía de Compactación	55986	Normas:	AASHTO T-180	ASTM D1557	INEN	860		
Peso Inicial Deseado	6000		6000	6000	6000			
1. PROCESO DE COMPACTACIÓN								
Ensayo Número	1	2	3	4				
Humedad inicial Añadida en %	5	10	15	20				
Humedad inicial Añadida en %	300	600	900	1200				
P. molde + suelo húmedo (gr)	17293	17511	17683	17590				
Peso suelo húmedo Wm (gr)	3030	3248	3420	3327				
Peso unitario humedo γm (gr/cm ³)	1,376	1,475	1,553	1,510				
2. DETERMINACIÓN DE CONTENIDOS DE HUMEDAD								
Recipiente Número	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4
Peso del Recipiente Wr	26,49	24,54	31,44	30,73	32,97	32,23	30,58	30,90
Recipiente + suelo húmedo Wr+Wm	83,32	81,12	99,33	91,93	104,53	107,77	89,11	98,55
Recipiente + suelo seco Ws+Wm	73,12	70,57	85,1	78,75	86,76	88,98	73,12	80,08
Peso solidos Ws	46,63	46,03	53,66	48,02	53,79	56,75	42,54	49,18
Peso del agua Ww	10,20	10,55	14,23	13,18	17,77	18,79	15,99	18,47
Contenido de Humedad w%	21,87	22,92	26,52	27,45	33,04	33,11	37,59	37,56
Promedio Contenido de Humedad w%	22,40		26,98		33,07		37,57	
Peso Volumétrico Seco γd (gr/cm ³)	1,124		1,161		1,167		1,098	
3. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LA DENSIDAD MÁXIMA Y HUMEDAD ÓPTIMA								
 <p style="text-align: center;">C. HUMEDAD (%) VS DENSIDAD SECA (GR/CM3)</p>								
DENSIDAD SECA MÁX (gr/cm ³)=	1,172		HUMEDAD ÓPTIMA % =		31,2			
Gc (%)=	74,704							

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

- DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono)

Tabla 136: DCP muestra #1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:		SAN MIGUEL		VÍA:		YANAYACU	
MUESTRA:		1		COORDENADAS:		770322,879	9882385,4
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS	
N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3		1	2	3
0	65	135	45	30	649	719	629
1	73	143	53	31	652	722	632
2	85	155	65	32	654	724	634
3	110	180	90	33	657	727	637
4	135	205	115	34	659	729	639
5	195	265	175	35	662	732	642
6	295	365	275	36	664	734	644
7	332	402	312	37	667	737	647
8	370	440	350	38	669	739	649
9	409	479	389	39	672	742	652
10	446	516	426	40	674	744	654
11	482	552	462	41	677	747	657
12	515	585	495	42	679	749	659
13	535	605	515	43	682	752	662
14	545	615	525	44	684	754	664
15	552	622	532	45	687	757	667
16	558	628	538	46	689	759	669
17	564	634	544	47	692	762	672
18	570	640	550	48	694	764	674
19	575	645	555	49	697	767	677
20	580	650	560	50	699	769	679
21	586	656	566	51	702	772	682
22	592	662	572	52	707	777	687
23	599	669	579	53	713	783	693
24	606	676	586	54	718	788	698
25	613	683	593	55	724	794	704
26	620	690	600	56	729		709
27	628	698	608	57	735		
28	635	705	615	58	740		
29	642	712	622	59	746		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	9,3576	9,258
2	9,5395	
3	8,8772	

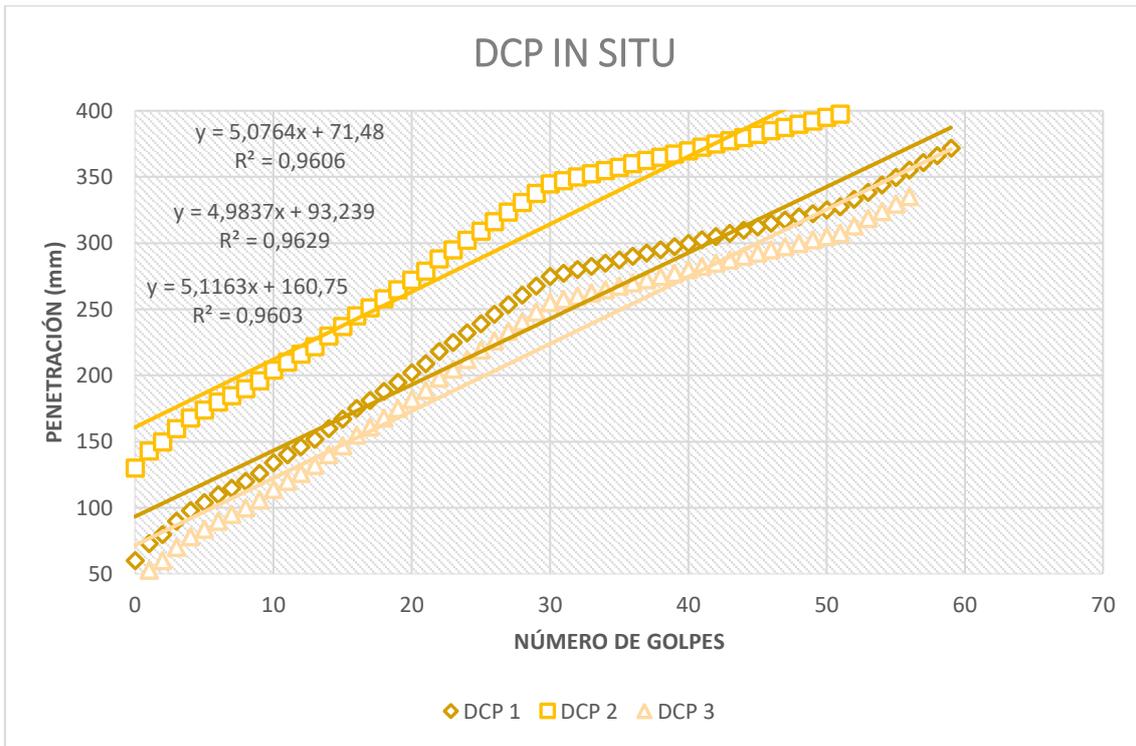
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 137: DCP muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL		VÍA:	YANAYACU			
MUESTRA:	2		COORDENADAS:	770837,483		9883170,06	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							

PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			
N° GOLPES	1	2	3
0	60	130	40
1	73	143	53
2	80	150	60
3	90	160	70
4	98	168	78
5	104	174	84
6	110	180	90
7	115	185	95
8	120	190	100
9	126	196	106
10	134	204	114
11	140	210	120
12	146	216	126
13	152	222	132
14	160	230	140
15	167	237	147
16	175	245	155
17	181	251	161
18	188	258	168
19	195	265	175
20	202	272	182
21	209	279	189
22	218	288	198
23	225	295	205
24	232	302	212
25	239	309	219
26	246	316	226
27	254	324	234
28	261	331	241
29	268	338	248

PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			
N° GOLPES	1	2	3
30	275	345	255
31	278	348	258
32	280	350	260
33	283	353	263
34	285	355	265
35	288	358	268
36	290	360	270
37	293	363	273
38	295	365	275
39	298	368	278
40	300	370	280
41	303	373	283
42	305	375	285
43	308	378	288
44	310	380	290
45	313	383	293
46	315	385	295
47	318	388	298
48	320	390	300
49	323	393	303
50	325	395	305
51	328	398	308
52	333	403	313
53	339	409	319
54	344	414	324
55	350	420	330
56	355		335
57	361		
58	366		
59	372		

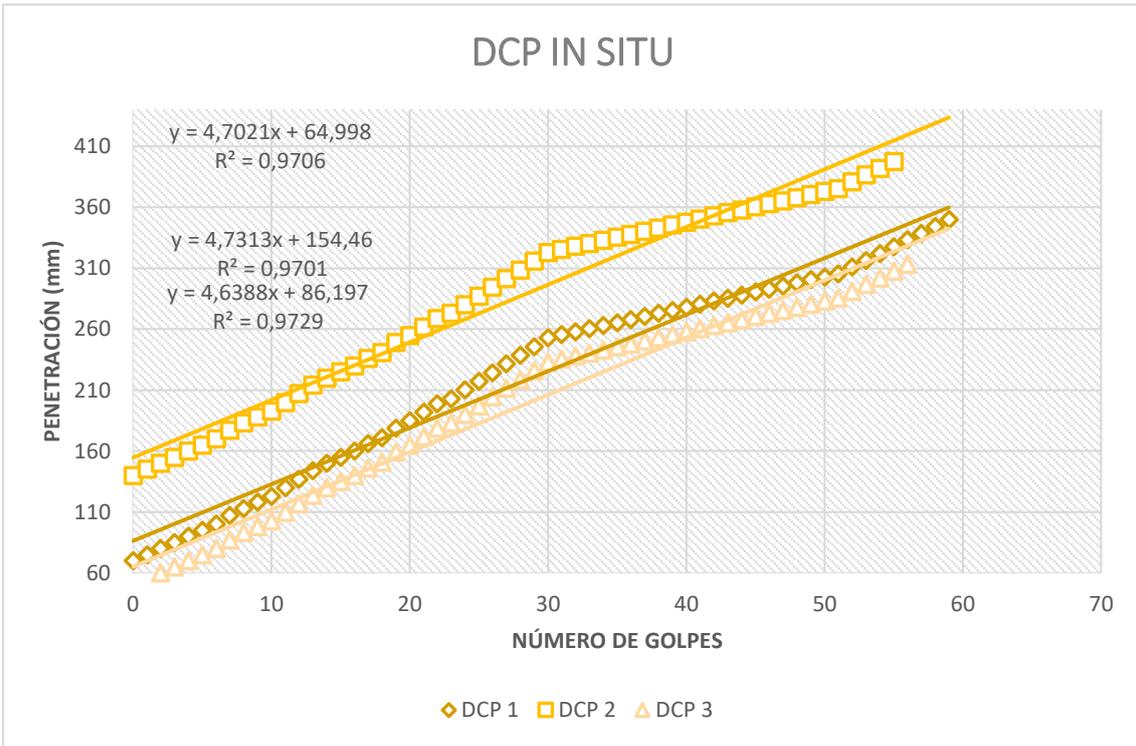


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	5,0764	5,059
2	4,9837	
3	5,1163	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 138: DCP muestra #3

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	770732,697		9883327,86		
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3		1	2	3
0	70	140	50	30	253	323	233
1	75	145	55	31	256	326	236
2	80	150	60	32	258	328	238
3	85	155	65	33	261	331	241
4	90	160	70	34	263	333	243
5	95	165	75	35	266	336	246
6	100	170	80	36	268	338	248
7	107	177	87	37	271	341	251
8	113	183	93	38	273	343	253
9	118	188	98	39	276	346	256
10	123	193	103	40	278	348	258
11	130	200	110	41	281	351	261
12	137	207	117	42	283	353	263
13	144	214	124	43	286	356	266
14	150	220	130	44	288	358	268
15	155	225	135	45	291	361	271
16	160	230	140	46	293	363	273
17	166	236	146	47	296	366	276
18	171	241	151	48	298	368	278
19	179	249	159	49	301	371	281
20	185	255	165	50	303	373	283
21	192	262	172	51	306	376	286
22	199	269	179	52	311	381	291
23	203	273	183	53	317	387	297
24	210	280	190	54	322	392	302
25	217	287	197	55	328	398	308
26	224	294	204	56	333		313
27	232	302	212	57	339		
28	239	309	219	58	344		
29	246	316	226	59	350		

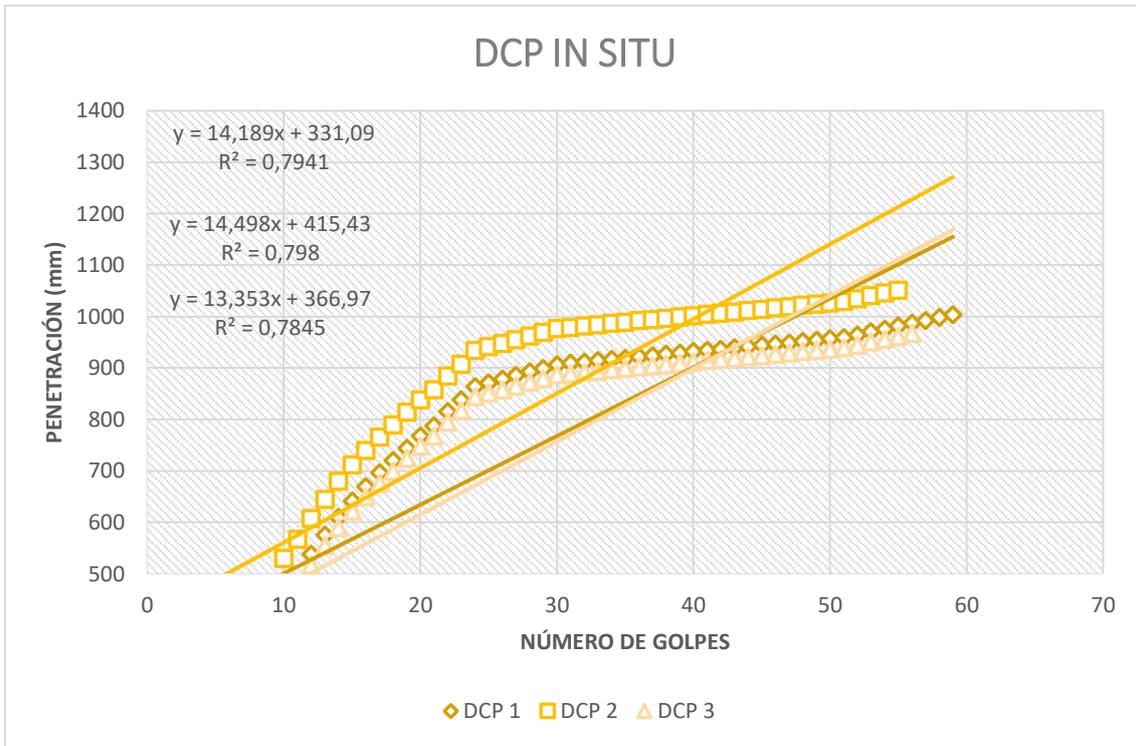


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	4,7021	4,691
2	4,7313	
3	4,6388	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 139: DCP muestra #4

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	CUSUBAMBA		VÍA:	CUSUBAMBA			
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	754679,571		9878521,32	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)				PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			
N° GOLPES	1	2	3	N° GOLPES	1	2	3
0	65	135	45	30	907	977	887
1	113	183	93	31	909	979	889
2	170	240	150	32	912	982	892
3	230	300	210	33	914	984	894
4	244	314	224	34	917	987	897
5	285	355	265	35	919	989	899
6	322	392	302	36	922	992	902
7	357	427	337	37	924	994	904
8	390	460	370	38	927	997	907
9	422	492	402	39	929	999	909
10	460	530	440	40	932	1002	912
11	497	567	477	41	934	1004	914
12	538	608	518	42	937	1007	917
13	575	645	555	43	939	1009	919
14	610	680	590	44	942	1012	922
15	642	712	622	45	944	1014	924
16	670	740	650	46	947	1017	927
17	696	766	676	47	949	1019	929
18	720	790	700	48	952	1022	932
19	744	814	724	49	954	1024	934
20	768	838	748	50	957	1027	937
21	788	858	768	51	959	1029	939
22	815	885	795	52	965	1035	945
23	838	908	818	53	970	1040	950
24	864	934	844	54	976	1046	956
25	871	941	851	55	982	1052	962
26	878	948	858	56	987		967
27	885	955	865	57	993		
28	893	963	873	58	998		
29	900	970	880	59	1004		

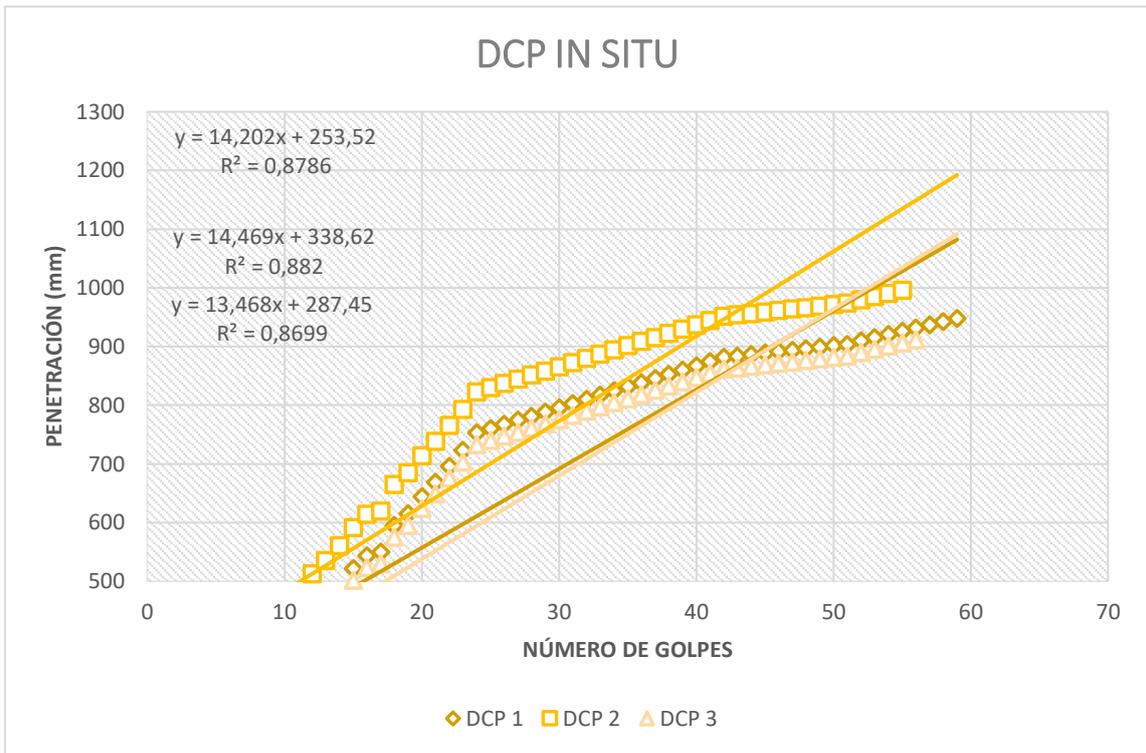


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	14,189	14,013
2	14,498	
3	13,353	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 140: DCP muestra #5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:		CUSUBAMBA		VÍA:		CUSUBAMBA	
MUESTRA:		2		COORDENADAS:		754715,462	9879310,78
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS	
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3		1	2	3
0	75	145	55	30	796	866	776
1	124	194	104	31	803	873	783
2	166	236	146	32	810	880	790
3	197	267	177	33	817	887	797
4	226	296	206	34	824	894	804
5	252	322	232	35	832	902	812
6	276	346	256	36	839	909	819
7	304	374	284	37	846	916	826
8	328	398	308	38	853	923	833
9	363	433	343	39	860	930	840
10	390	460	370	40	867	937	847
11	420	490	400	41	874	944	854
12	443	513	423	42	882	952	862
13	465	535	445	43	884	954	864
14	491	561	471	44	887	957	867
15	522	592	502	45	889	959	869
16	544	614	524	46	892	962	872
17	550	620	530	47	894	964	874
18	595	665	575	48	897	967	877
19	615	685	595	49	899	969	879
20	644	714	624	50	902	972	882
21	669	739	649	51	904	974	884
22	696	766	676	52	910	980	890
23	723	793	703	53	915	985	895
24	753	823	733	54	921	991	901
25	760	830	740	55	926	996	906
26	767	837	747	56	932		912
27	774	844	754	57	937		
28	782	852	762	58	943		
29	789	859	769	59	949		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	14,202	14,046
2	14,469	
3	13,468	

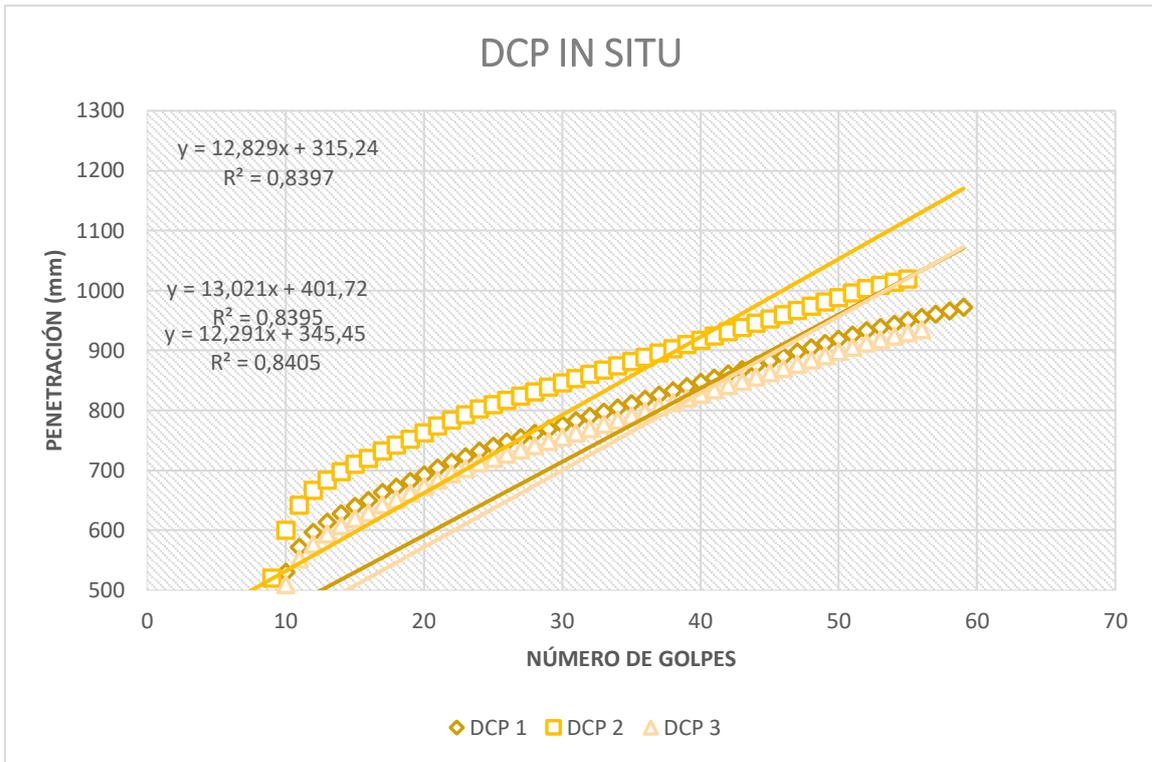
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 141: DCP muestra #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	CUSUBAMBA		VÍA:	CUSUBAMBA			
MUESTRA:	3		COORDENADAS:	755455,484		9881003,71	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS			
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	75	145	55
1	130	200	110
2	185	255	165
3	220	290	200
4	245	315	225
5	267	337	247
6	292	362	272
7	310	380	290
8	383	453	363
9	450	520	430
10	530	600	510
11	572	642	552
12	597	667	577
13	614	684	594
14	628	698	608
15	640	710	620
16	650	720	630
17	663	733	643
18	672	742	652
19	682	752	662
20	693	763	673
21	704	774	684
22	714	784	694
23	723	793	703
24	733	803	713
25	740	810	720
26	747	817	727
27	754	824	734
28	762	832	742
29	769	839	749

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
30	776	846	756
31	783	853	763
32	790	860	770
33	797	867	777
34	804	874	784
35	812	882	792
36	819	889	799
37	826	896	806
38	833	903	813
39	840	910	820
40	847	917	827
41	854	924	834
42	862	932	842
43	869	939	849
44	876	946	856
45	883	953	863
46	890	960	870
47	897	967	877
48	904	974	884
49	912	982	892
50	919	989	899
51	926	996	906
52	933	1003	913
53	939	1009	919
54	944	1014	924
55	950	1020	930
56	955		935
57	961		
58	966		
59	972		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	12,829	12,714
2	13,021	
3	12,291	

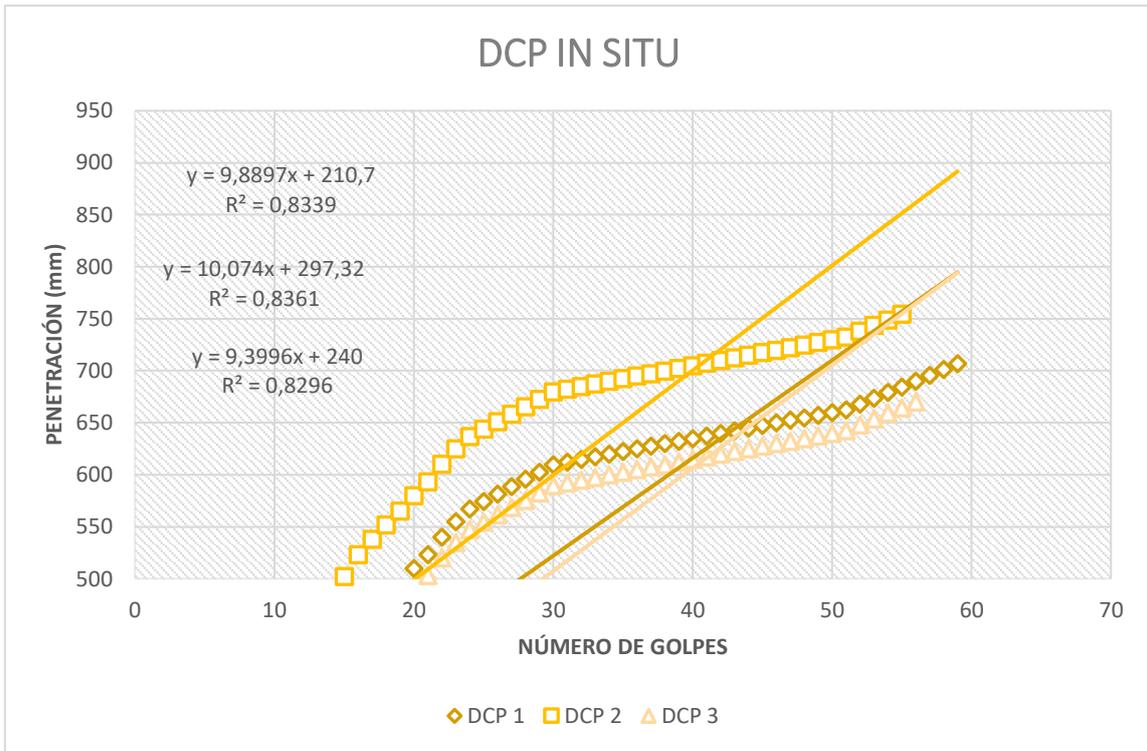
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 142: DCP muestra #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS				
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	764699,041		9877043,88		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	63	133	43
1	95	165	75
2	120	190	100
3	147	217	127
4	173	243	153
5	200	270	180
6	223	293	203
7	242	312	222
8	263	333	243
9	283	353	263
10	302	372	282
11	325	395	305
12	354	424	334
13	380	450	360
14	407	477	387
15	432	502	412
16	453	523	433
17	468	538	448
18	482	552	462
19	495	565	475
20	510	580	490
21	523	593	503
22	540	610	520
23	555	625	535
24	567	637	547
25	574	644	554
26	581	651	561
27	588	658	568
28	596	666	576
29	603	673	583

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
30	610	680	590
31	612	682	592
32	615	685	595
33	617	687	597
34	620	690	600
35	622	692	602
36	625	695	605
37	627	697	607
38	630	700	610
39	632	702	612
40	635	705	615
41	637	707	617
42	640	710	620
43	642	712	622
44	645	715	625
45	647	717	627
46	650	720	630
47	652	722	632
48	655	725	635
49	657	727	637
50	660	730	640
51	662	732	642
52	668	738	648
53	673	743	653
54	679	749	659
55	685	755	665
56	690		670
57	696		
58	701		
59	707		

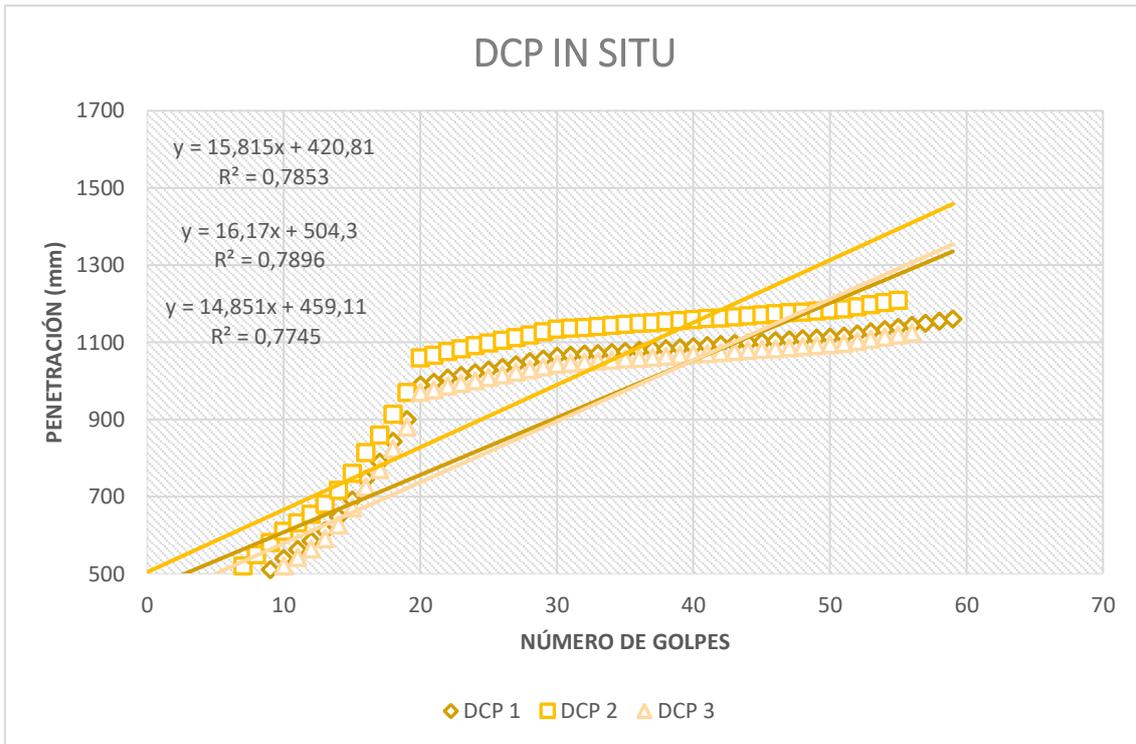


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	9,8897	9,788
2	10,074	
3	9,3996	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 143: DCP muestra #8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335		9877423,54		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)				PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			
N° GOLPES	1	2	3	N° GOLPES	1	2	3
0	73	143	53	30	1064	1134	1044
1	209	279	189	31	1067	1137	1047
2	297	367	277	32	1069	1139	1049
3	340	410	320	33	1072	1142	1052
4	372	442	352	34	1074	1144	1054
5	400	470	380	35	1077	1147	1057
6	425	495	405	36	1079	1149	1059
7	450	520	430	37	1082	1152	1062
8	480	550	460	38	1084	1154	1064
9	511	581	491	39	1087	1157	1067
10	540	610	520	40	1089	1159	1069
11	563	633	543	41	1092	1162	1072
12	585	655	565	42	1094	1164	1074
13	611	681	591	43	1097	1167	1077
14	647	717	627	44	1099	1169	1079
15	691	761	671	45	1102	1172	1082
16	745	815	725	46	1104	1174	1084
17	790	860	770	47	1107	1177	1087
18	844	914	824	48	1109	1179	1089
19	900	970	880	49	1112	1182	1092
20	990	1060	970	50	1114	1184	1094
21	997	1067	977	51	1117	1187	1097
22	1007	1077	987	52	1122	1192	1102
23	1014	1084	994	53	1128	1198	1108
24	1021	1091	1001	54	1133	1203	1113
25	1028	1098	1008	55	1139	1209	1119
26	1035	1105	1015	56	1144		1124
27	1043	1113	1023	57	1150		
28	1050	1120	1030	58	1155		
29	1057	1127	1037	59	1161		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	15,815	15,612
2	16,17	
3	14,851	

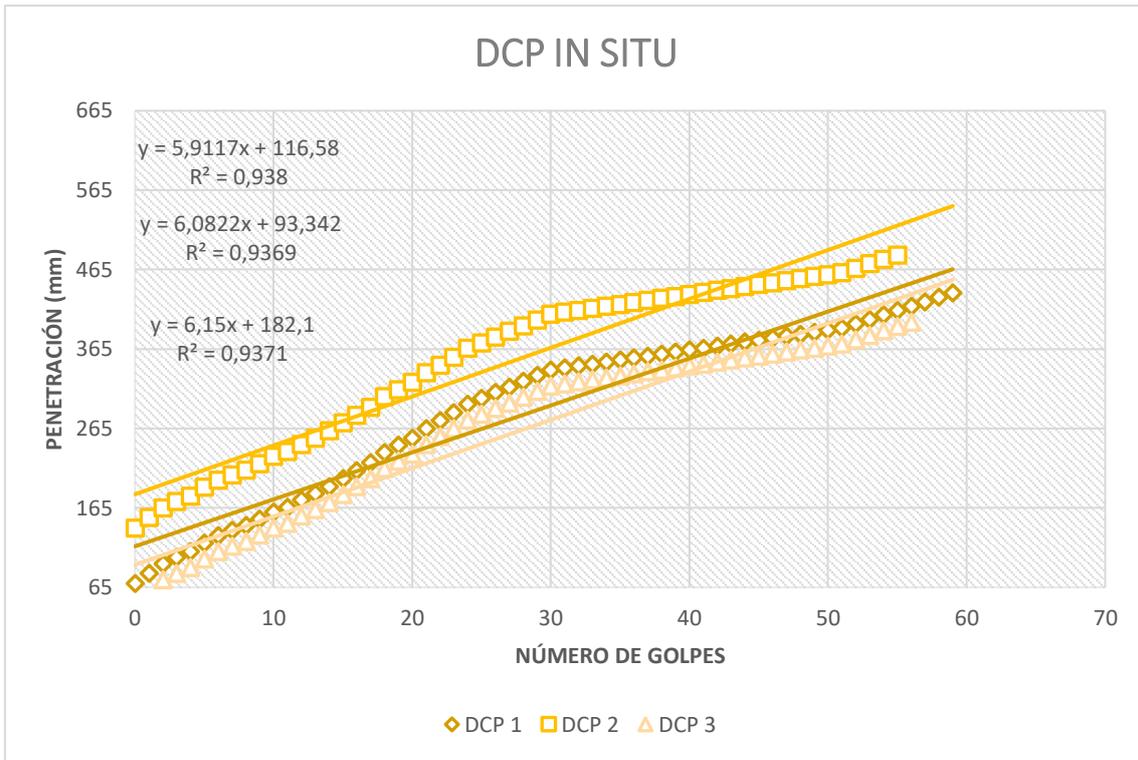
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 144: DCP muestra #9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)			
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS		
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054		9878021,48
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03					

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	70	140	50
1	83	153	63
2	95	165	75
3	103	173	83
4	110	180	90
5	121	191	101
6	130	200	110
7	137	207	117
8	143	213	123
9	151	221	131
10	160	230	140
11	166	236	146
12	175	245	155
13	183	253	163
14	192	262	172
15	202	272	182
16	212	282	192
17	222	292	202
18	235	305	215
19	244	314	224
20	253	323	233
21	265	335	245
22	275	345	255
23	285	355	265
24	296	366	276
25	303	373	283
26	310	380	290
27	317	387	297
28	325	395	305
29	332	402	312

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
30	339	409	319
31	341	411	321
32	344	414	324
33	346	416	326
34	349	419	329
35	351	421	331
36	354	424	334
37	356	426	336
38	359	429	339
39	361	431	341
40	364	434	344
41	366	436	346
42	369	439	349
43	371	441	351
44	374	444	354
45	376	446	356
46	379	449	359
47	381	451	361
48	384	454	364
49	386	456	366
50	389	459	369
51	391	461	371
52	397	467	377
53	402	472	382
54	408	478	388
55	414	484	394
56	419		399
57	425		
58	430		
59	436		

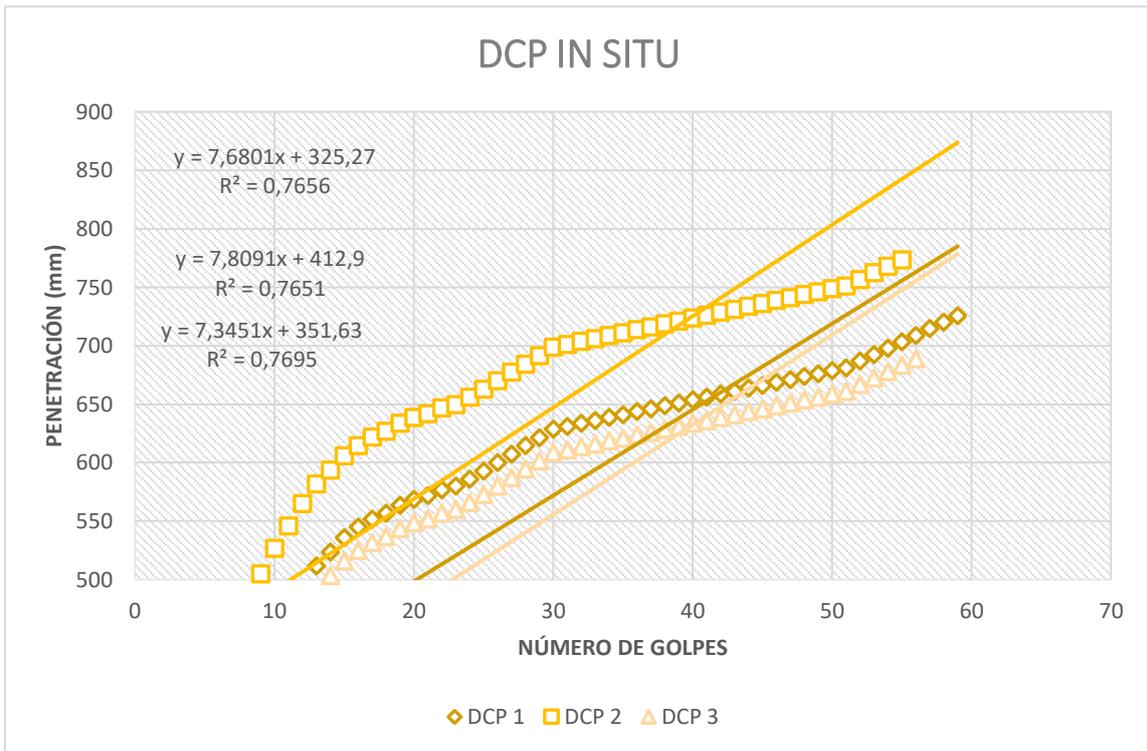


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	5,9117	6,048
2	6,0822	
3	6,15	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 145: DCP muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:		MULLIQUINDIL		VÍA:		RUMIPAMBA DE NAVAS	
MUESTRA:		1		COORDENADAS:		769701,782	9887563,6
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS	
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3		1	2	3
0	90	160	70	30	629	699	609
1	160	230	140	31	631	701	611
2	202	272	182	32	634	704	614
3	244	314	224	33	636	706	616
4	284	354	264	34	639	709	619
5	326	396	306	35	641	711	621
6	357	427	337	36	644	714	624
7	386	456	366	37	646	716	626
8	412	482	392	38	649	719	629
9	435	505	415	39	651	721	631
10	457	527	437	40	654	724	634
11	476	546	456	41	656	726	636
12	495	565	475	42	659	729	639
13	512	582	492	43	661	731	641
14	524	594	504	44	664	734	644
15	536	606	516	45	666	736	646
16	545	615	525	46	669	739	649
17	552	622	532	47	671	741	651
18	557	627	537	48	674	744	654
19	564	634	544	49	676	746	656
20	569	639	549	50	679	749	659
21	572	642	552	51	681	751	661
22	577	647	557	52	687	757	667
23	580	650	560	53	692	762	672
24	586	656	566	54	698	768	678
25	593	663	573	55	704	774	684
26	600	670	580	56	709		689
27	607	677	587	57	715		
28	615	685	595	58	720		
29	622	692	602	59	726		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	7,6801	7,611
2	7,8091	
3	7,3451	

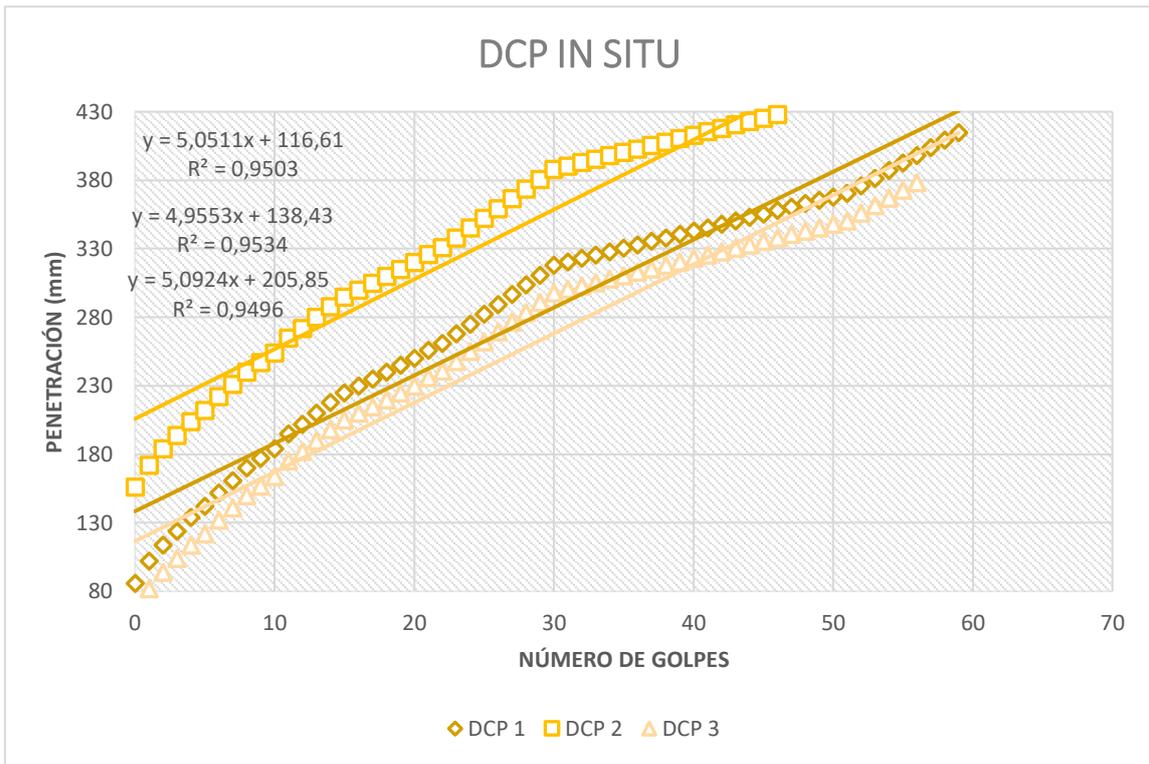
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 146: DCP muestra #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)			
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	769701,782		9887563,6
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03					

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
0	86	156	66
1	102	172	82
2	114	184	94
3	124	194	104
4	134	204	114
5	142	212	122
6	152	222	132
7	161	231	141
8	170	240	150
9	177	247	157
10	184	254	164
11	195	265	175
12	202	272	182
13	210	280	190
14	218	288	198
15	225	295	205
16	230	300	210
17	235	305	215
18	240	310	220
19	245	315	225
20	250	320	230
21	256	326	236
22	261	331	241
23	268	338	248
24	275	345	255
25	282	352	262
26	289	359	269
27	297	367	277
28	304	374	284
29	311	381	291

N° GOLPES	PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)		
	1	2	3
30	318	388	298
31	321	391	301
32	323	393	303
33	326	396	306
34	328	398	308
35	331	401	311
36	333	403	313
37	336	406	316
38	338	408	318
39	341	411	321
40	343	413	323
41	346	416	326
42	348	418	328
43	351	421	331
44	353	423	333
45	356	426	336
46	358	428	338
47	361	431	341
48	363	433	343
49	366	436	346
50	368	438	348
51	371	441	351
52	376	446	356
53	382	452	362
54	387	457	367
55	393	463	373
56	398		378
57	404		
58	409		
59	415		

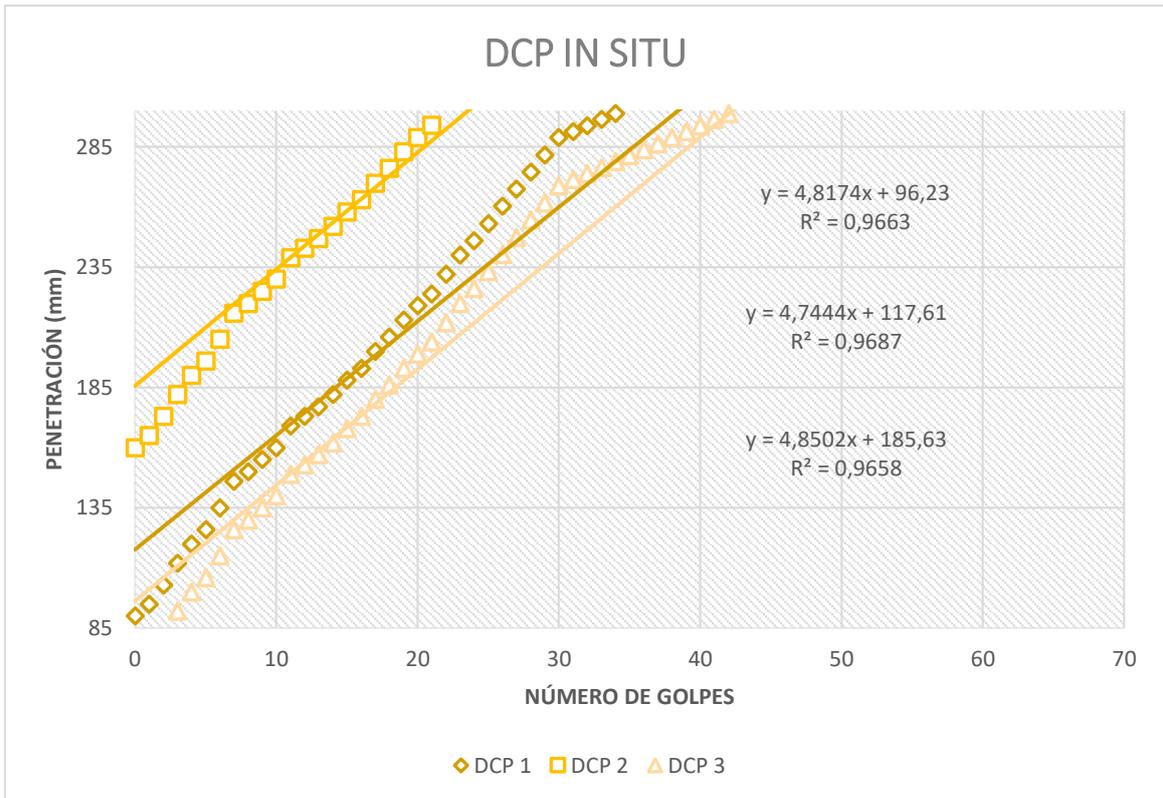


DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	5,0511	5,033
2	4,9553	
3	5,0924	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 147: DCP muestra #12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL DCP (PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO)					
PARROQUIA:		MULLIQUINDIL		VÍA:		RUMPAMBA DE NAVAS	
MUESTRA:		3		COORDENADAS:		769708,928	9887565,68
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS	
NORMAS: ASTM D - 6951 - 03							
PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)				PENETRACIÓN ACUMULADA (mm)			
N° GOLPES	1	2	3	N° GOLPES	1	2	3
0	90	160	70	30	289	359	269
1	95	165	75	31	291	361	271
2	103	173	83	32	294	364	274
3	112	182	92	33	296	366	276
4	120	190	100	34	299	369	279
5	126	196	106	35	301	371	281
6	135	205	115	36	304	374	284
7	146	216	126	37	306	376	286
8	150	220	130	38	309	379	289
9	155	225	135	39	311	381	291
10	160	230	140	40	314	384	294
11	169	239	149	41	316	386	296
12	173	243	153	42	319	389	299
13	177	247	157	43	321	391	301
14	182	252	162	44	324	394	304
15	188	258	168	45	326	396	306
16	193	263	173	46	329	399	309
17	200	270	180	47	331	401	311
18	206	276	186	48	334	404	314
19	213	283	193	49	336	406	316
20	219	289	199	50	339	409	319
21	224	294	204	51	341	411	321
22	232	302	212	52	347	417	327
23	240	310	220	53	352	422	332
24	246	316	226	54	358	428	338
25	253	323	233	55	364	434	344
26	260	330	240	56	369		349
27	267	337	247	57	375		
28	275	345	255	58	380		
29	282	352	262	59	386		



DN (mm/golpe)		DN (Prom)
1	4,8174	4,804
2	4,7444	
3	4,8502	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

• CBR COMPACTACION

Tabla 148: CBR Compactación muestra #1

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" 						
PARROQUIA:	SAN MIGUEL		VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	794931,67	9846933,839	
REALIZADO POR:	PAUL JIMÉNEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 6						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9223	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2208,932335	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13					
MOLDE N° 5						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7953	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2304,521574	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9					
MOLDE N° 11						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8736	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2325,796306	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)		1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#6		#5		#11	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	13668,00	13695,00	12414,00	12468,00	13145,00	13249,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4445,00	4472,00	4461,00	4515,00	4409,00	4513,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	2,012	2,025	1,936	1,959	1,896	1,940
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1,708	1,698	1,655	1,630	1,614	1,588
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	1,703		1,643		1,601	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	121,25	120,69	164,3	118,61	171,19	136,11
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	107,55	105,16	144,89	103,18	150,65	117,27
PESO RECIP rec (gr)	30,66	24,28	30,29	26,75	33,19	32,52
PESO DEL AGUA Ww (gr)	13,7	15,53	19,41	15,43	20,54	18,84
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	76,89	80,88	114,6	76,43	117,46	84,75
CONTENIDO DE HUMEDAD %	17,82	19,20	16,94	20,19	17,49	22,23
AGUA ABSORBIDA %	1,38		3,25		4,74	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 149: CBR Compactación muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	SAN MIGUEL	VÍA:	YANAYACU				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	770837,483		9883170,06		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 12							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7559	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2077,312169	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13						
MOLDE N° 6							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9236	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9						
MOLDE N° 3							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8504	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)			1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#12		#6		#3		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	10912,00	11152,00	12736,00	13068,00	11925,00	12259,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3353,00	3593,00	3500,00	3832,00	3421,00	3755,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	1,614	1,730	1,551	1,698	1,516	1,664	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1,362	1,395	1,277	1,310	1,252	1,256	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	1,379		1,293		1,254		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	110,85	96,97	106,74	126,52	142,96	103,42	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	97,42	82,93	93,26	105,27	123,43	85,65	
PESO RECIP rec (gr)	24,79	24,31	30,57	33,55	30,71	30,88	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	13,43	14,04	13,48	21,25	19,53	17,77	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	72,63	58,62	62,69	71,72	92,72	54,77	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18,49	23,95	21,50	29,63	21,06	32,44	
AGUA ABSORBIDA %	5,46		8,13		11,38		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 150: CBR Compactación muestra #3

 <div style="text-align: center;"> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" </div> 						
PARROQUIA:	SAN MIGUEL		VÍA:	YANAYACU		
MUESTRA:	3		COORDENADAS:	770732,697		9883327,86
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 11						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8716	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13					
MOLDE N° 6						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9233	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9					
MOLDE N° 5						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7933	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2265,344736	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)		1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#11		#6		#5	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	11542,00	11557,00	11783,00	11877,00	10475,00	10572,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	2826,00	2841,00	2550,00	2644,00	2542,00	2639,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	1,252	1,259	1,130	1,172	1,122	1,165
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1,077	1,066	0,980	0,987	0,970	0,963
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	1,071		0,983		0,966	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	133,02	162,23	129,24	120,12	180,02	113,85
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	118,42	142,58	116,56	106,47	160,31	98,82
PESO RECIP rec (gr)	28,86	34,19	33,9	33,58	34,54	27,29
PESO DEL AGUA Ww (gr)	14,6	19,65	12,68	13,65	19,71	15,03
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	89,56	108,39	82,66	72,89	125,77	71,53
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16,30	18,13	15,34	18,73	15,67	21,01
AGUA ABSORBIDA %	1,83		3,39		5,34	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 151: CBR Compactación muestra #4

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" 						
PARROQUIA:	CUSUBAMBA		VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	754679,571	9878521,32	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 5.1						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6362	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2191,260876	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13					
MOLDE N° 1						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8641	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2253,331874	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9					
MOLDE N° 5						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8379	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2365,565861	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#5.1		#1		#5	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	10634,00	10648,00	12919,00	12955,00	12237,00	12295,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4272,00	4286,00	4278,00	4314,00	3858,00	3916,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1,950	1,956	1,899	1,914	1,631	1,655
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,559	1,501	1,527	1,448	1,316	1,238
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,530		1,487		1,277	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	115,49	80,39	123,6	103,94	107,09	97,32
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	97,33	67,74	104,21	84,65	92,36	80,56
PESO RECIP rec (gr)	24,81	25,99	24,544	24,79	30,89	30,82
PESO DEL AGUA Ww (gr)	18,16	12,65	19,39	19,29	14,73	16,76
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	72,52	41,75	79,666	59,86	61,47	49,74
CONTENIDO DE HUMEDAD %	25,04	30,30	24,34	32,23	23,96	33,70
AGUA ABSORBIDA %	5,26		7,89		9,73	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 152: CBR Compactación muestra #5

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" 						
PARROQUIA:	CUSUBAMBA		VÍA:	CUSUBAMBA		
MUESTRA:	2		COORDENADAS:	754715,462		9879310,78
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 7						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8210	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13					
MOLDE N° 3						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6932	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2292,206531	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9					
MOLDE N° 12						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7555	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2261,946711	cm ³
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)	1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#7		#3	#12		
N° DE CAPAS	5		5	5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27	11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	14418,00	14426,00	11295,00	11381,00	11095,00	11330,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	6208,00	6216,00	4363,00	4449,00	3540,00	3775,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	2,751	2,755	1,903	1,941	1,544	1,669
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2,156	2,101	1,444	1,408	1,206	1,219
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	2,129		1,426		1,212	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	102,25	160,18	121,75	126,68	115,19	114,65
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	85,38	129,91	99,87	100,45	95,83	91,98
PESO RECIPI rec (gr)	24,27	32,58	31,14	31,14	26,74	30,65
PESO DEL AGUA Ww (gr)	16,87	30,27	21,88	26,23	19,36	22,67
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	61,11	97,33	68,73	69,31	69,09	61,33
CONTENIDO DE HUMEDAD %	27,61	31,10	31,83	37,84	28,02	36,96
AGUA ABSORBIDA %	3,49		6,01		8,94	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 153: CBR Compactación muestra #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	CUSUBAMBA	VÍA:	CUSUBAMBA				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	755455,484		9881003,71		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 6							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9236	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13						
MOLDE N° 3							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6932	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2292,206531	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9						
MOLDE N° 1							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8651	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2268,229896	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#7		#3		#12		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	14743,00	14172,00	10967,00	11936,00	12395,00	12830,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	5507,00	4936,00	4035,00	5004,00	3744,00	4179,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	2,441	2,188	1,760	2,183	1,633	1,842	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,937	1,682	1,358	1,600	1,290	1,361	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,810		1,479		1,326		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	100,28	158,21	119,28	124,71	113,22	112,68	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	84,41	128,94	98,9	99,48	94,86	91,01	
PESO RECIP rec (gr)	23,3	31,61	30,17	30,17	25,77	29,68	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	15,87	29,27	20,38	25,23	18,36	21,67	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	61,11	97,33	68,73	69,31	69,09	61,33	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	25,97	30,07	29,65	36,40	26,57	35,33	
AGUA ABSORBIDA %	4,10		6,75		8,76		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 154: CBR Compactación muestra #7

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" 						
PARROQUIA:	MULALILLO		VÍA:		SAN LUIS	
MUESTRA:	1		COORDENADAS:	764699,041		9877043,88
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 12						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9150	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13					
MOLDE N° 7						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8266	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2286,375735	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9					
MOLDE N° 3						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6899	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#12		#7		#3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11	
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	13540,00	13707,00	12476,00	12711,00	10732,00	11135,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4390,00	4557,00	4210,00	4445,00	3833,00	4236,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1,946	2,020	1,841	1,944	1,699	1,877
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,593	1,626	1,494	1,524	1,338	1,407
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,609		1,509		1,372	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	106,37	102,84	128,5	101,32	168,87	139,38
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	91,9	88,79	110,07	84,49	140,06	112,7
PESO RECIP rec (gr)	26,49	30,82	30,87	23,4	33,19	32,96
PESO DEL AGUA Ww (gr)	14,47	14,05	18,43	16,83	28,81	26,68
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	65,41	57,97	79,2	61,09	106,87	79,74
CONTENIDO DE HUMEDAD %	22,12	24,24	23,27	27,55	26,96	33,46
AGUA ABSORBIDA %	2,11		4,28		6,50	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 155: CBR Compactación muestra #8

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS				
MUESTRA:	2	COORDENADAS:	764422,335		9877423,54		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 5.1							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6360	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13						
MOLDE N° 5							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7354	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2268,229896	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9						
MOLDE N° 6							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9229	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2289,385184	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)		1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#5.1		#5		#6		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	10740,00	10772,00	11731,00	11823,00	13483,00	13650,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4380,00	4412,00	4377,00	4469,00	4254,00	4421,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	1,941	1,955	1,930	1,970	1,858	1,931	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1,599	1,596	1,586	1,570	1,538	1,530	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	1,597		1,578		1,534		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	121,92	109,76	141,31	94,85	129,18	135,23	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	105,89	94,13	121,9	81,86	111,2	113,89	
PESO RECIP rec (gr)	30,97	24,76	32,41	30,97	24,76	32,41	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	16,03	15,63	19,41	12,99	17,98	21,34	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	74,92	69,37	89,49	50,89	86,44	81,48	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	21,40	22,53	21,69	25,53	20,80	26,19	
AGUA ABSORBIDA %	1,14		3,84		5,39		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 156: CBR Compactación muestra #9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	MULALILLO	VÍA:	SAN LUIS				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	764278,054			9878021,48	
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 12							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9150	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2238,48294	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	50437,13						
MOLDE N° 5							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8319	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2114,319345	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	24317,9						
MOLDE N° 5.1							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	6363	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2226,603793	cm ³	
Energía de Compactación Lb.ft/ft³	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm ³)		1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#12		#7		#3		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	13463,00	13630,00	12153,00	12388,00	10209,00	10812,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4313,00	4480,00	3834,00	4069,00	3846,00	4449,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm³)	1,927	2,001	1,813	1,924	1,727	1,998	
DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1,631	1,657	1,522	1,555	1,448	1,583	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm³)	1,644		1,539		1,516		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	102,4	99,47	123,83	110,65	160,5	136,01	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	90,53	87,42	108,7	93,62	139,69	114,33	
PESO RECIP rec (gr)	25,12	29,45	29,5	22,03	31,82	31,59	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	11,87	12,05	15,13	17,03	20,81	21,68	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	65,41	57,97	79,2	71,59	107,87	82,74	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	18,15	20,79	19,10	23,79	19,29	26,20	
AGUA ABSORBIDA %	2,64		4,68		6,91		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 157: CBR Compactación muestra #10

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL	VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS				
MUESTRA:	1	COORDENADAS:	769701,782		9887563,6		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 6							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9236	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13						
MOLDE N° 12							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7559	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2274,298668	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9						
MOLDE N° 3							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8504	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2032,54251	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#6		#12		#3		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	12766,00	12814,00	10623,00	10767,00	10472,00	10656,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3530,00	3578,00	3064,00	3208,00	1968,00	2152,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1,564	1,586	1,347	1,411	0,968	1,059	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,345	1,356	1,168	1,182	0,837	0,867	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,350		1,175		0,852		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	130,27	157,88	126,49	116,65	177,27	111,4	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	115,67	139,55	113,81	102,72	157,56	95,67	
PESO RECIP rec (gr)	26,11	31,44	31,15	30,83	31,79	24,54	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	14,6	18,33	12,68	13,93	19,71	15,73	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	89,56	108,11	82,66	71,89	125,77	71,13	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	16,30	16,95	15,34	19,38	15,67	22,11	
AGUA ABSORBIDA %	0,65		4,04		6,44		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 158: CBR Compactación muestra #11

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR" 						
PARROQUIA:	MULLIQUINDIL		VÍA:	RUMIPAMBA DE NAVAS		
MUESTRA:	2		COORDENADAS:	769701,782		9887563,6
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS		
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;						
ESPECIFICACIONES						
MOLDE N° 12						
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7559	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2077,312169	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13					
MOLDE N° 5						
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	7354	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2268,229896	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9					
MOLDE N° 6						
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	9229	gr
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2271,358529	cm3
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29					
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687	
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO						
N° MOLDE	#5.1		#5	#6		
N° DE CAPAS	5		5	5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27	11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO
Wm+Molde (gr)	11620,00	11652,00	11654,00	11746,00	13372,00	13539,00
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	4061,00	4093,00	4300,00	4392,00	4143,00	4310,00
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1,955	1,970	1,896	1,936	1,824	1,898
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,610	1,602	1,558	1,550	1,510	1,507
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,606		1,554		1,508	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	123,65	111,79	143,04	96,28	130,91	136,76
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	107,62	95,86	123,63	83,59	112,93	115,62
PESO RECIP rec (gr)	32,7	26,49	34,14	32,7	26,49	34,14
PESO DEL AGUA Ww (gr)	16,03	15,93	19,41	12,69	17,98	21,14
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	74,92	69,37	89,49	50,89	86,44	81,48
CONTENIDO DE HUMEDAD %	21,40	22,96	21,69	24,94	20,80	25,95
AGUA ABSORBIDA %	1,57		3,25		5,14	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 159: CBR Compactación muestra #12

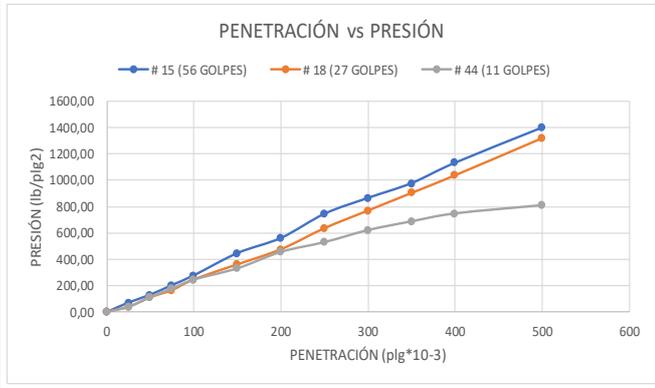
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE COMPACTACIÓN "CBR"					
PARROQUIA:	ULBA	VÍA:	0,2				
MUESTRA:	3	COORDENADAS:	769708,928		9887565,68		
REALIZADO POR:	PAUL JIMENEZ	REVISADO POR:	ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: AASHTO T-183; ASTM D1883-99;							
ESPECIFICACIONES							
MOLDE N° 7							
N° de golpes	56	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8271	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2256,390804	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	50437,13						
MOLDE N° 4							
N° de golpes	27	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8717	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2271,358529	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	24317,9						
MOLDE N° 1							
N° de golpes	11	Altura de caída (plg)	18	Peso del molde	8504	gr	
N° de capas	5	Peso del Martillo (lb)	10	Volúmen del molde	2350,22998	cm3	
Energía de Compactación Lb.ft/ft3	9907,29						
Contenido de Humedad óptimo (w% ÓPTIMO)	19,8		Densidad seca maxima (gr/cm3)		1,687		
PROCESO DE ENSAYO CBR EN LABORATORIO							
N° MOLDE	#7		#4		#1		
N° DE CAPAS	5		5		5		
N° DE GOLPES POR CAPA	56		27		11		
CONDICIONES DEL ENSAYO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	ANTES DEL REMOJO	DESPUÉS DEL REMOJO	
Wm+Molde (gr)	11771,00	11804,00	12108,00	12182,00	11904,00	12132,00	
PESO MUESTRA HÚMEDA (gr)	3500,00	3533,00	3391,00	3465,00	3400,00	3628,00	
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm3)	1,551	1,566	1,493	1,526	1,447	1,544	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,150	1,135	1,110	1,081	1,102	1,074	
DENSIDAD SECA PROMEDIO (gr/cm3)	1,142		1,096		1,088		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
N° RECIPIENTE	A1	B1	A2	B2	A3	B3	
PESO HÚMEDO+RECIP Wm+rec (gr)	92,6	126,13	113,55	122,19	106,23	77,07	
PESO SECO+RECIP Ws+rec (gr)	75,06	100,63	90,76	96,21	86,6	60,86	
PESO RECIP rec (gr)	24,81	33,54	24,78	32,96	23,79	23,79	
PESO DEL AGUA Ww (gr)	17,54	25,5	22,79	25,98	19,63	16,21	
PESO SÓLIDOS Ws (gr)	50,25	67,09	65,98	63,25	62,81	37,07	
CONTENIDO DE HUMEDAD %	34,91	38,01	34,54	41,08	31,25	43,73	
AGUA ABSORBIDA %	3,10		6,53		12,48		

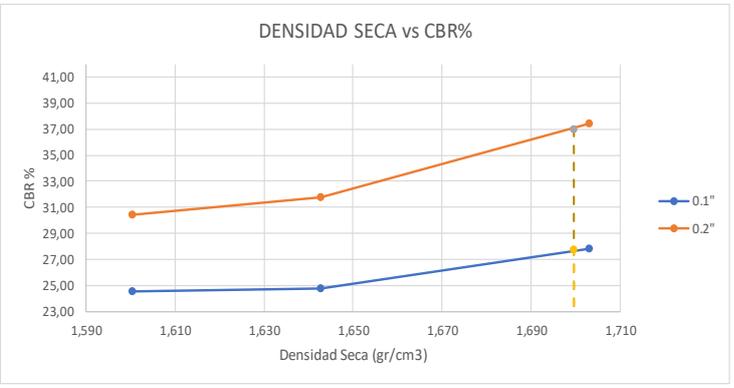
Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

• ENSAYO DE CBR

Tabla 160: Ensayo de CBR muestra #1

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"											
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI													
PARROQUIA:		SAN MIGUEL		VÍA:		YANAYACU							
NÚMERO DE MUESTRA:		1		COORDENADAS:		794931,67 9846933,839							
REALIZADO POR:		PAUL JIMÉNEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS							
NORMAS: ASTM D-1883													
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)													
MOLDE	6				5				11				
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida		
^10-3	DIAL	(lb/plg ²)			DIAL	(lb/plg ²)			DIAL	(lb/plg ²)			
0	0,00	0,00			0	0			0	0			
25	213,30	71,09			121,2	40,39596			115,4	38,46282			
50	393,90	131,29			333,1	111,0222			339,8	113,2553			
75	613,20	204,38			500,8	166,9166			535,1	178,3488			
100	833,90	277,94	277,94	27,793887	742,7	247,5419	247,54	24,75419	735,8	245,2421	245,24	24,524214	
150	1339,30	446,39			1083,8	361,2305			993,9	331,2669			
200	1683,30	561,04	561,04	37,402926	1428,5	476,1191	476,12	31,74127	1367,9	455,9211	455,92	30,394738	
250	2233,20	744,33			1908,1	635,9697			1589,6	529,8137			
300	2593,30	864,35			2310,6	770,123			1863,8	621,2045			
350	2930,20	976,64			2711,2	903,643			2063,7	687,8312			
400	3393,90	1131,19			3113,5	1037,73			2243,9	747,8919			
500	4193,80	1397,79			3958,5	1319,368			2432,6	810,7856			
CBR corregido				27,793887					24,75419	24,524214			





DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,789		gr/cm3	
			0,1"	in	0,2"						
56 GOLPES	1,703	gr/cm3	27,79	%	37,40	95% DE DM		1,700		gr/cm3	
27 GOLPES	1,643	gr/cm4	24,75	%	31,74	CBR "0.1"	27,8	CBR "0.2"		37,00	
11 GOLPES	1,601	gr/cm5	24,52	%	30,39	CBR MAYOR		40,70%			

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 161: Ensayo de CBR muestra #2

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"								
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI										
PARROQUIA:		SAN MIGUEL		VÍA:		YANAYACU				
NÚMERO DE MUESTRA:		2		COORDENADAS:		770837,483	9883170,063			
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: ASTM D-1883										
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3p12)										
MOLDE	Penetración (in)	12			6			3		
		Carga (Lbf)	PRESIONES		Carga (Lbf)	PRESIONES		Carga (Lbf)	PRESIONES	
^10-3	DIAL	Leida	Corregida	DIAL		Leida	Corregida		DIAL	Leida
		(lb/plg2)			(lb/plg2)			(lb/plg2)		
0	0,00	0,00		0	0		0	0		
25	438,50	146,15		395,7	131,8868		143,2	47,72856		
50	737,30	245,74		498,9	166,2834		203,2	67,72656		
75	1133,20	377,70		759,5	253,1414		243,3	81,09189		
100	1415,70	471,85	471,85	1003,6	334,4999	334,50	33,44999	308,5	102,8231	102,82
150	2030,90	676,90		1253,9	417,9249		379,9	126,6207		
200	2510,90	836,88	836,88	1693,3	564,3769	564,38	37,62513	485,3	161,7505	161,75
250	2930,70	976,80		2095,7	698,4968		533,9	177,9489		
300	3357,60	1119,09		2393,3	797,6869		613,8	204,5795		
350	3720,30	1239,98		2639,9	879,8787		693,7	231,2102		
400	4033,20	1344,27		2933,7	977,8022		767,3	255,7411		
500	4653,20	1550,91		3463,5	1154,385		922,3	307,4026		
CBR corregido				47,185281			33,44999			10,282305

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,36		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56 GOLPES	1,379	gr/cm3	47,19	%	55,79	95% DE DM		1,292		gr/cm3
27 GOLPES	1,293	gr/cm4	33,45	%	37,63	CBR "0.1"	33,0	CBR "0.2"		37,00
11 GOLPES	1,254	gr/cm5	10,28	%	10,78	CBR MAYOR				39,00%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 162: Ensayo de CBR muestra #3

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"						
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		SAN MIGUEL		VÍA:		YANAYACU						
NÚMERO DE MUESTRA:		3		COORDENADAS:		770732,697 9883327,855						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	6				12				3			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00			0	0			0	0		
25	164,60	54,86			224,9	74,95917			165,6	55,19448		
50	447,10	149,02			217,6	72,52608			331,3	110,4223		
75	807,20	269,04			517,5	172,4828			493,4	164,4502		
100	1192,30	397,39	397,39	39,739359	756,8	252,2414	252,24	25,22414	607,8	202,5797	202,58	20,257974
150	2008,80	669,53			908,4	302,7697			811,2	270,373		
200	2805,90	935,21	935,21	62,347098	1221,9	407,2593	407,26	27,15062	922,9	307,6026	307,60	20,506838
250	3928,70	1309,44			1442,5	480,7853			1036,2	345,3655		
300	4924,30	1641,27			1637,3	545,7121			1098,8	366,23		
350	5651,60	1883,68			1734,8	578,2088			1092,5	364,1303		
400	6797,20	2265,51			2071,7	690,4976			1106,2	368,6965		
500	8909,50	2969,54			2674,5	891,4109			1051,5	350,465		
CBR corregido				39,739359	25,22414				20,257974			

PENETRACIÓN vs PRESIÓN

Legend: # 15 (56 GOLPES) - # 18 (27 GOLPES) - # 44 (11 GOLPES)

DENSIDAD SECA vs CBR%

Legend: 0.1" - 0.2"

DENSIDADES		RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,04		gr/cm3
		0,1"	in	0,2"					
56 GOLPES	1,071	gr/cm3	39,74	%	62,35	95% DE DM		0,988	gr/cm3
27 GOLPES	0,983	gr/cm4	25,22	%	27,15	CBR "0.1"	26,0	CBR "0.2"	29,00
11 GOLPES	0,966	gr/cm5	20,26	%	20,51	CBR MAYOR		29,00%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 163: Ensayo de CBR muestra #4

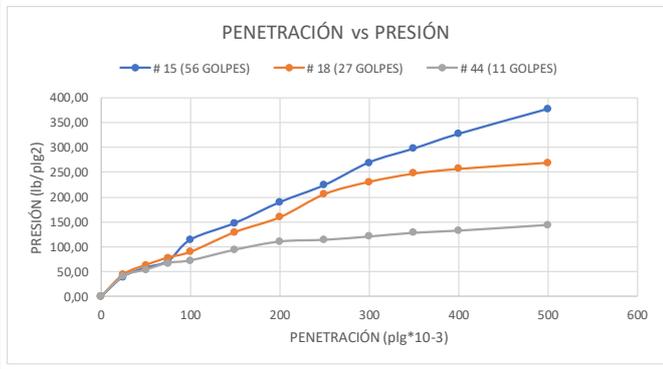
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		CUSUBAMBA		VÍA:		CUSUBAMBA						
NÚMERO DE MUESTRA:		1		COORDENADAS:		754679,571	9878521,322					
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	5,1				1				5			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00		0	0		0	0				
25	128,50	42,83		110,3	36,76299		81,8	27,26394				
50	146,70	48,90		136,3	45,42879		102,5	34,16325				
75	176,90	58,96		159,2	53,06136		112,3	37,42959				
100	211,90	70,63	70,63	7,062627	180,5	60,16065	60,16	6,016065	124,7	41,56251	41,56	4,156251
150	252,30	84,09		216,9	72,29277		152,8	50,92824				
200	296,80	98,92	98,92	6,594896	262,7	87,55791	87,56	5,837194	174,3	58,09419	58,09	3,872946
250	347,50	115,82		280,1	93,35733		198,4	66,12672				
300	394,80	131,59		318,3	106,0894		224,2	74,72586				
350	446,50	148,82		350,9	116,955		248,3	82,75839				
400	494,30	164,75		386,4	128,7871		270,4	90,12432				
500	576,20	192,05		440,3	146,752		311,3	103,7563				
CBR corregido				7,062627			6,016065			4,156251		

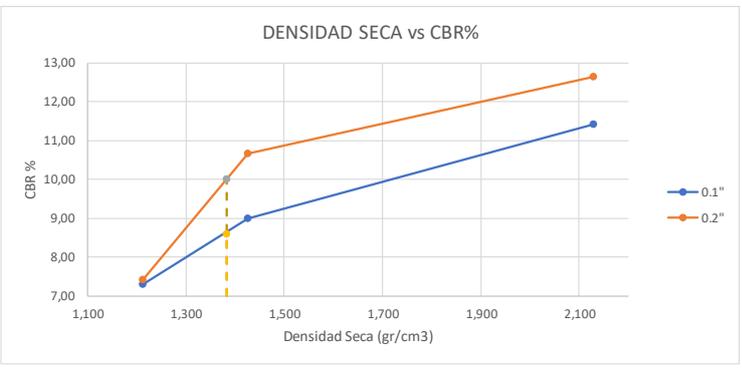
DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX	1,6035	gr/cm3
			0,1"	in	0,2"			
56 GOLPES	1,530	gr/cm3	7,06	%	6,59	95% DE DM	1,523	gr/cm3
27 GOLPES	1,487	gr/cm4	6,02	%	5,84	CBR "0.1"	7,0	CBR "0.2"
11 GOLPES	1,277	gr/cm5	4,16	%	3,87	CBR MAYOR	5,40%	6,50

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 164: Ensayo de CBR muestra #5

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		CUSUBAMBA		VÍA:		CUSUBAMBA						
NÚMERO DE MUESTRA:		2		COORDENADAS:		754715,462 9879310,778						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	7				3				12			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00			0	0			0	0		
25	120,30	40,10			133,6	44,52888			123,9	41,29587		
50	172,50	57,49			189,8	63,26034			162,8	54,26124		
75	213,80	71,26			235,43	78,46882			203,5	67,82655		
100	342,70	114,22	114,22	11,422191	269,8	89,92434	89,92	8,992434	218,7	72,89271	72,89	7,289271
150	443,60	147,85			389,9	129,9537			283,9	94,62387		
200	569,10	189,68	189,68	12,645402	479,3	159,7507	159,75	10,65005	333,6	111,1889	111,19	7,412592
250	672,70	224,21			619,7	206,546			343,9	114,6219		
300	809,40	269,77			693,9	231,2769			363,9	121,2879		
350	893,20	297,70			743,9	247,9419			386,7	128,8871		
400	981,90	327,27			772,3	257,4076			399,74	133,2333		
500	1132,60	377,50			809,7	269,873			434,5	144,8189		
CBR corregido				11,422191	8,992434				7,289271			





DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,455		gr/cm3	
			0,1"	in	0,2"						
56 GOLPES	2,129	gr/cm3	11,42	%	12,65	95% DE DM		1,382		gr/cm3	
27 GOLPES	1,426	gr/cm4	8,99	%	10,65	CBR "0.1"		8,6		CBR "0.2"	
11 GOLPES	1,212	gr/cm5	7,29	%	7,41	CBR MAYOR				10,00%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 165: Ensayo de CBR muestra #6

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		CUSUBAMBA		VÍA:		CUSUBAMBA						
NÚMERO DE MUESTRA:		3		COORDENADAS:		755455,484 9881003,705						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	7				3				12			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)			DIAL	(lb/plg2)			DIAL	(lb/plg2)		
0	0,00	0,00			0	0			0	0		
25	144,30	48,10			157,6	52,52808			147,9	49,29507		
50	207,50	69,16			224,8	74,92584			197,8	65,92674		
75	259,80	86,59			281,43	93,80062			249,5	83,15835		
100	375,70	125,22	125,22	12,522081	302,8	100,9232	100,92	10,09232	251,7	83,89161	83,89	8,389161
150	514,60	171,52			460,9	153,618			354,9	118,2882		
200	629,10	209,68	209,68	13,978602	539,3	179,7487	179,75	11,98325	393,6	131,1869	131,19	8,745792
250	773,70	257,87			720,7	240,2093			444,9	148,2852		
300	954,40	318,10			838,9	279,6054			508,9	169,6164		
350	1074,20	358,03			924,9	308,2692			567,7	189,2144		
400	1209,90	403,26			1000,3	333,4			627,74	209,2257		
500	1400,60	466,82			1077,7	359,1974			702,5	234,1433		
CBR corregido				12,522081	10,09232				8,389161			

DENSIDADES		RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX	1,452	gr/cm3
		0,1"	in	0,2"			
56 GOLPES	1,810 gr/cm3	12,52	%	13,98	95% DE DM	1,379	gr/cm3
27 GOLPES	1,479 gr/cm4	10,09	%	11,98	CBR "0.1"	9,0	CBR "0.2"
11 GOLPES	1,326 gr/cm5	8,39	%	8,75	CBR MAYOR		9,90%

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 166: Ensayo de CBR muestra #7

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		MULALILLO		VÍA:		SAN LUIS						
NÚMERO DE MUESTRA:		1		COORDENADAS:		764699,041	9877043,88					
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	12				7				3			
	Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
Leida			Corregida	Leida		Corregida	Leida			Corregida		
	^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)			
	0	0,00	0,00		0	0		0	0			
	25	362,50	120,82		206,3	68,75979		155,3	51,76149			
	50	753,10	251,01		493,3	164,4169		263,2	87,72456			
	75	1098,50	366,13		563,2	187,7146		228,5	76,15905			
	100	1373,30	457,72	45,772089	713,3	237,7429	23,77429	251,3	83,75829	83,76	8,375829	
	150	1756,10	585,31		831,3	277,0723		291,1	97,02363			
	200	1963,30	654,37	43,624526	973,5	324,4676	21,63117	317,5	105,8228	105,82	7,05485	
	250	2223,50	741,09		1053,9	351,2649		339,8	113,2553			
	300	2493,70	831,15		1106,5	368,7965		360,7	120,2213			
	350	2539,90	846,55		1148,3	382,7284		373,3	124,4209			
	400	2647,60	882,45		1176,9	392,2608		387,4	129,1204			
	500	2550,30	850,01		1246,9	415,5918		403,1	134,3532			
CBR corregido				45,772089	23,77429				8,375829			

Graph 1: PENETRACIÓN vs PRESIÓN. The x-axis is PENETRACIÓN (plg*10-3) from 0 to 600. The y-axis is PRESIÓN (lb/plg2) from 0 to 1000. Three series are shown: # 15 (56 GOLPES) in blue, # 18 (27 GOLPES) in orange, and # 44 (11 GOLPES) in grey. All series show an upward trend, with the 15 blows series reaching the highest pressure of approximately 850 lb/plg2 at 500 penetration.

Graph 2: DENSIDAD SECA vs CBR%. The x-axis is Densidad Seca (gr/cm3) from 1,520 to 1,600. The y-axis is CBR % from 6,50 to 41,50. Two series are shown: 0.1" in blue and 0.2" in orange. Both series show a positive correlation, with the 0.1" series reaching a CBR % of approximately 41 at a dry density of 1,595 gr/cm3.

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,622		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56 GOLPES	1,597	gr/cm3	45,77	%	43,62	95% DE DM		1,541		gr/cm3
27 GOLPES	1,578	gr/cm4	23,77	%	21,63	CBR "0.1"	11,0	CBR "0.2"		9,00
11 GOLPES	1,534	gr/cm5	8,38	%	7,05	CBR MAYOR		11,00%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 167: Ensayo de CBR muestra #8

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL		ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"						
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		MULALILLO		VÍA:		SAN LUIS						
NÚMERO DE MUESTRA:		2		COORDENADAS:		764422,335 9877423,537						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	5,1				5				6			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00		0	0			0	0			
25	113,2	37,73		113,9	37,96287			31,50	10,49895			
50	173,3	57,76		183,4	61,12722			103,80	34,59654			
75	213,3	71,09		225,3	75,09249			125,30	41,76249			
100	275,5	91,82	91,82	253,8	84,59154	84,59	8,459154	145,30	48,42849	48,43	4,842849	
150	343,2	114,39		353,5	117,8216			184,70	61,56051			
200	433,7	144,55	144,55	401,7	133,8866	133,89	8,925774	232,30	77,42559	77,43	5,161706	
250	503,9	167,95		461,9	153,9513			253,40	84,45822			
300	583,5	194,48		513,3	171,0829			281,30	93,75729			
350	650,3	216,74		552,2	184,0483			312,80	104,2562			
400	723,5	241,14		586,7	195,5471			342,20	114,0553			
500	863,7	287,87		647,3	215,7451			403,90	134,6199			
CBR corregido				9,182415	8,459154				4,842849			

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,652		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56 GOLFES	1,597	gr/cm3	9,18	%	9,64	95% DE DM		1,569		gr/cm3
27 GOLFES	1,578	gr/cm4	8,46	%	8,93	CBR "0.1"	7,7	CBR "0.2"		8,20
11 GOLFES	1,534	gr/cm5	4,84	%	5,16	CBR MAYOR		8,20%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 168: Ensayo de CBR muestra #9

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		MULALILLO		VÍA:		SAN LUIS						
NÚMERO DE MUESTRA:		3		COORDENADAS:		764278,054 9878021,475						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	12				7				3			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00		0	0		0	0				
25	347,50	115,82		191,3	63,76029		140,3	46,76199				
50	733,10	244,34		473,3	157,7509		243,2	81,05856				
75	1073,50	357,80		538,2	179,3821		203,5	67,82655				
100	1333,30	444,39	444,39	44,438889	673,3	224,4109	224,41	22,44109	211,3	70,42629	70,43	7,042629
150	1721,10	573,64		796,3	265,4068		256,1	85,35813				
200	1913,30	637,70	637,70	42,513526	923,5	307,8026	307,80	20,52017	267,5	89,15775	89,16	5,94385
250	2178,50	726,09		1008,9	336,2664		294,8	98,25684				
300	2443,70	814,49		1056,5	352,1315		310,7	103,5563				
350	2484,90	828,22		1093,3	364,3969		318,3	106,0894				
400	2587,60	862,45		1116,9	372,2628		327,4	109,1224				
500	2485,30	828,35		1181,9	393,9273		338,1	112,6887				
CBR corregido				44,438889			22,44109			7,042629		

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,632		gr/cm3	
			0,1"	in	0,2"						
56 GOLFES	1,644	gr/cm3	44,44	%	42,51	95% DE DM		1,550		gr/cm3	
27 GOLFES	1,539	gr/cm4	22,44	%	20,52	CBR "0.1"		25,0		CBR "0.2"	
11 GOLFES	1,516	gr/cm5	7,04	%	5,94	CBR MAYOR				25,00%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 169: Ensayo de CBR muestra #10

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR" 												
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:			MULLIQUINDIL			VÍA:			RUMPAMBA DE NAVAS			
NÚMERO DE MUESTRA:			1			COORDENADAS:		769701,782	9887563,604			
REALIZADO POR:			PAUL JIMENEZ			REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS				
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	6				12				3			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00			0	0			0	0		
25	238,60	79,53			298,9	99,62337			239,6	79,85868		
50	532,10	177,35			402,6	134,1866			416,3	138,7528		
75	903,20	301,04			613,5	204,4796			589,4	196,447		
100	1295,30	431,72	431,72	43,172349	759,8	253,2413	253,24	25,32413	710,8	236,9096	236,91	23,690964
150	2129,80	709,86			1029,4	343,099			932,2	310,7023		
200	3215,90	1071,86	1071,86	71,457298	1431,9	477,2523	477,25	31,81682	1132,9	377,5956	377,60	25,173038
250	4195,70	1398,43			1709,5	569,7764			1303,2	434,3566		
300	5239,30	1746,26			1952,3	650,7016			1413,8	471,2195		
350	6072,60	2024,00			2155,8	718,5281			1513,5	504,4496		
400	7295,20	2431,49			2569,7	856,481			1604,2	534,6799		
500	9487,50	3162,18			3252,5	1084,058			1629,5	543,1124		
CBR corregido				43,172349					25,32413	23,690964		

Line graph showing the relationship between penetration (plg*10-3) on the x-axis and pressure (lb/plg2) on the y-axis. Three data series are plotted: #15 (56 GOLFES) in blue, #18 (27 GOLFES) in orange, and #44 (11 GOLFES) in grey. All series show a positive linear correlation.

Line graph showing the relationship between dry density (gr/cm3) on the x-axis and CBR % on the y-axis. Two data series are plotted: 0.1" in blue and 0.2" in orange. Both series show an increasing trend, with the 0.2" series showing a much steeper increase at higher densities.

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,032		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56 GOLFES	1,350	gr/cm3	43,17	%	71,46	95% DE DM		0,980		gr/cm3
27 GOLFES	1,175	gr/cm4	25,32	%	31,82	CBR "0.1"	24,5	CBR "0.2"		28,00
11 GOLFES	0,852	gr/cm5	23,69	%	25,17	CBR MAYOR		28,00%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 170: Ensayo de CBR muestra #11

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"											
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.													
PARROQUIA:		MULLIQUINDIL		VÍA:		RUMPAMBA DE NAVAS							
NÚMERO DE MUESTRA:		2		COORDENADAS:		769701,782	9887563,604						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS							
NORMAS: ASTM D-1883													
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)													
MOLDE	5,1				5				6				
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida		
		(lb/plg2)				lb/plg2				lb/plg2			
0	0,00	0,00			0	0			0	0			
25	125,2	41,73			113,9	37,96287			43,50	14,49855			
50	188,3	62,76			183,4	61,12722			118,80	39,59604			
75	231,3	77,09			225,3	75,09249			143,30	47,76189			
100	296,5	98,82	98,82	9,882345	253,8	84,59154	84,59	8,459154	166,30	55,42779	55,43	5,542779	
150	367,2	122,39			353,5	117,8216			208,70	69,55971			
200	460,7	153,55	153,55	10,236754	401,7	133,8866	133,89	8,925774	259,30	86,42469	86,42	5,761646	
250	533,9	177,95			461,9	153,9513			283,40	94,45722			
300	616,5	205,48			513,3	171,0829			314,30	104,7562			
350	686,3	228,74			552,2	184,0483			348,80	116,255			
400	762,5	254,14			586,7	195,5471			381,20	127,054			
500	904,7	301,54			647,3	215,7451			444,90	148,2852			
CBR corregido				9,882345					8,459154	5,542779			

PENETRACIÓN vs PRESIÓN

— # 15 (56 GOLPES) — # 18 (27 GOLPES) — # 44 (11 GOLPES)

DENSIDAD SECA vs CBR%

— 0,1" — 0,2"

DENSIDADES			RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX		1,658		gr/cm3
			0,1"	in	0,2"					
56 GOLPES	1,606	gr/cm3	9,88	%	10,24	95% DE DM		1,575		gr/cm3
27 GOLPES	1,554	gr/cm4	8,46	%	8,93	CBR "0,1"	9,0	CBR "0,2"		9,50
11 GOLPES	1,508	gr/cm5	5,54	%	5,76	CBR MAYOR		9,50%		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 171: Ensayo de CBR muestra #12

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"										
CORRELACIÓN ENTRE EL CBR, DCP Y LAS PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS EN SUELOS DEL CANTÓN SALCEDO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI.												
PARROQUIA:		MULLIQUINDIL		VÍA:		RUMIPAMBA DE NAVAS						
NÚMERO DE MUESTRA:		3		COORDENADAS:		769708,928 9887565,675						
REALIZADO POR:		PAUL JIMENEZ		REVISADO POR:		ING. ALEX FRÍAS						
NORMAS: ASTM D-1883												
ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN (CONSTANTE DE CELDA 2.204 LB ÁREA DEL PISTÓN: 3pl2)												
MOLDE	7				4				1			
Penetración (in)	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %	Carga (Lbf)	PRESIONES		CBR %
		Leida	Corregida			Leida	Corregida			Leida	Corregida	
^10-3	DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)		DIAL	(lb/plg2)				
0	0,00	0,00		0	0		0	0				
25	433,5	144,49		233,60	77,85888		153,2	51,06156				
50	593,7	197,88		367,90	122,6211		252,3	84,09159				
75	762,5	254,14		485,30	161,7505		313,3	104,4229				
100	923,3	307,74	307,74	694,30	231,4102	231,41	23,14102	493,2	164,3836	164,38	16,438356	
150	1143,2	381,03		945,90	315,2685		768,5	256,1411				
200	1483,6	494,48	494,48	1212,40	404,0929	404,09	26,93953	1065,8	355,2311	355,23	23,682076	
250	1699,30	566,38		1543,6	514,4819		1353,9	451,2549				
300	1933,90	644,57		1742,9	580,9086		1445,7	481,8518				
350	2250,30	750,02		2033,7	677,8322		1602,3	534,0466				
400	2512,70	837,48		2194,3	731,3602		1835,2	611,6722				
500	3063,60	1021,10		2493,6	831,1169		2232,3	744,0256				
CBR corregido				30,773589	23,14102				16,438356			

DENSIDADES	RESISTENCIAS			DENSIDAD SECA MÁX	1,172	gr/cm3
	0,1"	in	0,2"			
56 GOLPES	1,142	gr/cm3	30,77	%	32,97	95% DE DM
27 GOLPES	1,096	gr/cm4	23,14	%	26,94	CBR "0.1"
11 GOLPES	1,088	gr/cm5	16,44	%	23,68	CBR MAYOR
					26,5	CBR "0.2"
					29,50%	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

ANEXO 2

5.2 TPDA

Tabla 172: Conteo vehicular – Día 1.

				UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR						
Fecha:	9/5/2022			Día:			Lunes			
Via:	Rumipamba de Navas - Santa Ana			Lugar de Estación:			puente de intersección			
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma	
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes				
6:00	6:15	1	1	0	1	0	0	0	2	20
6:15	6:30	2	2	0	2	1	0	1	5	
6:30	6:45	6	1	0	1	0	0	0	7	
6:45	7:00	4	1	0	1	0	1	1	6	20
7:00	7:15	1	2	0	2	0	0	0	3	
7:15	7:30	3	1	0	1	0	0	0	4	
7:30	7:45	5	1	0	1	0	0	0	6	20
7:45	8:00	6	1	0	1	0	0	0	7	
8:00	8:15	1	1	0	1	0	1	1	3	
8:15	8:30	3	1	0	1	0	0	0	4	12
8:30	8:45	2	1	0	1	0	0	0	3	
8:45	9:00	1	1	0	1	0	0	0	2	
9:00	9:15	2	1	0	1	0	0	0	3	9
9:15	9:30	0	1	0	1	0	0	0	1	
9:30	9:45	2	1	0	1	0	0	0	3	
9:45	10:00	1	1	0	1	0	0	0	2	10
10:00	10:15	0	1	0	1	1	0	1	2	
10:15	10:30	1	2	0	2	0	0	0	3	
10:30	10:45	2	1	0	1	0	0	0	3	10
10:45	11:00	1	1	0	1	0	0	0	2	
11:00	11:15	0	1	0	1	0	0	0	1	
11:15	11:30	2	1	0	1	0	0	0	3	11
11:30	11:45	2	1	0	1	1	0	1	4	
11:45	12:00	2	1	0	1	0	0	0	3	
12:00	12:15	4	1	0	1	0	0	0	5	22
12:15	12:30	3	1	0	1	0	0	0	4	
12:30	12:45	5	2	0	2	0	0	0	7	
12:45	13:00	3	1	0	1	2	0	2	6	18
13:00	13:15	1	1	0	1	0	0	0	2	
13:15	13:30	2	1	0	1	0	0	0	3	
13:30	13:45	4	1	0	1	0	0	0	5	16
13:45	14:00	3	2	0	2	0	1	1	6	
14:00	14:15	5	1	0	1	0	0	0	6	
14:15	14:30	3	1	0	1	0	0	0	4	14
14:30	14:45	1	1	0	1	0	0	0	2	
14:45	15:00	1	1	0	1	0	0	0	2	
15:00	15:15	1	2	0	2	0	0	0	3	11
15:15	15:30	0	1	0	1	1	0	1	2	
15:30	15:45	2	1	0	1	0	0	0	3	
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3	9
16:00	16:15	0	1	0	1	0	0	0	1	
16:15	16:30	1	1	0	1	0	0	0	2	
16:30	16:45	5	1	0	1	0	0	0	6	12
16:45	17:00	2	1	0	1	0	0	0	3	
17:00	17:15	4	2	0	2	1	0	1	7	
17:15	17:30	1	1	0	1	0	0	0	2	16
17:30	17:45	2	1	0	1	0	0	0	3	
17:45	18:00	3	1	0	1	0	0	0	4	
		94			51		8		153	

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 173: Conteo vehicular – Día 2

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR 												
Fecha:		10/5/2022					Día:		Martes			
Via:		Rumipamba de Navas - Santa Ana			Lugar de Estación:			Puente de intersección				
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma			
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes						
6:00	6:15	0	1	0	1	0	0	0	1	16	16	
6:15	6:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
6:30	6:45	5	1	0	1	1	0	1	7			
6:45	7:00	4	2	0	2	0	0	0	6	15	21	
7:00	7:15	0	1	0	1	1	0	1	2			
7:15	7:30	0	1	0	1	0	0	0	1			
7:30	7:45	3	1	0	1	2	0	2	6	15	12	
7:45	8:00	5	1	0	1	0	0	0	6			
8:00	8:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
8:15	8:30	4	2	0	2	0	0	0	6	11	10	
8:30	8:45	3	1	0	1	1	0	1	5			
8:45	9:00	0	1	0	1	0	0	0	1			
9:00	9:15	1	1	0	1	0	1	1	3	10	10	
9:15	9:30	1	1	0	1	1	0	1	3			
9:30	9:45	0	1	0	1	1	0	1	2			
9:45	10:00	2	1	0	1	0	0	0	3	10	10	
10:00	10:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
10:15	10:30	1	2	0	2	0	0	0	3			
10:30	10:45	0	2	0	2	0	0	0	2	11	13	
10:45	11:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
11:00	11:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
11:15	11:30	1	1	0	1	0	0	0	2	17	18	
11:30	11:45	1	1	0	1	1	0	1	3			
11:45	12:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:00	12:15	3	1	0	1	0	0	0	4	16	15	
12:15	12:30	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:30	12:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:45	13:00	5	2	0	2	0	0	0	7	14	12	
13:00	13:15	1	1	0	1	1	1	2	4			
13:15	13:30	3	1	0	1	0	0	0	4			
13:30	13:45	5	1	0	1	0	0	0	6	8	9	
13:45	14:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
14:00	14:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
14:15	14:30	4	1	0	1	0	0	0	5	11	12	
14:30	14:45	0	2	0	2	1	0	1	3			
14:45	15:00	3	1	0	1	0	0	0	4			
15:00	15:15	2	1	0	1	0	0	0	3	11	12	
15:15	15:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:30	15:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:45	16:00	0	1	0	1	0	0	0	1	9	9	
16:00	16:15	2	1	0	1	0	1	1	4			
16:15	16:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:30	16:45	0	1	0	1	1	0	1	2	12	12	
16:45	17:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
17:00	17:15	3	1	0	1	0	0	0	4			
17:15	17:30	2	1	0	1	0	0	0	3	12	12	
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
17:45	18:00	1	1	0	1	1	0	1	3			
		77			49		14		140			

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 174: Conteo vehicular – Día 3.

Fecha:		11/5/2022						Día:		Miércoles		
Via:		Rumipamba de Navas - Santa Ana				Lugar de Estación:		Puente de intersección				
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma			
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes						
6:00	6:15	2	1	0	1	0	0	0	3	17	20	
6:15	6:30	2	1	0	1	1	0	1	4			
6:30	6:45	4	1	0	1	0	0	0	5			
6:45	7:00	2	1	0	1	2	0	2	5	20	17	
7:00	7:15	4	1	0	1	0	0	0	5			
7:15	7:30	2	2	0	2	1	0	1	5			
7:30	7:45	3	1	0	1	0	0	0	4	13	10	
7:45	8:00	5	1	0	1	0	0	0	6			
8:00	8:15	0	1	0	1	1	0	1	2			
8:15	8:30	4	1	0	1	0	0	0	5	7	10	
8:30	8:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
8:45	9:00	3	1	0	1	0	0	0	4			
9:00	9:15	1	1	0	1	0	0	0	2	11	7	
9:15	9:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:30	9:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:45	10:00	0	1	0	1	0	0	0	1	8	16	
10:00	10:15	2	1	0	1	0	1	1	4			
10:15	10:30	1	2	0	2	0	0	0	3			
10:30	10:45	1	1	0	1	0	0	0	2	18	15	
10:45	11:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:00	11:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:15	11:30	0	1	0	1	0	0	0	1	16	17	
11:30	11:45	1	1	0	1	1	0	1	3			
11:45	12:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
12:00	12:15	5	1	0	1	0	0	0	6	13	9	
12:15	12:30	4	1	0	1	0	0	0	5			
12:30	12:45	3	2	0	2	0	0	0	5			
12:45	13:00	1	1	0	1	0	0	0	2	14	13	
13:00	13:15	3	1	0	1	0	0	0	4			
13:15	13:30	3	1	0	1	0	0	0	4			
13:30	13:45	1	1	0	1	0	0	0	2	13	15	
13:45	14:00	4	2	0	2	0	0	0	6			
14:00	14:15	5	1	0	1	0	0	0	6			
14:15	14:30	2	1	0	1	0	0	0	3	10	15	
14:30	14:45	0	1	0	1	0	0	0	1			
14:45	15:00	1	1	0	1	0	1	1	3			
15:00	15:15	0	2	0	2	0	0	0	2	14	10	
15:15	15:30	2	1	0	1	0	0	0	3			
15:30	15:45	3	1	0	1	0	0	0	4			
15:45	16:00	1	2	0	2	1	0	1	4	14	15	
16:00	16:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
16:15	16:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:30	16:45	3	1	0	1	0	0	0	4	10	15	
16:45	17:00	4	1	0	1	0	0	0	5			
17:00	17:15	2	2	0	2	0	0	0	4			
17:15	17:30	1	1	0	1	0	0	0	2	10	15	
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
17:45	18:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
		86				51			6	143		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 175: Conteo vehicular – Día 4.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR 												
Fecha:	12/5/2022					Día:	Jueves					
Via:	Rumipamba de Navas - Santa Ana					Lugar de Estación:	Puente de intersección					
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma			
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes						
6:00	6:15	2	1	0	1	0	0	0	3	18	24	
6:15	6:30	3	2	0	2	0	0	0	5			
6:30	6:45	4	1	0	1	1	0	1	6			
6:45	7:00	2	2	0	2	0	0	0	4			
7:00	7:15	3	3	0	3	1	0	1	7	34	30	
7:15	7:30	6	1	0	1	0	0	0	7			
7:30	7:45	7	2	0	2	2	0	2	11			
7:45	8:00	5	2	0	2	2	0	2	9			
8:00	8:15	2	1	0	1	0	0	0	3	18	12	
8:15	8:30	6	1	0	1	0	0	0	7			
8:30	8:45	4	1	0	1	0	0	0	5			
8:45	9:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
9:00	9:15	1	1	0	1	0	0	0	2	7	9	
9:15	9:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:30	9:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:45	10:00	0	1	0	1	0	0	0	1			
10:00	10:15	1	1	0	1	0	0	0	2	11	10	
10:15	10:30	2	2	0	2	0	0	0	4			
10:30	10:45	1	1	0	1	1	0	1	3			
10:45	11:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:00	11:15	1	1	0	1	0	0	0	2	9	13	
11:15	11:30	2	1	0	1	0	0	0	3			
11:30	11:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:45	12:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
12:00	12:15	2	1	0	1	0	0	0	3	15	13	
12:15	12:30	5	1	0	1	0	0	0	6			
12:30	12:45	2	2	0	2	0	0	0	4			
12:45	13:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
13:00	13:15	2	1	0	1	1	0	1	4	12	14	
13:15	13:30	2	1	0	1	0	0	0	3			
13:30	13:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
13:45	14:00	1	2	0	2	0	0	0	3			
14:00	14:15	2	1	0	1	1	0	1	4	13	9	
14:15	14:30	4	1	0	1	0	0	0	5			
14:30	14:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
14:45	15:00	0	1	0	1	0	0	0	1			
15:00	15:15	1	2	0	2	0	0	0	3	14	16	
15:15	15:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:30	15:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:45	16:00	3	2	0	2	1	1	2	7			
16:00	16:15	1	1	0	1	0	0	0	2	14	15	
16:15	16:30	2	2	0	2	1	0	1	5			
16:30	16:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:45	17:00	4	1	0	1	0	0	0	5			
17:00	17:15	1	2	0	2	0	0	0	3	12		
17:15	17:30	2	1	0	1	2	0	2	5			
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
17:45	18:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
		91				55			13	159		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 176: Conteo vehicular – Día 5.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR 												
Fecha:	13/5/2022					Día:	Viernes					
Via:	Rumipamba de Navas - Santa Ana					Lugar de Estación:	Puente de intersección					
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma			
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes						
6:00	6:15	0	1	0	1	0	0	0	1	12	18	
6:15	6:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
6:30	6:45	2	1	0	1	1	0	1	4			
6:45	7:00	3	2	0	2	0	0	0	5	18	14	
7:00	7:15	3	1	0	1	0	0	0	4			
7:15	7:30	4	1	0	1	0	0	0	5			
7:30	7:45	2	1	0	1	0	0	0	3	11	10	
7:45	8:00	4	2	0	2	0	0	0	6			
8:00	8:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
8:15	8:30	1	1	0	1	0	0	0	2	7	7	
8:30	8:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
8:45	9:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
9:00	9:15	1	1	0	1	0	0	0	2	8	10	
9:15	9:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:30	9:45	0	1	0	1	0	0	0	1			
9:45	10:00	1	1	0	1	0	0	0	2	11	12	
10:00	10:15	1	1	0	1	0	1	1	3			
10:15	10:30	0	1	0	1	0	0	0	1			
10:30	10:45	1	1	0	1	0	0	0	2	17	14	
10:45	11:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:00	11:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:15	11:30	2	1	0	1	1	0	1	4	11	15	
11:30	11:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:45	12:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:00	12:15	3	1	0	1	0	0	0	4	11	8	
12:15	12:30	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:30	12:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:45	13:00	4	2	0	2	1	0	1	7	13	15	
13:00	13:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
13:15	13:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
13:30	13:45	2	1	0	1	0	0	0	3	8	8	
13:45	14:00	3	1	0	1	0	0	0	4			
14:00	14:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
14:15	14:30	3	2	0	2	0	0	0	5	11	7	
14:30	14:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
14:45	15:00	0	1	0	1	0	0	0	1			
15:00	15:15	1	1	0	1	0	0	0	2	8	8	
15:15	15:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:30	15:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
15:45	16:00	1	1	0	1	0	0	0	2	13	15	
16:00	16:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:15	16:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:30	16:45	3	2	0	2	0	0	0	5	11	15	
16:45	17:00	3	1	0	1	0	0	0	4			
17:00	17:15	1	1	0	1	1	0	1	3			
17:15	17:30	2	1	0	1	0	0	0	3	11	15	
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
17:45	18:00	2	1	0	1	0	0	0	3			
		74				48			4	126		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 177: Conteo vehicular – Día 6.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR 												
Fecha:	14/5/2022					Día:	Sabado					
Via:	Rumipamba de Navas - Santa Ana					Lugar de Estación:	Puente de intersección					
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma			
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes						
6:00	6:15	1	0	0	0	0	0	0	1	10	11	
6:15	6:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
6:30	6:45	3	1	0	1	0	0	0	4			
6:45	7:00	2	1	0	1	0	0	0	3	8	7	
7:00	7:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
7:15	7:30	2	0	0	0	0	0	0	2			
7:30	7:45	1	1	0	1	0	0	0	2	7	8	
7:45	8:00	2	0	0	0	0	0	0	2			
8:00	8:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
8:15	8:30	1	0	0	0	0	0	0	1	7	9	
8:30	8:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
8:45	9:00	1	0	0	0	0	0	0	1			
9:00	9:15	2	1	0	1	0	0	0	3	7	11	
9:15	9:30	1	0	0	0	0	0	0	1			
9:30	9:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
9:45	10:00	1	0	0	0	0	0	0	1	12	9	
10:00	10:15	3	1	0	1	1	0	1	5			
10:15	10:30	1	0	0	0	0	0	0	1			
10:30	10:45	1	1	0	1	0	0	0	2	9	11	
10:45	11:00	4	0	0	0	0	0	0	4			
11:00	11:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:15	11:30	2	0	0	0	0	1	1	3	9	9	
11:30	11:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
11:45	12:00	2	0	0	0	0	0	0	2			
12:00	12:15	1	2	0	2	0	0	0	3	9	8	
12:15	12:30	1	1	0	1	0	0	0	2			
12:30	12:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
12:45	13:00	1	0	0	0	0	0	0	1	8	8	
13:00	13:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
13:15	13:30	2	0	0	0	0	0	0	2			
13:30	13:45	1	1	0	1	0	0	0	2	8	9	
13:45	14:00	1	1	0	1	0	0	0	2			
14:00	14:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
14:15	14:30	1	0	0	0	0	0	0	1	8	10	
14:30	14:45	2	1	0	1	0	0	0	3			
14:45	15:00	1	0	0	0	0	0	0	1			
15:00	15:15	2	2	0	2	0	0	0	4	10	9	
15:15	15:30	1	0	0	0	0	0	0	1			
15:30	15:45	3	1	0	1	0	0	0	4			
15:45	16:00	1	0	0	0	0	0	0	1	9	9	
16:00	16:15	1	1	0	1	0	0	0	2			
16:15	16:30	1	0	0	0	1	0	1	2			
16:30	16:45	3	1	0	1	0	0	0	4	9	9	
16:45	17:00	1	0	0	0	0	0	0	1			
17:00	17:15	2	1	0	1	0	0	0	3			
17:15	17:30	1	0	0	0	0	0	0	1	7		
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2			
17:45	18:00	1	0	0	0	0	0	0	1			
		65				26			3	94		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Tabla 178: Conteo vehicular – Día 7.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL CONTEO VEHICULAR 											
Fecha:		15/5/2022					Día:		Domingo		
Via:		Rumipamba de Navas - Santa Ana			Lugar de Estación:			Puente de intersección			
Intervalo de Hora	Vehículos Livianos	Buses/Camiones			Transporte de Carga		Total Pesados	Total Acumulados	Suma		
		(2ejes)	(más de 2 ejes)	Total Buses	Camiones de 2 ejes	Camiones + 2 ejes					
6:00	6:15	0	0	0	0	0	0	0	0		
6:15	6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
6:30	6:45	0	1	0	1	0	0	0	1		
6:45	7:00	2	1	0	1	0	0	0	3	8	
7:00	7:15	2	0	0	0	0	0	0	2		
7:15	7:30	1	1	0	1	0	0	0	2	9	
7:30	7:45	2	1	0	1	0	0	0	3		
7:45	8:00	1	1	0	1	0	0	0	2	10	
8:00	8:15	0	2	0	2	0	0	0	2		
8:15	8:30	2	1	0	1	0	0	0	3	10	
8:30	8:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
8:45	9:00	2	1	0	1	0	0	0	3	9	
9:00	9:15	1	1	0	1	0	0	0	2		
9:15	9:30	1	1	0	1	0	0	0	2	11	
9:30	9:45	2	1	0	1	0	0	0	3		
9:45	10:00	3	1	0	1	0	0	0	4	12	
10:00	10:15	1	1	0	1	0	0	0	2		
10:15	10:30	2	1	0	1	0	0	0	3	9	
10:30	10:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
10:45	11:00	0	2	0	2	0	0	0	2	7	
11:00	11:15	1	1	0	1	0	0	0	2		
11:15	11:30	0	1	0	1	0	0	0	1	8	
11:30	11:45	2	1	0	1	0	0	0	3		
11:45	12:00	1	1	0	1	0	0	0	2	12	
12:00	12:15	3	1	0	1	0	0	0	4		
12:15	12:30	2	1	0	1	0	0	0	3	11	
12:30	12:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
12:45	13:00	1	1	0	1	0	0	0	2	8	
13:00	13:15	0	1	0	1	0	0	0	1		
13:15	13:30	2	1	0	1	0	0	0	3	9	
13:30	13:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
13:45	14:00	2	1	0	1	0	0	0	3	10	
14:00	14:15	2	1	0	1	0	0	0	3		
14:15	14:30	1	1	0	1	0	0	0	2	7	
14:30	14:45	0	1	0	1	0	0	0	1		
14:45	15:00	0	1	0	1	0	0	0	1	5	
15:00	15:15	1	1	0	1	0	0	0	2		
15:15	15:30	0	1	0	1	0	0	0	1	8	
15:30	15:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
15:45	16:00	1	2	0	2	0	0	0	3	9	
16:00	16:15	1	1	0	1	0	0	0	2		
16:15	16:30	1	1	0	1	0	0	0	2	9	
16:30	16:45	2	1	0	1	0	0	0	3		
16:45	17:00	1	1	0	1	0	0	0	2	11	
17:00	17:15	2	1	0	1	0	0	0	3		
17:15	17:30	2	1	0	1	0	0	0	3	10	
17:30	17:45	1	1	0	1	0	0	0	2		
17:45	18:00	1	1	0	1	0	0	0	2		
		55			46		0		101		

Autor: Paul Fernando Jiménez Sisa

Anexo 3

5.3 Fotografías



Figura 60: Excavación al costado de la vía Cusubamba



Figura 61: Excavación de la calicata del punto 2 de la vía Yanayacu



Figura 62: Ejecución del Ensayo de Densidad de Campo en la Vía Rumipamba de Navas.



Figura 63: Ensayo de DCP en la vía Cusubamba – punto 1



Figura 64: Pesando la probeta con agua para el ensayo de la Gravedad Especifica.



Figura 65: Ensayo de límite líquido.

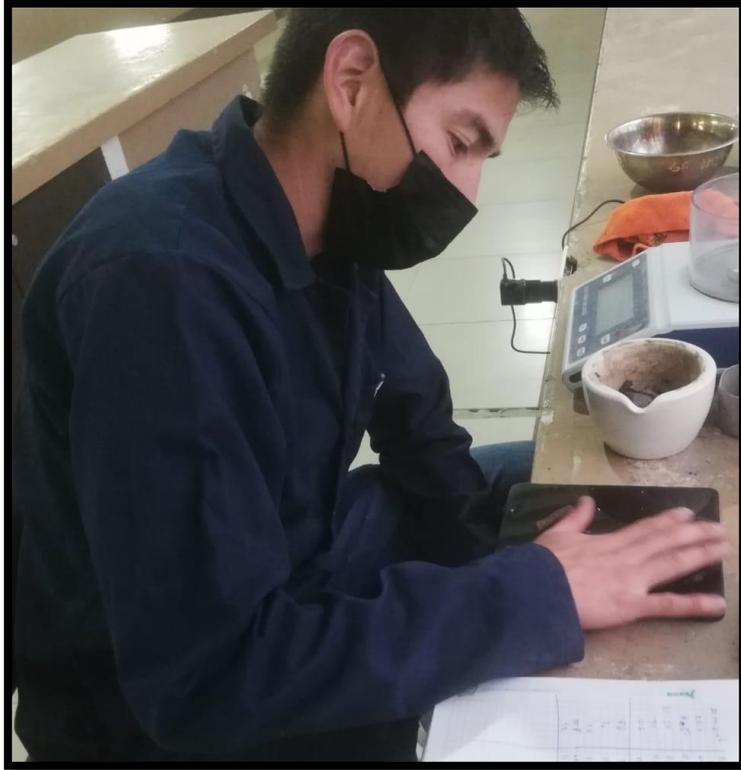


Figura 66: Ensayo de Límite Plástico



Figura 67: Ensayo de Proctor Modificado Tipo "B"



Figura 68: Ensayo de CBR de Compactación



Figura 69: Moldes de CBR en la cámara de curado.